



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Orta Fırat Bölgesi Erken ve Orta Tunç Çağı'na
Ait Bir Grup Seramiğin Arkeometrik
Yöntemlerle İncelenmesi

Didem ÇAĞİNE

YÜKSEK LİSANS

Arkeometri Anabilim Dalı

Haziran -2019
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Didem ÇAĞİNE tarafından hazırlanan “Orta Fırat Bölgesi Erken ve Orta Tunç Çağı’na Ait Bir Grup Seramiğin Arkeometrik Yöntemlerle İncelenmesi” adlı tez çalışması 19/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Mahmut AYDIN

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Murat BAYAZIT

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Nilgün COŞKUN

.....
.....
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sahnaz İLGREK
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Batman Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından BTUBAP-2017-Yüksek Lisans-3 numaralı proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Didem ÇAĞİNE

19.06.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

Orta Fırat Bölgesi Erken ve Orta Tunç Çağı'na Ait Bir Grup Seramiğin Arkeometrik Yöntemlerle İncelenmesi

Didem ÇAĞİNE

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Arkeometri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat BAYAZİT

2019, 110 sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Murat BAYAZİT

Doç. Dr. Mahmut AYDIN

Dr. Öğr. Üyesi Nilgün COŞKUN

Bu tez çalışmasında, Tilbaşar Höyük (Gaziantep), Erken Tunç Çağı yalın basit seramikler (üç ayaklı çömlek) ve Orta Tunç Çağı tarak bezemeli ağız yivli seramiklerin arkeometrik karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. İncelenen seramiklerin hammadde içerikleri ve üretim teknolojileri farklı analiz teknikleri kullanılarak belirlenmiştir. Karakterizasyon sürecinde XRD (X-Ray Difraksiyon), ince kesit (optik mikroskop), SEM/EDX (Taramalı Elektron Mikroskobu/Enerji Saçınımı X-ışını spektroskopisi), FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) ve TG-DTA (Termogravimetri Diferansiyel Termal Analiz) yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar her iki örnek grubunun da kalkerli kil içeren hammadde kaynaklarından üretildiğine işaret etmektedir. Bölgenin jeolojik formasyonuna bakıldığında, incelenen seramiklerin yerel üretim olma olasılığının yüksek olduğu görülmüştür. Belirlenen mineral ve faz içerikleri seramiklerin genel itibarıyla üç farklı sıcaklık aralığında piştiğine işaret etmiştir; 700-800°C, 800-900°C ve 900-950°C. Petrografik analiz sonuçları Erken Tunç Çağı (üç ayaklı çömlek) yalın basit seramik buluntularda minerallerin bazalt kayalık kökenli olduğuna, Orta Tunç Çağı tarak bezemeli ağız yivli seramiklerdeki minerallerin ise bazalta ek olarak silt taşı, kum taşı ve marn kökenli olduğuna işaret etmiştir. Çalışmada tamamlayıcı teknik olarak kullanılan FTIR ve TG-DTA analizleri seramiklerin kimyasal ve mineralojik içeriklerini teyit eden sonuçlar vermiştir. Seramiklerin SEM görüntülerinde genel olarak zayıf vitrifikasyon saptanırken, bazı numunelerde kısmi olarak bölgesel vitrifikasyon davranışı olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arkeometri, Erken Tunç Çağı, Orta Tunç Çağı, Seramik, Tilbaşar Höyük.

ABSTRACT

MS

**Investigation of a Ceramic Group Belonging To the Early and Middle Bronze Age
(Middle Euphrates Region) By Means of Archaeometric Methods**

Didem ÇAĞİNE

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
ARCHAEOOMETRY DEPARTMENT**

Advisor: Asst.Prof.Dr. Murat BAYAZİT

2019, 110 pages

Jury

Asst.Prof.Dr. Murat BAYAZİT

Assoc. Prof. Dr. Mahmut AYDIN

Asst.Prof.Dr. Nilgün COŞKUN

In this thesis, plain simple wares (tripod vessels, Early Bronze Age) and ripple-combed grooved rim ceramics (Middle Bronze Age) from Tilbaşar Mound (Gaziantep, Turkey) have been archaeometrically investigated. The raw material contents and production technologies of the ceramics studied were determined using different analysis techniques. XRD (X-Ray diffraction), thin section (optical microscope), SEM/EDX (scanning electron microscope/energy dispersive X-ray Spectroscopy), FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) and TG-DTA (thermogravimetric-differential thermal analysis) methods were used in characterization process. The results showed that both sample groups were produced from raw material sources containing calcareous clay. Considering the geological formation of the region, it was seen that the ceramics examined had a high probability of local production. The determined mineral and phase contents indicated that ceramics were generally fired at three different temperature ranges; 700-800°C, 800-900°C and 900-950°C. The results of petrographic analysis indicated that the Early Bronze Age plain simple ceramics (tripod vessels) included minerals originated mainly from basaltic rocks, and the Middle Bronze Age ripple-combed grooved rim ceramics were of minerals originated not only from basalt but also siltstone, sandstone and marl. FTIR and TG-DTA analyzes, which were used as complementary techniques in the study, yielded results confirming the chemical and mineralogical contents of ceramics. A poor vitrification was observed on SEM images of the ceramics, whereas partial vitrification behavior was observed for some samples.

Keywords: Archaeometry, Early Bronze Age, Middle Bronze Age, Ceramic, Tilbaşar Mound

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca yanımda olup desteğini esirgemeyen ve tüm bilgi deneyimlerini paylaşan değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Murat BAYAZİT'e, arkeometri ana bilim dalının açılmasını sağlayarak bizlere yüksek lisans yapma olanağı sağladığı ve tecrübeleri ile tezime katkıda bulunduğu için Batman Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı Başkanı Doç. Dr. Mahmut AYDIN'a, çalışılan temsili seramiklerin teminini sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Elif GENÇ'e (Çukurova Üniversitesi Arkeoloji Bölümü), Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü'nden Doç. Dr. Ali Akın AKYOL'a, desteğinden yararlandığım arkadaşım Fırkan TANYERİ'ne katkılardan dolayı teşekkür ederim. Tez yazımı süresince benden manevi desteğini esirgemeyen değerli kız kardeşim Dilan DEMİR ve sevgili eşim Ekrem ÇAĞİNE'ye yürekten teşekkür ederim.

Seramikler için uygulanan analizlerin gerçekleştirildiği laboratuvarlara ve yetkililerine (Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı, Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı, Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi), ayrıca katkılarından ötürü Prof. Dr. Yusuf Kağan Kadioğlu'na, Gülşen Albuz Geren'e ve Arş. Gör. Dr. Kıymet Deniz'e gönülden teşekkür ederim.

Bu çalışma Batman Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinatörlüğü tarafından finansal olarak desteklenmiştir. Tüm katkılarından dolayı Batman Üniversitesi'ne ve üniversitenin Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim (proje kodu: BTUBAP-2017-Yüksek Lisans-3).

Didem ÇAĞİNE
BATMAN-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Geleneksel Seramik	1
1.2. Arkeometri	3
2. TİLBAŞAR HÖYÜK	5
2.1. Tilbaşar Höyük Hakkında Genel Bilgiler.....	5
2.2. Tezin Amaç ve Kapsamı.....	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1. Materyal	7
3.2. Yöntem.....	9
3.2.1. Mineralojik karakterizasyon	9
3.2.2. Petrografik karakterizasyon (İnce Kesit)	9
3.2.3. FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi)	10
3.2.4. SEM/EDX (Taramalı Elektron Mikroskobu/Enerji Saçınımlı X-ışını Spektroskopisi)	10
3.2.5. TG-DTA (Termogravimetri-Diferansiyel Termal Analiz)	10
4. BULGULAR.....	11
4.1. XRD analiz sonuçları.....	11
4.2. Petrografi analiz sonuçları	19
4.3. FTIR analiz sonuçları.....	24
4.4. SEM/EDX analiz sonuçları.....	35
4.5. TG-DTA analiz sonuçları	70
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	83
6. KAYNAKLAR	86
ÖZGEÇMİŞ	91
EKLER	92
EK-1.....	92
EK-2.....	93

ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER DİZİNİ

Şekiller Dizini	Sayfa
Şekil 2. 1. Tilbaşar Höyük kuşbakışı görünüm.....	5
Şekil 2. 2. Tilbaşar Höyük genel görünüm	6
Şekil 3. 1. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli – ağzı yivli seramik buluntu örnekleri (OT 1-4).	7
Şekil 3. 2. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli – ağzı yivli seramik buluntu örnekleri (OT 5-8).	7
Şekil 3. 3. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli – ağzı yivli seramik buluntu örnekleri (OT 9-13).	8
Şekil 3. 4. Erken Tunç Çağı yalın basit seramik (üç ayaklı çömlek) ayak parçası örnekleri.	8
Şekil 3. 5. Erken Tunç Çağı yalın basit seramik (üç ayaklı çömlek) ayak parçası örnekleri.	8
Şekil 4.1. XRD analizi ile OT-1 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	11
Şekil 4. 2. XRD analizi ile OT-2 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	12
Şekil 4. 3. XRD analizi ile OT-3 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	12
Şekil 4. 4. XRD analizi ile OT-5 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	13
Şekil 4. 5. XRD analizi ile OT-9 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği	13
Şekil 4. 6. XRD analizi ile OT-10 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	14
Şekil 4. 7. XRD analizi ile OT-11 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	14
Şekil 4. 8. XRD analizi ile OT-12 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	15
Şekil 4. 9. XRD analizi ile ET-1 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	15
Şekil 4. 10. XRD analizi ile ET-2 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	16
Şekil 4. 11. XRD analizi ile ET-5 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	16

Şekil 4. 12. XRD analizi ile ET-6 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.....	17
Şekil 4. 13. Seramiklerin polarizan mikroskop görüntüleri (a) ET-1, (b) ET-2, (c) ET-3, (d) ET-4.....	22
Şekil 4. 14. Seramiklerin polarizan mikroskop görüntüleri (a) ET-5, (b) ET-6, (c) ET-7.	22
Şekil 4. 15. Seramiklerin polarizan mikroskop görüntüleri (a-j); OT 1-10.	23
Şekil 4. 16. Seramiklerin polarizan mikroskop görüntüleri (a) OT-11, (b) OT-12, (c) OT-13.....	23
Şekil 4. 17. FTIR tekniği ile ET-1 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	24
Şekil 4. 18. FTIR tekniği ile ET-2 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	24
Şekil 4. 19. FTIR tekniği ile ET-3 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	25
Şekil 4. 20. FTIR tekniği ile ET-4 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	25
Şekil 4. 21. FTIR tekniği ile ET-5 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	26
Şekil 4. 22. FTIR tekniği ile ET-6 örneğinde belirlenen bant aralıkları	26
Şekil 4. 23. FTIR tekniği ile ET-7 örneğinde belirlenen bant aralıkları	27
Şekil 4. 24. FTIR tekniği ile OT-1 örneğinde belirlenen bant aralıkları	27
Şekil 4. 25. FTIR tekniği ile OT-2 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	28
Şekil 4. 26. FTIR tekniği ile OT-3 örneğinde belirlenen bant aralıkları	28
Şekil 4. 27. FTIR tekniği ile OT-4 örneğinde belirlenen bant aralıkları	29
Şekil 4. 28. FTIR tekniği ile OT-5 örneğinde belirlenen bant aralıkları	29
Şekil 4. 29. FTIR tekniği ile OT-6 örneğinde belirlenen bant aralıkları	30
Şekil 4. 30. FTIR tekniği ile OT-7 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	30
Şekil 4. 31. FTIR tekniği ile OT-8 örneğinde belirlenen bant aralıkları	31
Şekil 4. 32. FTIR tekniği ile OT-9 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	31
Şekil 4. 33. FTIR tekniği ile OT-10 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	32
Şekil 4. 34. FTIR tekniği ile OT-11 örneğinde belirlenen bant aralıkları	32
Şekil 4. 35. FTIR tekniği ile OT-12 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	33

Şekil 4. 36. FTIR tekniği ile OT-13 örneğinde belirlenen bant aralıkları.....	33
Şekil 4. 37. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-1.....	36
Şekil 4. 38. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-2.....	37
Şekil 4. 39. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-3.....	38
Şekil 4. 40. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-4.....	39
Şekil 4. 41. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-5.....	40
Şekil 4. 42. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-6	41
Şekil 4. 43. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-7.....	42
Şekil 4. 44. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-1.....	43
Şekil 4. 45. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-2.....	44
Şekil 4. 46. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-3.....	45
Şekil 4. 47. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-4.....	46
Şekil 4. 48. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-5.....	47
Şekil 4. 49. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-6.....	48
Şekil 4. 50. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-7.....	49
Şekil 4. 51. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-8.....	50
Şekil 4. 52. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-9.....	51
Şekil 4. 53. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-10.....	52
Şekil 4. 54. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-11	53
Şekil 4. 55. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-12.....	54
Şekil 4. 56. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-13.....	55
Şekil 4. 57. Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklerin (üç ayaklı çömlekler) kimyasal kompozisyon dağılımı.....	58
Şekil 4. 58. Orta Tunç tarak bezemeli ağzı yivli seramiklerin kimyasal kompozisyon dağılımı.	59
Şekil 4. 59. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü ET-1.....	60
Şekil 4. 60. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü ET-2..	60

Şekil 4. 61. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü ET-3.....	61
Şekil 4. 62. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü ET-4.....	61
Şekil 4. 63. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü ET-5.....	62
Şekil 4. 64. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü ET-6.....	62
Şekil 4. 65. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü ET-7.....	63
Şekil 4. 66. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-1.....	63
Şekil 4. 67. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-2.....	64
Şekil 4. 68. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-3.....	64
Şekil 4. 69. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-4.....	65
Şekil 4. 70. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-5.....	65
Şekil 4. 71. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-6.....	66
Şekil 4. 72. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-7.....	66
Şekil 4. 73. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-8.....	67
Şekil 4. 74. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-9.....	67
Şekil 4. 75. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-10.....	68
Şekil 4. 76. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-11.....	68
Şekil 4. 77. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-12.....	69
Şekil 4. 78. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-13.....	69
Şekil 4. 79. ET-1 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	70
Şekil 4. 80. ET-2 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.....	71
Şekil 4. 81. ET-3 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	71
Şekil 4. 82. ET-4 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.....	72
Şekil 4. 83. ET-5 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	72
Şekil 4. 84. ET-6 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	73
Şekil 4. 85. ET-7 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	73
Şekil 4. 86. OT-1 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	74

Şekil 4. 87. OT-2 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	74
Şekil 4. 88. OT-3 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	75
Şekil 4. 89. OT-4 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	75
Şekil 4. 90. OT-5 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	76
Şekil 4. 91. OT-6 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	76
Şekil 4. 92. OT-7 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	77
Şekil 4. 93. OT-8 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	77
Şekil 4. 94. OT-9 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	78
Şekil 4. 95. OT-10 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	78
Şekil 4. 96. OT-11 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	79
Şekil 4. 97. OT-12 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	79
Şekil 4. 98. OT-13 seramik örneği TG ve DTA eğrileri	80

Çizelge 1. 1. Arkeometride kullanılan bazı teknikler, prensipleri, analiz birimleri, örnek durumu, çıktı şekli ve uygulama alanları.....	4
Çizelge 3. 1. Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklerin (üç ayaklı çömleklerin) tanımlamaları..	8
Çizelge 3. 2. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli – ağzı yivli seramiklerin tanımlamaları.....	9
Çizelge 4. 1. Erken Tunç Çağı seramiklerinde XRD ile belirlenen mineraller.	17
Çizelge 4. 2. Orta Tunç Çağı seramiklerinde XRD ile belirlenen mineraller.....	17
Çizelge 4. 3. Erken Tunç Çağı yalın basit (üç ayaklı çömlek) seramik örneklerinin petrografik özellikleri.	20
Çizelge 4. 4. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli ağzı yivli seramiklerin petrografik özellikleri.	21
Çizelge 4. 5. Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklerinde (üç ayaklı çömlek) FTIR analizi ile belirlenen bant değerleri.....	34
Çizelge 4. 6. Orta Tunç Çağı seramiklerinde FTIR analizi ile belirlenen bant değerleri.	35
Çizelge 4. 7. 1224 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-1	36
Çizelge 4. 8. 1249 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-2.	37
Çizelge 4. 9. 1254 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-3.....	38
Çizelge 4. 10. 1259 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-4	39
Çizelge 4. 11. 1326 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-5	40
Çizelge 4. 12. 1331 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-6	41
Çizelge 4. 13. 1336 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-7	42
Çizelge 4. 14. 1112 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-1.....	43
Çizelge 4. 15. 1117 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-2.....	44

Çizelge 4. 16. 1123 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-3.....	45
Çizelge 4. 17. 1128 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-4.....	46
Çizelge 4. 18. 1133 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-5.....	47
Çizelge 4. 19. 1138 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-6.....	48
Çizelge 4. 20. 1143 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-7.....	49
Çizelge 4. 21. 1321 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-8.....	50
Çizelge 4. 22. 1219 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-9.....	51
Çizelge 4. 23. 1224. nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-10.....	52
Çizelge 4. 24. 1229 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-11.....	53
Çizelge 4. 25. 1234 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-12.....	54
Çizelge 4. 26. 1239 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-13.....	55
Çizelge 4. 27. Erken Tunç Çağı yalın basit seramikler (üç ayaklı çömlekler) EDX sonuçları.....	57
Çizelge 4. 28. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli- ağzı yivli seramikler EDX sonuçları....	57
Çizelge 4. 29. Seramiklerde değişen sıcaklık aralıklarındaki ağırlık kayıp değerleri. ...	82

1. GİRİŞ

1.1. Geleneksel Seramik

Kolay şekillendirilmesi ve hammaddenin kolay temin edilmesinden dolayı pişmiş toprak malzemelerin kullanımını tarih boyunca artarak yaygınlaştırmıştır. İnsanlar ilk başta günlük ihtiyaçlarına yönelik eşyalar yaparken pişirdikçe kil ve kullanılan hammaddelerin farklı özelliklerini keşfederek geliştirmişlerdir. İnorganik malzeme olan seramik buluntular yüzyıllar boyu toprak altı koşullarına dayanımı neticesinde günümüze kadar gelebilmiştir. Pişmiş toprak olarak anılan “seramik” kelimesinin çıkış noktasının Yunancaya dayandığı bilinmektedir. Pişmiş toprak olarak anılan seramik kelimesinin çıkış noktası Yunancaya dayandığı bilinmekte ve bu sözcüğün boynuz anlamına gelen “keramos”tan türediği ve bu ürünlerin yerlerini zamanla seramik kaplara bıraktığı, buradan yola çıkarak da artık seramik malzemelerin kullanıldığı bilinmektedir. Tanım olarak seramiklere bakıldığında; genel olarak inorganik hammaddelerinin alınması ve değişik şekillendirme yöntemleri kullanılarak şekil verilmesi ve kurutulduktan sonra bir pişirme yöntemi ile pişirilerek ihtiyaca yönelik günlük hayatta kullanılan bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır (Arçasoy, 1983; Yılmaz ve Işık, 2012).

Seramiğin en eski örnekleri Mezopotamya’daki kazalarda elde edilmiştir. İlk olarak elle şekil verilen seramikler Orta Taş (Mezolitik) Çağı’nda görülmüştür. Seramiğin üretilmeye başlanması insanların toprağa yerleşmesi ile olmuştur. Mısır’da 3. bin yıllarının ilk yarısında, Kuzey Avrupa’da ise MÖ. 1000 yıllarında ilk seramik görülmektedir. Tarihsel özelliği ile seramiğe tanım getirilmesi bakımından bu bilgilerin önemi büyüktür. Seramik fırımlandığı için uzun süre kullanılan bir malzemedir. Bu kil malzemelerle fırınlarda pişirilmiş seramikler sağlamlığı nedeniyle gelecek nesillere birer miras olarak kalmaktadır (Deveci, 2012).

İnsanoğlunun öğrendiği ilk teknik olan seramik malzemeler temel prosedür olarak en az değişikliğe uğramış olanlarıdır. Kullanım ihtiyacına yönelik değişen gereksinimler doğrultusunda şekillendirme ve pişirme süreleri neticesinde farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmaktadır (web kaynak-1; Yılmaz ve Işık, 2012).

Ürünlerin oluşturulmasında elbette ki kullanılan hammaddeler belirleyici rol oynamaktadır. Geleneksel seramik hammaddeleri genel olarak özlü ve özsüz olarak

ikiye ayrılmaktadır. Hammaddeler ile ilgili açıklayıcı bazı bilgiler aşağıdakiler gibidir (web kaynak-2);

Geleneksel seramik hammaddeleri:

Özlü hammadde: Bu hammaddeler seramiğe plastiklik ve çalışılabilirlik sağlayan minerallerden oluşmaktadır. Dolayısıyla, bu tip hammaddeler genel olarak kil minerallerinden oluşmaktadır. Bu hammaddeler su ile yoğurulabilen ve aldığı şekli koruyabilen türdendir;

- a) Kaolin gurubu
- b) Montmorillonit gurubu
- c) İllit veya glimmer gurubu

Özsüz hammadde: Özlü hammaddelerin tersine, plastiklik özelliği olmayan ve buna bağlı olarak da şekil alamayan veya aldığı şekli koruyamayan türdeki hammaddelerdir. Bu tip hammaddeler seramik çamurunu bir anlamda özsüzleştirmekte ve dolayısıyla çamurun plastikliğini düşürmektedir. Özsüz hammaddeler çamurda daha çok fiziksel özelliklere etki etmektedir;

- a) Doğal özsüz hammaddeler
 - * Kuvars
 - * Feldspat
 - * Pegmatit
 - * Kalk
 - * Magnezit
 - * Dolomit
 - * Wollastonit
 - * Boksit
 - * Talk
- b)Yapay özsüz hammaddeler
 - * Kalsium fosfat
 - * Zirkonoksit
 - * Şamot
 - * Silisyum korbit

1.2. Arkeometri

Arkeometri; fen, doğa ve mühendislik bilimlerinin bir araya gelerek disiplinli bir çalışma ile eski medeniyetlere ait bilgilerin gün ışığına çıkarılmasında etkin rol oynayan bir bilim dalıdır. Yapılan çalışmalarda seramiklerin İçerdikleri hammaddeler, üretim teknikleri, üretim zamanları ve üretildikleri yerlerin belirlenebilmesi için kullanılabilen yöntemler arkeometride yer alan tarihlendirme ve provenans çalışmalarında etkin olarak yer almaktadır (Esin, 1985).

Arkeometrik incelemelerde tahribatlı ve tahribatsız teknikler kullanılmaktadır. Çalışmada esasen malzemenin zarar görmeden karakterize edilmesi hedeflense de tahribatlı yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tip arkeometrik tekniklerde toz numuneler hazırlanarak kullanılmaktadır. Bu doğrultuda uygulanan teknikler ve hedefleri aşağıda sırasıyla verilmiştir;

XRD (X-ışını Difraksiyonu): Seramik malzemelerde sıcaklığın artmasıyla bazı fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmektedir. Buna bağlı oluşan yeni fazlar ve mineraller XRD ile belirlenebilmektedir (Murad ve Wagner, 1996; Rasmussen ve ark., 2012).

İnce kesit (Optik Mikroskop): İnce kesit analizi seramik malzeme içindeki agrega, porozite (gözenek), hacimce mineral kayaç türü, grog içeriğinin belirlenmesi gibi detaylı bilgiler vermektedir (Emami ve ark., 2009; Bong ve ark., 2008).

FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi): Demir mineralleri (hematit ve magnetit) bulunabilmektedir. Yüksek sıcaklık fazları ve kil mineralleri de tespit edilebilmektedir (Kılıç ve Karahan, 2010; Barone ve ark., 2011; Maritan ve ark., 2006).

SEM/EDX (Taramalı Elektron Mikroskobu/Enerji Saçınımlı X-ışını Spektroskopisi): Seramik malzemelerin mikro yapısal ve mikro kimyasal özelliklerinin incelenmesi için uygulanan detaylı bir yöntemdir (Hajjaji ve ark., 2002, Emami ve ark., 2009).

TG-DTA (Termogravimetri-Diferansiyel Termal Analiz): Bu yöntem kullanılarak seramiklerin fiziksel-kimyasal su, organik madde, karbonatlı mineral (kalsit veya dolomit gibi) ve yüksek sıcaklık mineralleri gibi içeriklerinin olup olmadığı tespit

edilecektir. Böylelikle seramiklerin pişirim koşulları ve hammadde içerikleri hakkında destekleyici verilere ulaşılabacaktır (Moropoulou ve ark., 1995; Krapukaitytė ve ark., 2008).

Arkeometride kullanılan bazı teknikler ve bu tekniklerin çalışma koşulları Çizelge 1.1.'de verilmiştir (Demirci ve Öz, 2017).

Çizelge 1. 1. Arkeometride kullanılan bazı teknikler, prensipleri, analiz birimleri, örnek durumu, çıktı şekli ve uygulama alanları (Demirci ve Öz, 2017).

Alet	Prensibi	Analiz Birimi	Örnek Durumu	Çıktı Şekli	Uygulamaları
Optik Mikroskop	Işığın Büyütmesi	Objeye 2x-1000x	Doğal	Foto	Arkeolojik Materyaller
SEM	Işığın Büyütmesi	Objeye 25x-100000x	Mikroskopik Objeler, Parlattırılmış Kesitler	Foto	Arkeolojik Materyaller
ICP-OES	Işın Spektrometresi	Elementler	Sıvı	Ppm	Taş, Çanak Çömlek, Toprak Kemik, Metaller
ICP-MS	Kütle Spektrometresi	Elementler/ İzotoplar	Sıvı-Katı	Ppb	Taş, Çanak Çömlek, Yaprak, Kemik
IR	Infrared Spektrometresi	Mineraller, Organik Moleküller	Toz, İnce Filmler, Doğal Materyaller	Moleküler Tanımlama	Kayalar, Organik Moleküller
TIMS	Isıl İyonlaşmalı Kütle Spektroskopisi	İzotoplar	Saflaştırılmış Element	İzotop Oranı	Çanak Çömlek, Kemik, Metal
XRD	X Işınları Difraksiyonu	Kristal	Toz, Tek Kristal	Mineral Tanımlama	Mineral Pigment
XRF	X Işınları Floresansı	Elementler	Toz/Doğal	Ppm	Taş, Toprak, Çanak Çömlek
NAA	Gama Radyasyonu	Elementler	Toz	Ppm	Taş, Çanak Çömlek
GC-MS	Uçuculuk/ Moleküler Ağırlığı	Büyük Organik Moleküller	Çözücüde Çözünmüş	Molekül Tanımı	Gıda Maddesi, Boya, Reçine
LC-MS	Çözünürlük, Molekül	Büyük Organik Moleküller	Çözücüde Çözünmüş	Molekül Tanımı	Gıda Maddesi, Boya, Reçine

2. TİLBAŞAR HÖYÜK

2.1.Tilbaşar Höyük Hakkında Genel Bilgiler

Orta Fırat Bölgesi'nde yer alan Tilbaşar Höyük bölgesel olarak Neolitik Çağ'dan günümüze kadar Mezopotamya ve Anadolu gibi çok önemli toprakların üzerinde bulunan ticari yollara ev sahipliği yapmış ve sosyal kültürel etkileşimlere tanıklık etmiştir. Bölgeye bakıldığında genel olarak Toros dağlarının güneyinde yer aldığı görülmektedir. Tilbaşar Höyük'ün MÖ. 3400'den MÖ. 1600'e kadar kesintisiz olarak mesken edildiği, belli bir süre sonra Orta Çağ'da bu alanda tekrar bir yerleşim olanı olduğu tespit edilmiştir. Tilbaşar Höyük'e ait görseller Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de verilmiştir. Kuzey aşağı şehirde yapılan yüzey araştırmalarında Halaf ve Obeyd boyalı çanak çömlek parçaların rastlanmıştır, Akamerid ve Bizans dönemleri sırasında da sınırlı yerleşim alanları saptanmıştır. Höyükte yapılan kazı çalışmaları ile en erken Geç Kalkolitik Çağ kalıntılarına ulaşılmıştır. Bu dönemde önemli bir merkezi yerleşim görünümündedir. Ancak, Tilbaşar'ın en parlak dönemi Erken Tunç Çağı II ve IV'te yaşanmıştır (web kaynak-3; Kepinski ve Bulgan, 2007, Genç ve Yıldız Köse, 2019).



Şekil 2. 1. Tilbaşar Höyük kuşbakışı görünüm (web kaynak-3).



Şekil 2. 2. Tilbaşar Höyük genel görünüm (web kaynak-3).

2.2. Tezin Amaç ve Kapsamı

Yapılan bu tez çalışmasında amaçlanan hedefler aşağıdaki gibi özetlenebilir;

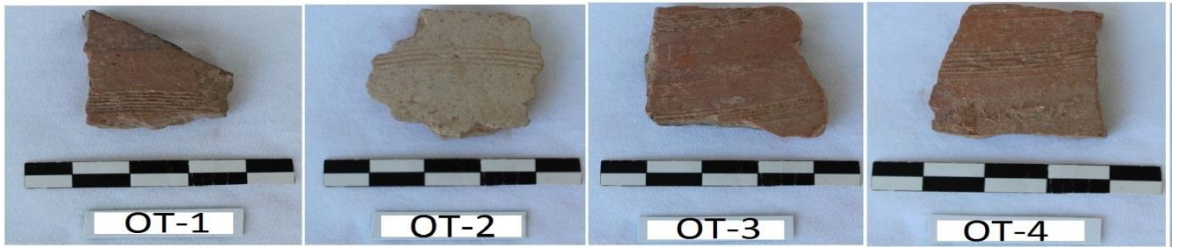
- A.** Seramiklerin kimyasal özelliklerinin belirlenmesi,
- B.** Seramiklerin minerolojik bileşimlerinin belirlenmesi, pişirim sıcaklıklarının ortaya çıkartılması,
- C.** Seramik yapılarının mikron düzeyinde yapılarının incelenmesi ve mikro kimyasal içeriklerinin belirlenmesi,
- D.** Bölgedeki diğer kültürlerle olan etkileşimin ortaya çıkarılması için bir literatür tabanının oluşturulması,
- E.** Bölgedeki seramik buluntular için daha önce yapılan ve ileride yapılacak arkeometrik çalışmalara bilimsel bir basamak oluşturulması,

Sıralanan bu amaçlara ulaşabilmek için arkeometrik karakterizasyon sürecinde X-ışını difraksiyon (XRD), ince kesit (OM), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve mikroanaliz teknikleri (EDX/WDX), Fourier Transform Infrared spektroskopisi (FTIR), termoravimetrik ve diferansiyel termal analiz (TG-DTA) yöntemleri kullanılarak gerekli incelemeler yapılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

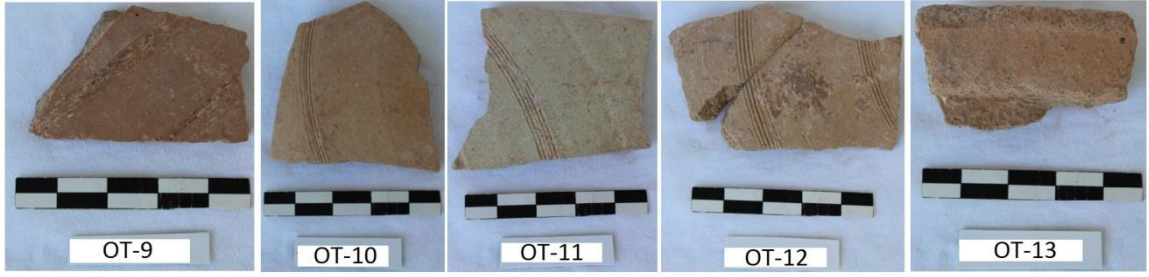
Arkeometrik çalışmalardaki ilk adım temsili numunelerin seçimidir. Çalışmanın temelinde karakterize edilecek malzemelerin ait oldukları grubu temsil etmeleri yer almaktadır. Bu bağlamda, mevcut çalışmada yer alan seramik parçaları Tilbaşar Höyük kazısı bilimsel danışmanı Dr. Öğr. Üyesi Elif Genç (Çukurova Üniversitesi) tarafından belirlenmiştir. Seramiklerin temsiliyet noktasında uniform olması amacıyla genel olarak hamur dokusu, renk ve kalınlık gibi fiziksel özellikler dikkate alınmıştır. Seçilen örnekler öncelikle belgelenmiş (Şekil 3.1-3.5), her birine numune kodu verilerek kayıt altına alınmış ve makro tanımlamaları yapılmıştır (Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2) (seramiklerin renk analizinde belirlenen L, a, b değerleri Ek-1’de verilmiştir). Ardından seramik parçalar saf su ile temizlenerek analizler için hazır hale getirilmiştir. Analizlerde kullanılmak üzere toz numuneler porselen havanda öğütülmüştür. Parça gerektiren analizler için ise bulk numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 3. 1. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli – ağız yivli seramik buluntu örnekleri (OT 1-4).



Şekil 3. 2. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli – ağız yivli seramik buluntu örnekleri (OT 5-8).



Şekil 3. 3. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli – ağzı yivli seramik buluntu örnekleri (OT 9-13).



Şekil 3. 4. Erken Tunç Çağı yalın basit seramik (üç ayaklı çömlek) ayak parçası örnekleri (ET 1-4).



Şekil 3. 5. Erken Tunç Çağı yalın basit seramik (üç ayaklı çömlek) ayak parçası örnekleri (ET5-7).

Çizelge 3. 1. Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklerin (üç ayaklı çömleklerin) tanımlamaları.

Kod	Seramiğin Arkeolojik Kodu	Temsil Edilen Parça	Ölçülen Kalınlık	Tane İriliği
ET-1	TH15.AŞD.BI.BJ990.-1606	Ayak Kısım	05,5-10mm	ince
ET-2	TH15.AŞD.BI.BJ990.980.0-177	Ayak Kısım	05,5-10mm	orta
ET-3	TH15.AŞD.BJ990.13-1677	Ayak kısmı	05,5-10mm	orta
ET-4	TH15.AŞD.BI.BJ990.13-1011	Ayak kısmı	05,5-10mm	orta
ET-5	TH15.AŞD.BJ990.13-1754	Ayak kısmı	05,5-10mm	orta
ET-6	TH15.AŞD.BI.BJ990.13-1558	Ayak kısmı	05,5-10mm	orta
ET-7	TH15.AŞD.BI.BJ990.0-82	Ayak kısmı	05,5-10mm	ince

Çizelge 3. 2. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli – ağız yivli seramiklerin tanımlamaları.

Kod	Seramiğin Arkeolojik Kodu	Temsil Edilen Parça	Ölçülen Kalınlık	Tane İriliği
OT-1	TH15.AŞD.BI 990.12-2692	Ağız Kısmı	8-12mm	orta
OT-2	TH15.AŞD.BI-BJ 990.0-55	Gövde Kısmı	5-6mm	kalın
OT-3	TH15.AŞD.BI 990.12-2683	Gövde Kısmı	3,5-5,5mm	orta
OT-4	TH15.AŞD.BI 990.13-3050	Gövde Kısmı	6,5-11,5mm	ince
OT-5	TH15.AŞD.BI 990.13-3061	Gövde Kısmı	6-7,5mm	ince
OT-6	TH15.AŞD.BI 990.12-3155	Omuz kısmı	3,5-5mm	orta
OT-7	TH15.AŞD.BI 990.12-3106	Gövde Kısmı	7-9,5mm	ince
OT-8	TH15.AŞD.BI 990.12-1899	Omuz kısmı	05,5-10mm	ince
OT-9	TH15.AŞD.BI-BJ 990.1272	Gövde Kısmı	05,5-10mm	orta
OT-10	TH15.AŞD.BJ 990.12-3149	Gövde Kısmı	05,5-10mm	ince
OT-11	TH15.AŞD.BI 990.13-2864	Gövde Kısmı	05,5-10mm	ince
OT-12	TH15.AŞD.BJ 990.13-1455	Gövde Kısmı	05,5-10mm	orta
OT-13	TH15.AŞD.BI-BJ 990.0-1008	Ağız Kısmı	05,5-10mm	iri taneli

3.2. Yöntem

3.2.1. Mineralojik karakterizasyon

Seramiklerdeki mineralojik ihtivaların belirlenmesi amacıyla XRD analizi kullanılmıştır. Bu analiz tekniği ile seramiklerdeki hem mevcut mineraller hem de (var ise) yüksek sıcaklık fazları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, tez çalışmasında yer alan seramikler Panalytical marka (Empyrean model) bir XRD cihazı ile 5–70° 2θ aralığında analiz edilmiştir. Analizlerde Goniometri hızı 2°/dk olarak belirlenmiştir (Cu-Kα)

3.2.2. Petrografik karakterizasyon (İnce Kesit)

Seramiklerin mineral ve kayaç içerikleri, aynı zamanda hamur yapıları petrografi analizinde hazırlanan ince kesitler üzerinden belirlenmiştir. Bu amaçla, tez çalışmasındaki seramikler LEICA Research Polarizan marka alt-üst aydınlatmalı DMLP model optik mikroskop ile incelenmiştir. Analiz verilerinin değerlendirilmesinde Point Counting metodu kullanılırken, Leica DFC280 marka dijital kamera ile alınan ince kesit

görüntülerinin değerlendirilmesi Leica Qwin digital görüntüleme ile gerçekleştirilmiştir (görüntülemeye X25 büyütme tek ve çift nikol kullanılmıştır).

3.2.3. FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi)

FTIR analizi çalışmada tamamlayıcı bir teknik olarak kullanılmıştır. Bu amaçla, seramik tozları Spectrum 100 model bir Perkin Elmer marka FTIR cihazı ile analiz edilmiştir. FTIR spektrumları $400-2000\text{ cm}^{-1}$ dalga boyunda gerçekleştirilmiş olup, elde edilen bant değerleri literatürde yer alan karakteristik mineral bantları ile yorumlanmıştır

3.2.4. SEM/EDX (Taramalı Elektron Mikroskobu/Enerji Saçımmlı X-ışını Spektroskopisi)

Seramiklerin mikro yapısal ve mikro kimyasal özellikleri Carl Zeiss marka (Supra 40VP model) SEM-EDX cihazı ile belirlenmiştir. Seramikler yalıtkan malzeme olduğundan, parçaların iletkenliğini arttırarak daha iyi görüntüler elde etmek amacıyla örnekler platinyum ile kaplanmıştır (Qourum marka, Q150R ES model kaplama cihazı kullanılmıştır). SEM görüntüleri 2-100 mikron aralığındaki farklı ölçeklerde alınmıştır. EDX sonuçları elementel olarak belirlenmiş ve ardından konvensiyonel oksit formuna çevrilmiştir.

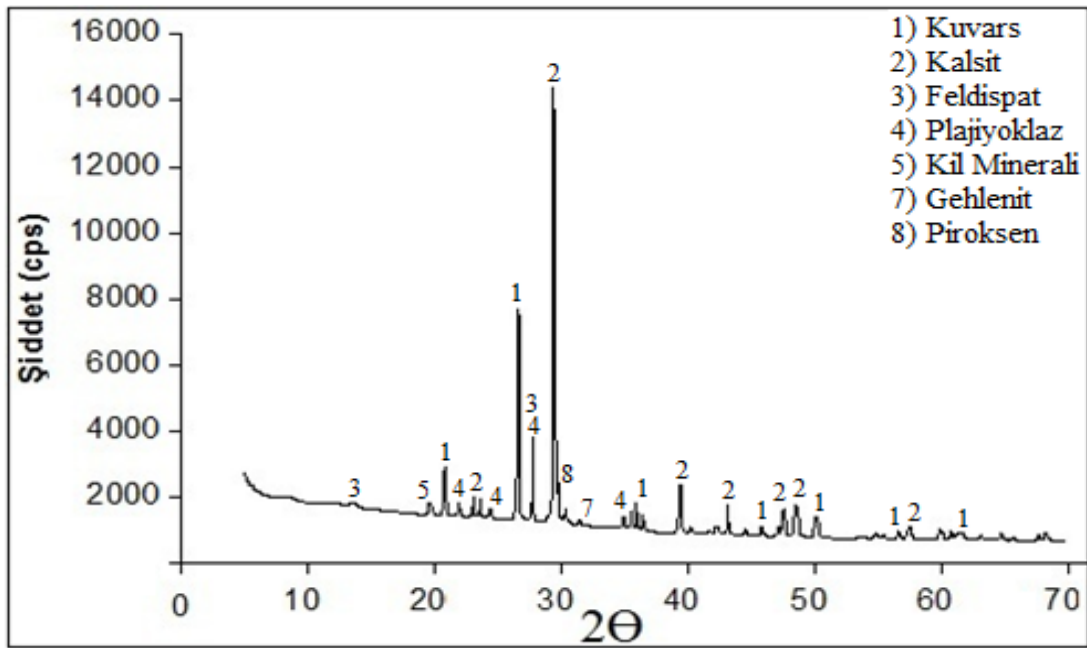
3.2.5. TG-DTA (Termogravimetri-Diferansiyel Termal Analiz)

Tamamlayıcı diğer bir teknik olarak kullanılan ve ısı analiz tekniği olan TG-DTA analizinde SHIMADZU marka (DTG-60H model) cihaz kullanılmıştır. Analiz süresince seramik tozlardaki entalpi değişiminin belirlenmesi amacıyla dakikada 20°C ısı artışı sağlanmıştır (maksimum sıcaklık 1000°C). Analizler dakikada 20 ml akışa sahip azot gazı atmosferinde (Platin kapsülde) gerçekleştirilmiştir.

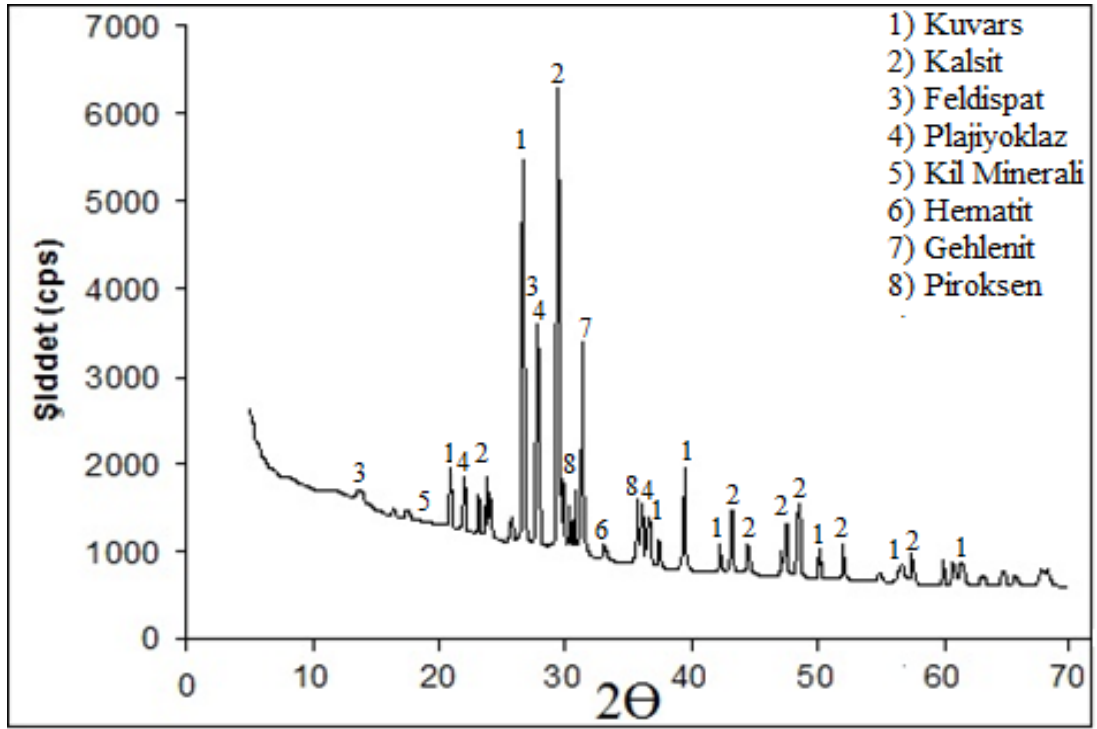
4. BULGULAR

4.1. XRD analiz sonuçları

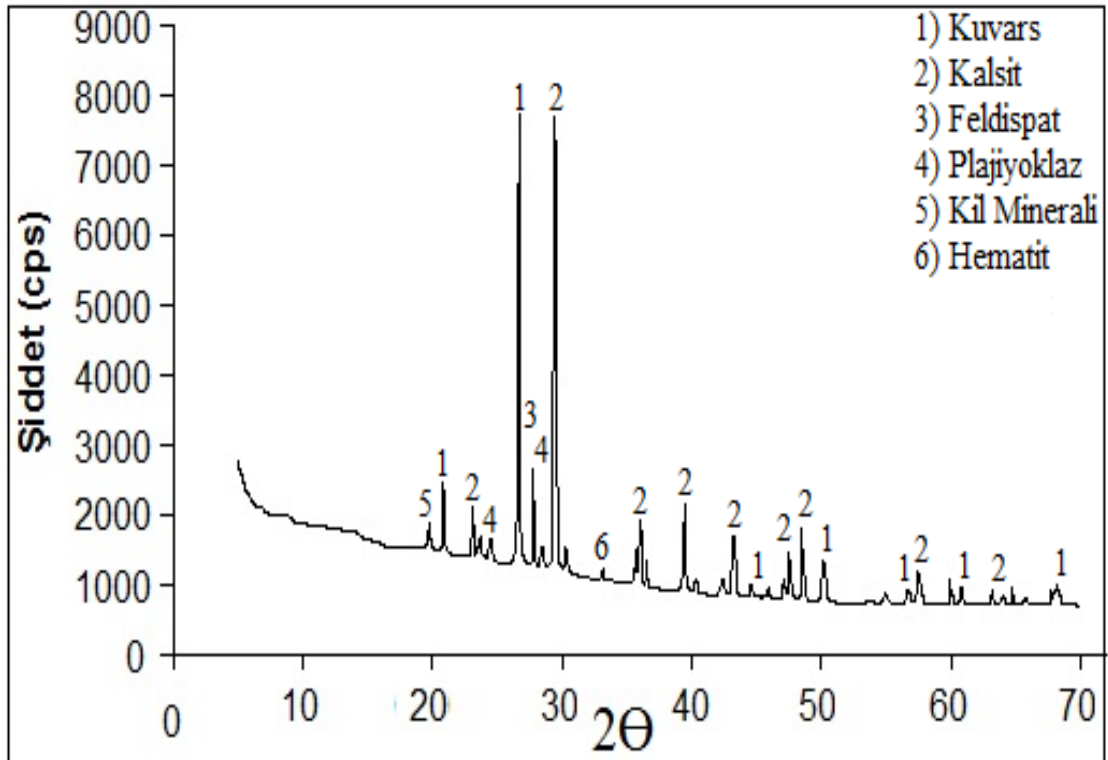
Seramikler için yapılan mineralojik analizde örneklerde tespit edilen mineral içerikleri sırasıyla Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir. Buluntulara ait temsili XRD paternleri sırasıyla Şekil 4.1-4.12’de verilmiştir. Diğer XRD paternleri için Ek-2’ye bakınız.



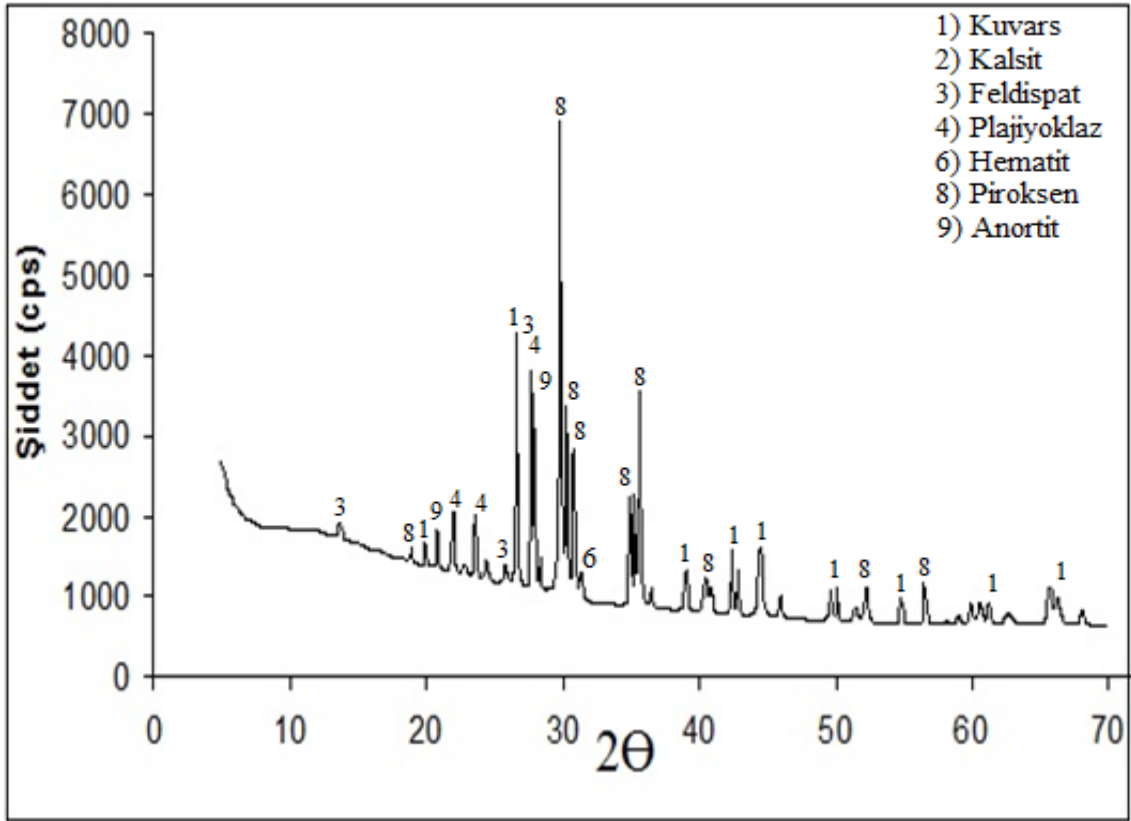
Şekil 4. 1. XRD analizi ile OT-1 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



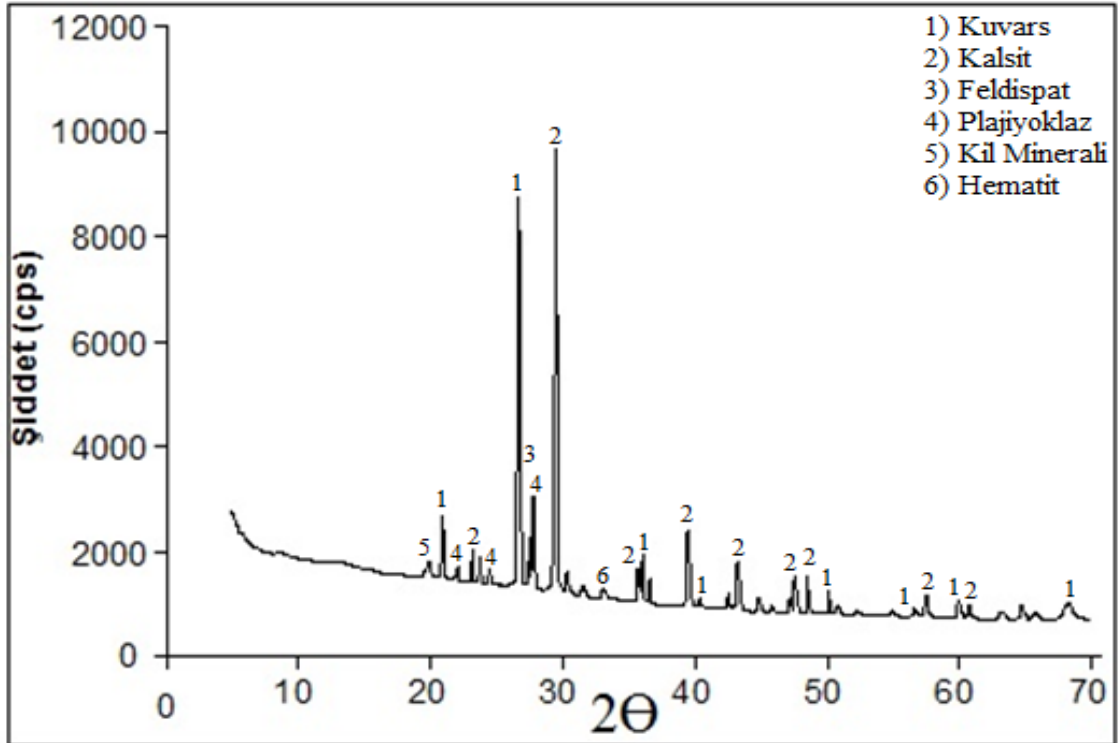
Şekil 4. 2. XRD analizi ile OT-2 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



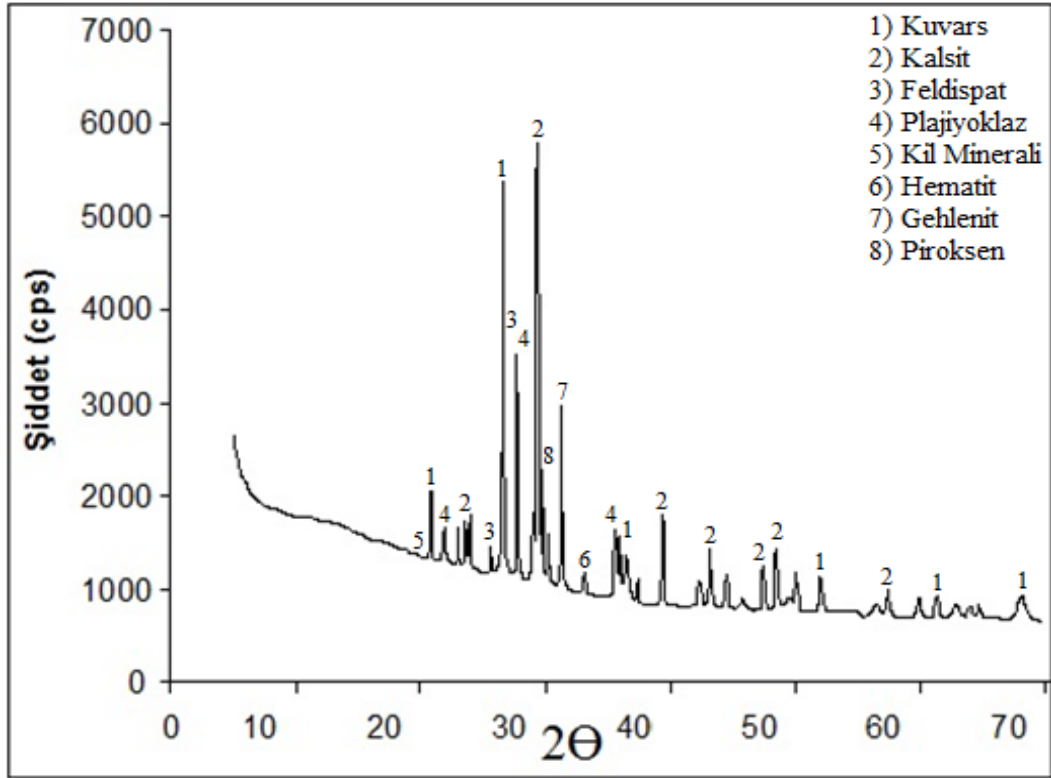
Şekil 4. 3. XRD analizi ile OT-3 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



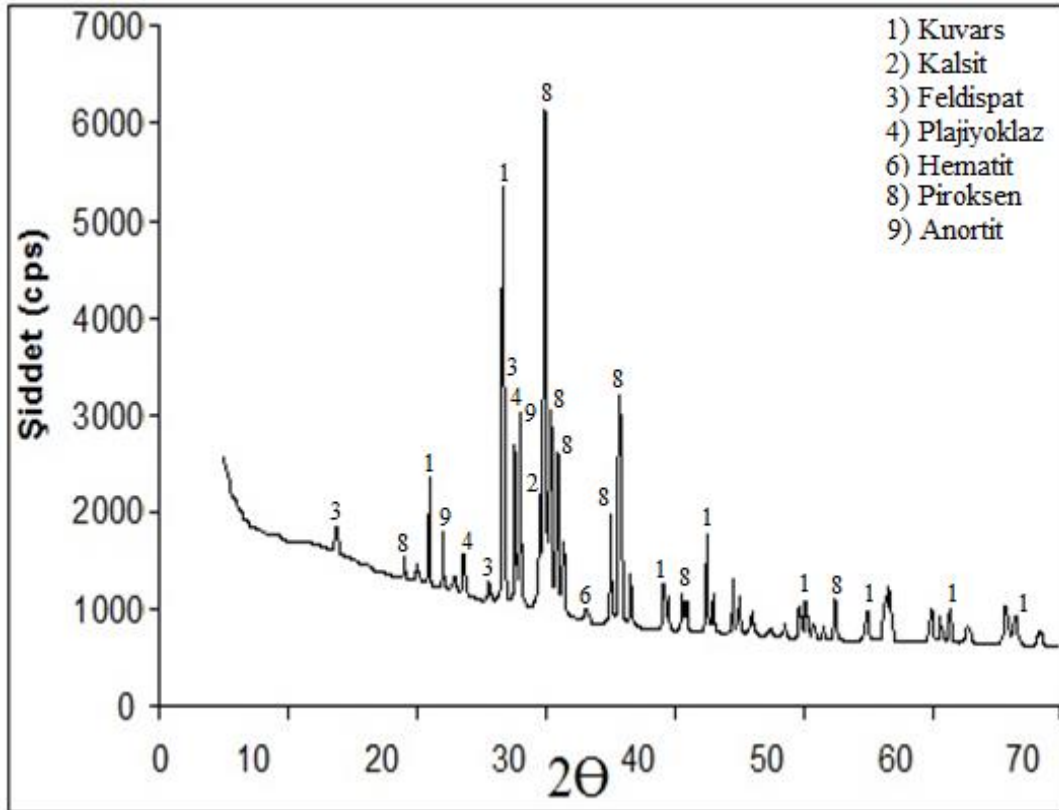
Şekil 4. 4. XRD analizi ile OT-5 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



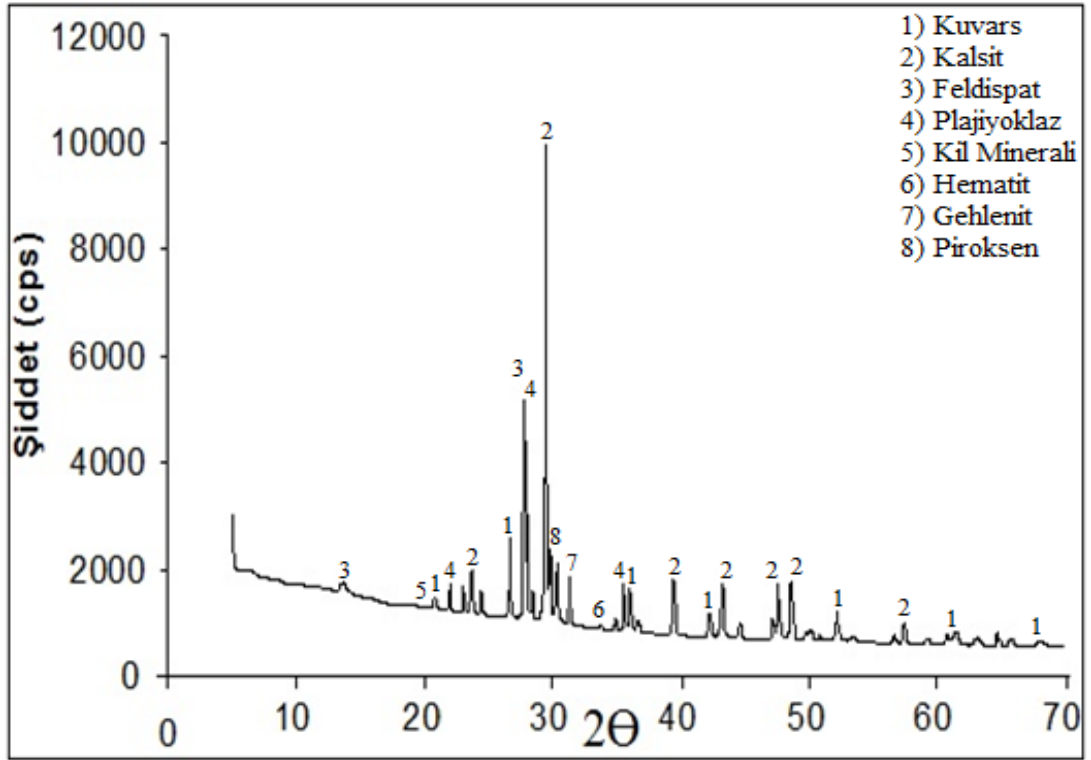
Şekil 4. 5. XRD analizi ile OT-9 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



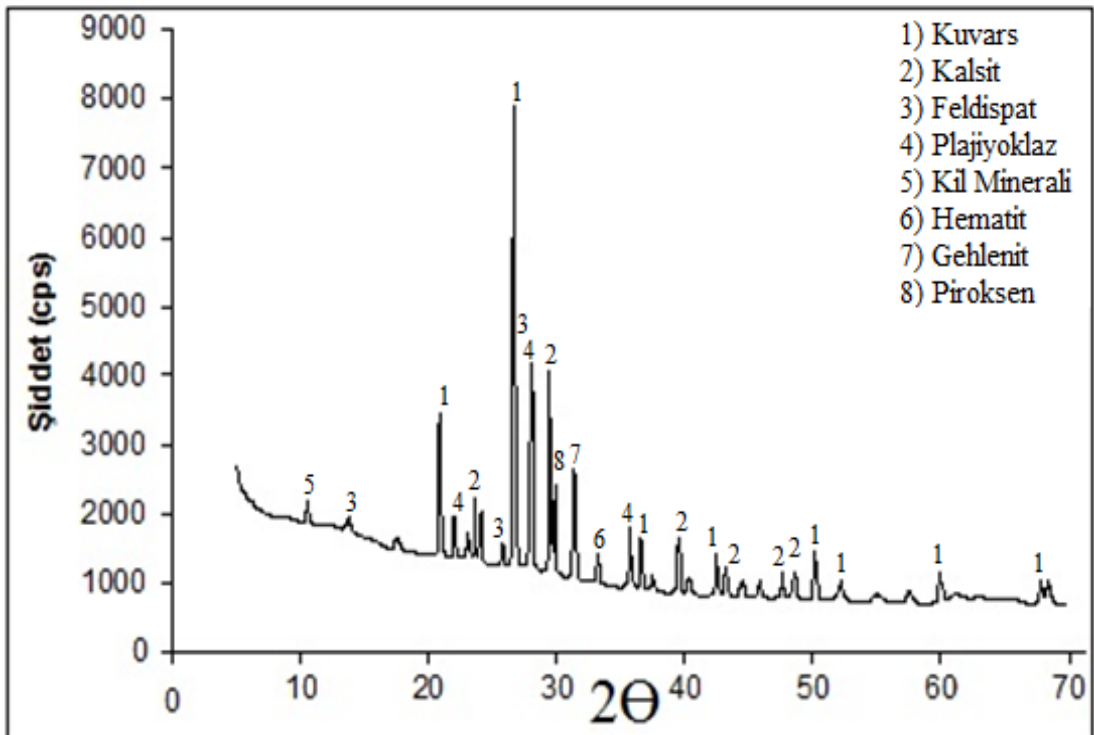
Şekil 4. 6. XRD analizi ile OT-10 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



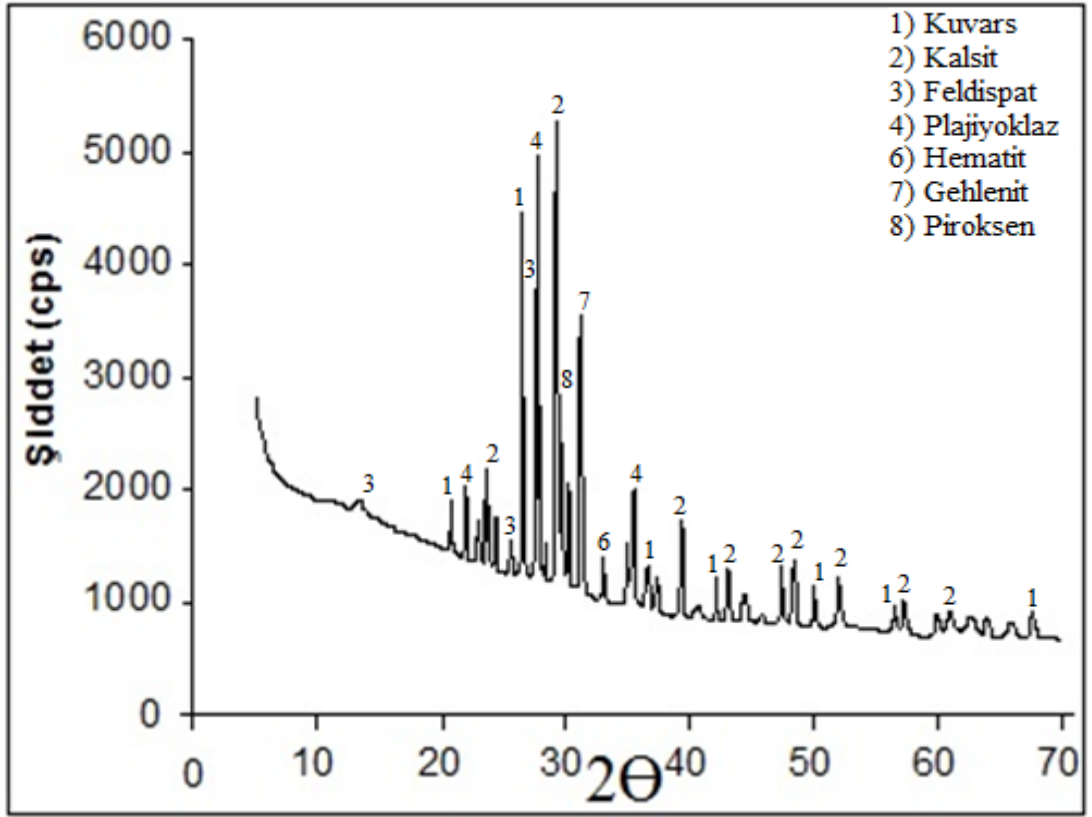
Şekil 4. 7. XRD analizi ile OT-11 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



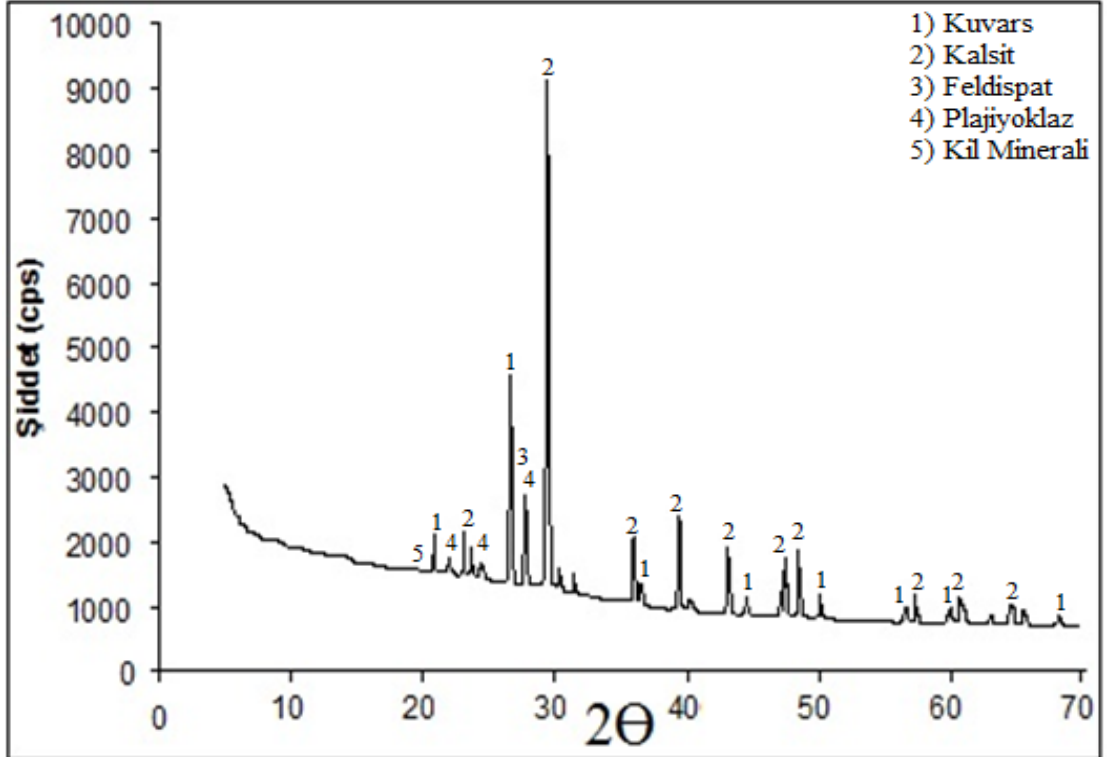
Şekil 4. 8. XRD analizi ile OT-12 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



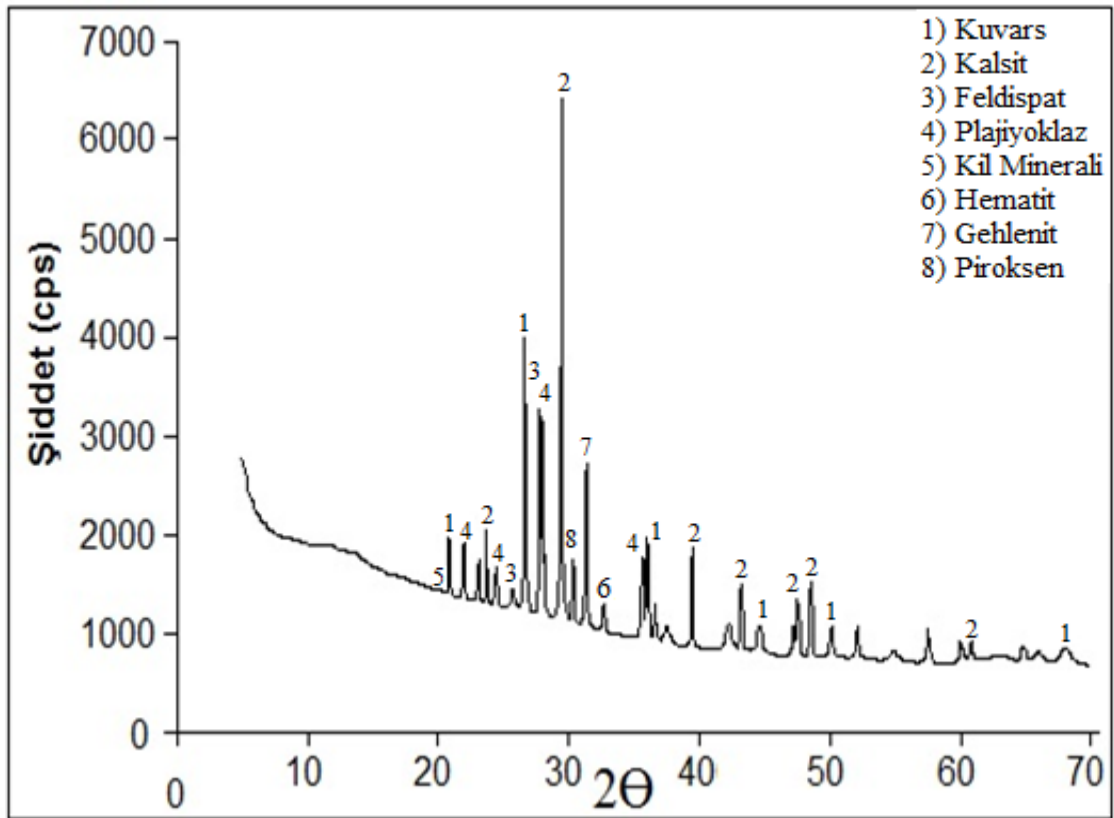
Şekil 4. 9. XRD analizi ile ET-1 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



Şekil 4. 10. XRD analizi ile ET-2 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



Şekil 4. 11. XRD analizi ile ET-5 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.



Şekil 4. 12. XRD analizi ile ET-6 örneğinde tespit edilen mineral/faz içeriği.

Çizelge 4. 1. Erken Tunç Çağı seramiklerinde XRD ile belirlenen mineraller.

Numune	Mineral/Faz
ET-1	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit, Gehlenit, Piroksen
ET-2	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Hematit, Gehlenit, Piroksen
ET-3	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit, Gehlenit, Piroksen
ET-4	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Hematit, Gehlenit, Piroksen
ET-5	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali
ET-6	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Gehlenit, Piroksen
ET-7	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Hematit, Gehlenit, Piroksen

Çizelge 4. 2. Orta Tunç Çağı seramiklerinde XRD ile belirlenen mineraller.

Numune	Mineral
OT-1	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Gehlenit, Piroksen
OT-2	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit, Gehlenit, Piroksen
OT-3	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit
OT-4	Kuvars, Kalsit, Feldspat, plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit, Gehlenit
OT-5	Kuvars, Feldspat, Plajiyoklaz, Piroksen, Anortit
OT-6	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit
OT-7	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit, Gehlenit
OT-8	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit
OT-9	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit
OT-10	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit, Gehlenit, Piroksen
OT-11	Kuvars, Feldspat, Plajiyoklaz, Hematit, Gehlenit, Piroksen, Anortit
OT-12	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Kil minerali, Hematit
OT-13	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Plajiyoklaz, Hematit, Gehlenit, Piroksen

Çalışma kapsamında incelenen her iki gruba ait tüm seramik buluntularda kuvars ve feldspat/plajiyoklaz mineralleri belirlenmiştir. Çoğu örnekte kalsit saptanmış olup, bu mineralin yer aldığı seramiklerin pişirim sıcaklığının 700-800°C aralığında olduğu belirlenmiştir (yüksek sıcaklık fazlarının saptanmadığı örnekler için) (Broekmans ve ark., 2004; Shoval, 2003). Kalsitin yüksek sıcaklık fazları (piroksen ve/veya melilit grubu mineraller) ile birlikte görüldüğü örneklerde ise bu kalsitin (X-ışınları şiddeti de dikkate alındığında) ikincil olduğu ve gömülme şartlarına bağlı olarak bir safsızlık şeklinde seramik bünyede yer aldığı öngörülmüştür (Fabbri ve ark., 2014; Shoval ve ark., 1993). Kalsitin birincil veya ikincil olma durumuna göre seramiklerin pişirim sıcaklık değerleri değişiklik göstermektedir, bundan dolayı ikincil kalsitin tespiti oldukça önem arz etmektedir.

İkincil kalsitin tespit edilmesi için arkeometride farklı yöntemler kullanılabilmektedir. Esas olarak, kalsitin tespit edildiği karakterizasyon tekniği XRD metodudur. Kalsit XRD paterninde karakteristik piklerini gösterdiğinde bu ihtiva birincil kalsit olarak değerlendirilmektedir. Buradaki önemli noktalardan biri de elbette ki yüksek sıcaklık mineralidir. Gehlenit, vollastonit, piroksen ve anortit gibi sonradan oluşabilecek yüksek sıcaklık minerallerinin yokluğunda kalsitin majör olarak tespit edilmesi pişirim sıcaklığını 700-800°C aralığında tutarken, bu fazların oluşmaya başlayarak XRD paterninde pik vermeye başlaması ile kalsitin veya karbonatlı hammaddelerin (örneğin dolomit) bozunmaya başladığı görülmektedir. Literatürde bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarda, artan sıcaklıkla birlikte kademeli olarak uygulanan XRD analizlerinde yüksek sıcaklık fazlarının oluşmaya başlaması ile birlikte kalsit piklerindeki X-ışını şiddetinin azaldığı ve belli bir sıcaklıktan sonra (yüksek sıcaklık minerallerinin tam olarak oluşmasıyla birlikte) kalsit piklerinin kaybolduğu gözlemlenmiştir. İkincil kalsitin tespit edilebileceği bir başka teknik ise petrografi analizidir. Özellikle iri taneli kalsit granülleri ince kesit görüntülerinde belirlenebilmektedir. Petrografi analizinde seramiklerin hamur yapısı incelenirken şayet matristeki taneler çok ince boyutlarda ise kalsitin belirlenmesi zorlaşabilmektedir. Bu nedenle tamamlayıcı diğer analizlerden olan FTIR tekniği kullanılabilir. FTIR analizinde kalsitin bant değeri genel olarak 1415-1435 cm⁻¹ dolaylarında spektrum vermektedir, ikincil kalsitte ise bu bant değerleri 1440-1450 cm⁻¹ aralığına kaymakta ve spektrumun şiddeti ve/veya alanı azalmaktadır. Seramik arkeometrisinde bu amaçla kullanılan diğer bir yöntem TG-DTA'dır. Bu teknikte, birincil kalsit genel olarak 800°C civarlarında endotermik etki vermekteyken, ikincil kalsitin aynı etkiyi gösterdiği

sıcaklık 700°C'ye doğru gerilemektedir. Endotermik etkilere bağlı olarak oluşan ağırlık kaybı değerleri de bu noktada yardımcı olmaktadır. Birincil kalsitin bozunmasıyla oluşan ağırlık kaybı değerleri yüksek iken, ikincil kalsitin bozunması ile meydana gelen ağırlık kaybı değerleri düşüktür (Bong ve ark., 2008; Fabbri ve ark., 2014).

Literatürdeki bilgiler de dikkate alınarak yapılan değerlendirmede Erken Tunç Çağı seramik buluntuların pişirim sıcaklık aralıklarının 700-900°C, Orta Tunç Çağı seramik buluntuların pişirim sıcaklık aralıklarının 700-950°C arasında olduğu belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık fazlarının düşük şiddette (cps) görüldüğü ve birincil kalsitin kısmen de olsa yer aldığı örneklerin 800-900°C, yeni fazların (piroksen, gehlenit vb.) baskın şekilde yer aldığı ve kalsitin ikincil olarak yer aldığı (düşük şiddette) veya saptanmadığı örneklerin 900-950°C'ye maruz kaldıkları öngörülmüştür. Benzer şekilde, örnek seti içerisinde OT-5 kodlu numunede majör faz olarak belirlenen piroksen mineraline ek olarak saptanan anortit minerali de seramiğin yüksek sıcaklıkta piştiğine işaret etmiştir. Bu durumda, seramiklerin pişirim teknoloji açısından farklı pişirme koşulları altında üretildikleri akla gelmektedir. Kullanılan basit veya gelişmiş pişirme tekniklerine bağlı olarak seramiklerde meydana gelen mineralojik değişimler pişirim sıcaklık aralıkları hakkında önemli bilgiler vermiştir (Cultrone ve ark., 2001; Bayazit ve ark., 2014).

Kil mineralleri yaklaşık 700°C'de OH⁻ gurubunu kaybederek 900°C civarında yapısal olarak bozunmaktadır (Cultrone ve ark., 2001). Bazı örneklerde saptanan kil mineralleri bu seramiklerin maksimum 900°C sıcaklığa maruz kaldığını göstermiştir. Bazı numunelerde saptanan hematit minerali bu seramiklerin yükseltgen atmosfere maruz kaldıklarını ve dolayısıyla pişirme prosesinin oksijenli ortamda yapıldığını göstermektedir (Issi, 2012). XRD analizi seramiklerin mineral içerikleri ve yeni oluşan fazları hakkında faydalı bilgiler vermiştir.

4.2. Petrografi analiz sonuçları

Erken Tunç Çağı yalın basit seramik buluntulara (üç ayaklı çömlekler) ait petrografi analiz sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Buna göre seramikler 3 gruba ayrılmıştır. Örneklerin genel olarak ince ve/veya orta boyutlu agregalar içerdiği ve minerallerin bazalt kayaç kökenliği olduğu görülmüştür. Örneklerin tümünde kuvars, plajiyoklaz, opak mineraller ve oligoklaz tespit edilirken, değişik numunelerde görülen diğer mineraller biyotit ve piroksen olmuştur. Çört ve bazalt ise numunelerde kayaç türü

olarak saptanmıştır. Seramiklerde hacimce porozite ve matris toplam agrega oranları sırasıyla % 4-8 ve % 35-45 aralığında tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 3. Erken Tunç Çağı yalın basit (üç ayaklı çömlek) seramik örneklerinin petrografik özellikleri.

Seramik Örnekler	P (%)	MTA (%)	Kayaç ve Mineraller*	Açıklamalar
Grup-1	6	45	Q,Pl,Ç,By,Py,Ol,Op (İddingsitleşme)	İnce boyutta agregalı yapı bazalt kayaç kökenli agregalar içeriyor.
Grup-2	4	-	Q,Pl,Ç,By,Op,Ol	Orta boyutta agregalı yapı bazalt kayaç kökenli agregalar içeriyor.
Grup-3	8	35	Q,Pl,Py,Op,B,Ol	Orta boyutta agregalı yapı bazalt kayaç kökenli agregalar içeriyor.

İnce / Orta / İri Boyutlu Agrega (mm) :<0,5 / 0,5-1,0 / >1,0, (-): belirlenmedi.

T: Pişirim Sıcaklığı, P: Porozite, MTA: Matriks Toplam Agrega Oranı

Grup-1 : ET-1, ET-7

Grup-2 :ET-2, ET-4, ET-5, ET-6

Grup-3 :ET-3

(*) A: Andezit, B: Bazalt, By: Biyotit, C: Kalsit, Ç: Çört, G: Granit, K: Kireçtaşı, M: Mermer, Ms: Muskovit, Ol: Olivin, Op: Opak Mineraller, Ov: Olivin, Pl: Plajiyoklaz, Py: Piroksen, Q: Kuvars, Qr: Re-kristalize Kalsit, Qs: Kuvarsit, Ş: Şist, TK: Tuğla Kırığı Parçaları

Orta Tunç Çağı tarak bezemeli ağzı yivli seramik buluntulara ait petrografi analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Buna göre seramikler 6 gruba ayrılmıştır. Örneklerin ince, iri ve/veya orta boyutlu agregalar içerdiği ve minerallerin silt taşı, kum taşı, marn, bazalt kayaç kökenliği olduğu görülmüştür. Örneklerin tümünde kuvars ve plajiyoklaz tespit edilirken, değişik numunelerde görülen diğer mineraller opak mineraller, oligoklaz ve piroksen olmuştur. Bazı seramiklerde (yapısal boşluklarda) tekrar kristallenmiş kalsit olduğu saptanmıştır. Bazalt ise numunelerde kayaç türü olarak saptanmıştır. Seramiklerde hacimce porozite ve matris toplam agrega oranları sırasıyla % 4-12 ve % 10-32 aralığında tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 4. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli ağız yivli seramiklerin petrografik özellikleri.

Seramik Örnekler	P (%)	MTA (%)	Kayaç ve Mineraller*	Açıklamalar
Grup-1	7	18	Q,Pl,Py,B (Yapısal boşluklarda Qr)	Orta boyutta agregalı yapı bazalt kayaç kökenli agregalar içeriyor.
Grup-2	6	20	Q,Pl,Py,B (Yapısal boşluklarda Qr)	Orta boyutta agregalı yapı silttaşı, kumtaşı ve marn kayaçları kökenli agregalar içeriyor.
Grup-3	7	10	Q,Pl,Py,B,Ol	İnce boyutta agregalı yapı bazalt kayaç kökenli agregalar içeriyor.
Grup-4	4	15	Q,Pl,Py,B,Op	İnce boyutta agregalı yapı kumtaşı kayaç kökenli agregalar içeriyor.
Grup-5	12	32	Q,Pl,B,Op (Yapısal boşluklarda Qr)	Orta boyutta agregalı yapı bazalt kayaç kökenli agregalar içeriyor.
Grup-6	5	28	Q,Pl,Py,B,Op	İri boyutta agregalı yapı ofiyolitik bazalt kayaç kökenli agregalar içeriyor.

İnce / Orta / İri Boyutlu Agregalar (mm) : <0,5 / 0,5-1,0 / >1,0

T: Pişirim Sıcaklığı, P: Porozite, MTA: Matriks Toplam Agregalar Oranı

Grup-1: OT-1, OT-7

Grup-2 : OT-2, OT-3, OT-6, OT-11, OT-12

Grup-3 : OT-4, OT-10

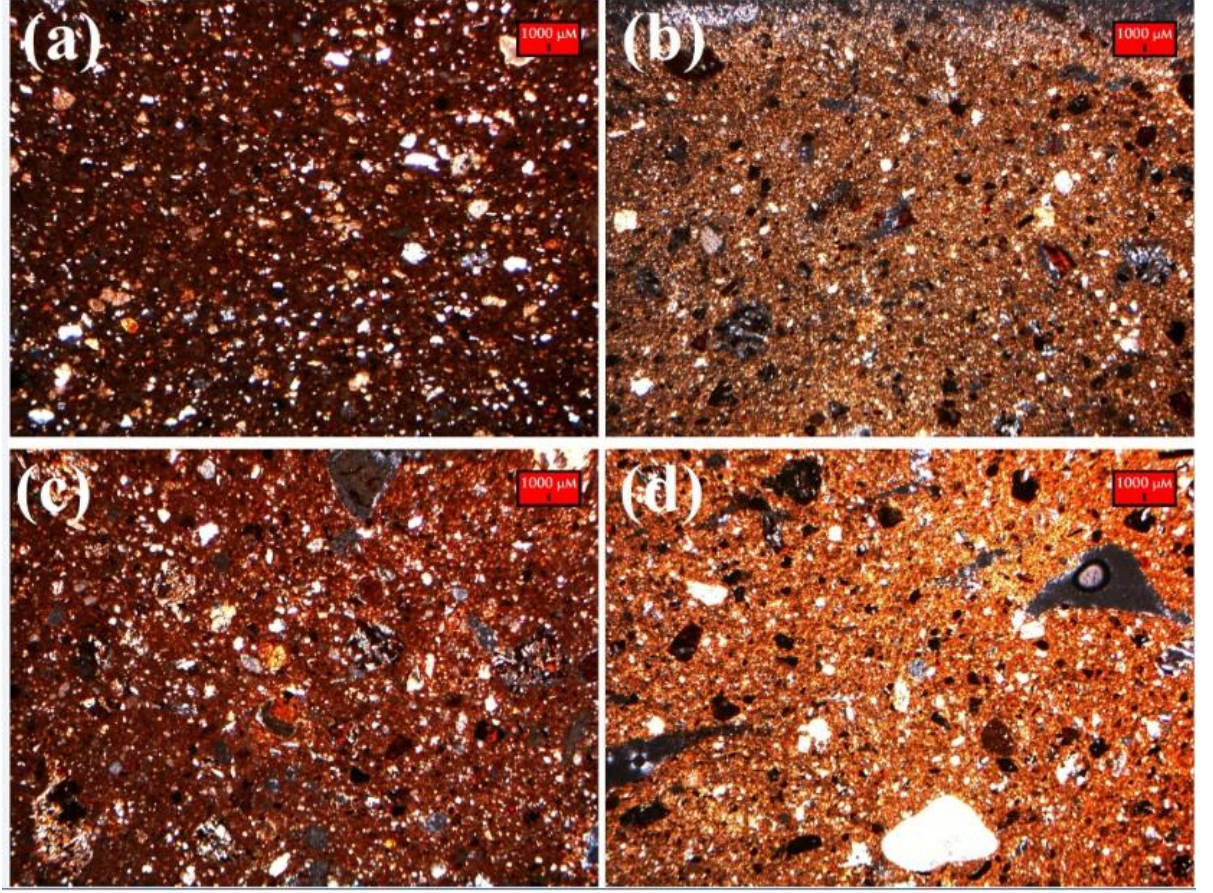
Grup-4 : OT-B5, OT-9

Grup-5 : OT-8

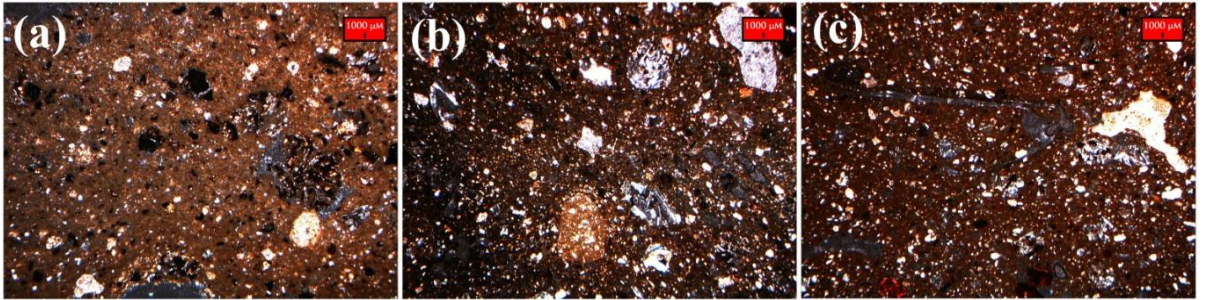
Grup-6 : OT-13

(*) A: Andezit, B: Bazalt, By: Biyotit, C: Kalsit, Ç: Çört, G: Granit, K: Kireçtaşı, M: Mermer, Ms: Muskovit, Ol: Olivin, Op: Opak Mineraller, Ov: Olivin, Pl: Plajiyoklas, Py: Piroksen, Q: Kuvars, Qr: Rekristalize Kalsit, Qs: Kuvarsit, Ş: Şist, TK: Tuğla Kırığı Parçaları.

Yalın basit seramik buluntulara (üç ayaklı çömlekler) ait ince kesit görüntüleri sırasıyla Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de verilmiştir.

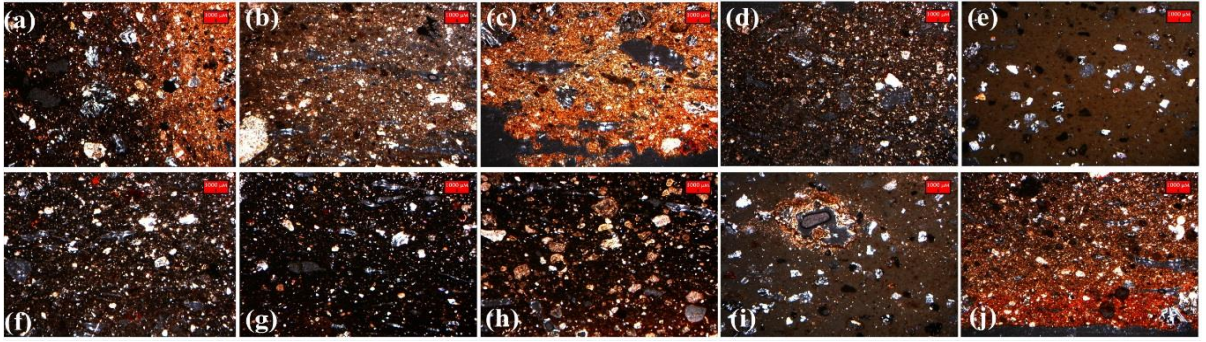


Şekil 4. 13. Seramiklerin polarizan mikroskop görüntüleri (a) ET-1, (b) ET-2, (c) ET-3, (d) ET-4.

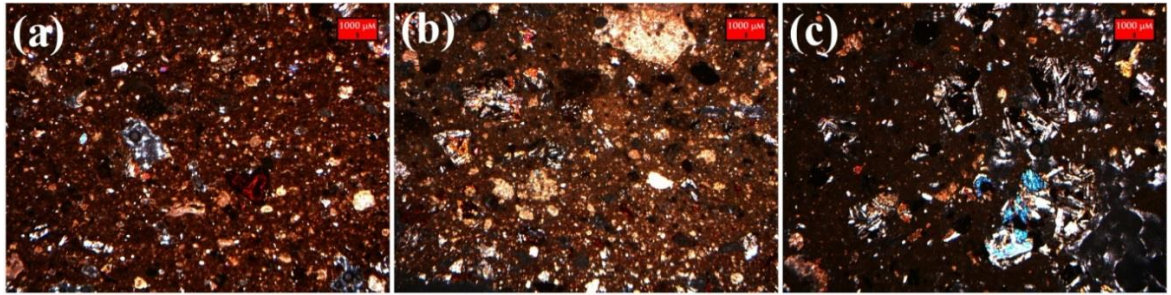


Şekil 4. 14. Seramiklerin polarizan mikroskop görüntüleri (a) ET-5, (b) ET-6, (c) ET-7.

Orta Tunç Çağı tarak bezemeli - ağzı yivli seramik buluntulara ait ince kesit görüntüleri sırasıyla Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4. 15. Seramiklerin polarizan mikroskop görüntüleri (a-j); OT 1-10.



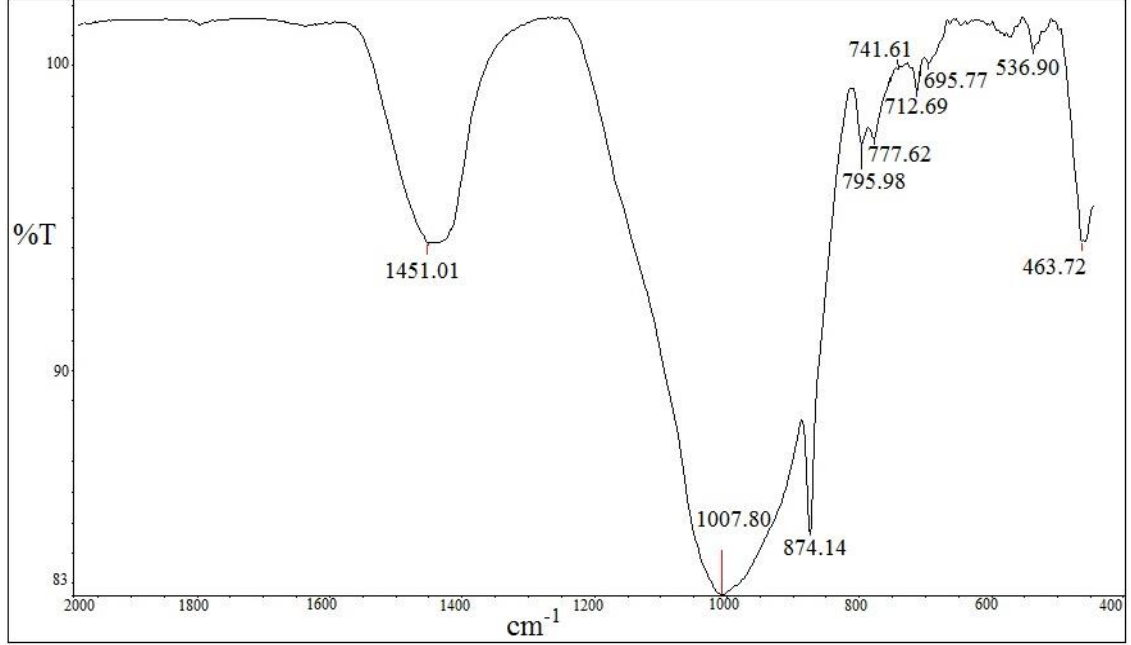
Şekil 4. 16. Seramiklerin polarizan mikroskop görüntüleri (a) OT-11, (b) EO-12, (c) OT-13.

Seramiklere ait ince kesit görüntüleri incelendiğinde numunelerin genel olarak ince ve/veya orta boyutta agrega içerdikleri gözlemlenmiştir. Bazı seramiklerde grog kalıntısı olabilecek kalıntılara rastlanmıştır. Kurutulmuş kil veya öğütülmüş seramik/tuğla olabilecek grog içeriklerinin seramikleri sağlamlaştırmak amacıyla kullanıldığı bilinmektedir (Rice, 1987). XRD analizinde de tespiti yapılan muhtemel ikincil kalsit varlığının gömülme şartlarına bağlı olarak meydana gelmiş olabilecek kalsit olduğu öngörülmektedir. Özellikle Orta Tunç Çağı seramik örneklerinde tespit edilen ve yapısal boşluklarda tespit edilen re-kristalize kalsit bu öngörüğü doğrulayıcı nitelikte olmuştur. Seramiklerin ince kesit görüntülerinde hamurun farklı renklerde olması heterojen hammadde karışımını akla getirmekteyken, bir taraftan da düzensiz bir pişirim prosesinin olduğuna işaret etmektedir. Büyük olasılıkla demir mineralinin redoks reaksiyonlarına bağlı olarak oluşabilecek kırmızı ve siyah tonlarındaki renkleri etkileyecek bir diğer önemli parametre ise organik madde ihtivasıdır. Genel olarak geleneksel seramiklerin pişirilmesinde (tarih öncesi devirlerde) düz yüzey veya çukurda pişirim teknikleri sıklıkla kullanılmaktayken, fırınlama teknolojisinin gelmesi ile seramiklerin bilhassa fiziksel özellikleri gelişmeye ve/veya kontrol altına alınmaya başlanmıştır. Mevcut çalışmadaki ince kesit görüntüleri göz önüne alındığında, hamur yapısındaki homojen olmayan dağılım ve seramik matrislerdeki geniş renk skalası

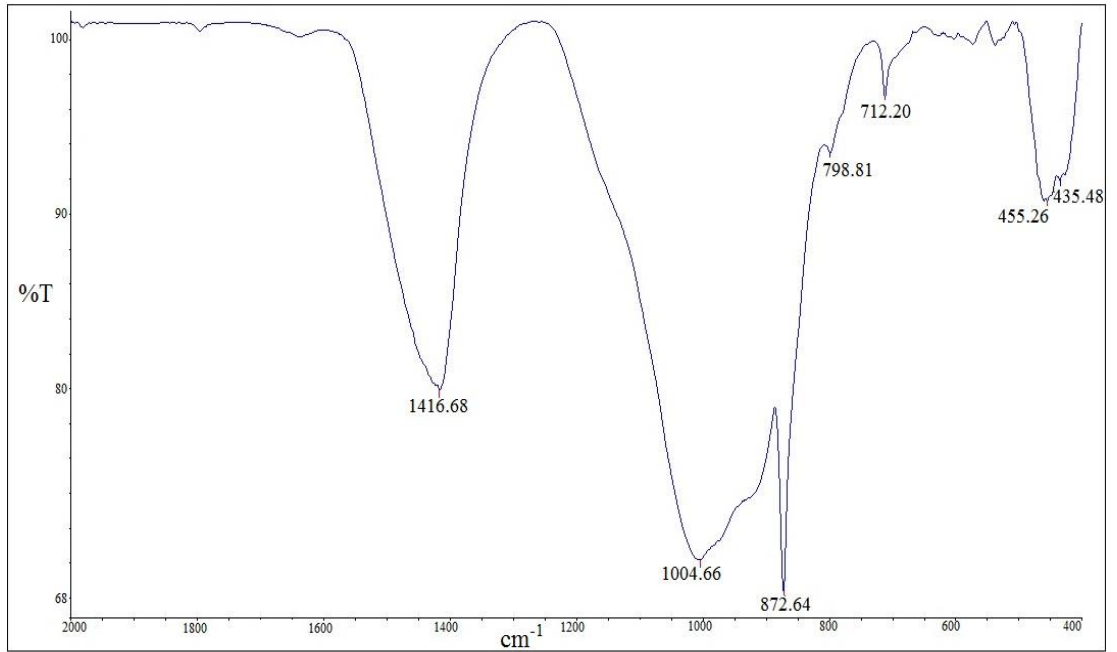
düzensiz veya özensiz bir pişirim tekniğinin kullanıldığına işaret etmektedir (Emami ve ark., 2009; Bong ve ark., 2008).

4.3. FTIR analiz sonuçları

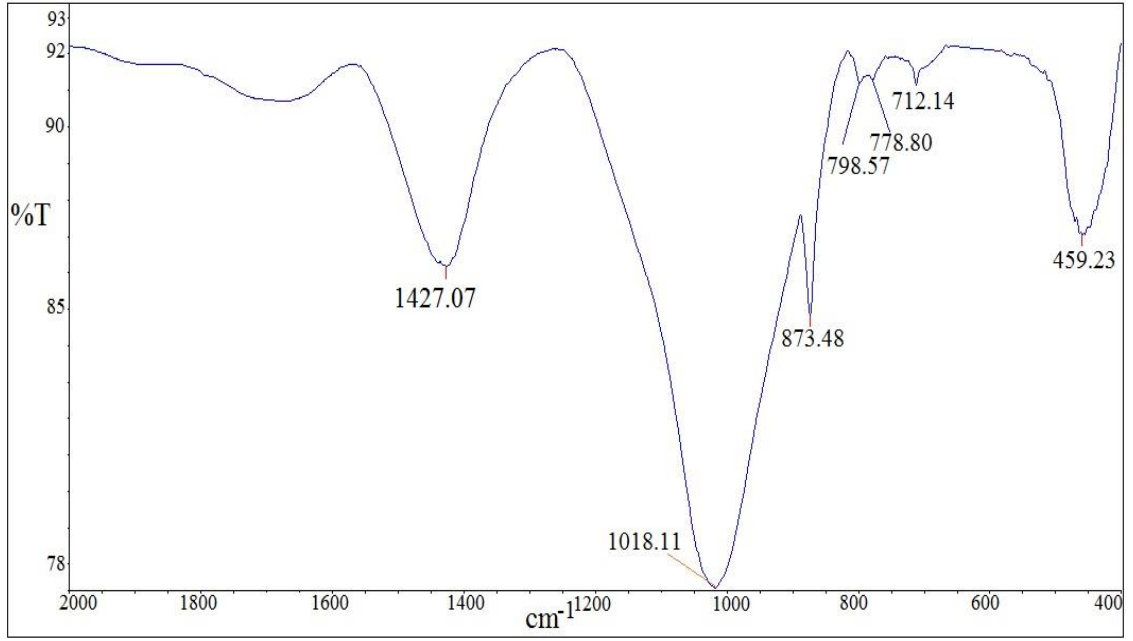
Seramik buluntulara ait FTIR spektrumları sırasıyla Şekil 4.17-36'da verilmiştir.



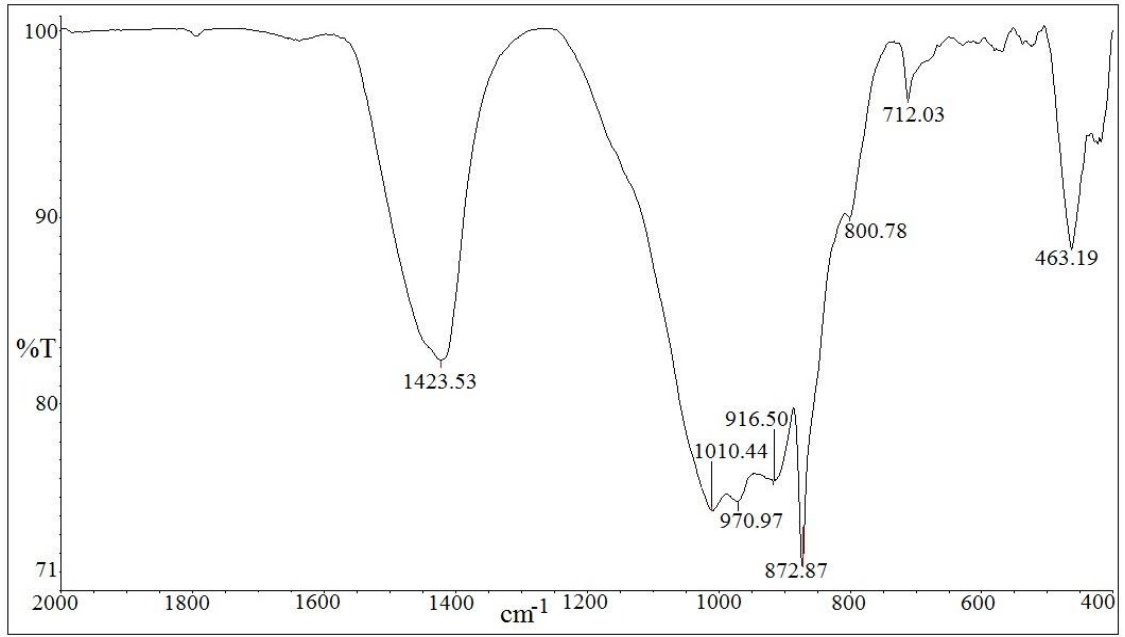
Şekil 4. 17. FTIR tekniği ile ET-1 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



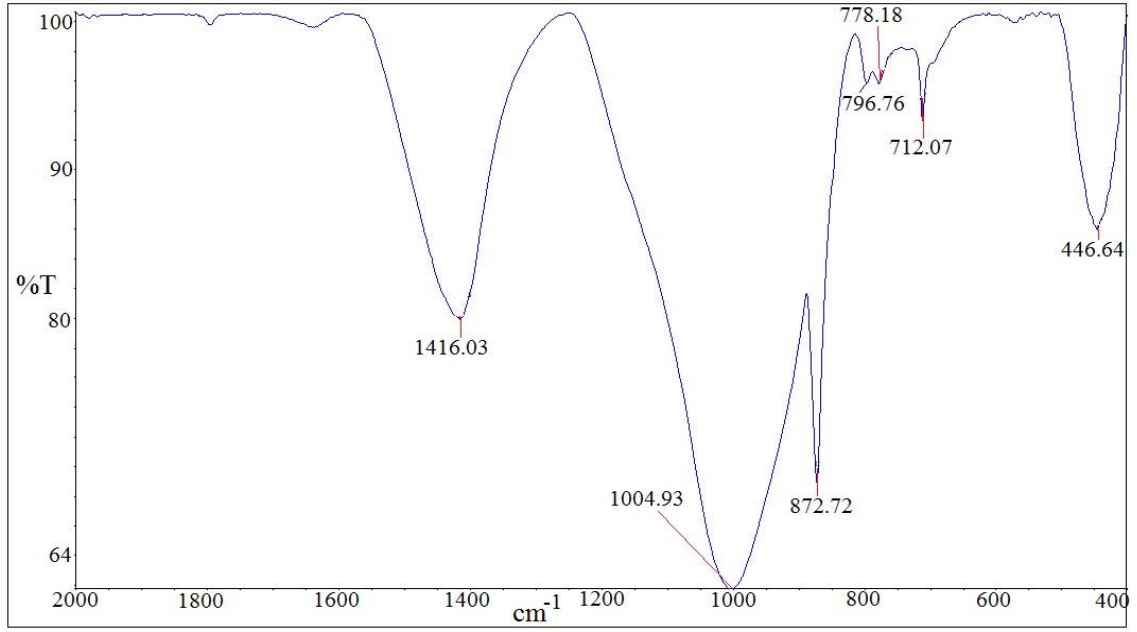
Şekil 4. 18. FTIR tekniği ile ET-2 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



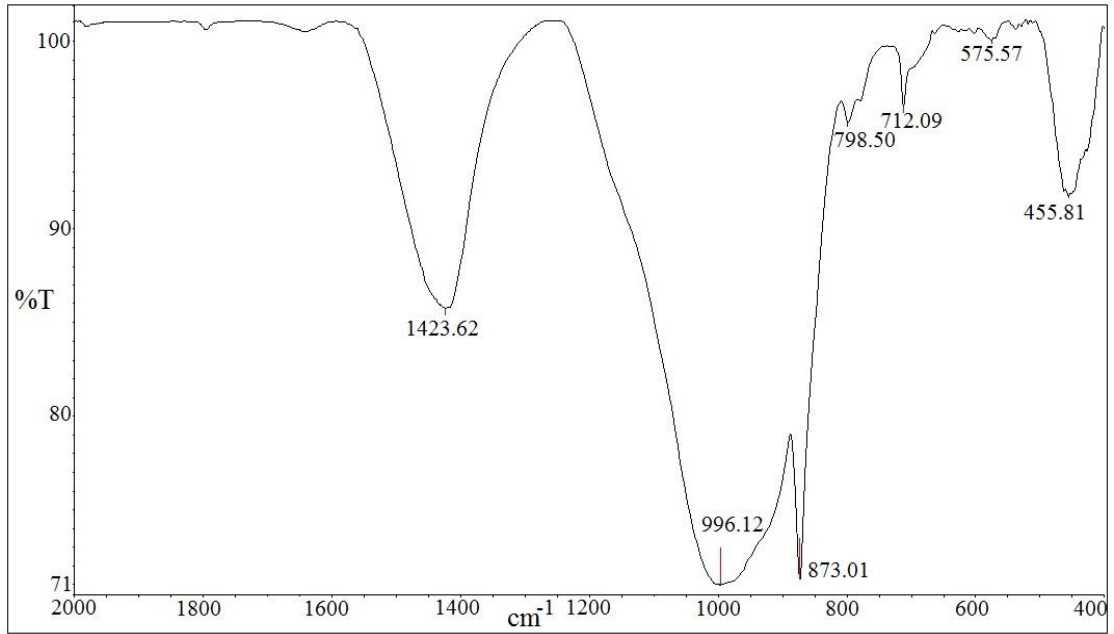
Şekil 4. 19. FTIR tekniği ile ET-3 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



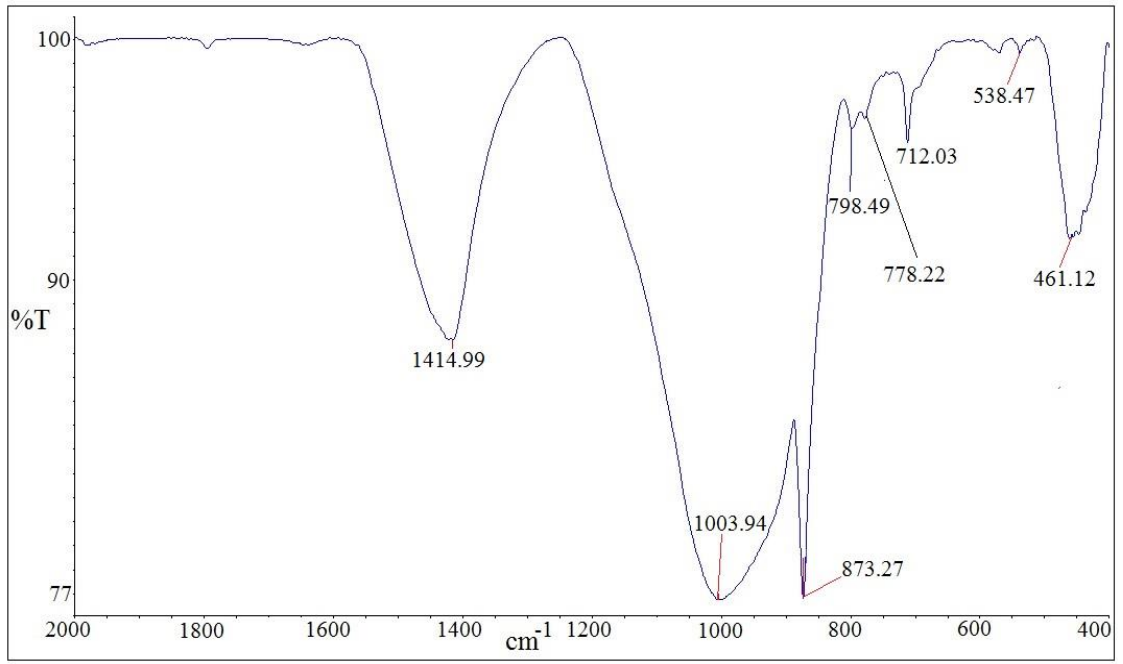
Şekil 4. 20. FTIR tekniği ile ET-4 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



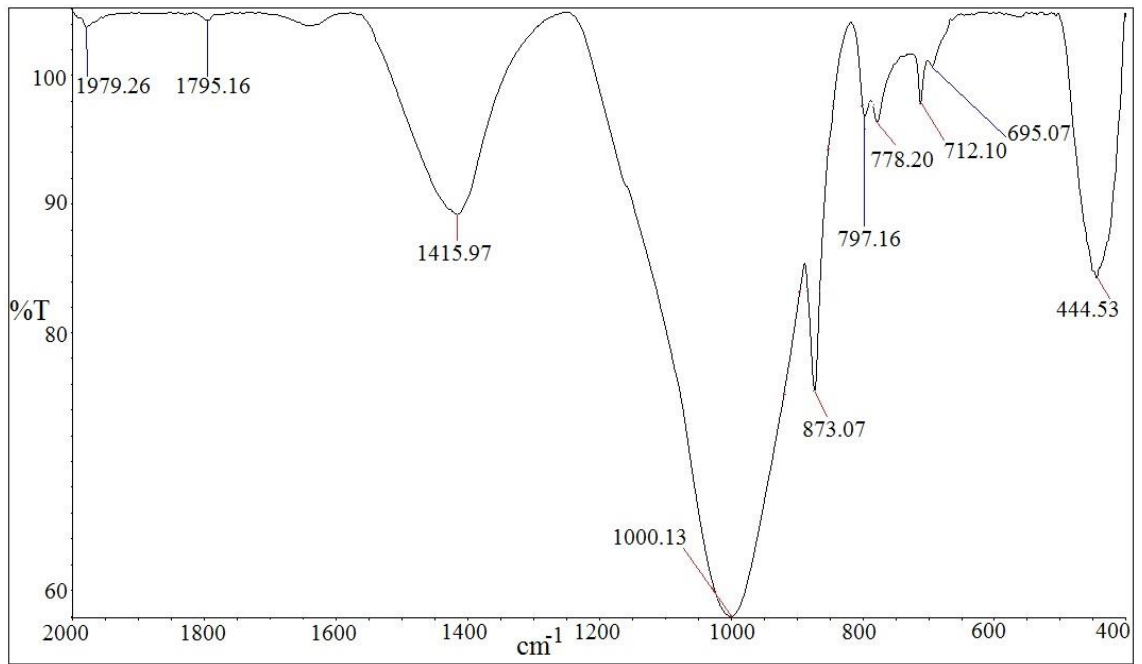
Şekil 4. 21. FTIR tekniği ile ET-5 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



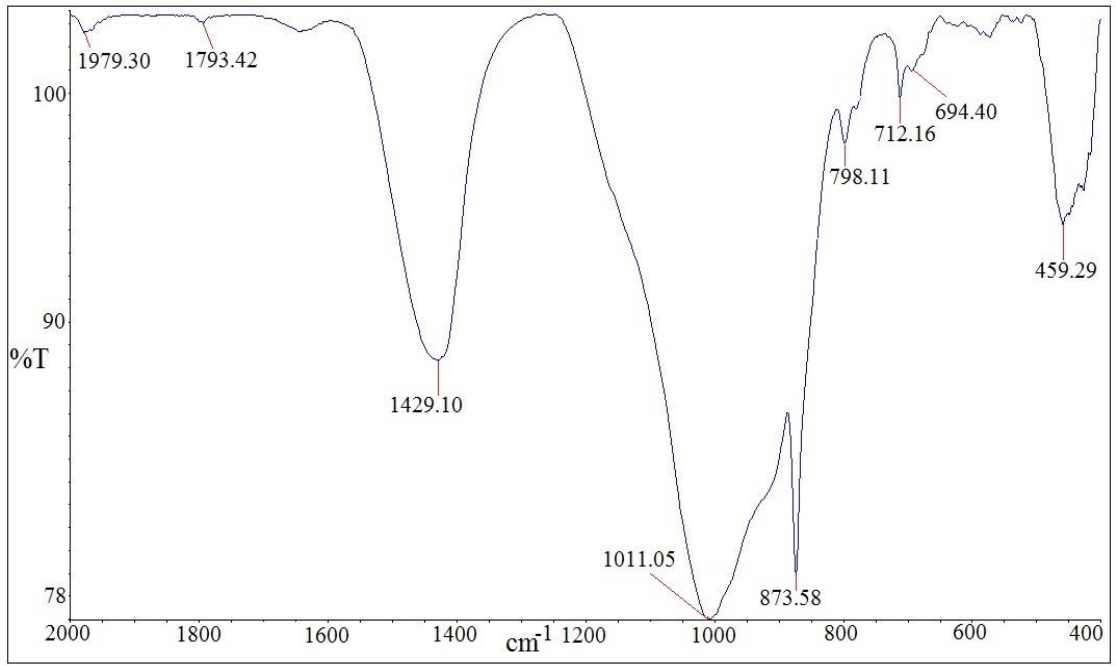
Şekil 4. 22. FTIR tekniği ile ET-6 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



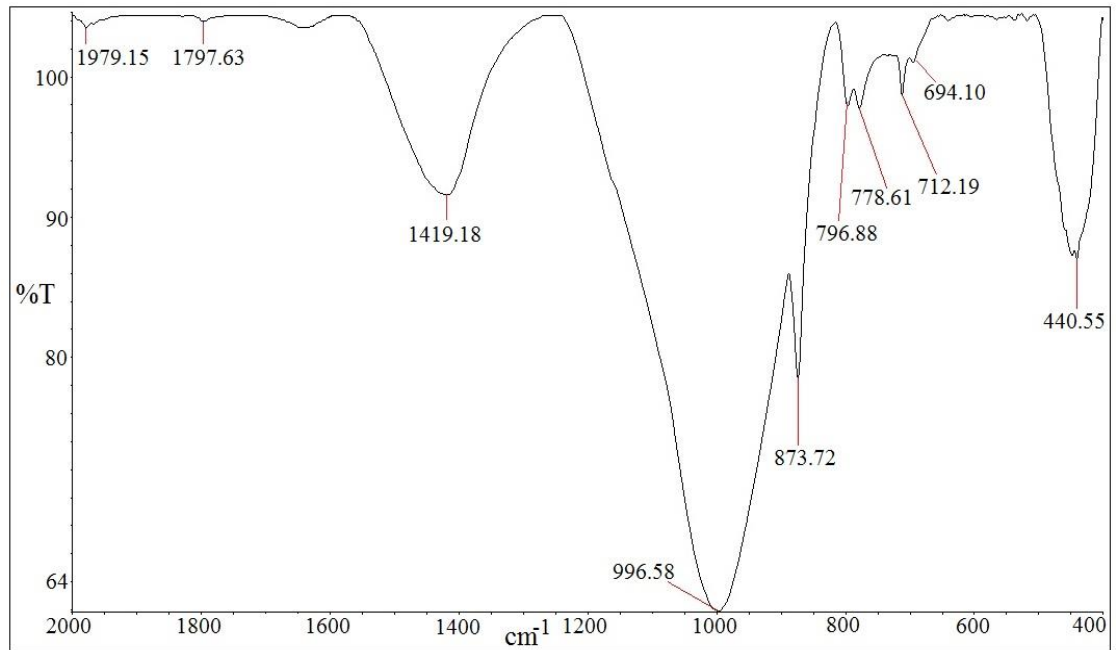
Şekil 4. 23. FTIR tekniği ile ET-7 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



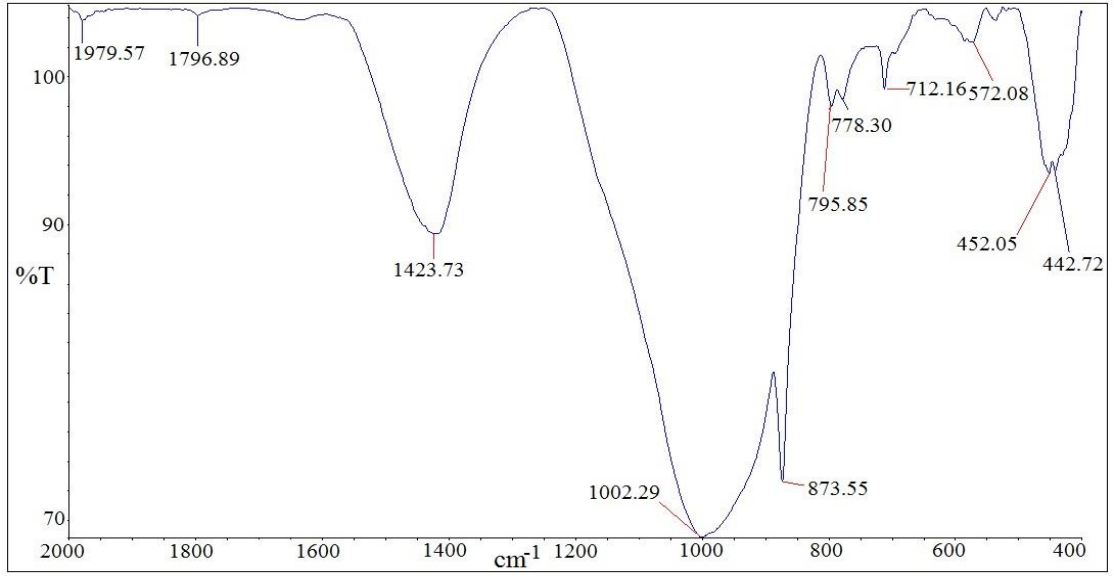
Şekil 4. 24. FTIR tekniği ile OT-1 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



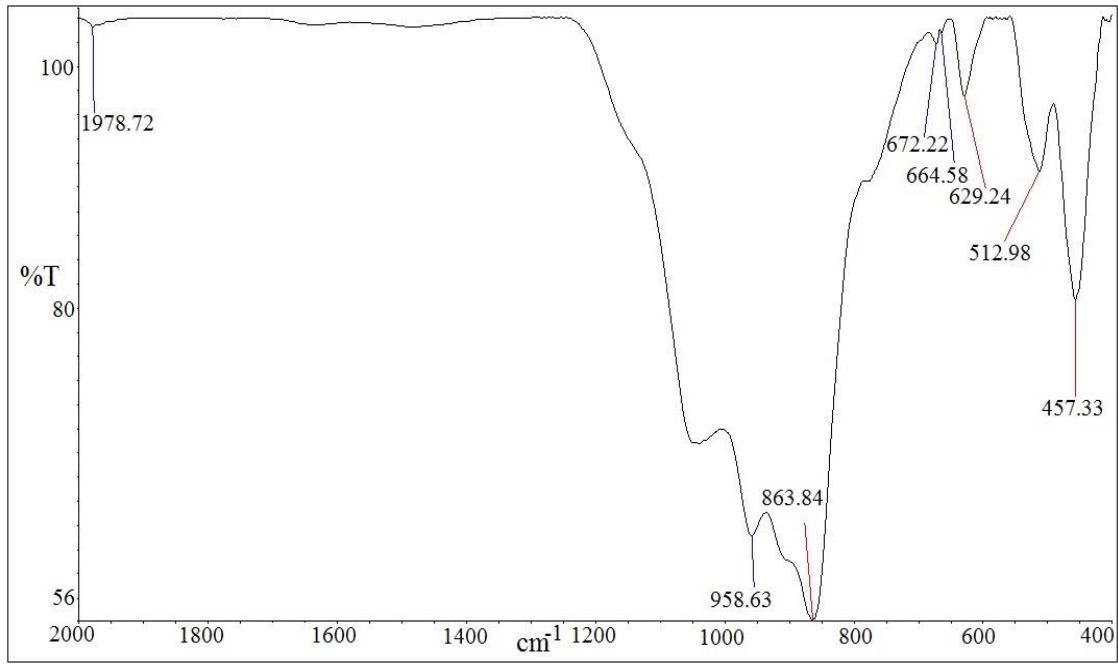
Şekil 4. 25. FTIR tekniği ile OT-2 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



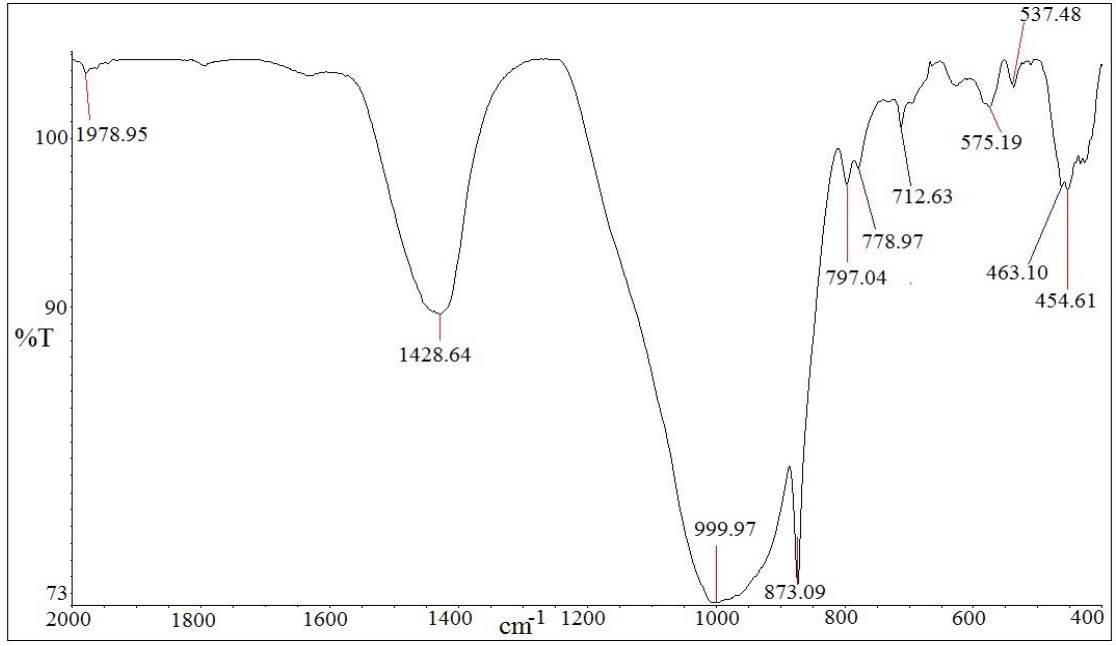
Şekil 4. 26. FTIR tekniği ile OT-3 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



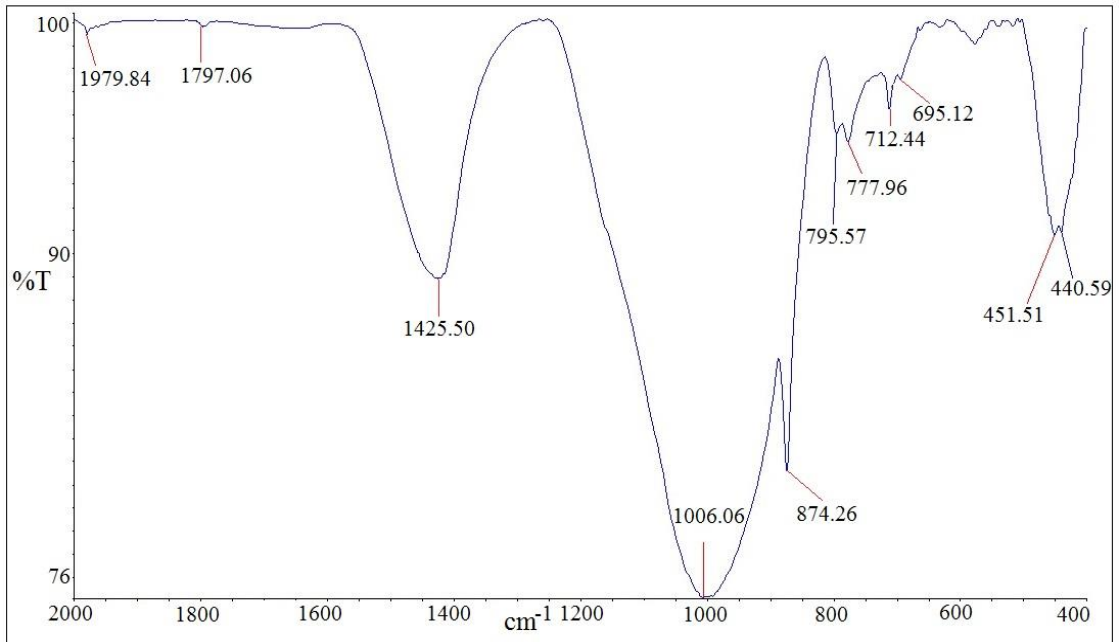
Şekil 4. 27. FTIR tekniği ile OT-4 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



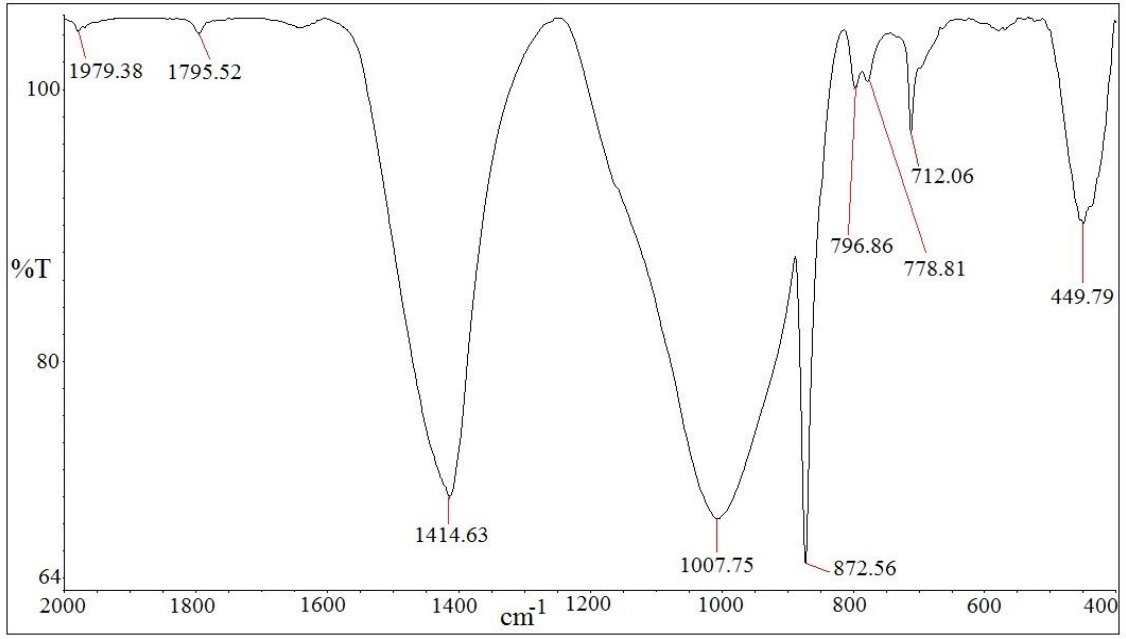
Şekil 4. 28. FTIR tekniği ile OT-5 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



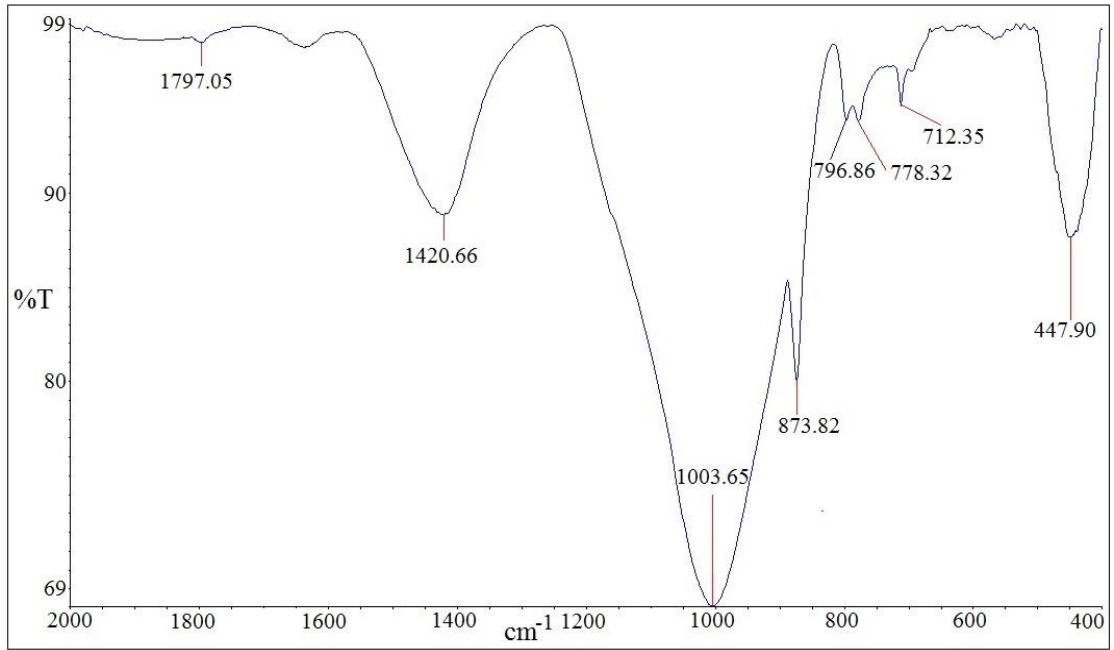
Şekil 4. 29. FTIR tekniği ile OT-6 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



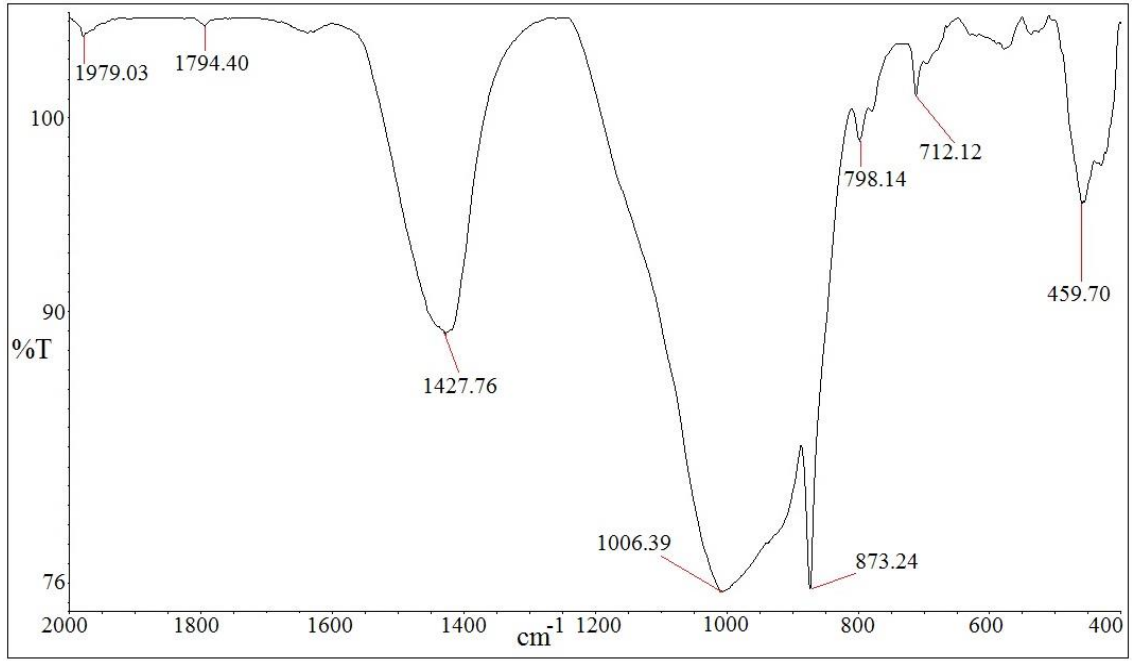
Şekil 4. 30. FTIR tekniği ile OT-7 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



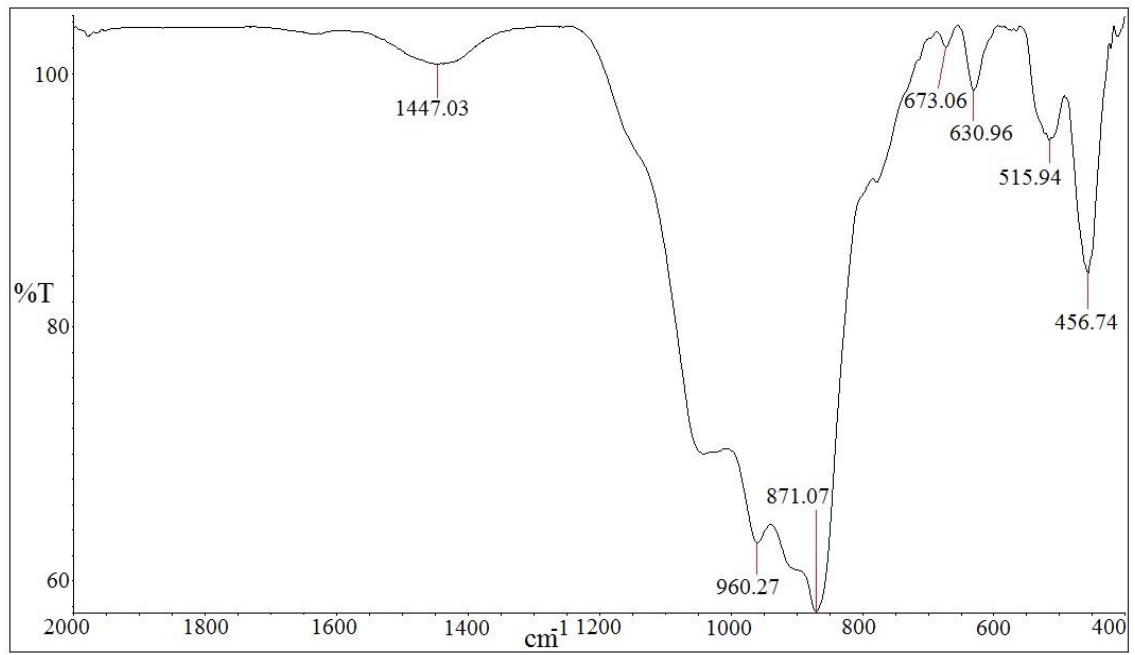
Şekil 4. 31. FTIR tekniği ile OT-8 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



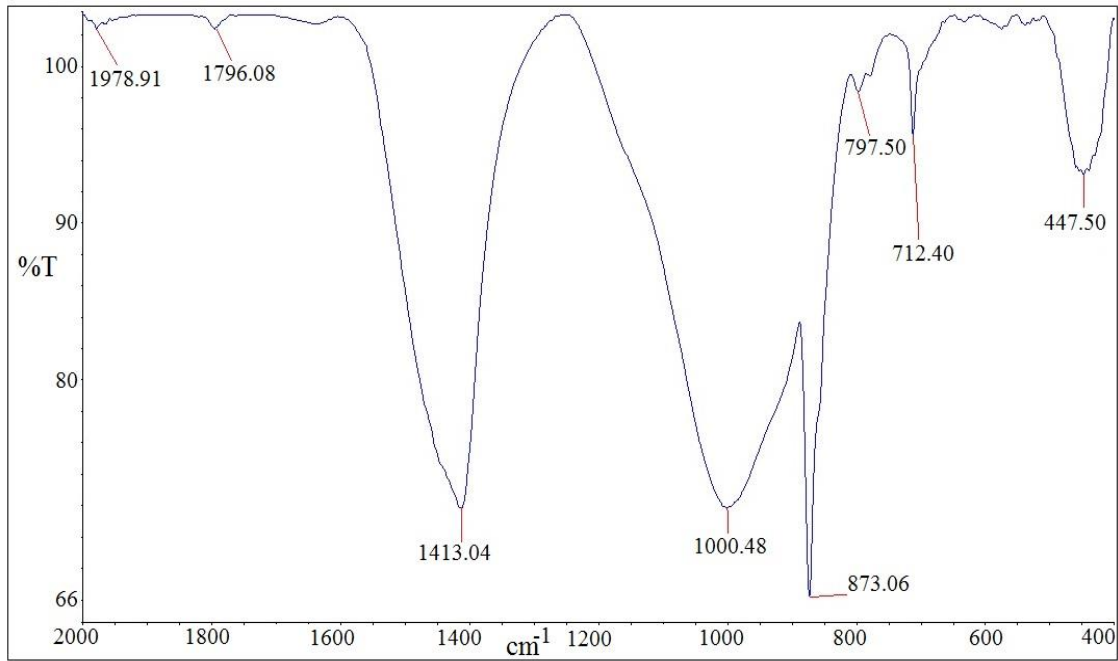
Şekil 4. 32. FTIR tekniği ile OT-9 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



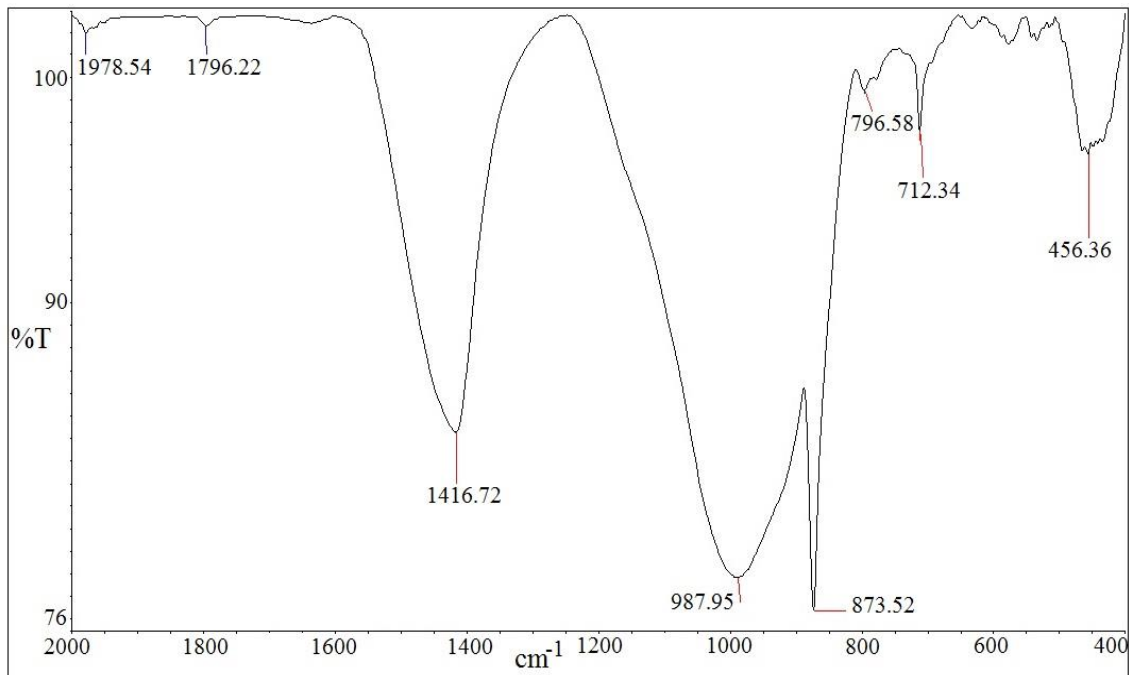
Şekil 4. 33. FTIR tekniği ile OT-10 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



Şekil 4. 34. FTIR tekniği ile OT-11 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



Şekil 4. 35. FTIR tekniği ile OT-12 örneğinde belirlenen bant aralıkları.



Şekil 4. 36. FTIR tekniği ile OT-13 örneğinde belirlenen bant aralıkları.

Seramik örneklerle uygulanan FTIR analizinde elde edilen spektrumların XRD analiz sonuçları ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (bakınız Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6). XRD analizinde tespit edilen kalsit FTIR analizinde de belirgin bir biçimde tespit edilmiştir. 712 cm^{-1} , 873 cm^{-1} ve $1415\text{-}1420\text{ cm}^{-1}$ bant değerlerinde (veya yakın değerlerde) gözlemlenen kalsitin birincil olduğu görülürken, 1451.01 cm^{-1} (ET-1) ve

1447.03 cm^{-1} (OT-11) bant değerlerinin ikincil kalsite işaret ettiği tespit edilmiştir (Maravelaki-Kalaitzaki ve Kallithrakas-Kontos, 2003; Mazzocchin ve ark., 2003; Edreira ve ark., 2001; Böttcher ve ark., 1997; Kurap ve ark., 2010; Fabbri ve ark., 2014). Bu örneklerin toprak altında bekleme süresine bağlı olarak belirli miktarlarda ikincil kalsit içerdikleri öngörülmektedir. Seramikler her ne kadar analizler öncesinde temizlense de, sahip oldukları gözenekli yapı kalsitin özellikle yapıdaki boşluklara doğru difüze olması engellenemeyecek bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Yer altı ve yer üstü suları (yağmur, kar vb.) ile taşınan safsızlıklar seramiklerin gözenekli yapısı içerisinde ilerleyebilmekte ve analiz sonuçlarını etkileyebilmektedir. Bu olumsuz durumun asgari seviyede tutulması arkeometrik çalışmalarda oldukça büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla mevcut çalışmada seramik örnekler azami dikkatle temizlendikten sonra toz ve bulk örnekler hazırlanmıştır. Sonuç olarak, uygulanan FTIR analizi ile belirlenen birincil ve ikincil kalsit içerikleri seramiklerin mineral ihtivaları ve pişirim sıcaklıkları bağlamında uyumlu sonuçlar sunmuştur.

Çizelge 4. 5. Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklerinde (üç ayaklı çömlek) FTIR analizi ile belirlenen bant değerleri.

Numune	Bant değeri (cm^{-1})
ET-1	1451 /1007 /874 /795 /777 /741 /712 /695 /536 /463
ET-2	1416 /1004 /872 /798 /712 /455 /435
ET-3	1427 /1018 /873 /798 /778 /712 /459
ET-4	1423 /1010 /970 /916 /872 /800 /712 /463
ET-5	1416 /1004 /872 /796 /778 /712 /446
ET-6	1423 /996 /873 /798 /712 /575 /455
ET-7	1414 /1003 /873 /798 /778 /712 /538 /416

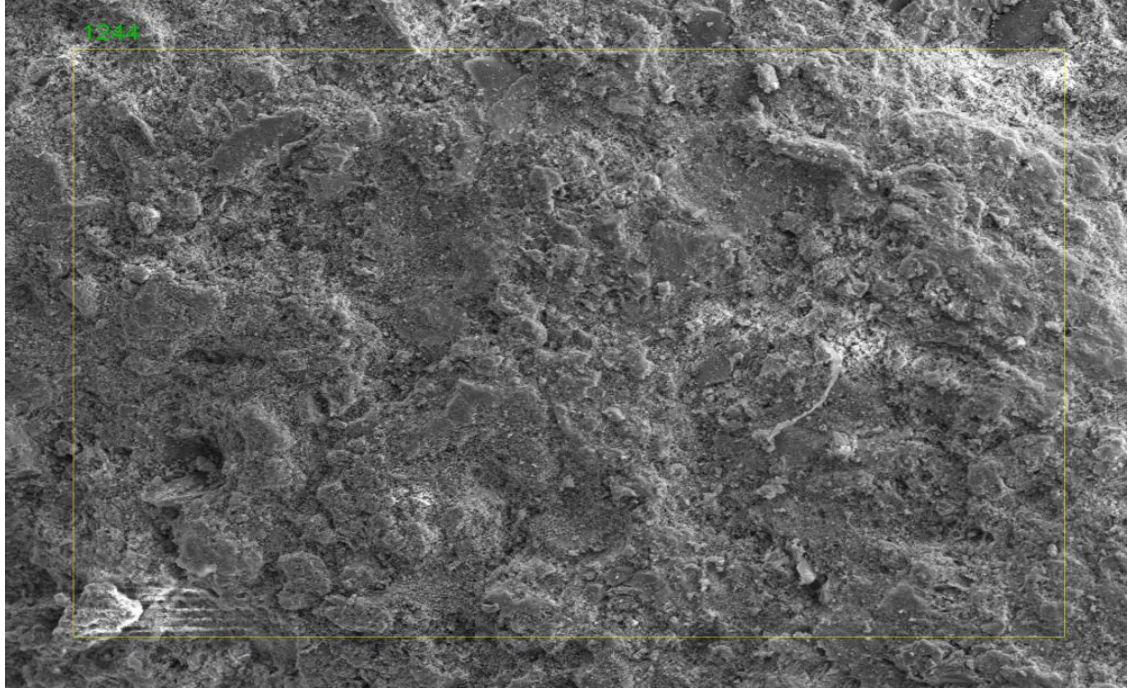
Çizelge 4. 6. Orta Tunç Çağı seramiklerinde FTIR analizi ile belirlenen bant değerleri.

Numune	Bant değeri (cm ⁻¹)
OT-1	1979 /1795 /1415 /1000 /873 /873 /797 /778 /712 /695 /444
OT-2	1979 /1793 /1429 /1011 /873 /798 /712 /694 /459
OT-3	1979 /1797 /1419 /996 /873 /796 /778 /712 /694 /440
OT-4	1979 /1796 /1423 /1002 /873 /795 /778 /712 /572 /452 /442
OT-5	1978 /958 /863 /672 /664 /629 /512 /457
OT-6	1978 /1428 /999 /778 /712 /575 /537 /463 /454
OT-7	1979 /1797 /1425 /1006 /874 /795 /777 /712 /695 /451 /440
OT-8	1979 /1795 /1414 /1007 /872 /796 /778 /712 /449
OT-9	1797 /1420 /1003 /873 /796 /778 /712 /447
OT-10	1979 /1794 /1427 /1006 /873 /798 /712 /459
OT-11	1447 /960 /871 /673 /630 /515 /456
OT-12	1978 /1796 /1413 /1000 /873 /797 /712 /447
OT-13	1978 /1796 /1416 /987 /873 /796 /712 /456

Kuvars minerali numunelerdeki 694 cm⁻¹, 777 cm⁻¹, 794 cm⁻¹ ve 797 cm⁻¹ bantları ile belirlenmiştir. Kil mineralleri 444 cm⁻¹, 572 cm⁻¹, 1011 cm⁻¹ ve yakın değerlere sahip bantlarda tespit edilmiştir. 1000 cm⁻¹ ve yakın değerlerdeki bantların da yine kil ve buna ek olarak feldspat/plajiyoklaz (oligoklaz, mikroklin, ortoklaz) varlığına işaret ettiği görülmüştür. Hematit minerali 440 cm⁻¹, 450 cm⁻¹ ve 575 cm⁻¹ ve yakın değerlerdeki bantlar ile belirlenmiştir. Bazı numuneler için (örneğin OT-5, OT-11) XRD analizinde belirlenen piroksen mineralleri FTIR tekniği ile de ortaya konulmuştur. OT-5 ve OT-11 kodlu numunelerin FTIR spektrumlarında belirlenen sırasıyla 958 cm⁻¹, 863 cm⁻¹, 672 cm⁻¹, 664 cm⁻¹, 629 cm⁻¹, 512 cm⁻¹ ve 960 cm⁻¹, 871 cm⁻¹, 673 cm⁻¹, 630 cm⁻¹, 515 cm⁻¹ bantları piroksen minerali varlığına işaret etmiştir (Akyüz ve ark., 2008; Maravelaki-Kalaitzaki ve Kallithrakas-Kontos, 2003; De Benedetto ve ark., 2002; Makreski ve ark., 2006; Hamadi ve Nabih, 2012).

4.4. SEM/EDX analiz sonuçları

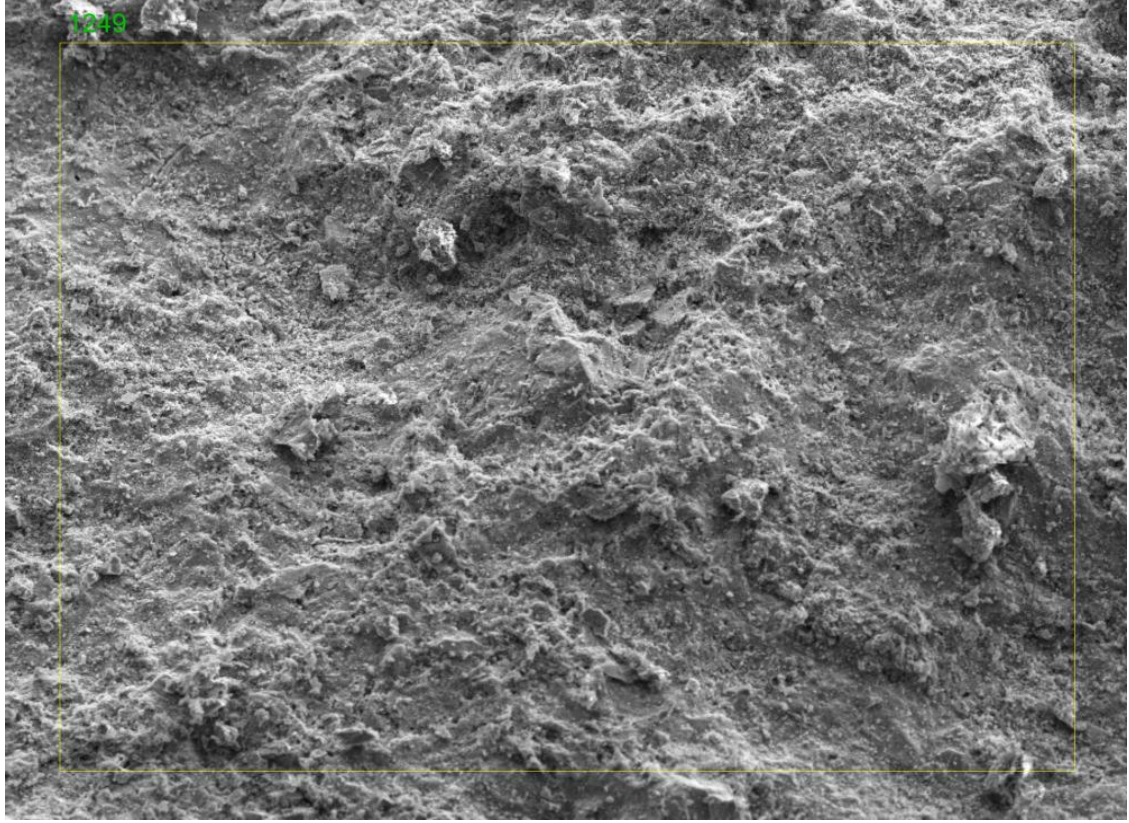
Erken Tunç Çağı yalın basit seramik buluntulara (üç ayaklı çömlek) ait SEM/EDX analiz sonuçları sırasıyla Şekil 4.37-4.43 ve Çizelge 4.7-4.13’de verilmiştir.



Şekil 4. 37. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-1

Çizelge 4. 7. 1224 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-1.

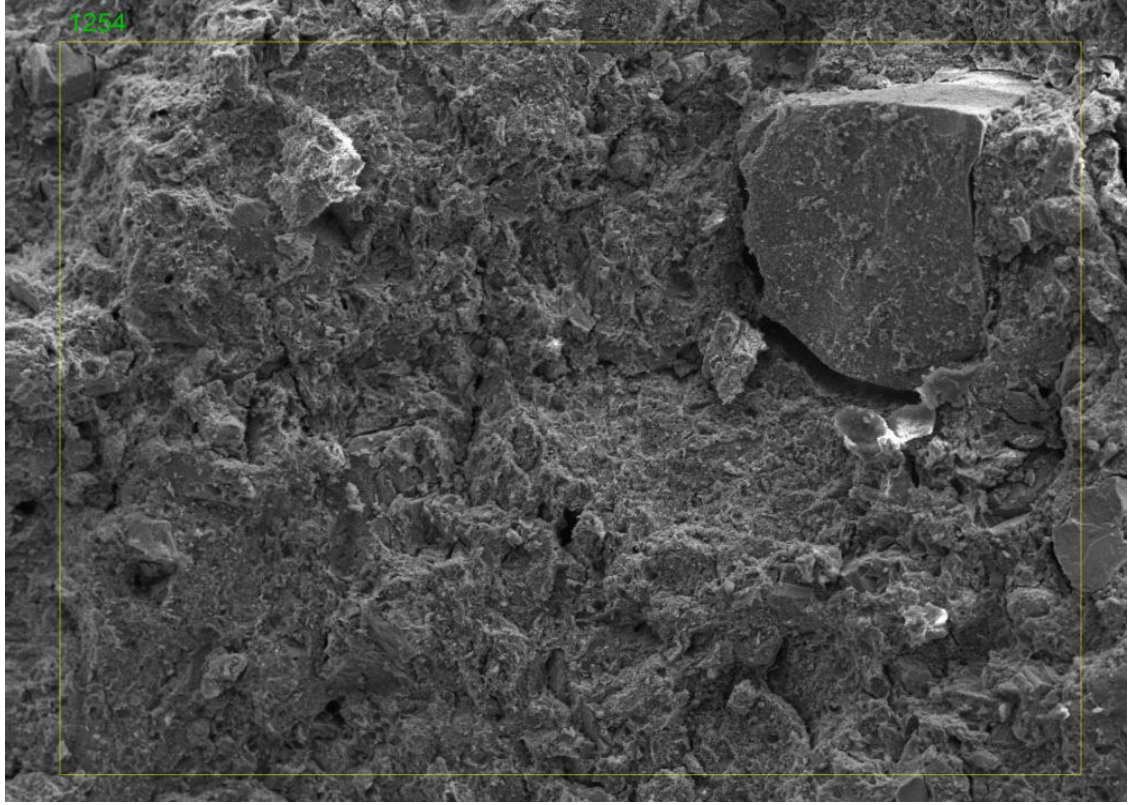
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	17.26	43.96	61.23		0.00	10.12
Magnesium	0.96	2.45	2.24	MgO	4.06	0.34
Aluminium	3.19	8.13	6.72	Al ₂ O ₃	15.36	0.66
Silicon	9.55	24.32	19.29	SiO ₂	52.02	1.43
Potassium	0.26	0.67	0.38	K ₂ O	0.81	0.18
Calcium	4.91	12.51	6.95	CaO	17.50	0.76
Iron	3.13	7.97	3.18	FeO	10.25	0.81
Total:	39.26	100.00	100.00			



Şekil 4. 38. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-2

Çizelge 4. 8. 1249 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-2

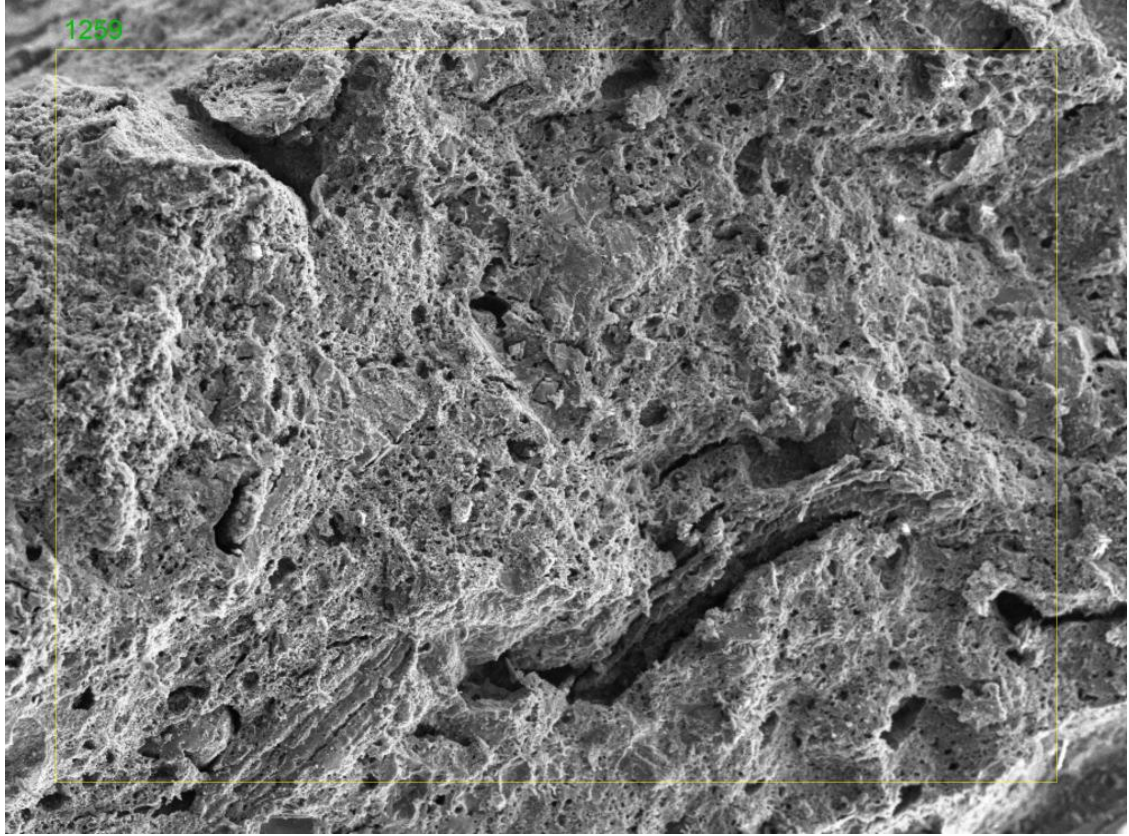
Element	unn. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Compound	norm. Comp. C [wt. %]	Error (3 Sigma) [wt. %]
Oxygen	16.34	43.25	60.83		0.00	9.11
Magnesium	0.69	1.83	1.70	MgO	3.04	0.28
Aluminium	3.02	7.98	6.66	Al ₂ O ₃	15.08	0.63
Silicon	8.82	23.35	18.71	SiO ₂	49.96	1.34
Potassium	0.50	1.32	0.76	K ₂ O	1.59	0.22
Calcium	5.64	14.94	8.39	CaO	20.90	0.82
Iron	2.77	7.32	2.95	FeO	9.42	0.75
Total:	37.78	100.00	100.00			



Şekil 4. 39. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-3.

Çizelge 4. 9. 1254 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-3.

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	14.02	43.10	61.12		0.00	8.86
Magnesium	0.35	1.07	1.00	MgO	1.78	0.22
Aluminium	2.87	8.83	7.43	Al ₂ O ₃	16.69	0.64
Silicon	7.58	23.29	18.82	SiO ₂	49.83	1.22
Potassium	0.32	0.99	0.57	K ₂ O	1.19	0.20
Calcium	3.72	11.43	6.47	CaO	15.99	0.67
Iron	3.67	11.28	4.58	FeO	14.52	0.96
Total:	32.54	100.00	100.00			



Şekil 4. 40. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-4.

Çizelge 4. 10. 1259 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-4

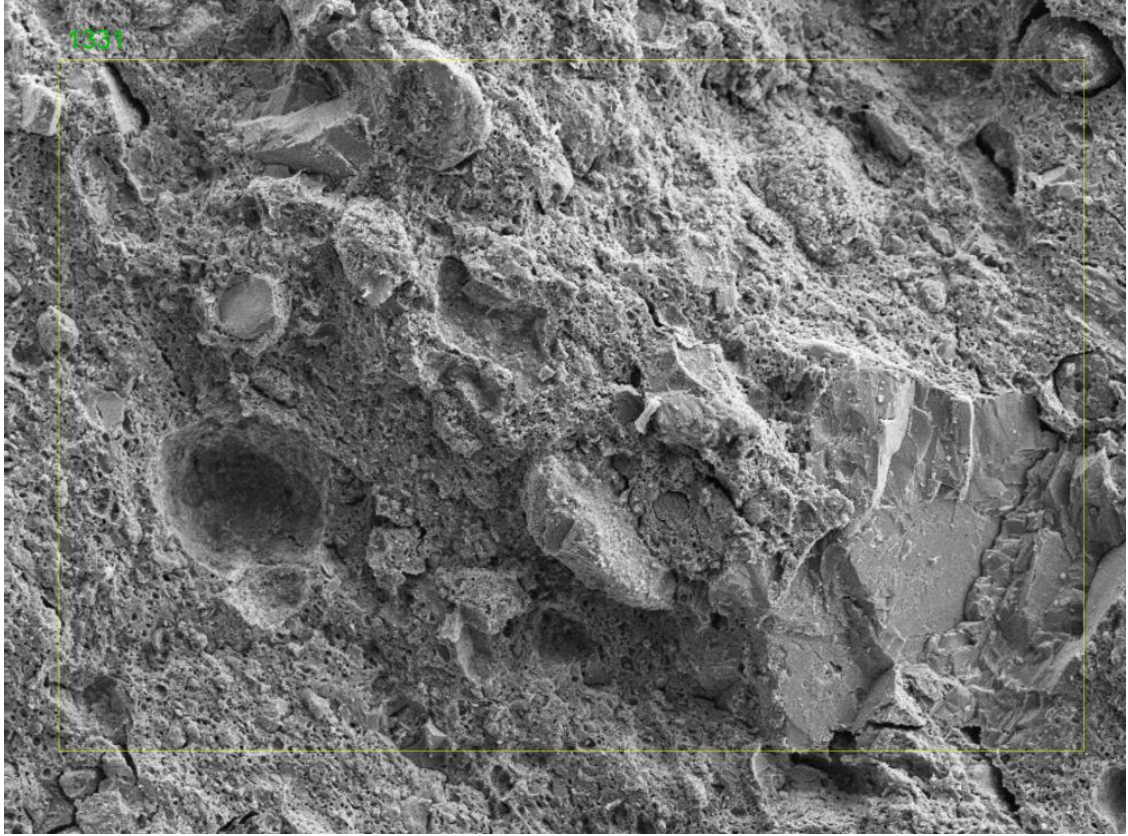
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	13.45	39.97	58.84		0.00	8.45
Magnesium	0.35	1.03	0.99	MgO	1.70	0.21
Aluminium	2.29	6.81	5.95	Al ₂ O ₃	12.88	0.54
Silicon	5.90	17.54	14.70	SiO ₂	37.51	0.98
Calcium	9.94	29.54	17.36	CaO	41.34	1.26
Iron	1.72	5.11	2.15	FeO	6.57	0.62
Total:	33.65	100.00	100.00			



Şekil 4. 41. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-5.

Çizelge 4. 11. 1326 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-5.

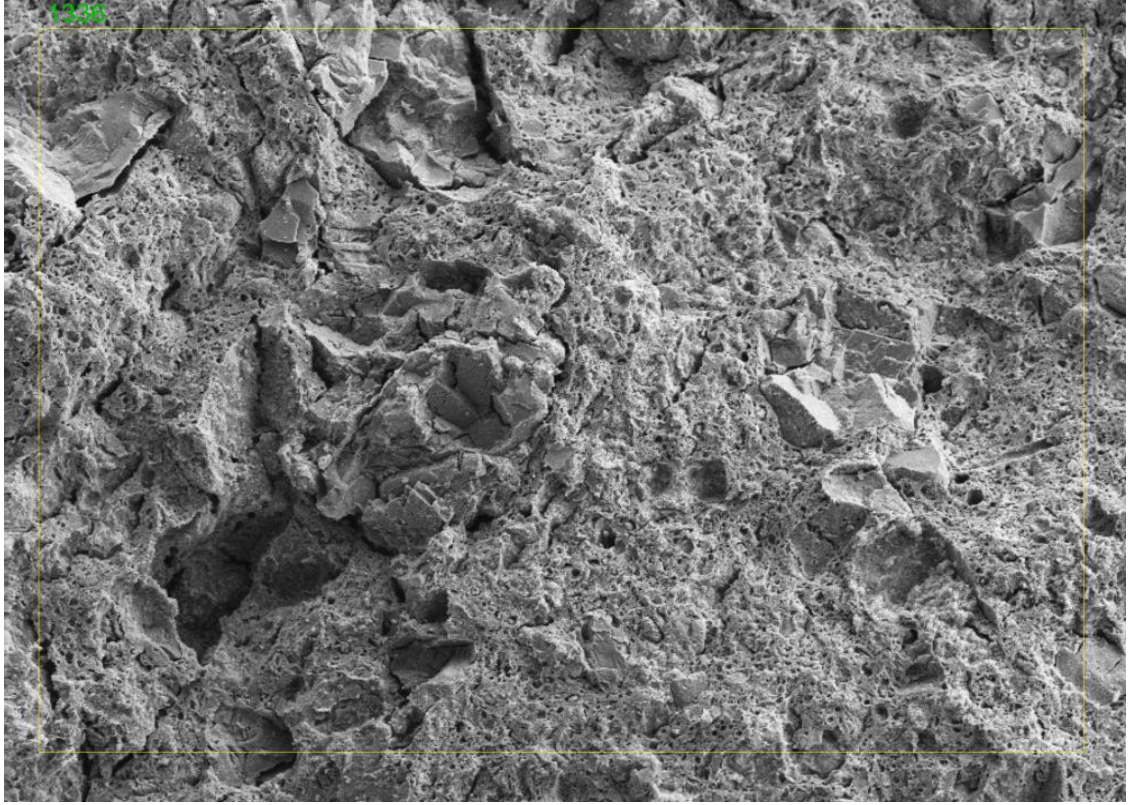
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	15.26	44.43	61.77		0.00	8.43
Iron	3.30	9.60	3.82	FeO	12.35	0.81
Magnesium	0.58	1.70	1.55	MgO	2.82	0.26
Aluminium	2.81	8.19	6.75	Al ₂ O ₃	15.47	0.60
Silicon	8.80	25.61	20.28	SiO ₂	54.78	1.33
Potassium	0.15	0.44	0.25	K ₂ O	0.52	0.15
Calcium	3.45	10.04	5.57	CaO	14.05	0.59
Total:	34.35	100.00	100.00			



Şekil 4. 42. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-6

Çizelge 4. 12. 1331 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-6

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	13.02	43.05	60.51		0.00	8.86
Magnesium	0.63	2.09	1.93	MgO	3.46	0.29
Aluminium	2.26	7.45	6.21	Al ₂ O ₃	14.08	0.55
Silicon	6.86	22.69	18.17	SiO ₂	48.55	1.13
Potassium	0.26	0.87	0.50	K ₂ O	1.05	0.19
Calcium	5.84	19.32	10.84	CaO	27.03	0.91
Iron	1.37	4.53	1.82	FeO	5.83	0.59
Total:	30.25	100.00	100.00			

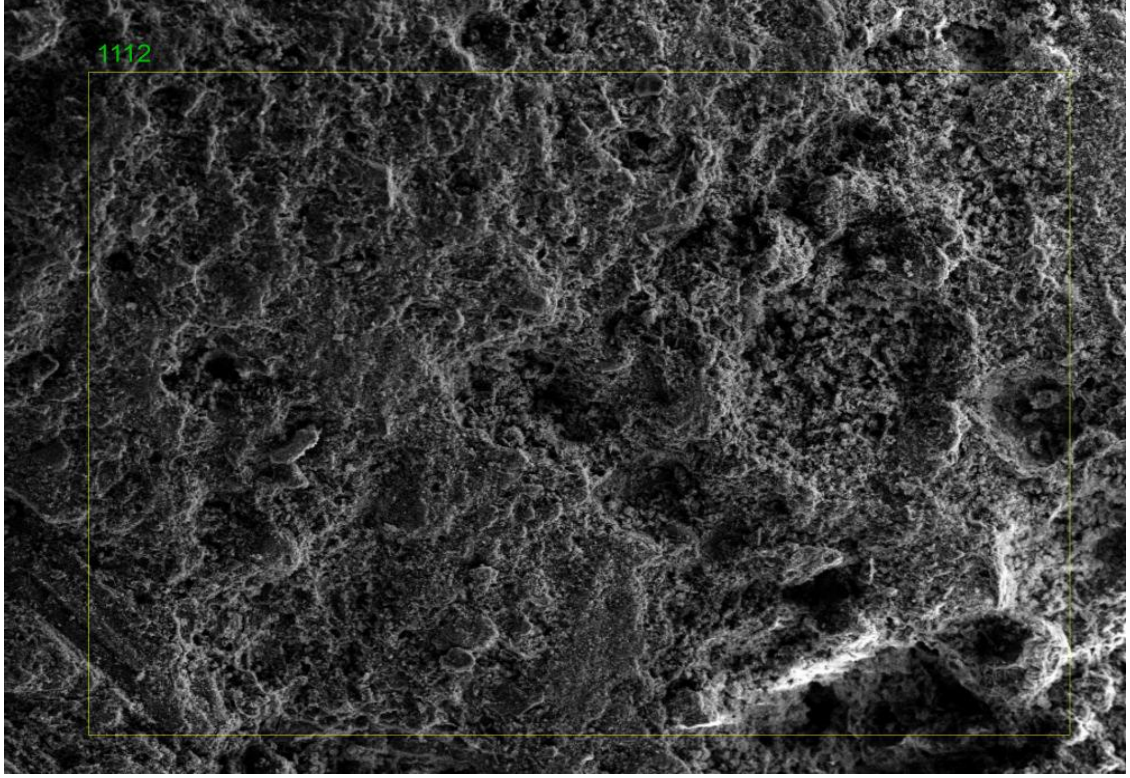


Şekil 4. 43. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü ET-7.

Çizelge 4. 13. 1336 nolu alanın EDX oksit element sonucu ET-7.

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	13.93	43.83	61.07		0.00	8.58
Magnesium	0.41	1.28	1.17	MgO	2.12	0.22
Sodium	0.29	0.90	0.88	Na ₂ O	1.22	0.22
Aluminium	2.75	8.66	7.15	Al ₂ O ₃	16.36	0.60
Silicon	7.61	23.94	19.00	SiO ₂	51.22	1.19
Calcium	4.42	13.92	7.74	CaO	19.48	0.71
Iron	2.37	7.46	2.98	FeO	9.60	0.70
Total:	31.78	100.00	100.00			

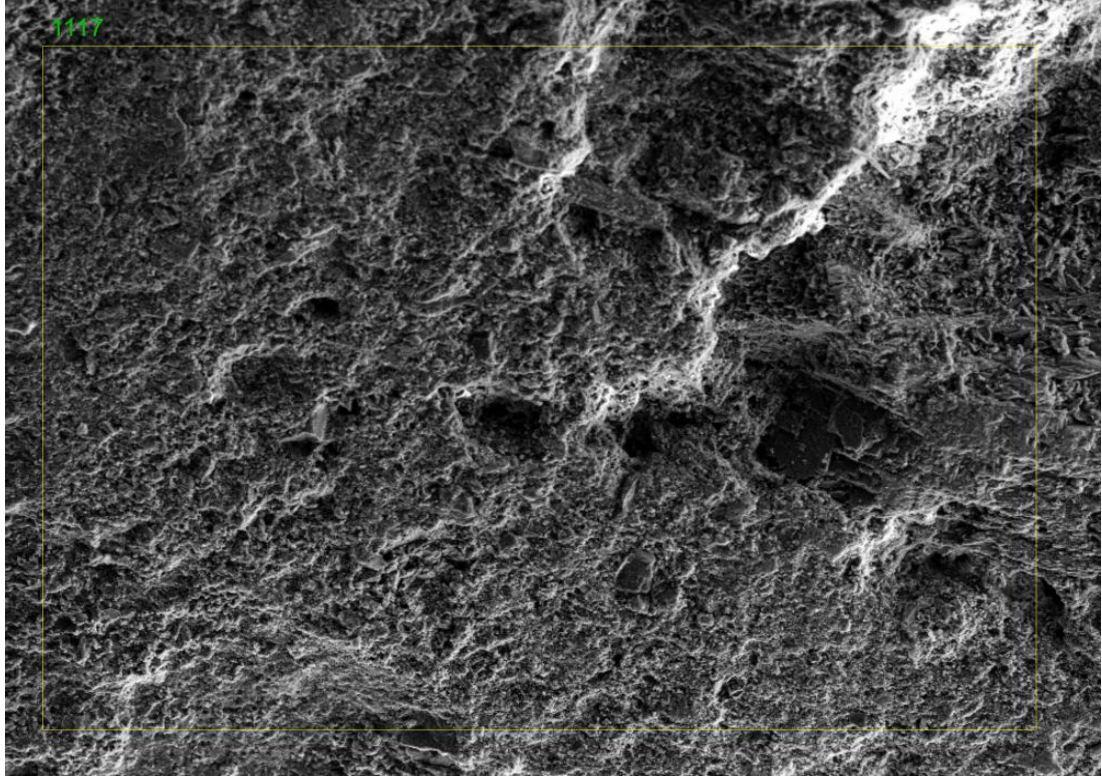
Orta Tunç Çağı tarak bezemeli - ağzı yivli seramik buluntulara ait SEM/EDX analiz sonuçları sırasıyla Şekil 4.44-4.56 ve Çizelge 4.14-4.26’da verilmiştir.



Şekil 4. 44. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-1.

Çizelge 4. 14. 1112 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-1.

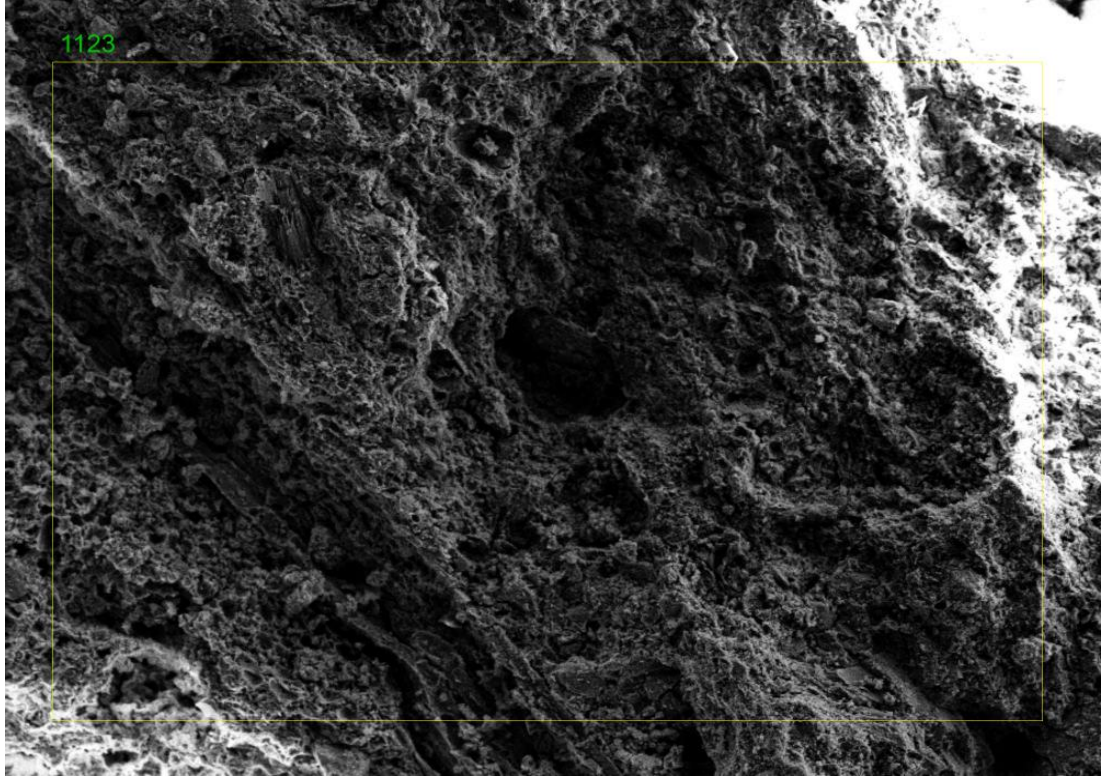
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	18.23	45.53	62.42		0.00	10.16
Iron	3.72	9.30	3.65	FeO	11.97	0.92
Magnesium	0.17	0.42	0.38	MgO	0.69	0.16
Aluminium	3.64	9.10	7.40	Al2O3	17.19	0.74
Silicon	11.30	28.23	22.05	SiO2	60.40	1.67
Potassium	1.30	3.24	1.82	K2O	3.90	0.35
Calcium	1.67	4.18	2.29	CaO	5.85	0.42
Total:	40.03	100.00	100.00			



Şekil 4. 45. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-2.

Çizelge 4. 15. 1117 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-2.

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	11.11	36.51	56.41		0.00	9.69
Magnesium	0.23	0.75	0.77	MgO	1.25	0.23
Aluminium	1.14	3.73	3.42	Al ₂ O ₃	7.05	0.44
Silicon	4.01	13.18	11.60	SiO ₂	28.20	0.87
Calcium	12.12	39.80	24.55	CaO	55.69	1.74
Iron	1.55	5.10	2.26	FeO	6.57	0.82
Sodium	0.28	0.92	0.99	Na ₂ O	1.24	0.28
Total:	30.45	100.00	100.00			



Şekil 4. 46. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-3

Çizelge 4. 16. 1123 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-3.

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	19.23	44.73	61.48		0.00	10.96
Iron	1.90	4.41	1.74	FeO	5.68	0.72
Magnesium	0.45	1.05	0.95	MgO	1.74	0.25
Aluminium	4.07	9.47	7.72	Al ₂ O ₃	17.90	0.84
Silicon	10.90	25.36	19.86	SiO ₂	54.25	1.67
Potassium	1.15	2.66	1.50	K ₂ O	3.21	0.36
Calcium	5.30	12.32	6.76	CaO	17.24	0.88
Total:	42.99	100.00	100.00			



Şekil 4. 47. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-4.

Çizelge 4. 17. 1128 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-4.

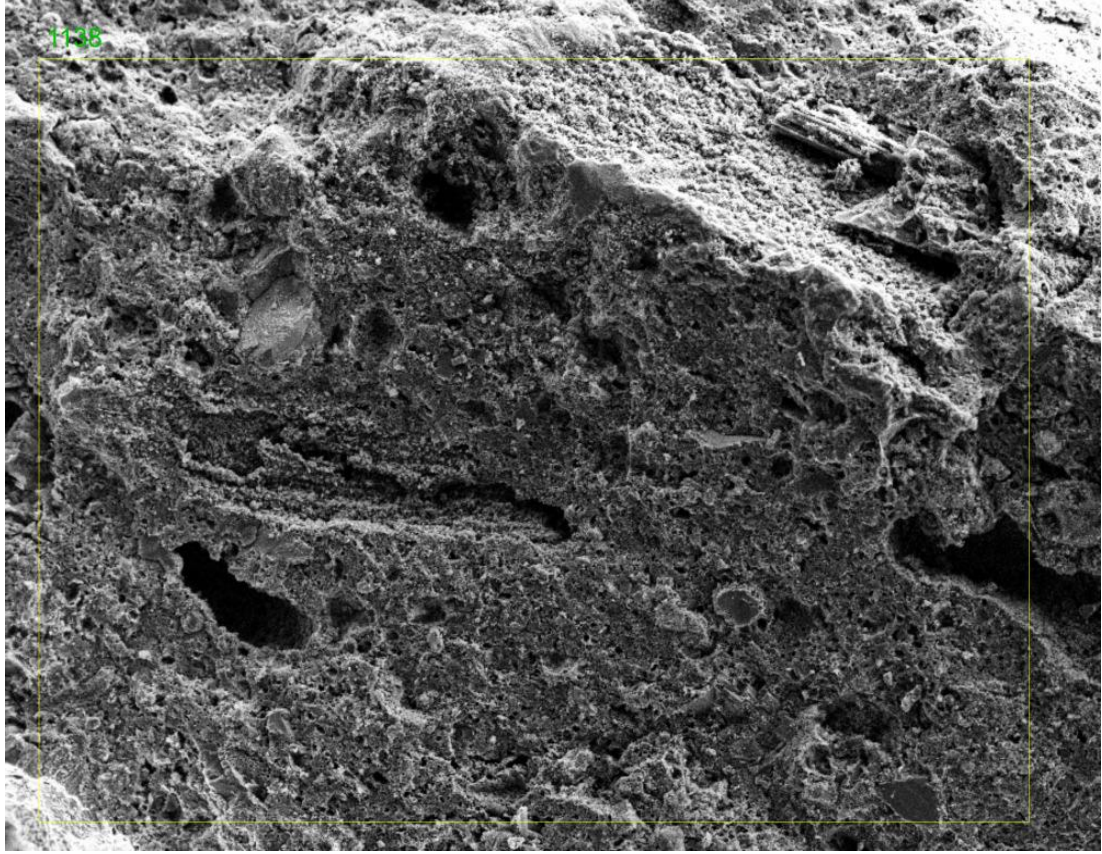
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	23.31	42.96	60.38		0.00	12.09
Iron	5.28	9.74	3.92	FeO	12.53	1.12
Sodium	0.36	0.66	0.64	Na ₂ O	0.88	0.24
Magnesium	1.93	3.55	3.28	MgO	5.89	0.53
Aluminium	4.50	8.30	6.92	Al ₂ O ₃	15.69	0.87
Silicon	12.07	22.24	17.80	SiO ₂	47.57	1.77
Potassium	0.35	0.64	0.37	K ₂ O	0.77	0.20
Calcium	6.46	11.91	6.68	CaO	16.67	0.93
Total:	54.26	100.00	100.00			



Şekil 4. 48. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-5.

Çizelge 4. 18. 1133 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-5.

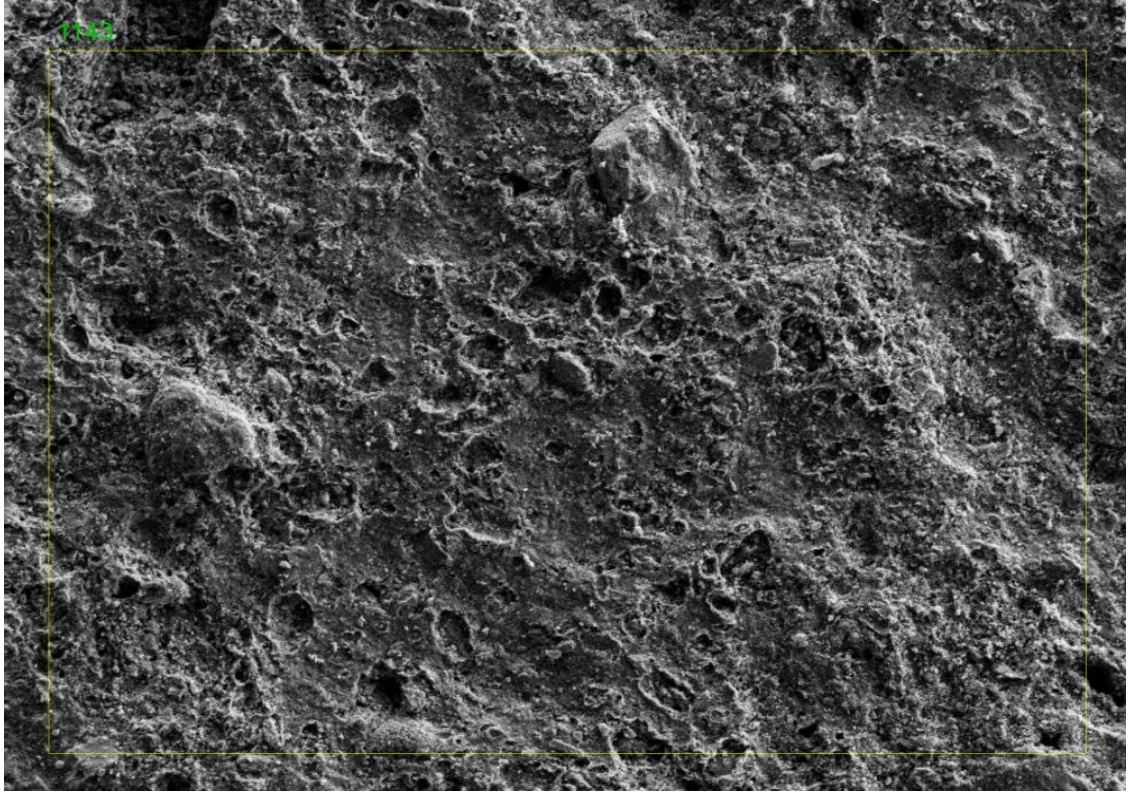
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	14.31	43.41	60.27		0.00	9.11
Magnesium	0.94	2.87	2.62	MgO	4.75	0.36
Aluminium	2.17	6.57	5.41	Al ₂ O ₃	12.42	0.54
Silicon	7.70	23.34	18.46	SiO ₂	49.93	1.25
Potassium	0.72	2.19	1.24	K ₂ O	2.63	0.28
Calcium	7.13	21.63	11.99	CaO	30.26	1.05
Total:	32.98	100.00	100.00			



Şekil 4. 49. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-6.

Çizelge 4. 19. 1138 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-6.

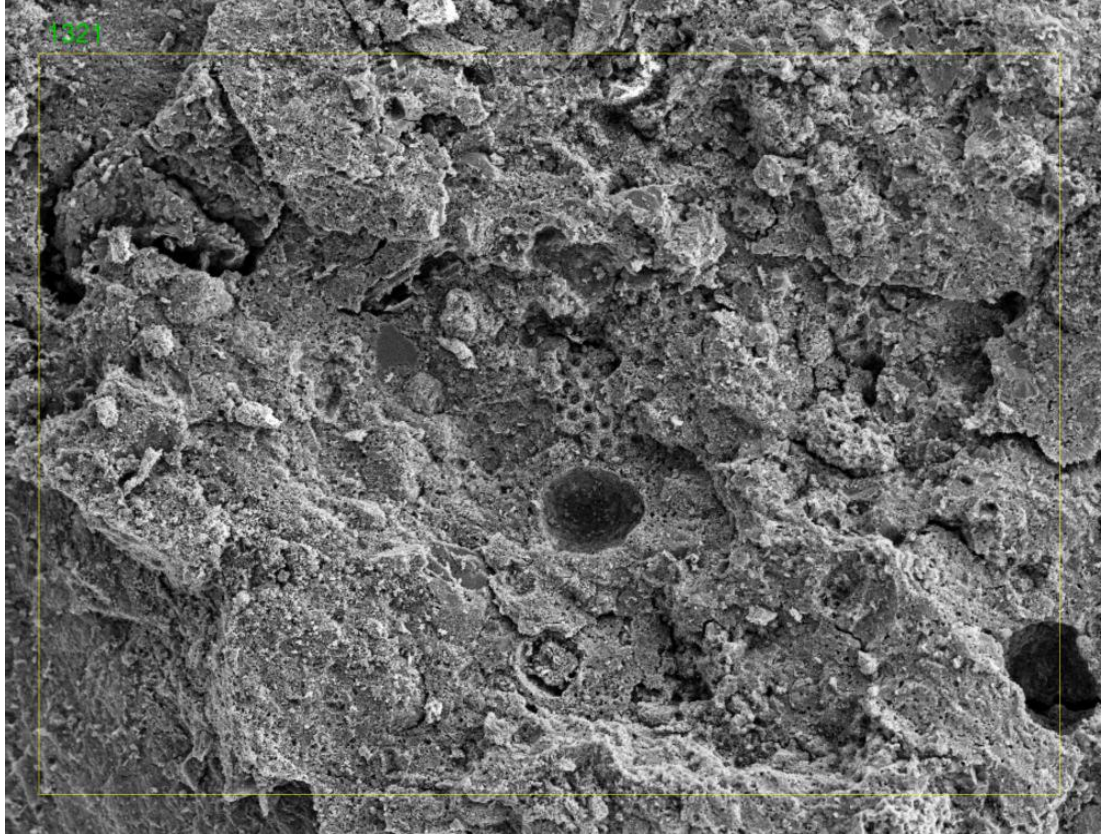
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	16.96	41.34	59.92		0.00	9.92
Magnesium	0.40	0.98	0.94	MgO	1.62	0.24
Aluminium	2.84	6.91	5.94	Al ₂ O ₃	13.07	0.64
Silicon	8.49	20.69	17.09	SiO ₂	44.26	1.34
Potassium	0.29	0.71	0.42	K ₂ O	0.86	0.20
Calcium	8.77	21.39	12.38	CaO	29.93	1.19
Iron	3.27	7.97	3.31	FeO	10.26	0.92
Total:	41.02	100.00	100.00			



Şekil 4. 50. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-7.

Çizelge 4. 20. 1143 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-7.

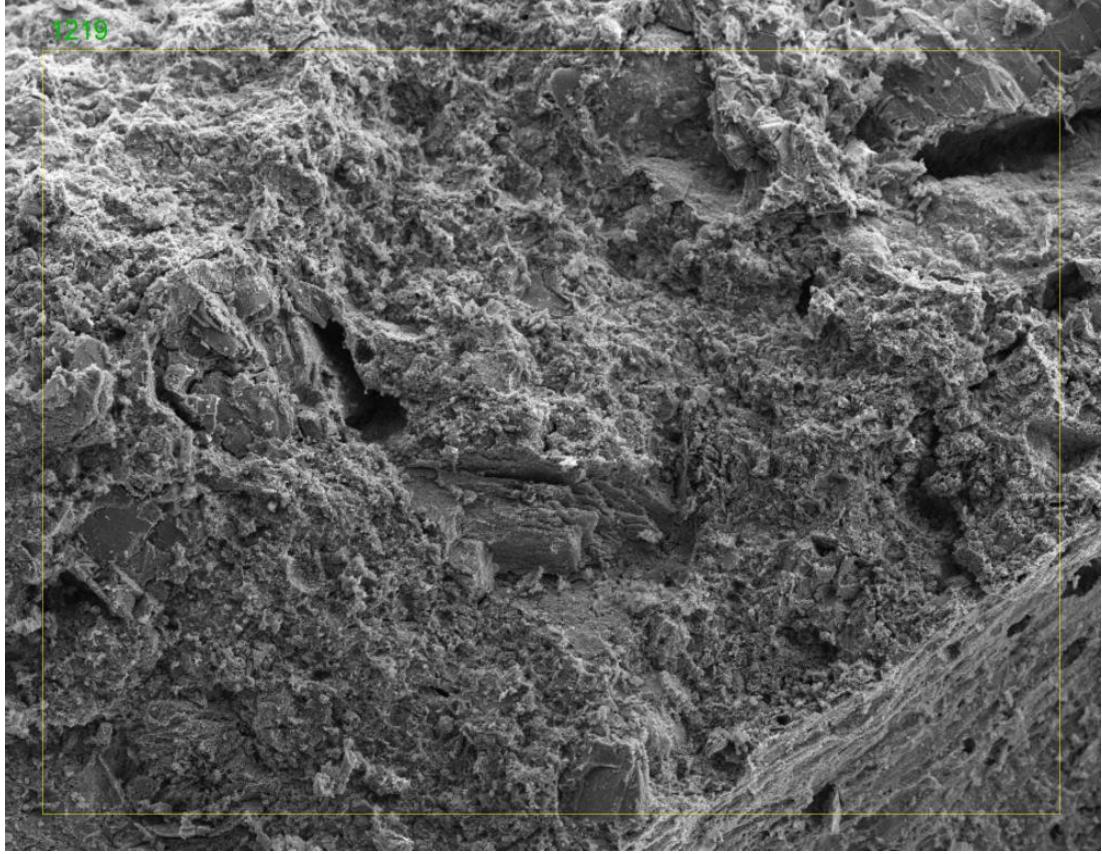
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	15.84	43.88	61.13		0.00	9.74
Magnesium	0.54	1.50	1.38	MgO	2.49	0.27
Aluminium	2.68	7.43	6.14	Al ₂ O ₃	14.04	0.61
Silicon	8.97	24.85	19.73	SiO ₂	53.17	1.40
Potassium	0.67	1.86	1.06	K ₂ O	2.24	0.27
Calcium	5.51	15.25	8.48	CaO	21.34	0.87
Iron	1.88	5.22	2.08	FeO	6.71	0.68
Total:	36.11	100.00	100.00			



Şekil 4. 51. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-8

Çizelge 4. 21. 1321 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-8.

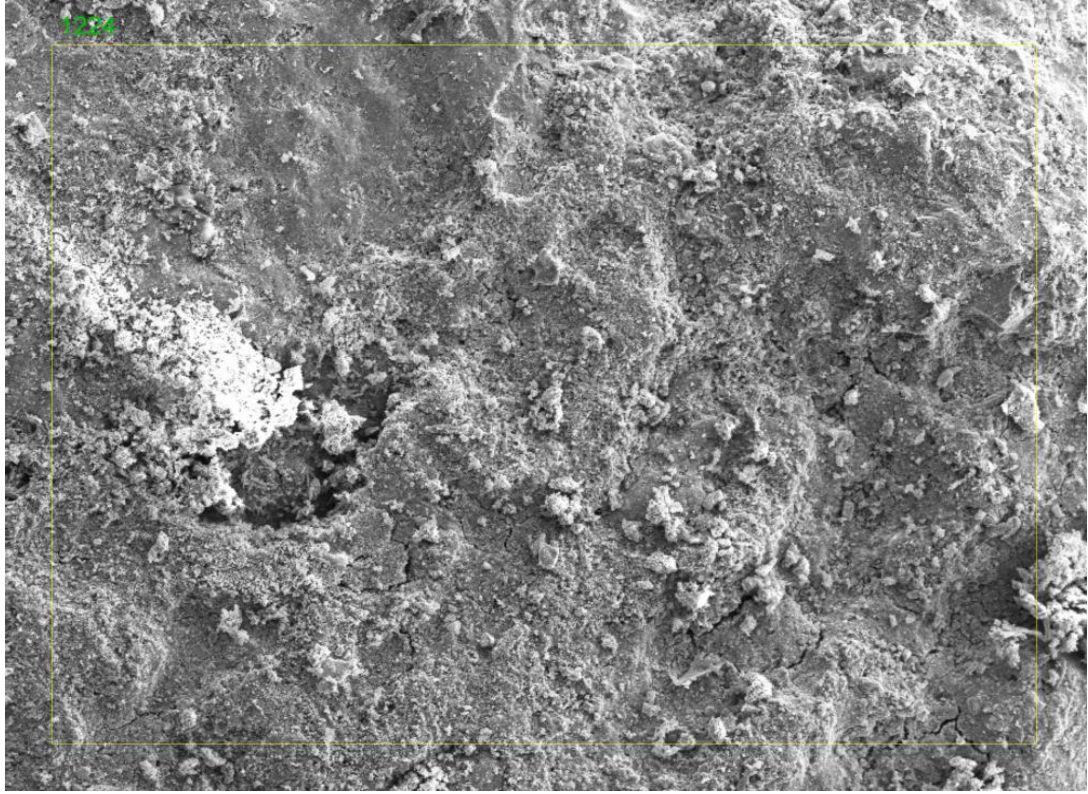
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	10.46	42.03	59.95		0.00	7.42
Magnesium	0.45	1.81	1.70	MgO	3.01	0.24
Iron	1.59	6.37	2.60	FeO	8.20	0.61
Aluminium	1.86	7.49	6.33	Al ₂ O ₃	14.15	0.48
Silicon	5.25	21.10	17.14	SiO ₂	45.13	0.91
Potassium	0.17	0.67	0.39	K ₂ O	0.81	0.16
Calcium	5.00	20.09	11.44	CaO	28.11	0.80
Sodium	0.11	0.44	0.44	Na ₂ O	0.60	0.16
Total:	24.89	100.00	100.00			



Şekil 4. 52. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-9.

Çizelge 4. 22. 1219 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-8.

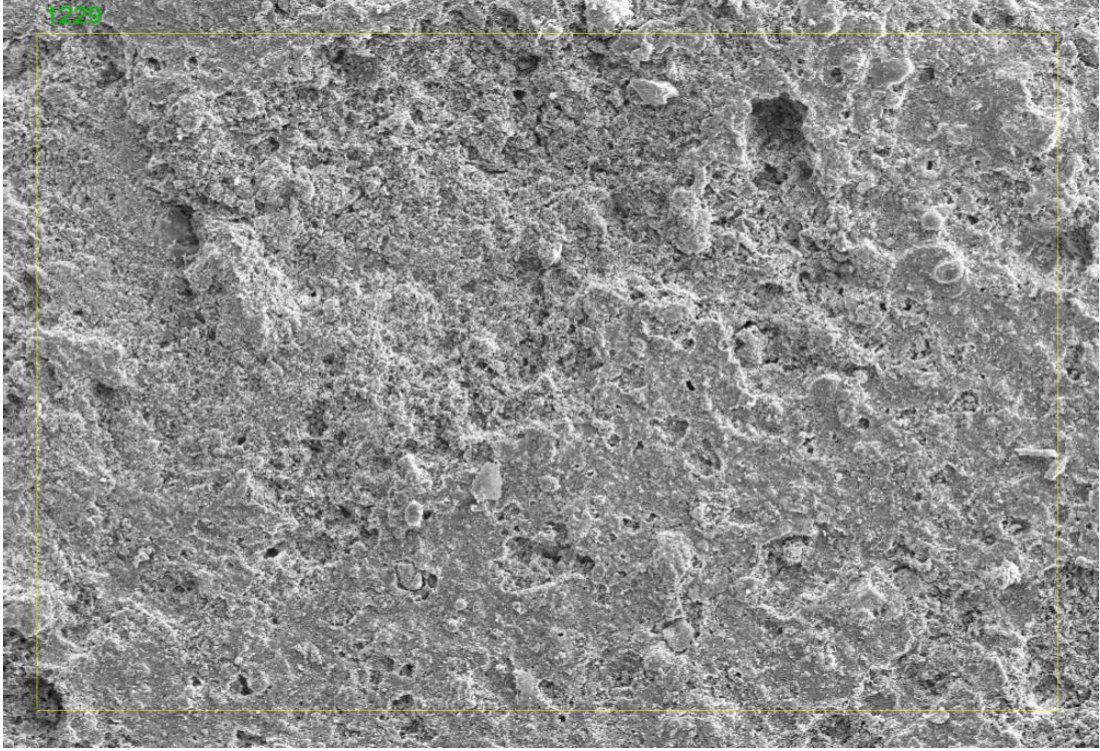
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	17.81	44.65	61.64		0.00	9.51
Iron	3.05	7.65	3.03	FeO	9.84	0.78
Magnesium	0.67	1.69	1.53	MgO	2.80	0.28
Aluminium	3.77	9.44	7.73	Al ₂ O ₃	17.84	0.73
Silicon	10.02	25.11	19.75	SiO ₂	53.72	1.48
Potassium	0.47	1.19	0.67	K ₂ O	1.43	0.21
Calcium	4.10	10.27	5.66	CaO	14.36	0.66
Total:	39.90	100.00	100.00			



Şekil 4. 53. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-10

Çizelge 4. 23. 1224 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-10.

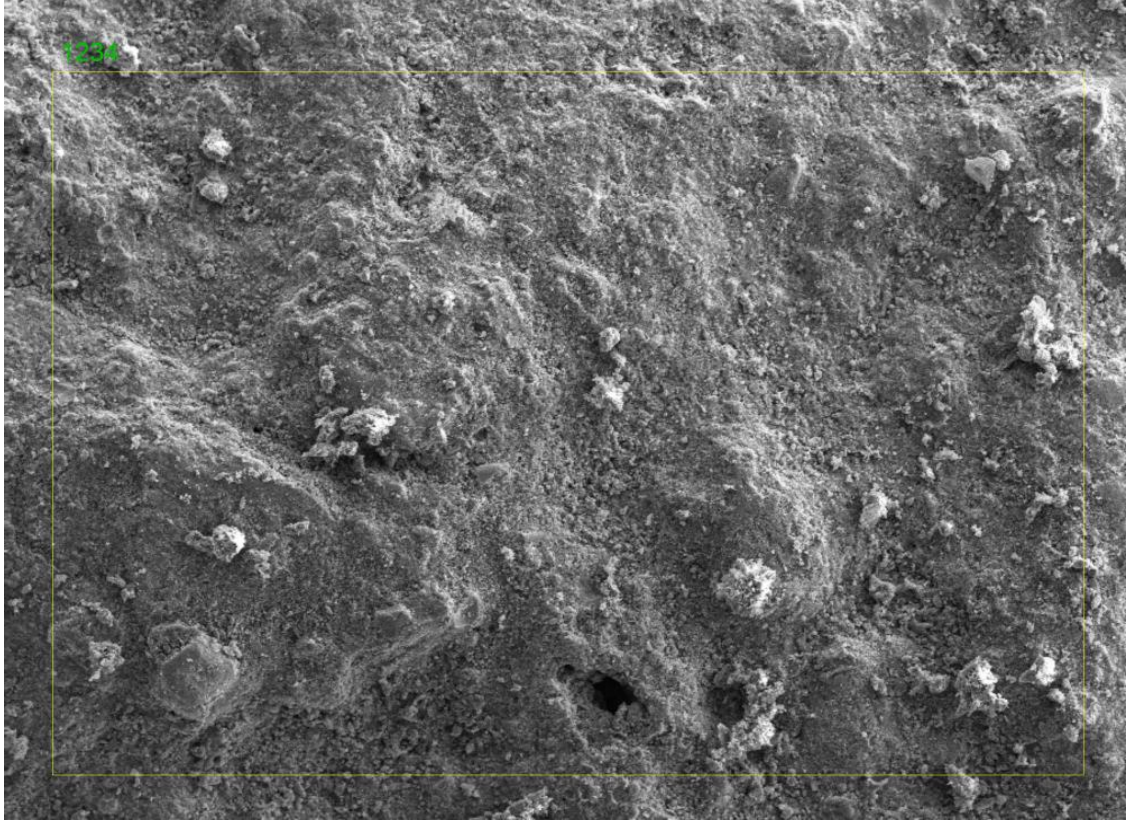
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	11.52	39.92	58.92		0.00	7.35
Magnesium	0.19	0.65	0.64	MgO	1.08	0.17
Aluminium	1.79	6.20	5.43	Al ₂ O ₃	11.72	0.46
Silicon	5.22	18.10	15.22	SiO ₂	38.73	0.89
Calcium	8.49	29.43	17.34	CaO	41.17	1.12
Potassium	0.09	0.32	0.19	K ₂ O	0.38	0.13
Iron	1.55	5.37	2.27	FeO	6.91	0.59
Total:	28.84	100.00	100.00			



Şekil 4. 54. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-11.

Çizelge 4. 24. 1229 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-11.

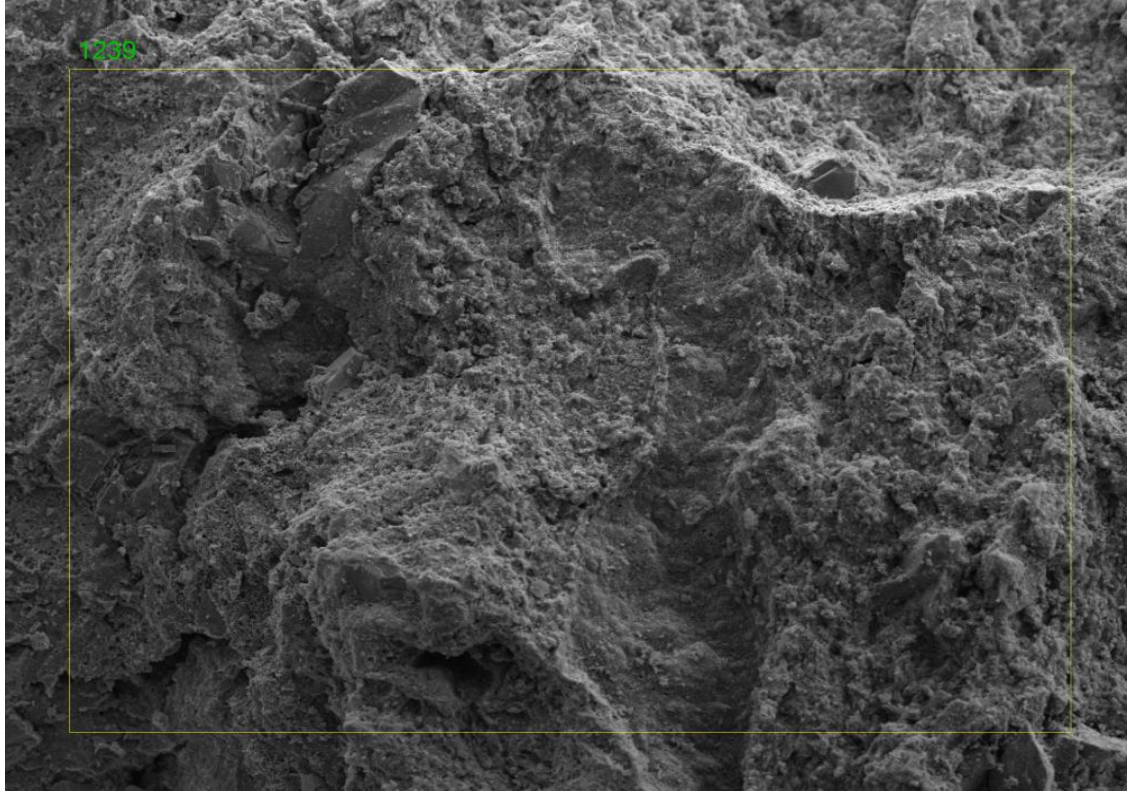
Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	18.72	42.35	60.21		0.00	11.12
Magnesium	1.55	3.51	3.29	MgO	5.83	0.46
Aluminium	3.16	7.15	6.03	Al ₂ O ₃	13.50	0.67
Silicon	9.59	21.69	17.56	SiO ₂	46.39	1.45
Potassium	0.25	0.57	0.33	K ₂ O	0.68	0.18
Calcium	6.92	15.64	8.88	CaO	21.89	0.96
Iron	4.02	9.10	3.71	FeO	11.71	0.95
Total:	44.21	100.00	100.00			



Şekil 4. 55. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-12.

Çizelge 4. 25. 1234 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-12.

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Oxygen	11.23	39.19	58.31		0.00	8.03
Magnesium	0.36	1.25	1.23	MgO	2.08	0.25
Aluminium	1.56	5.44	4.80	Al ₂ O ₃	10.28	0.47
Silicon	4.81	16.79	14.23	SiO ₂	35.91	0.91
Calcium	9.42	32.89	19.53	CaO	46.01	1.35
Iron	1.27	4.45	1.90	FeO	5.72	0.65
Total:	28.66	100.00	100.00			



Şekil 4. 56. Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü OT-13.

Çizelge 4. 26. 1239 nolu alanın EDX oksit element sonucu OT-13.

Element	unn. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Compound	norm. Comp. C [wt. %]	Error (3 Sigma) [wt. %]
Oxygen	14.32	42.39	60.16		0.00	8.32
Magnesium	0.54	1.61	1.50	MgO	2.67	0.25
Iron	1.52	4.49	1.82	FeO	5.77	0.54
Aluminium	2.62	7.76	6.53	Al ₂ O ₃	14.66	0.56
Silicon	7.23	21.41	17.31	SiO ₂	45.79	1.12
Potassium	0.29	0.86	0.50	K ₂ O	1.03	0.18
Calcium	7.26	21.49	12.18	CaO	30.07	0.96
Total:	33.78	100.00	100.00			

Her numune için SEM görüntüsünde genel bir EDX spektrumu alınmıştır (100 µm ölçekli) (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28). Buna göre, SiO₂ miktarının Erken Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 37.54-54.78 (ortalama ağırlıkça % 49.12), Orta Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 28.20-60.40 (ağırlıkça % 46.41) aralığında, CaO miktarının Erken Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 14.05- 41.34 (ortalama ağırlıkça % 22.32), Orta Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 5.85-55.69 (ağırlıkça % 27.58) aralığında, Al₂O₃ miktarının Erken Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 12.88-16.69 (ortalama ağırlıkça % 15.13), Orta Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 7.05-17.84 (ortalama ağırlıkça % 13.83) aralığında, FeO

miktarının Erken Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 5.83-12.35 (ortalama ağırlıkça % 9.79), Orta Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 5.68-12.53 (ortalama ağırlıkça % 7.83) aralığında, MgO miktarının Erken Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 1.70-4.06 (ortalama ağırlıkça % 2.84), Orta Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 0.69-5.89 (ortalama ağırlıkça % 2.79) aralığında, K₂O miktarının Erken Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 0.52-1.59 (ortalama ağırlıkça % 0.73), Orta Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 0.38-3.90 (ortalama ağırlıkça % 1.38) aralığında, Na₂O'nun Erken Tunç Çağı seramiklerde (yalnızca bir numune; ET-7) ağırlıkça % 1.22, Orta Tunç Çağı seramiklerde ağırlıkça % 0.6-1.24 (ortalama ağırlıkça % 0.20) aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar CaO miktarının yüksek olduğunu göstermiştir. Bu durum seramik örneklerin üretiminde kalkerli kil kullanıldığına işaret etmektedir. Mineralojik içerik olarak tespit edilen kalsitin varlığı EDX analizi ile de teyit edilmiştir. Seramiklerde renk verici doğal oksit olarak demir tespit edilmiştir. Bu durum seramiklerdeki renk oluşumunun büyük oranda pişirim atmosferi ile alakalı olduğunu ortaya koymuştur. Mineral içeriği olarak saptanan feldspat/plajiyoklaz, kuvars ve kil minerallerinin varlığı EDX spektrumlarında görülen alkali-toprak alkali oksitler, SiO₂ ve Al₂O₃ içerikleri ile ortaya konulmuştur. EDX analizinin SEM görüntüleri üzerindeki seçili alanlarda gerçekleştirilmesi bazı oksit içeriklerinin beklenenden çok daha fazla çıkmasına neden olmuştur. Şöyle ki, kimi numunelerde CaO miktarının çok yüksek olması (örneğin ET-4; CaO miktarı ağırlıkça % 41.34 veya OT-2; CaO miktarı ağırlıkça % 55.69) bu örnekte CaO ihtivasının fazla olduğuna işaret etmekteyken, diğer taraftan bu oksidi içeren mineral veya minerallerin seramik matris içerisinde heterojen yayılımı sonucu EDX verilerinde bir dalgalanma olabileceği göz ardı edilmemelidir.

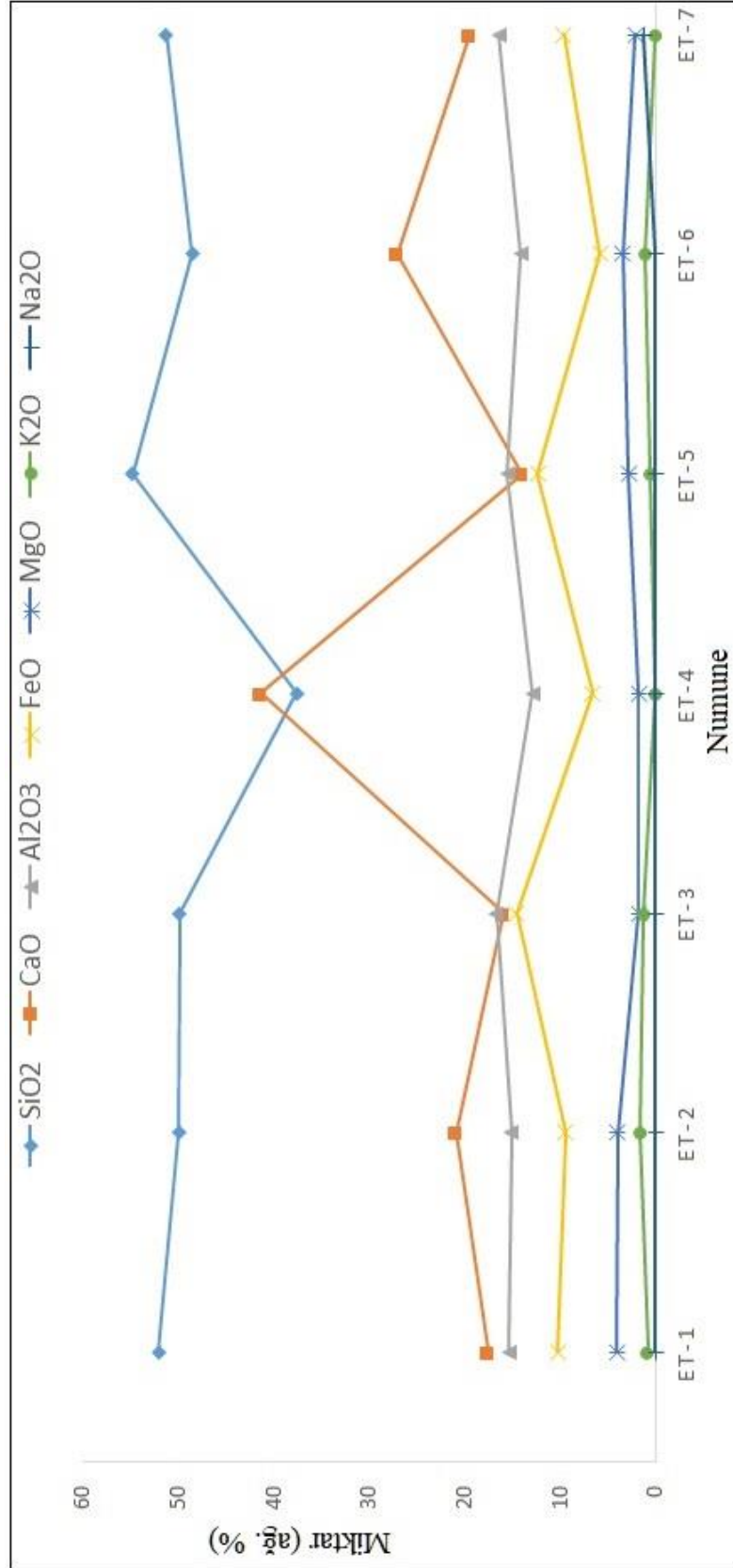
Erken Tunç ve Orta Tunç seramiklerinin kendi aralarındaki kimyasal kompozisyon ilişkileri sırasıyla Şekil 4.57 ve Şekil 4.58'de verilmiştir. Elde edilen kimyasal kompozisyonların mineralojik içerikle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. 27. Erken Tunç Çağı yalın basit seramikler (üç ayaklı çömlekler) EDX sonuçları.

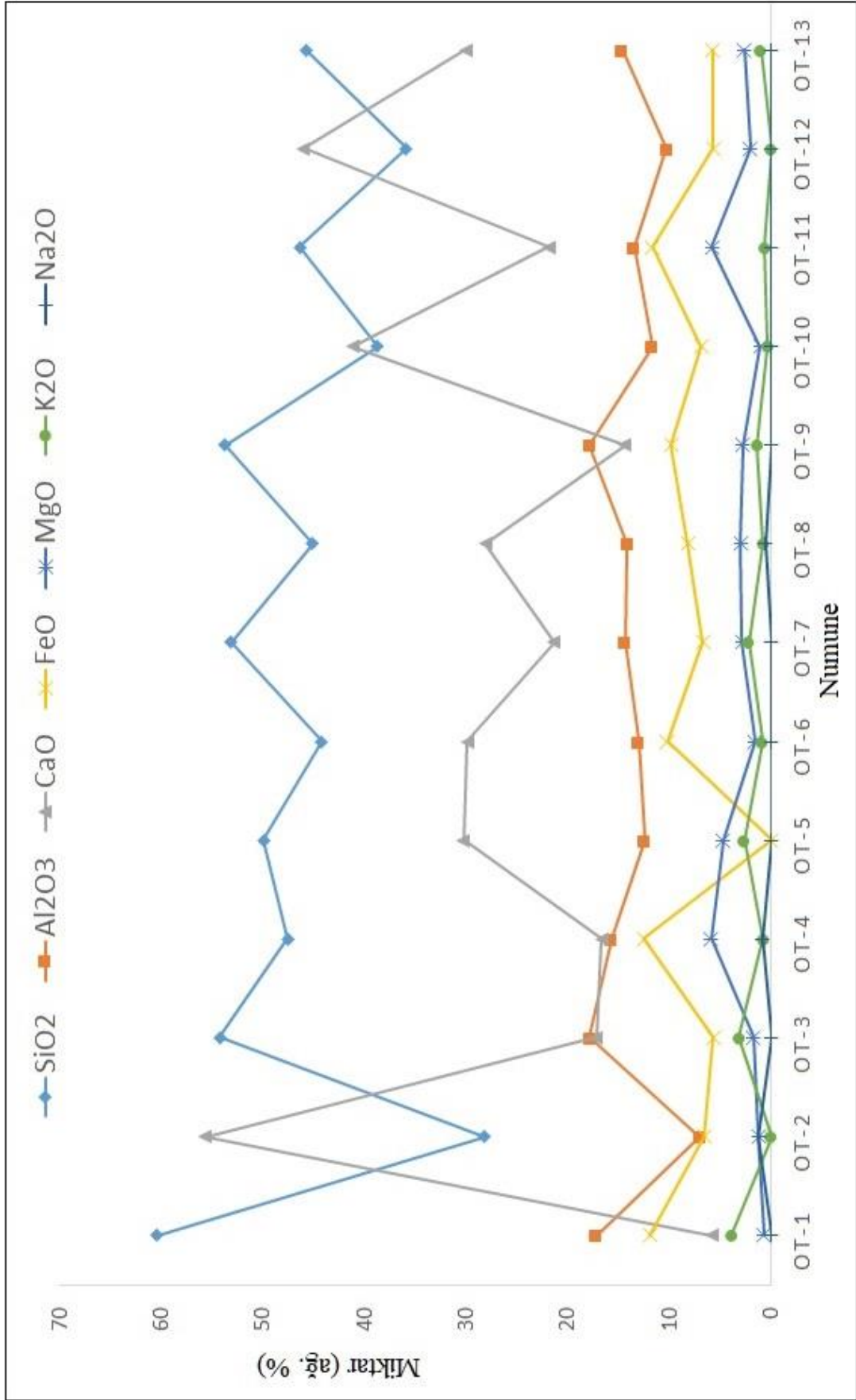
Numune Kodu	Oksit							Toplam
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	
ET-1	52,02	17,5	15,36	10,25	4,06	0,81	0	100
ET-2	49,96	20,9	15,08	9,42	3,94	1,59	0	100
ET-3	49,83	15,99	16,69	14,52	1,78	1,19	0	100
ET-4	37,54	41,34	12,88	6,57	1,70	0	0	100
ET-5	54,78	14,05	15,47	12,35	2,82	0,52	0	100
ET-6	48,55	27,03	14,08	5,83	3,46	1,05	0	100
ET-7	51,22	19,48	16,36	9,6	2,12	0	1,22	100
<i>Ortalama</i>	<i>49,12</i>	<i>22,32</i>	<i>15,13</i>	<i>9,79</i>	<i>2,84</i>	<i>0,73</i>	<i>0,17</i>	

Çizelge 4. 28. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli- ağzı yivli seramikler EDX sonuçları

Numune Kodu	Oksit							Toplam
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	
OT-1	60,40	5,85	17,19	11,97	0,69	3,90	0	100
OT-2	28,20	55,69	7,05	6,57	1,25	0	1,24	100
OT-3	54,25	17,24	17,9	5,68	1,74	3,21	0	100
OT-4	47,57	16,67	15,69	12,53	5,89	0,77	0,88	100
OT-5	49,93	30,26	12,42	0	4,75	2,63	0	100
OT-6	44,26	29,93	13,07	10,26	1,62	0,86	0	100
OT-7	53,17	21,34	14,4	6,71	2,9	2,24	0	100
OT-8	45,13	28,11	14,15	8,2	3,01	0,81	0,6	100
OT-9	53,72	14,36	17,84	9,84	2,8	1,43	0	100
OT-10	38,73	41,17	11,72	6,91	1,08	0,38	0	100
OT-11	46,39	21,89	13,50	11,71	5,83	0,68	0	100
OT-12	35,91	46,01	10,28	5,72	2,08	0	0	100
OT-13	45,79	30,07	14,66	5,77	2,67	1,03	0	100
<i>Ortalama</i>	<i>46,41</i>	<i>27,58</i>	<i>13,83</i>	<i>7,83</i>	<i>2,79</i>	<i>1,38</i>	<i>0,20</i>	

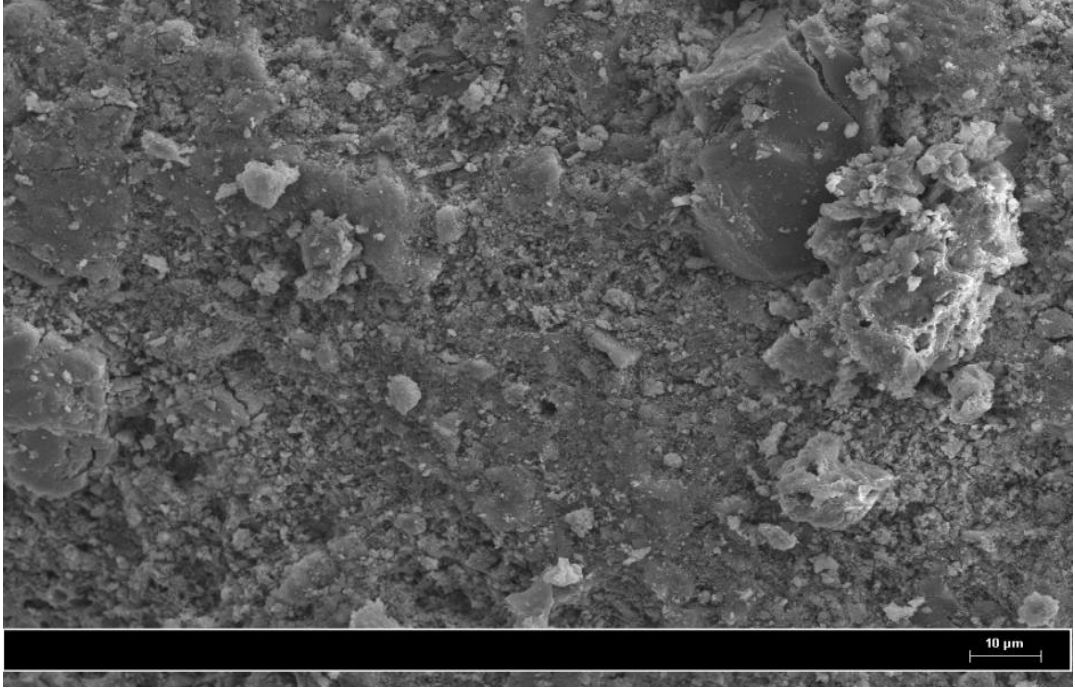


Şekil 4. 57. Erken Tunç Çağı yalın basit seramiklerin (üç ayaklı çömlekler) kimyasal kompozisyon dağılımı.

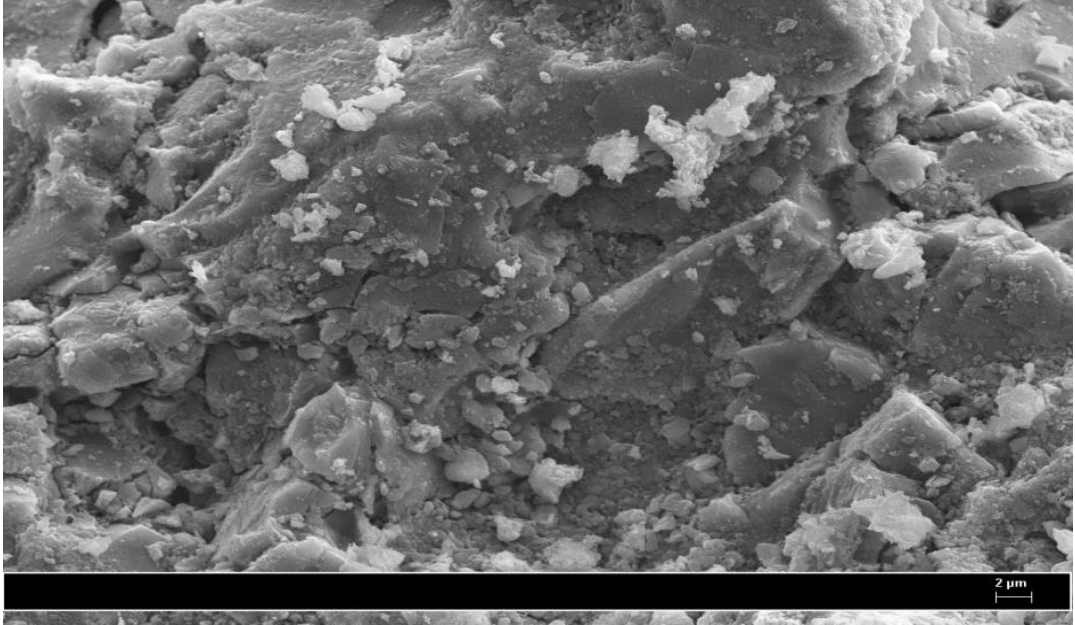


Şekil 4. 58. Orta Tunç tarak bezemeli ağız yivli seramiklerin kimyasal kompozisyon dağılımı.

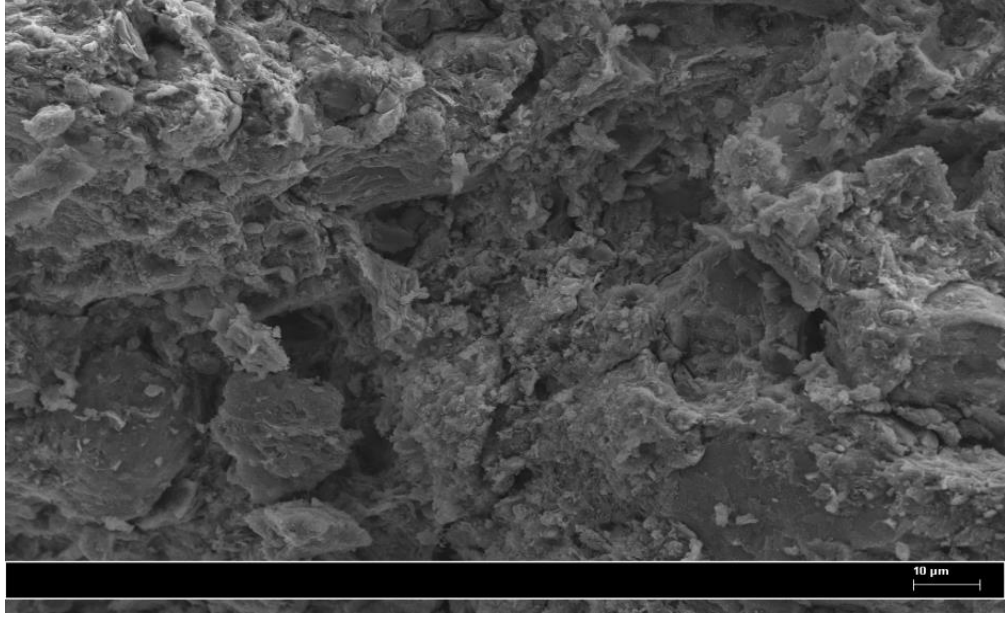
Seramik örneklerin vitrifikasyon derecelerini görmek amacıyla 2-10 μm ölçekte alınan SEM görüntüleri Şekil 4.59-4.78'de verilmiştir.



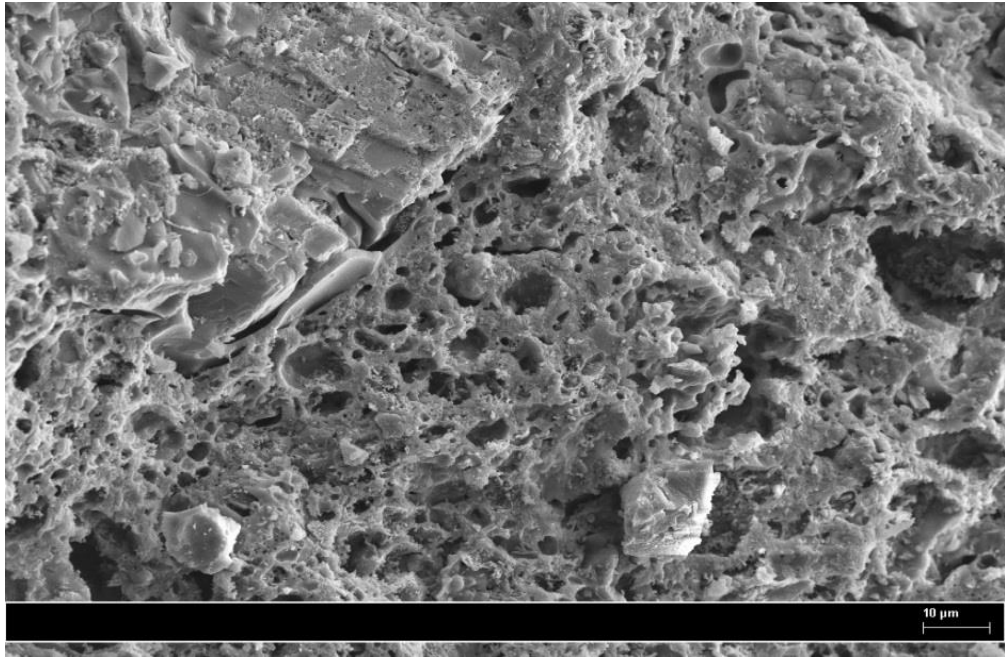
Şekil 4. 59. 10 μm ölçekli SEM görüntüsü ET-1



Şekil 4. 60. 2 μm ölçekli SEM görüntüsü ET-2



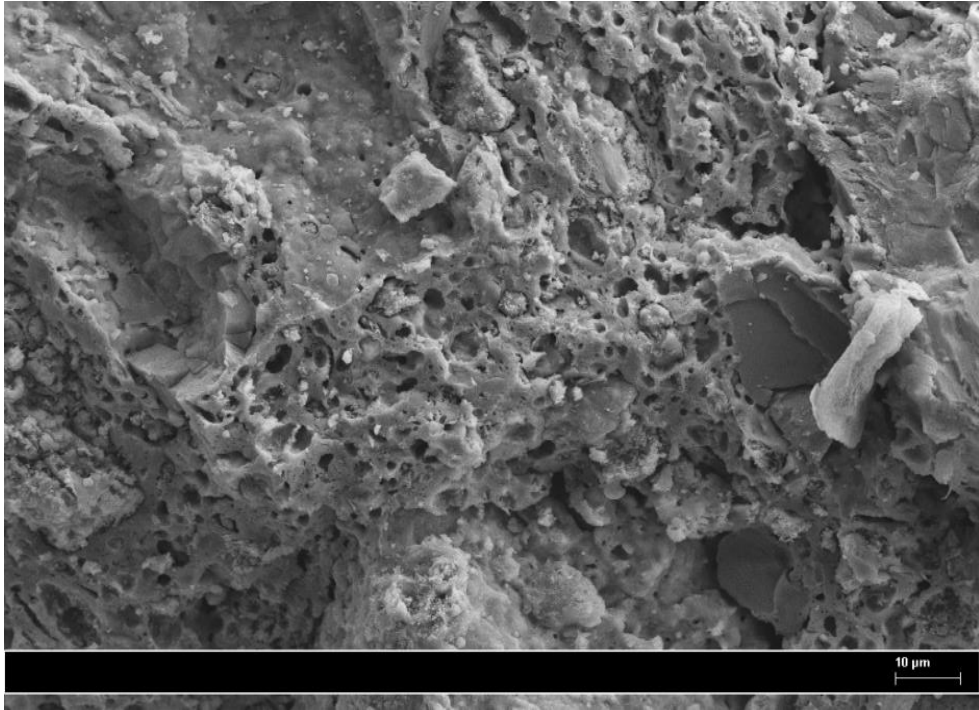
Şekil 4. 61. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü ET-3



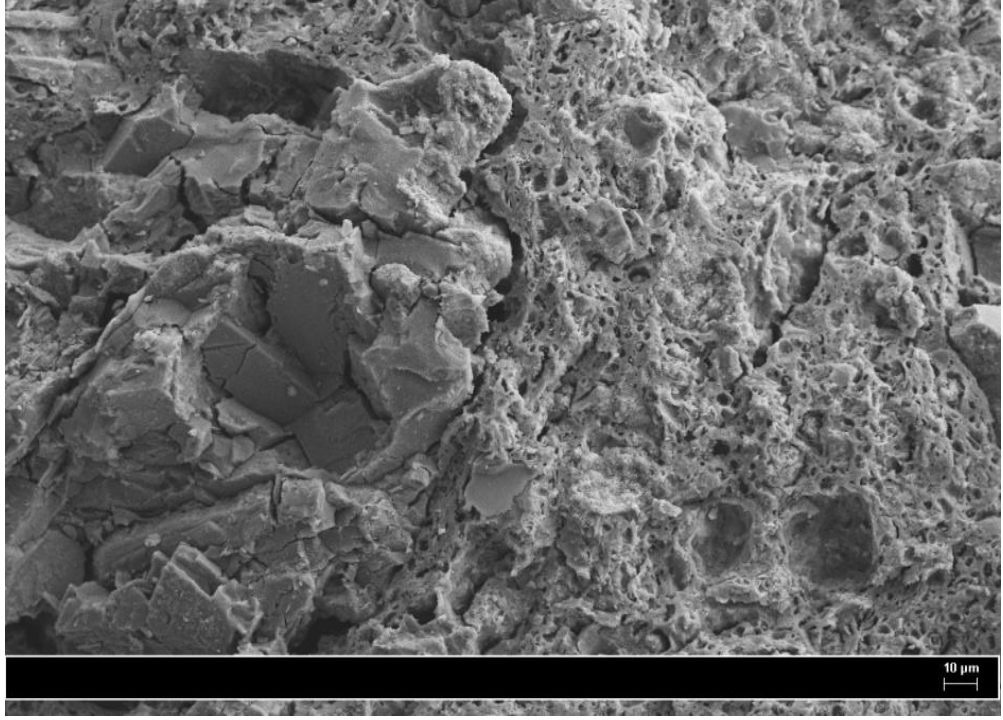
Şekil 4. 62. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü ET-4



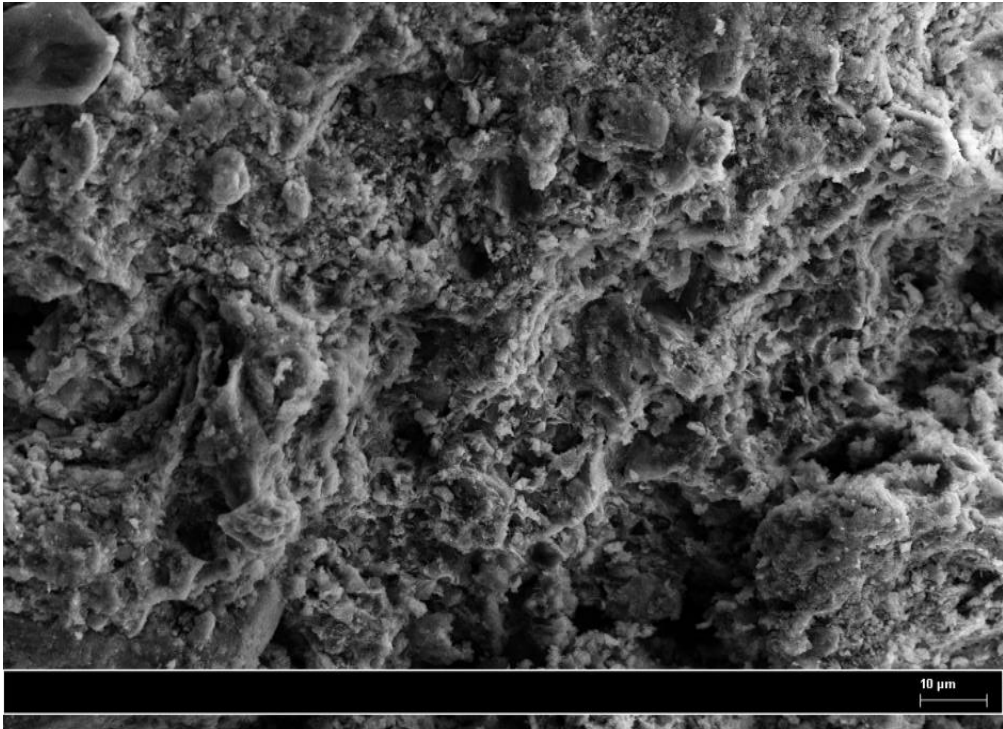
Şekil 4. 63. 2 μm ölçekli SEM görüntüsü ET-5



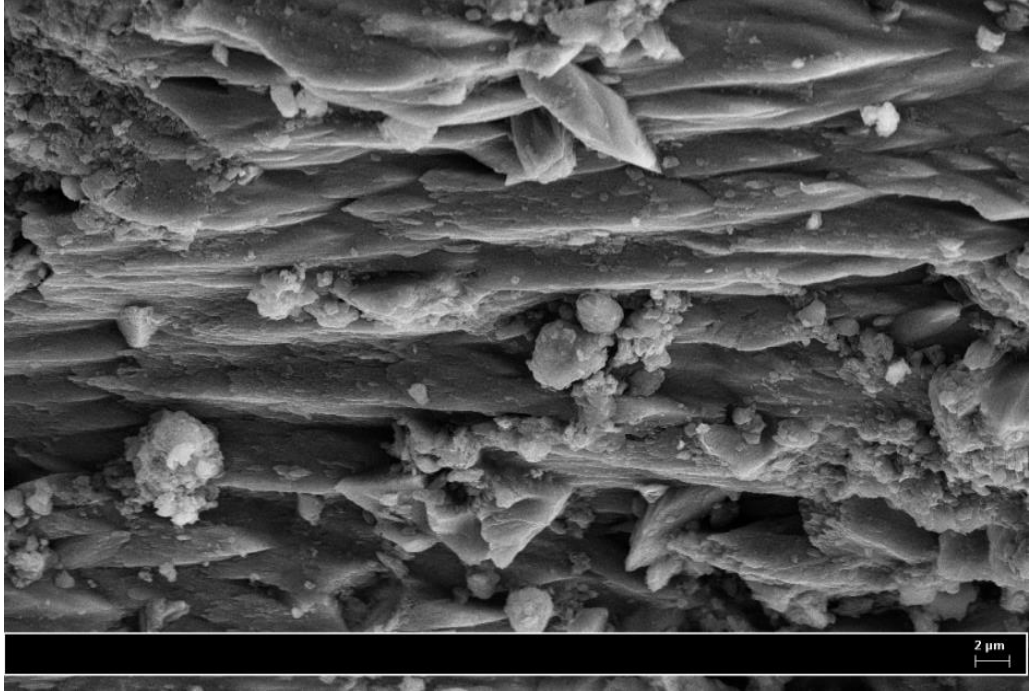
Şekil 4. 64. 10 μm ölçekli SEM görüntüsü ET-6



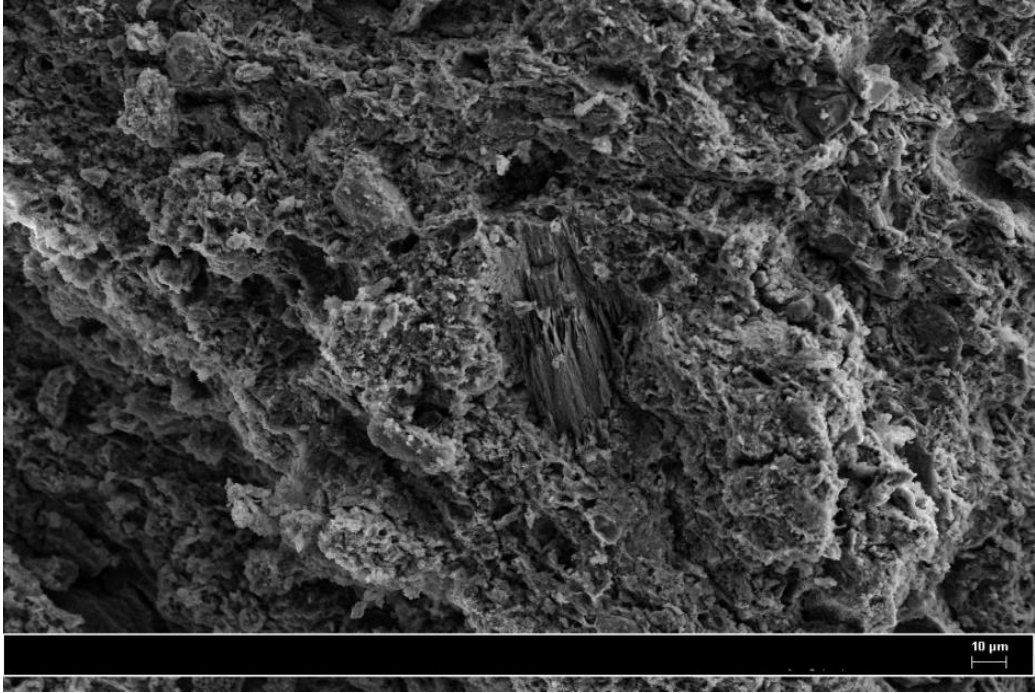
Şekil 4. 65. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü ET-7



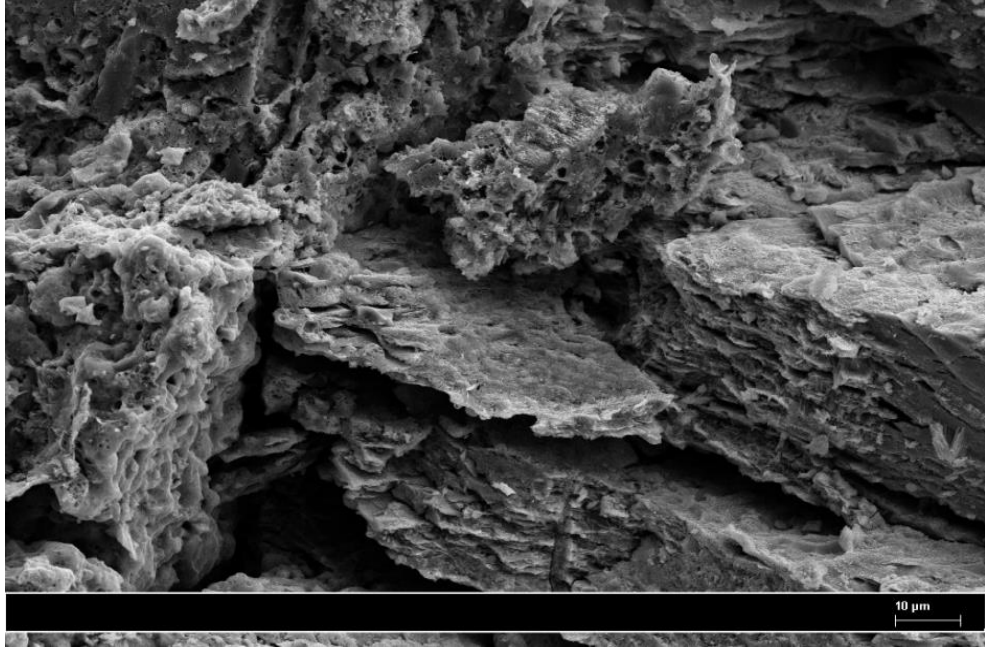
Şekil 4. 66. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-1



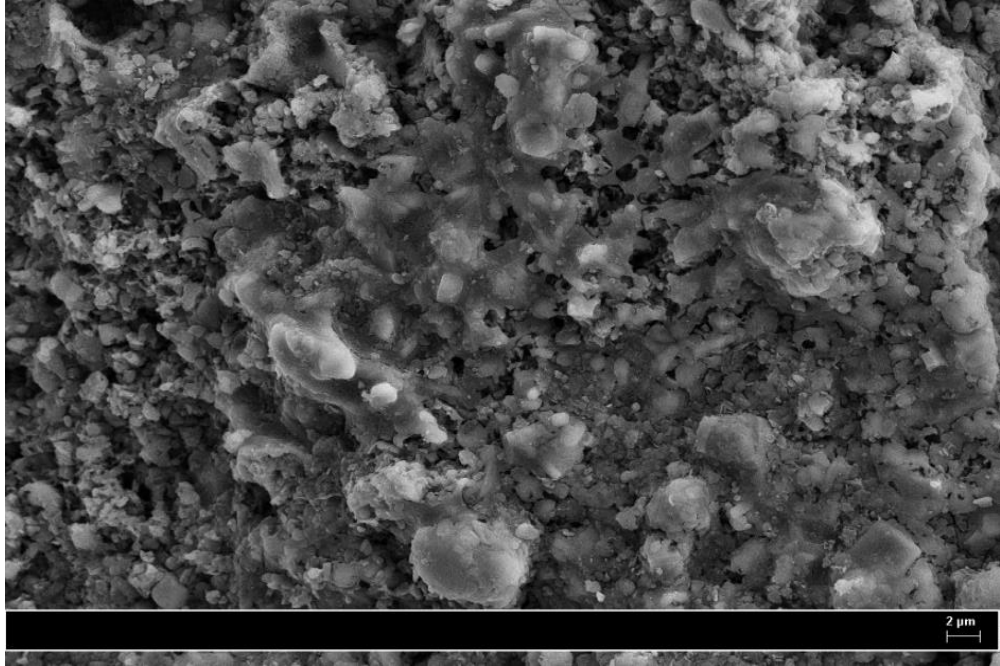
Şekil 4. 67. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-2.



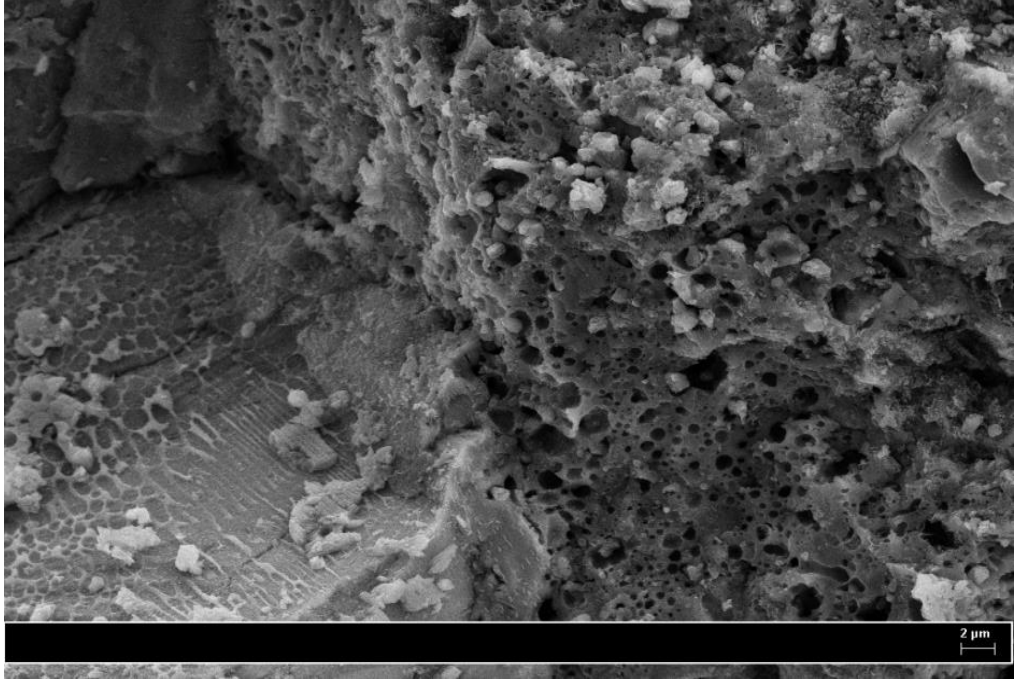
Şekil 4. 68. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-3



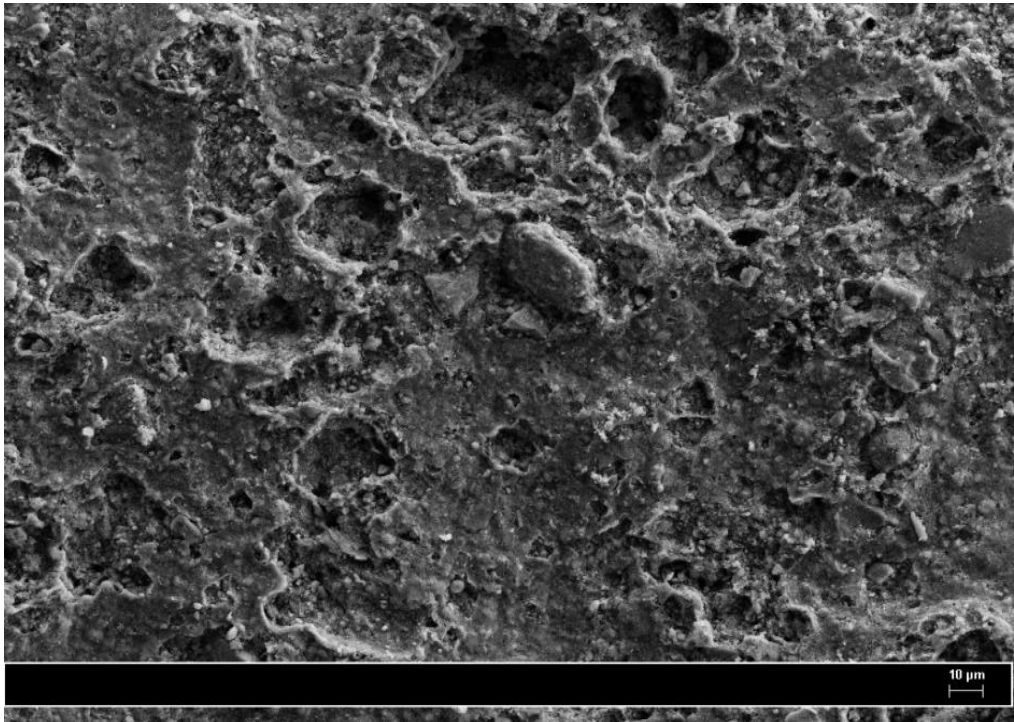
Şekil 4. 69. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-4



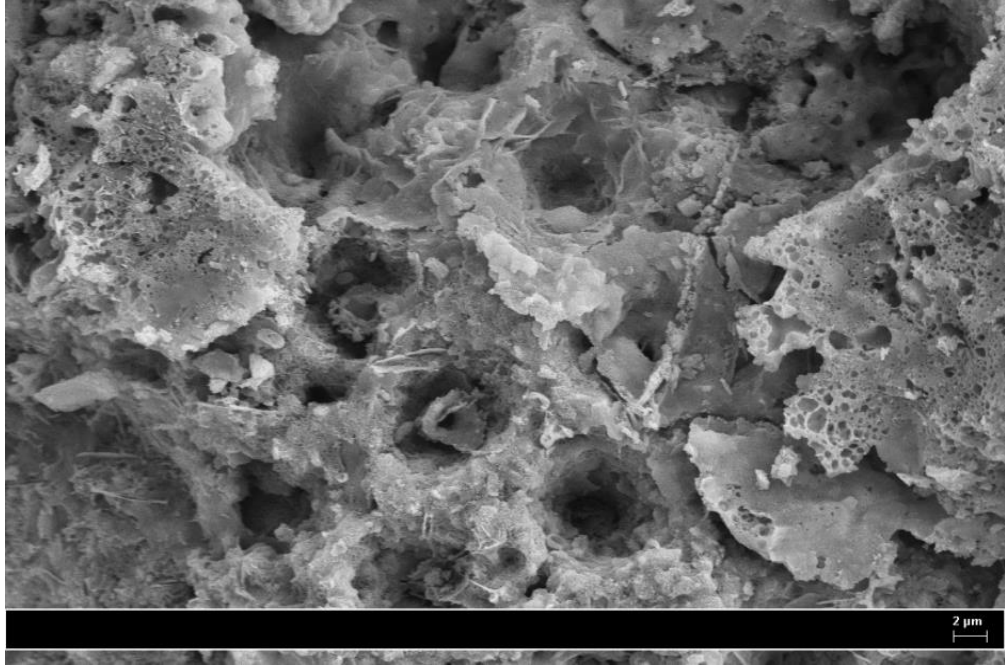
Şekil 4. 70. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-5



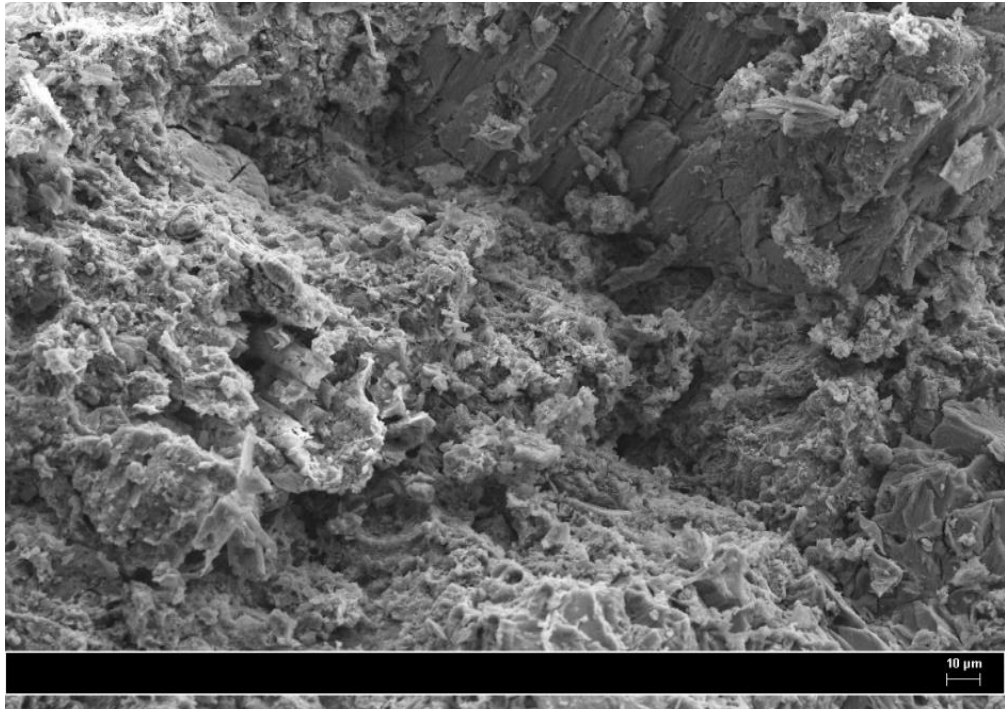
Şekil 4. 71. 2 μm ölçekli SEM görüntüsü OT-6



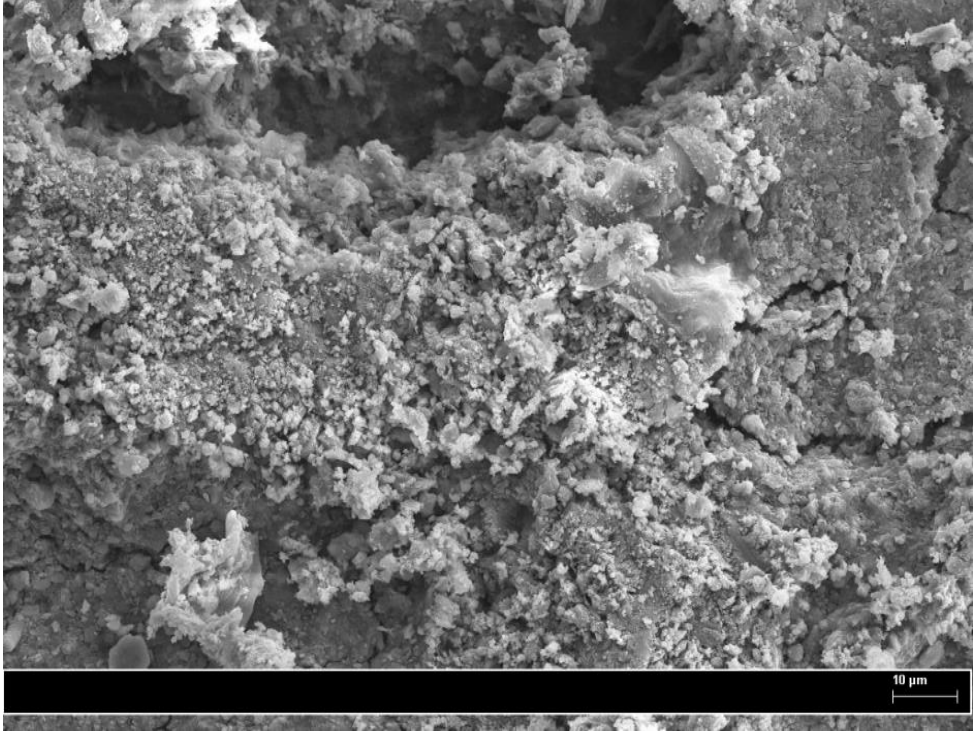
Şekil 4. 72. 10 μm ölçekli SEM görüntüsü OT-7



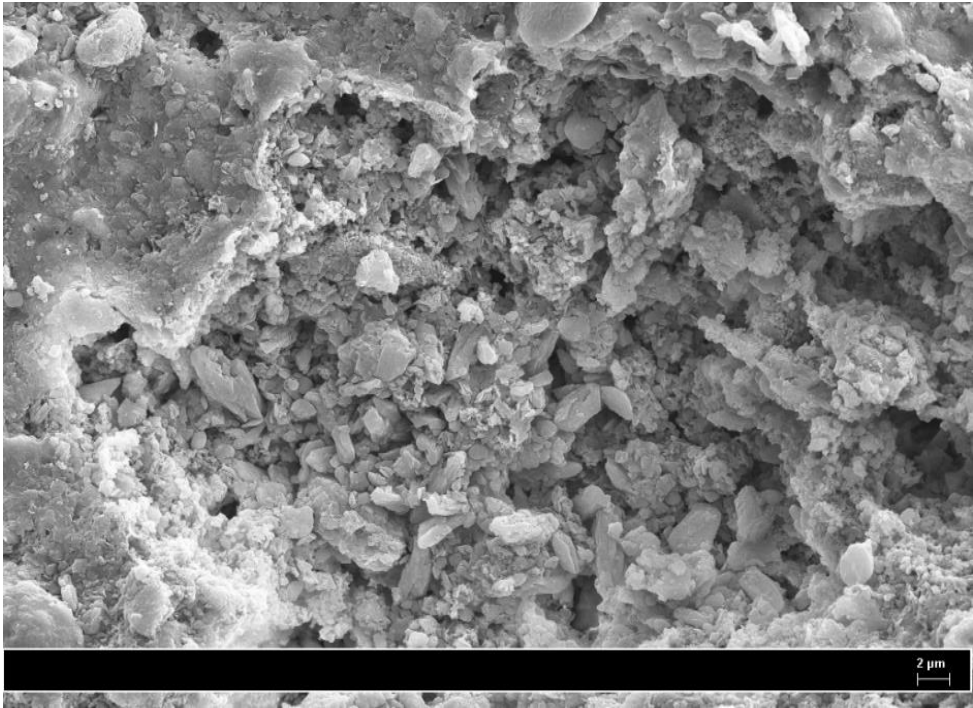
Şekil 4. 73. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-8



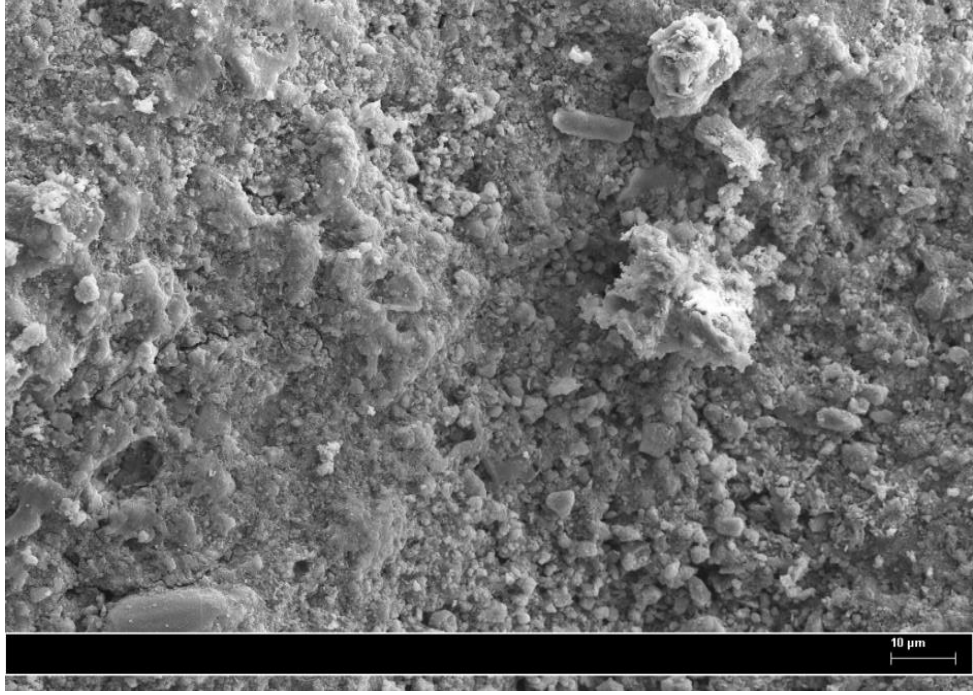
Şekil 4. 74. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-9



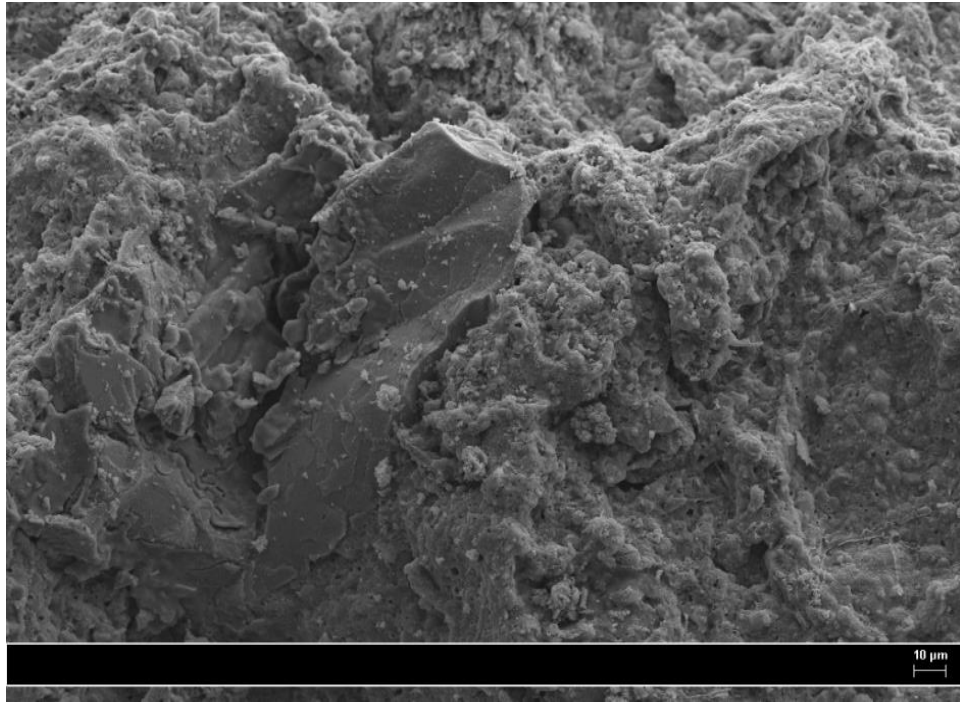
Şekil 4. 75. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-10



Şekil 4. 76. 2 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-11



Şekil 4. 77. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-12.



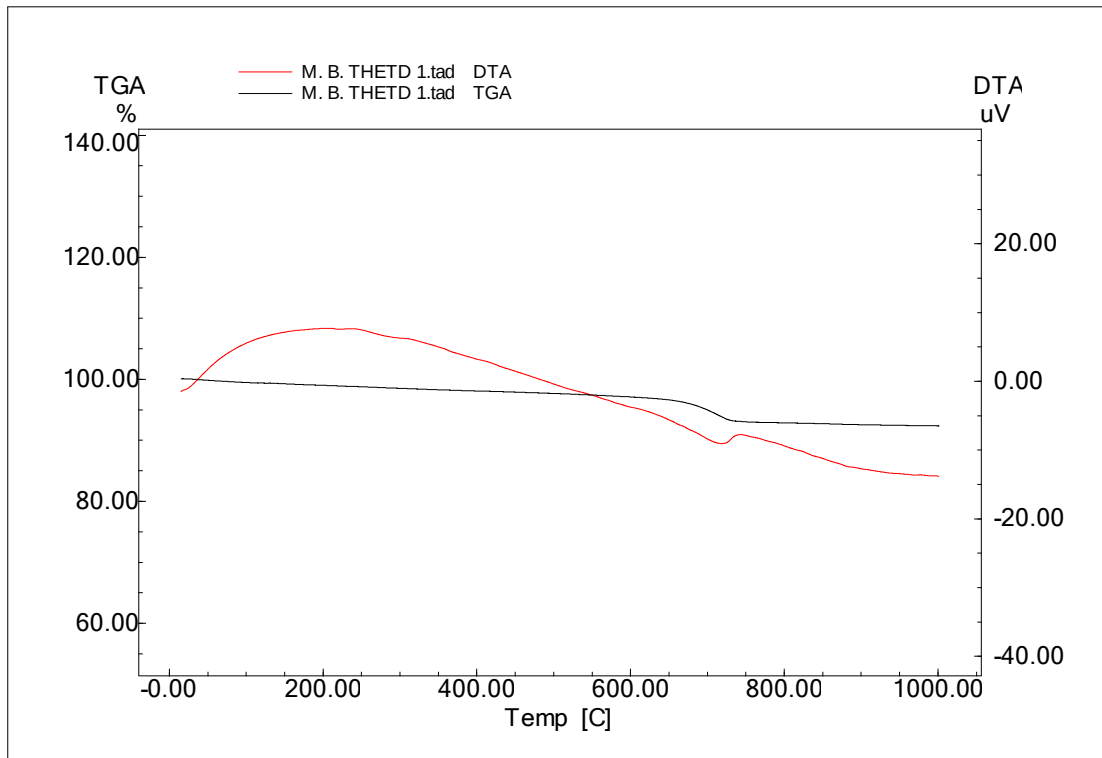
Şekil 4. 78. 10 µm ölçekli SEM görüntüsü OT-13.

Numunelere ait detaylı SEM incelemelerinde (2-10 µm ölçekte) buluntuların çoğunda zayıf vitrifikasyon saptanmıştır. Bazı numunelerde ise kısmi olarak bölgesel vitrifikasyon davranışı gözlemlenmiştir (örneğin ET-4, ET-6, ET-8, OT-6). Bu durum seramiklerin yüksek sıcaklıklara (1000°C gibi) maruz kalmadıklarını akla getirmektedir.

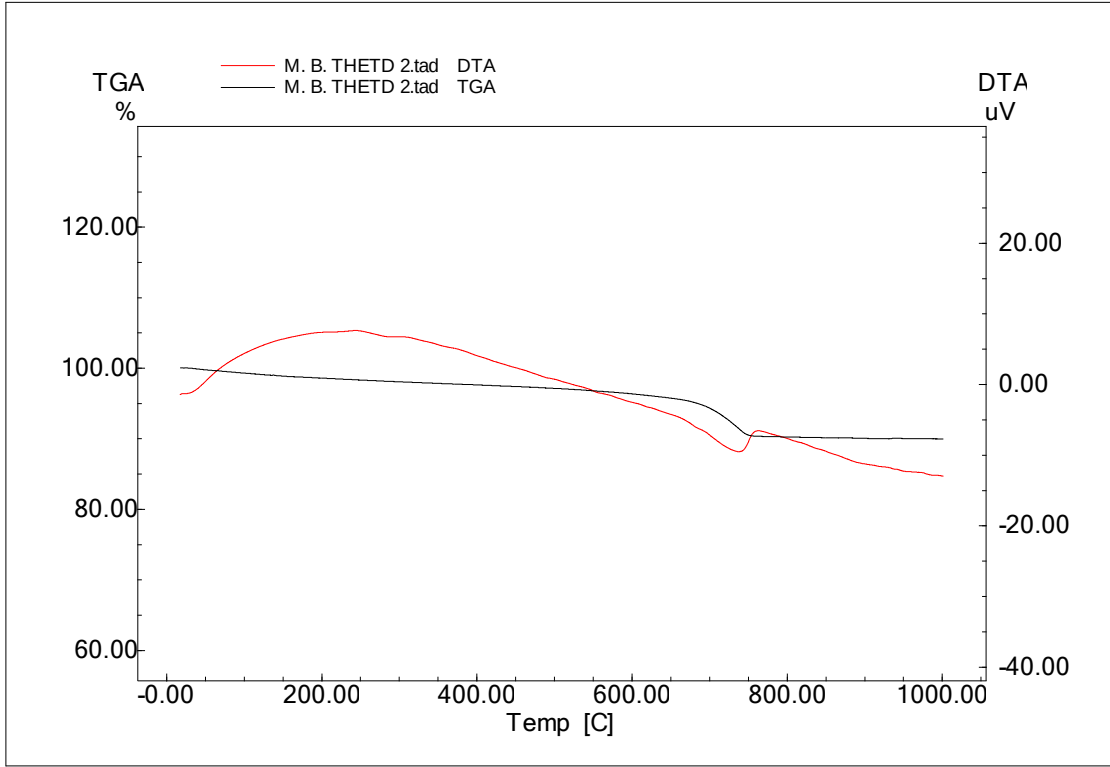
Bazı numunelerin SEM görüntülerinde tabakalı kil yapısının korunduğu görülürken, kimi örneklerde de killerin pulsu yapısı gözlemlenmiştir. Bu durum kil yapısının bozunmadığına ve bu tip numunelerin pişirim sıcaklığının kilin bozunma sıcaklığı olan 900°C'yi geçmediğine işaret etmiştir. Başlangıç, devam eden ve tamamlanmış olarak derecelendirilebilen vitrifikasyon davranışı pişirim sıcaklığı hakkında bilgiler sunmaktadır. Yeterli sıcaklık ve pişirim ortamlarında seramik bünyelerde meydana gelmesi beklenen sinterlenme davranışı ve buna bağlı olarak oluşacak vitrifikasyonun çalışmadaki örneklerde sınırlı bir şekilde gözlemlenmesi seramikler için belirlenen pişirim sıcaklık aralıklarını teyit etmektedir (Cultrone ve ark., 2001; Emami ve ark., 2009; Bong ve ark., 2008).

4.5. TG-DTA analiz sonuçları

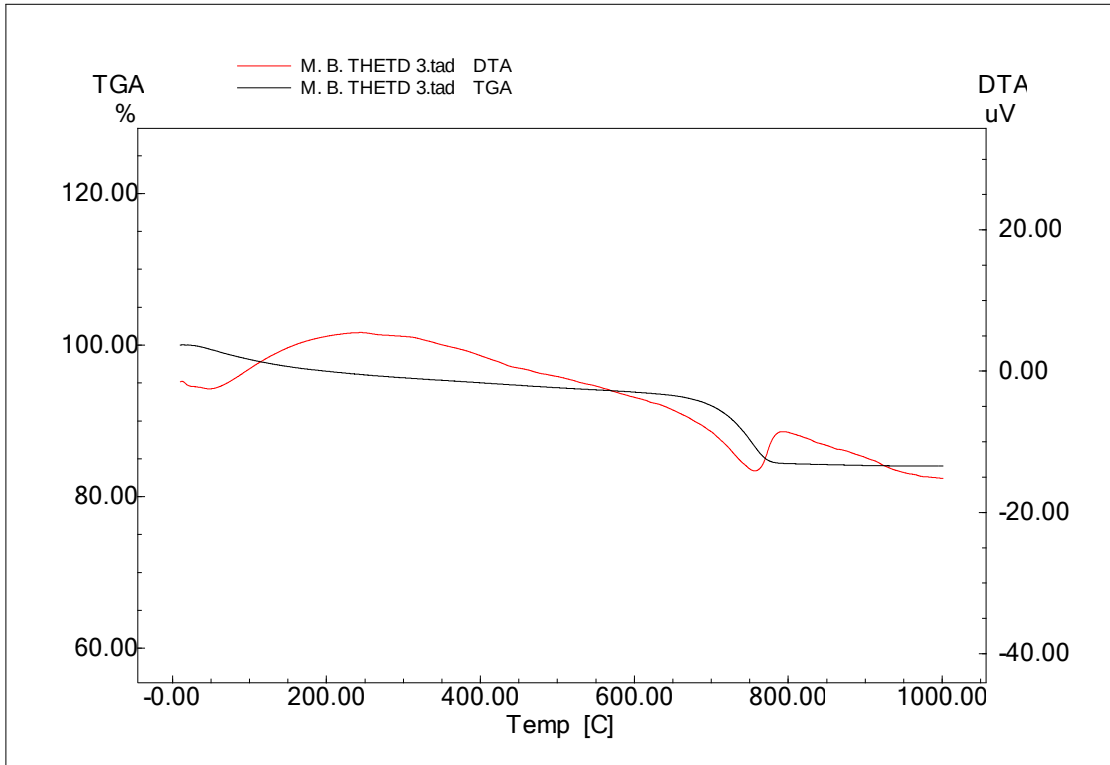
Seramiklere ait TG-DTA sonuçları sırasıyla Şekil 4.79-4.98'de verilmiştir.



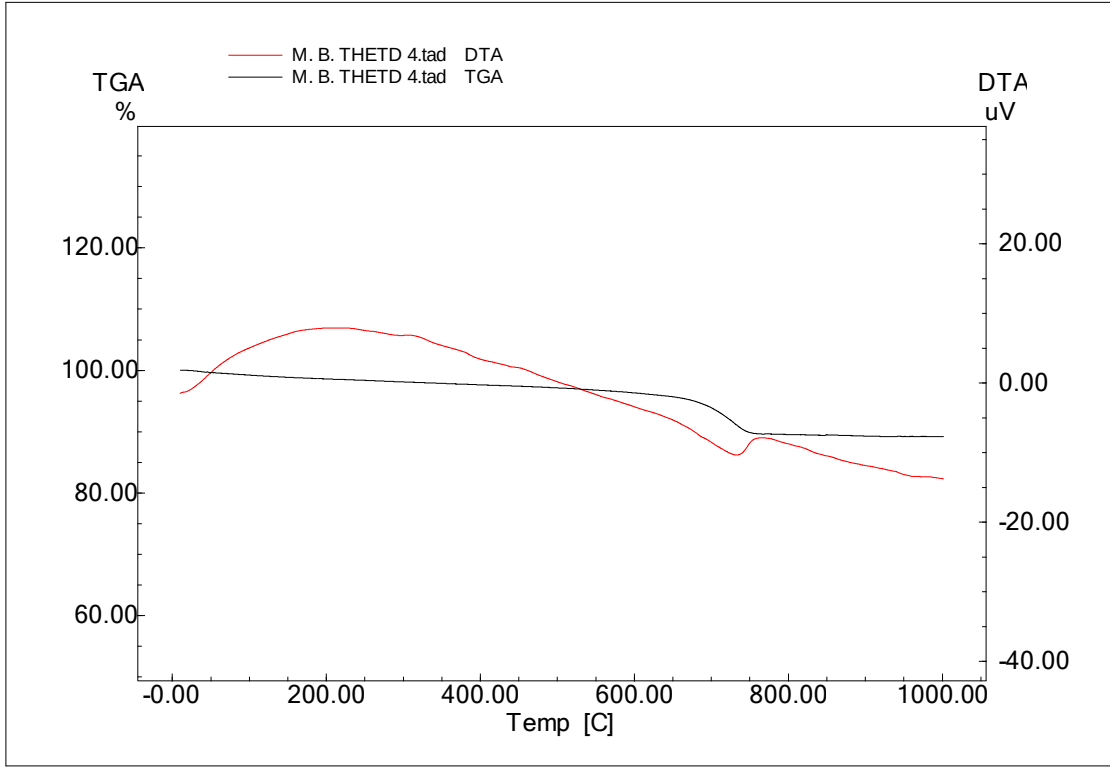
Şekil 4. 79. ET-1 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



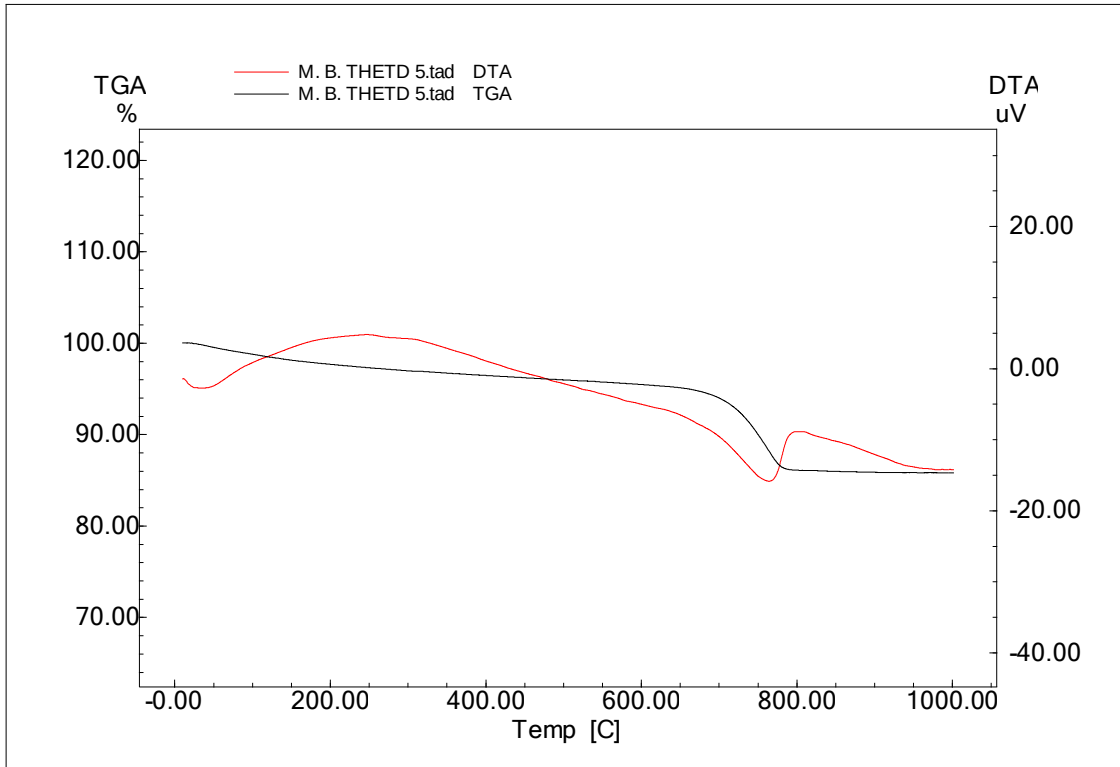
Şekil 4. 80. ET-2 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



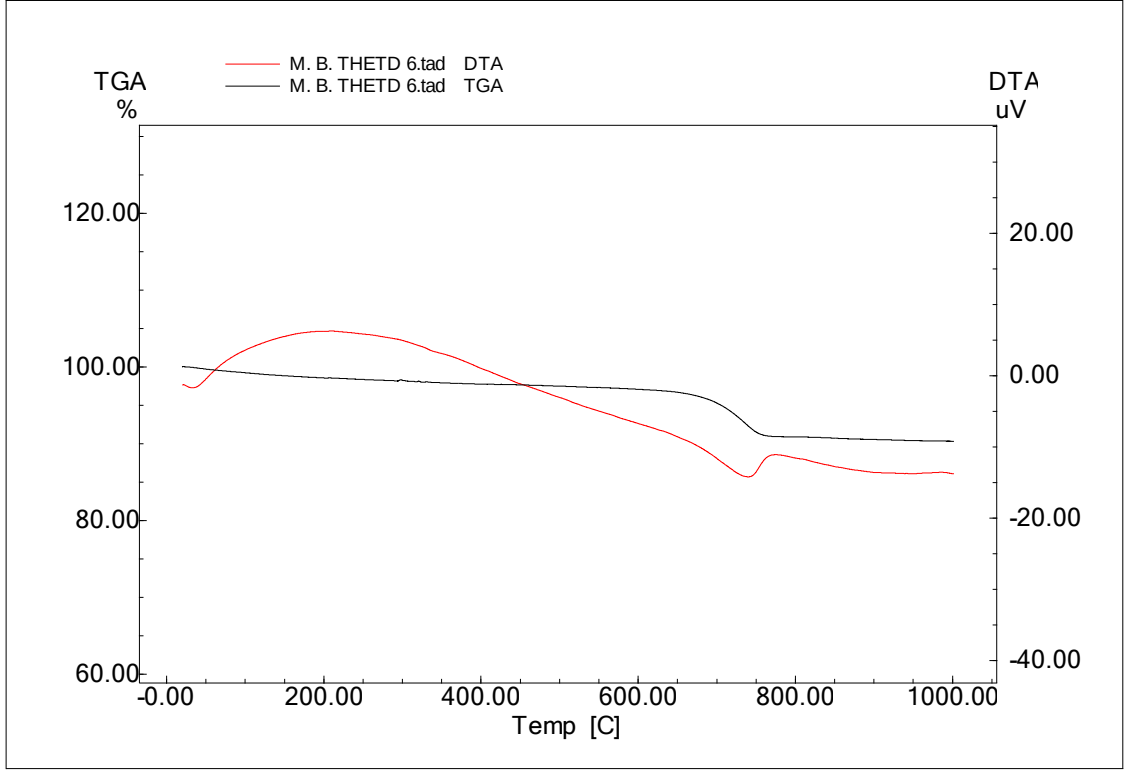
Şekil 4. 81. ET-3 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



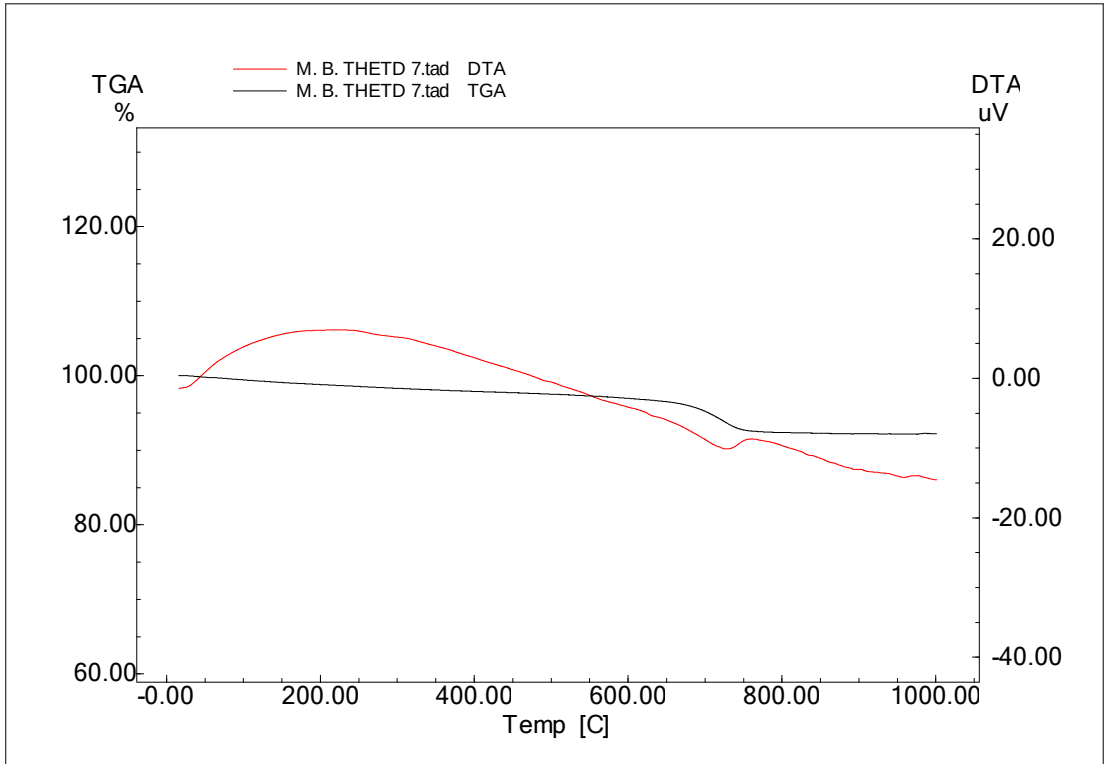
Şekil 4. 82. ET-4 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



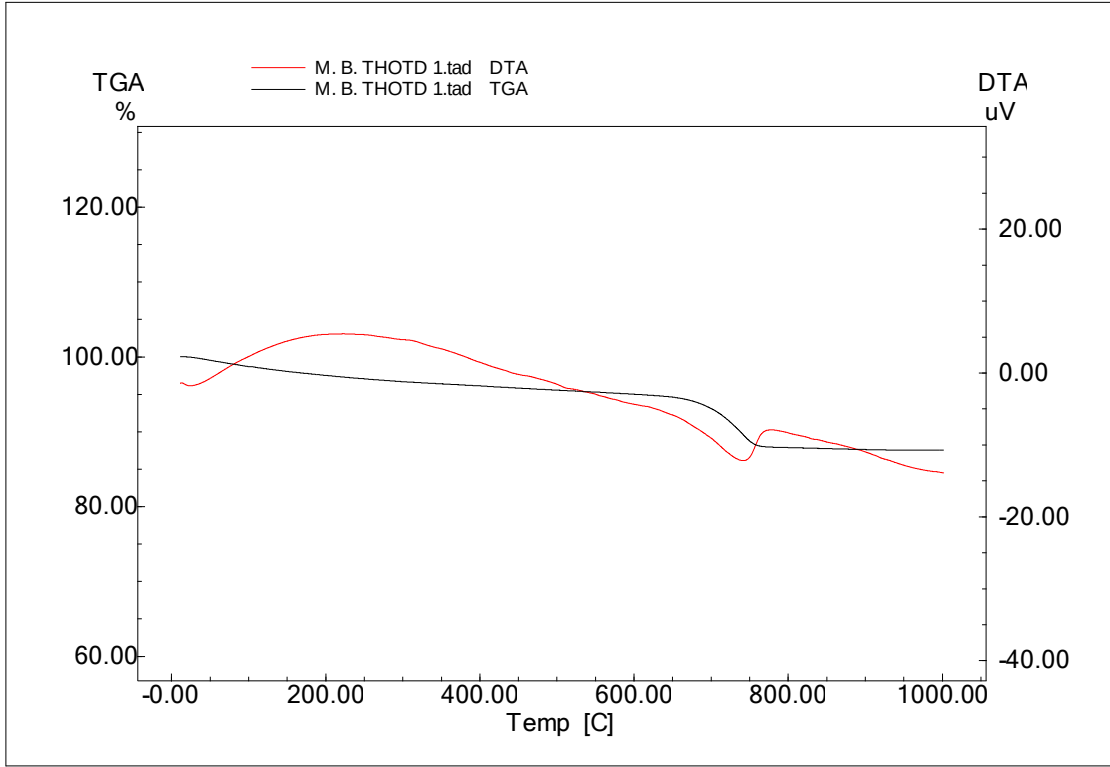
Şekil 4. 83. ET-5 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



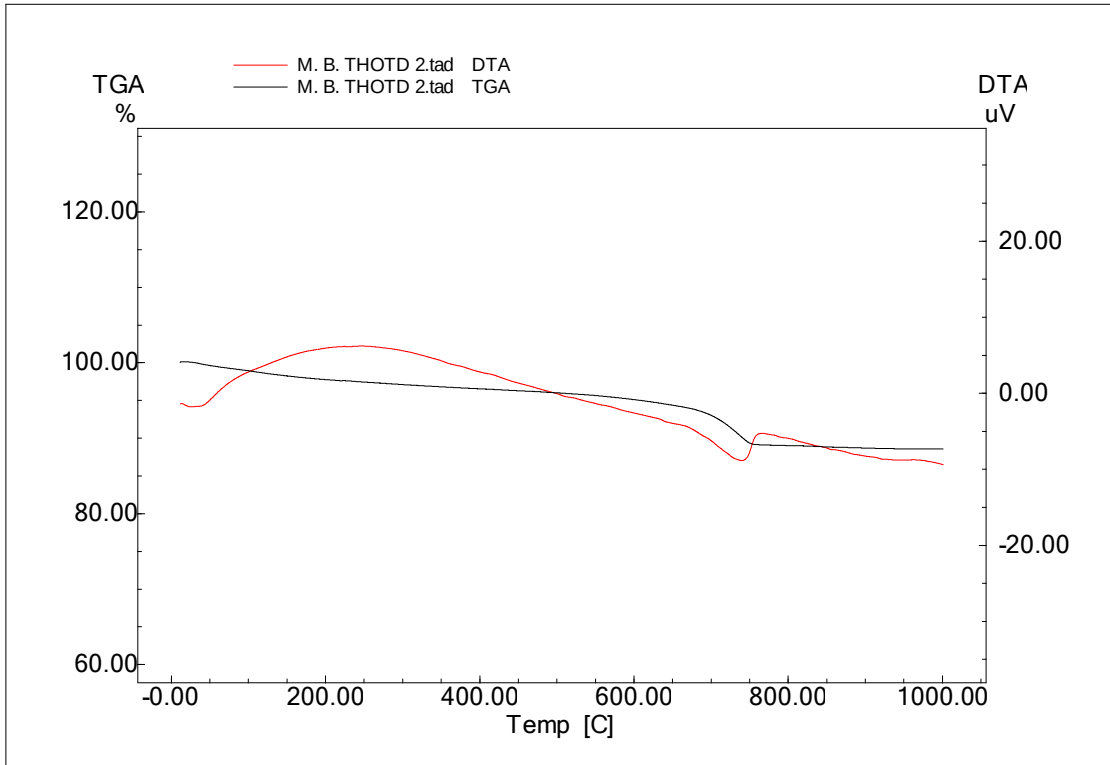
Şekil 4. 84. ET-6 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



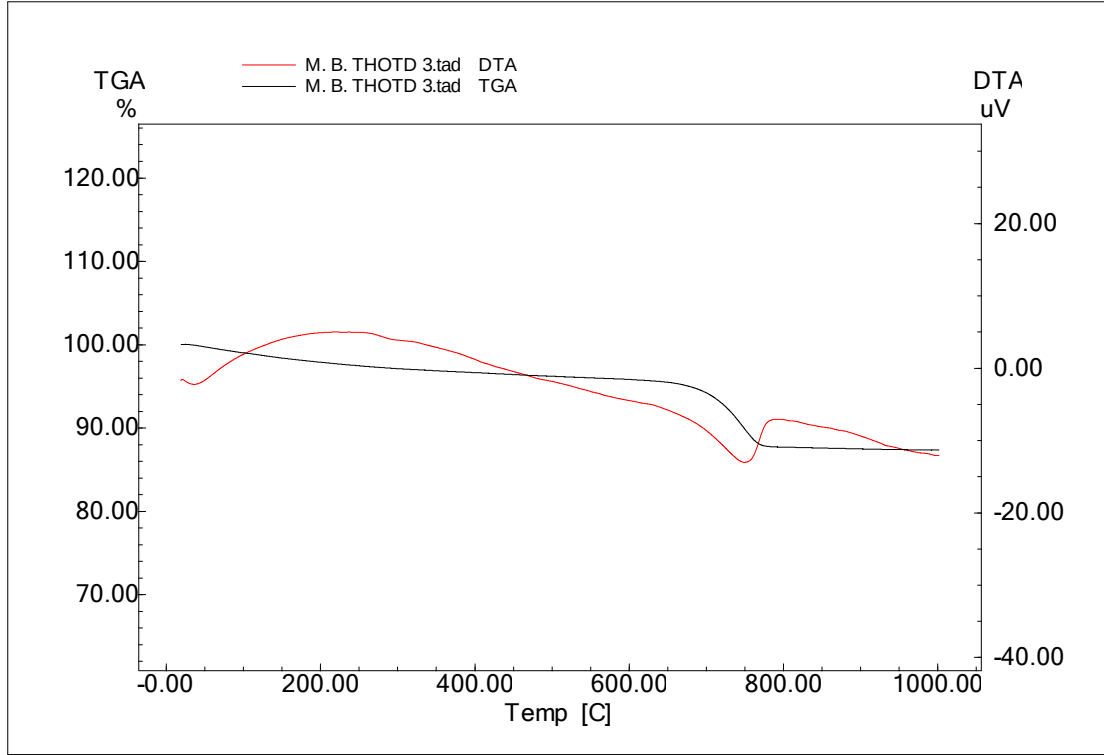
Şekil 4. 85. ET-7 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



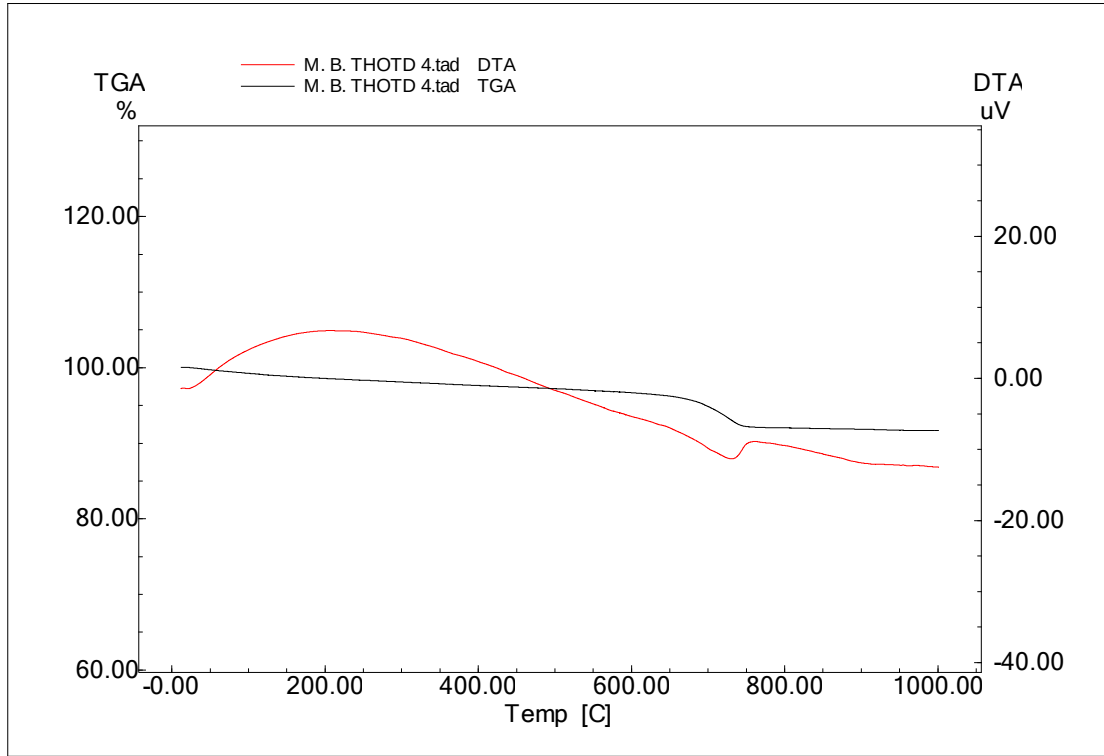
Şekil 4. 86. OT-1 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



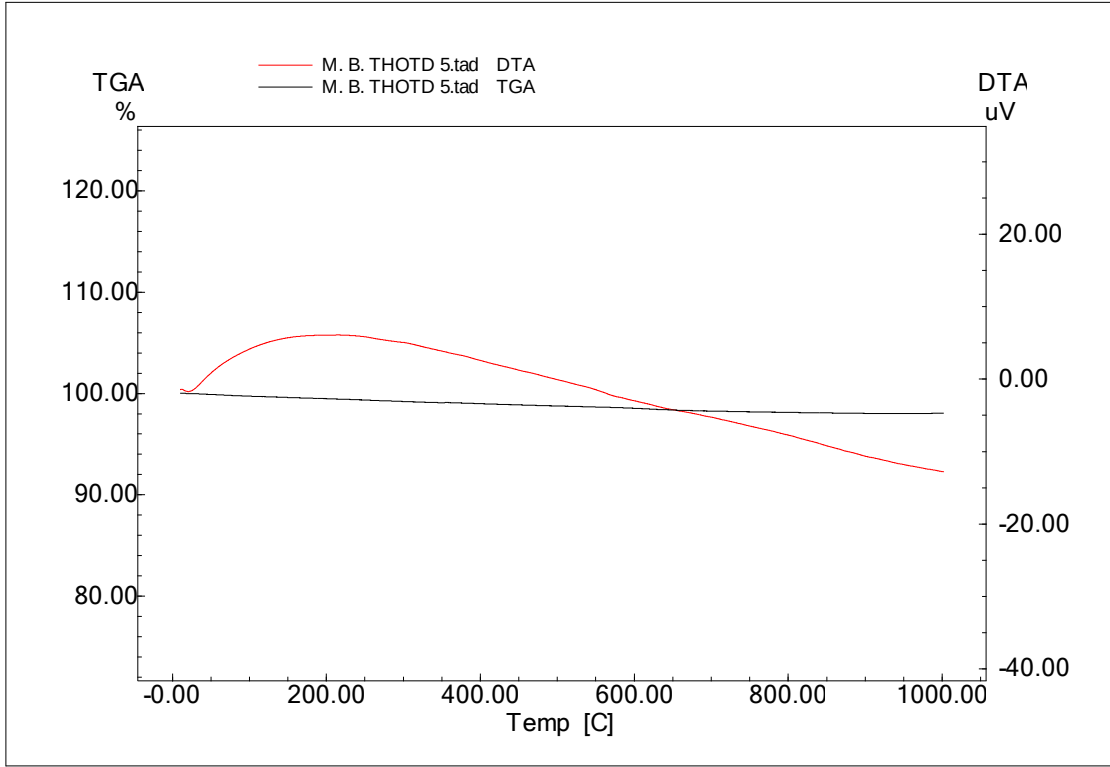
Şekil 4. 87. OT-2 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



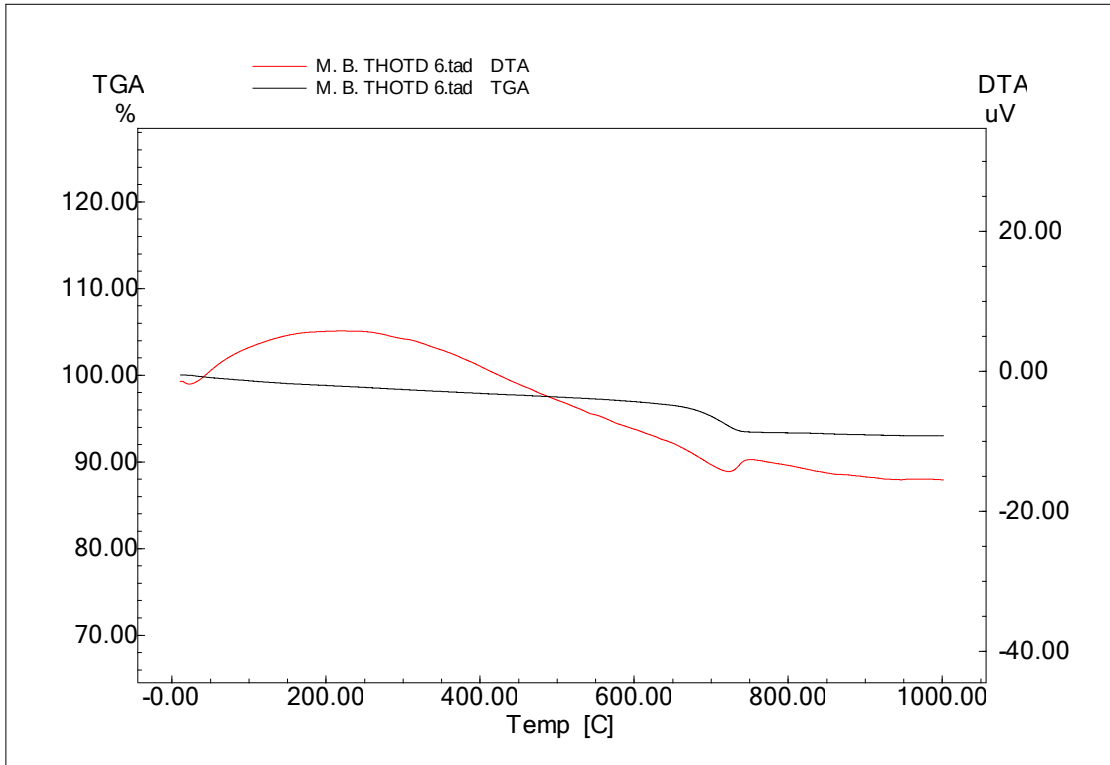
Şekil 4. 88. OT-3 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



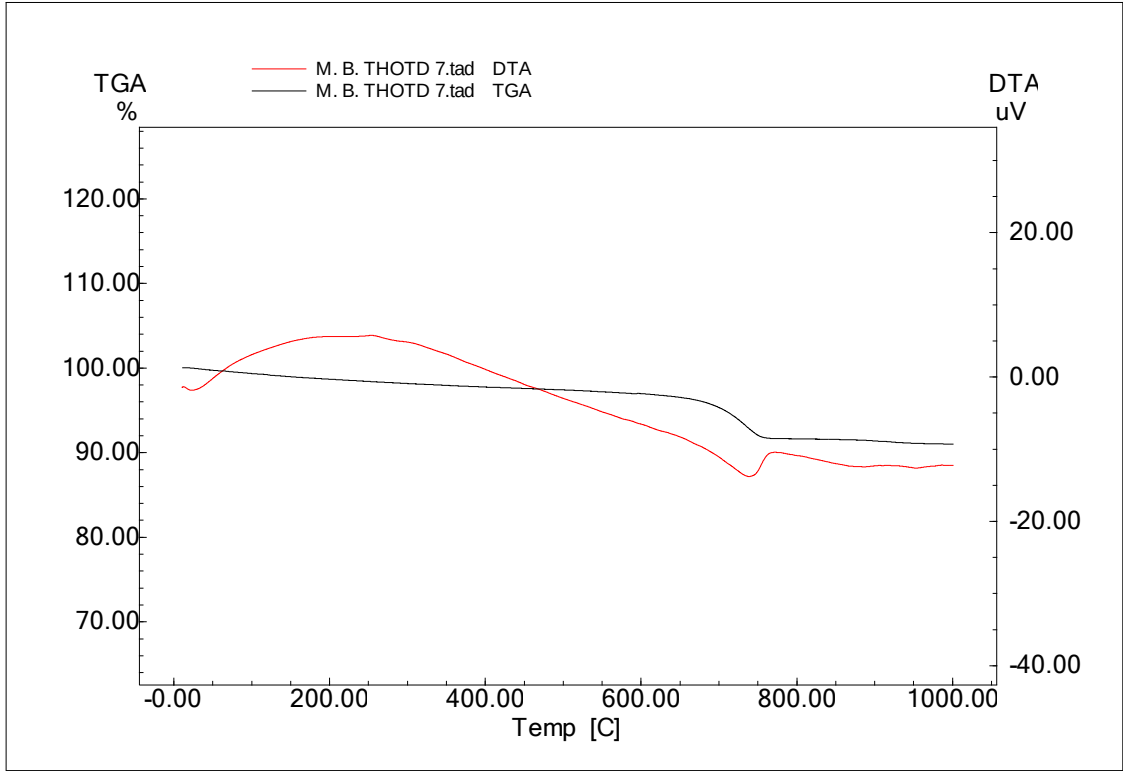
Şekil 4. 89. OT-4 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



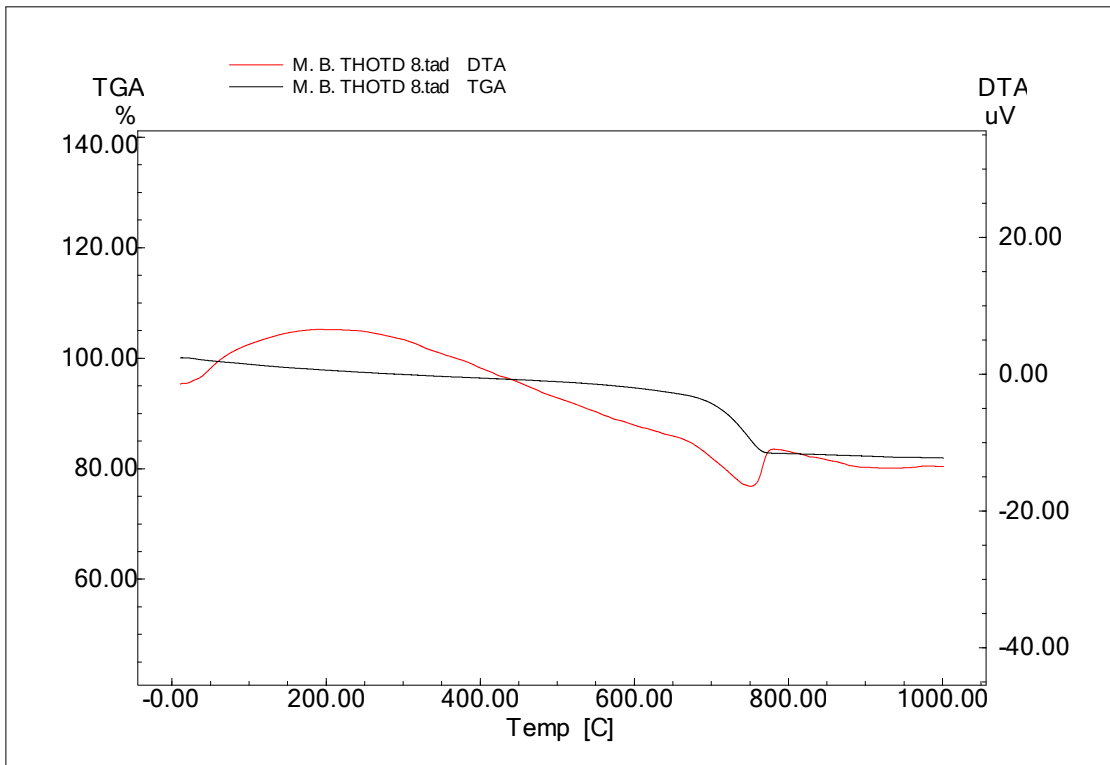
Şekil 4. 90. OT-5 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



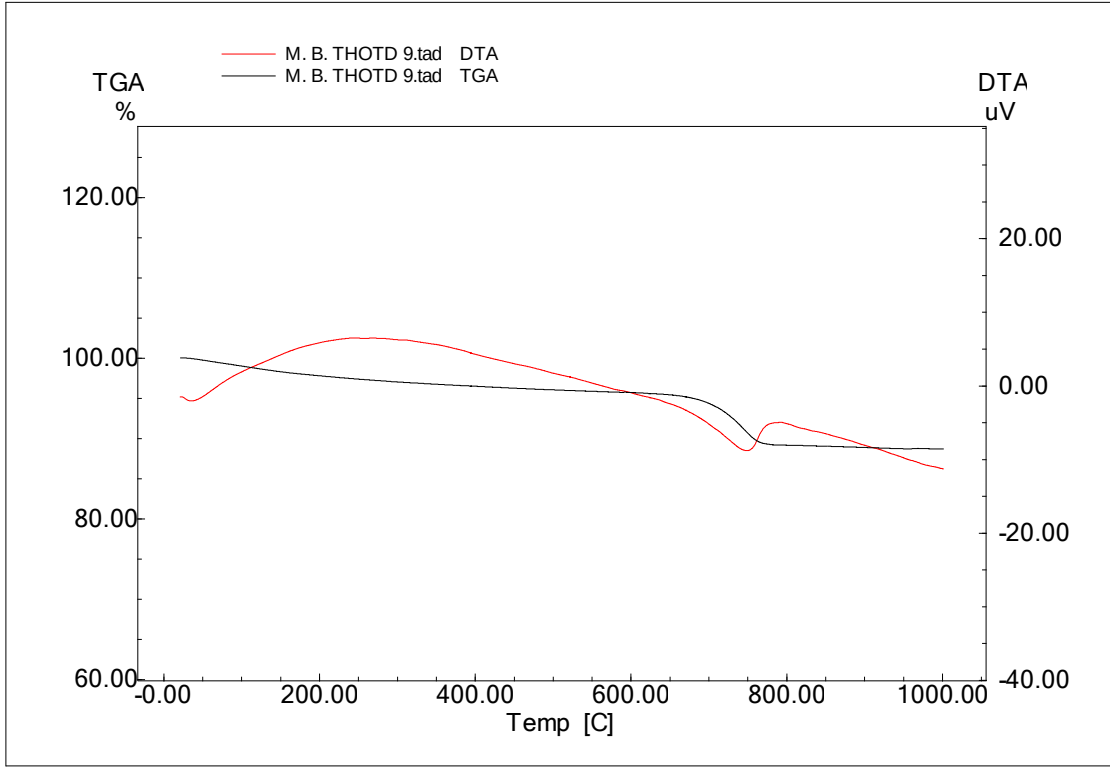
Şekil 4. 91. OT-6 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



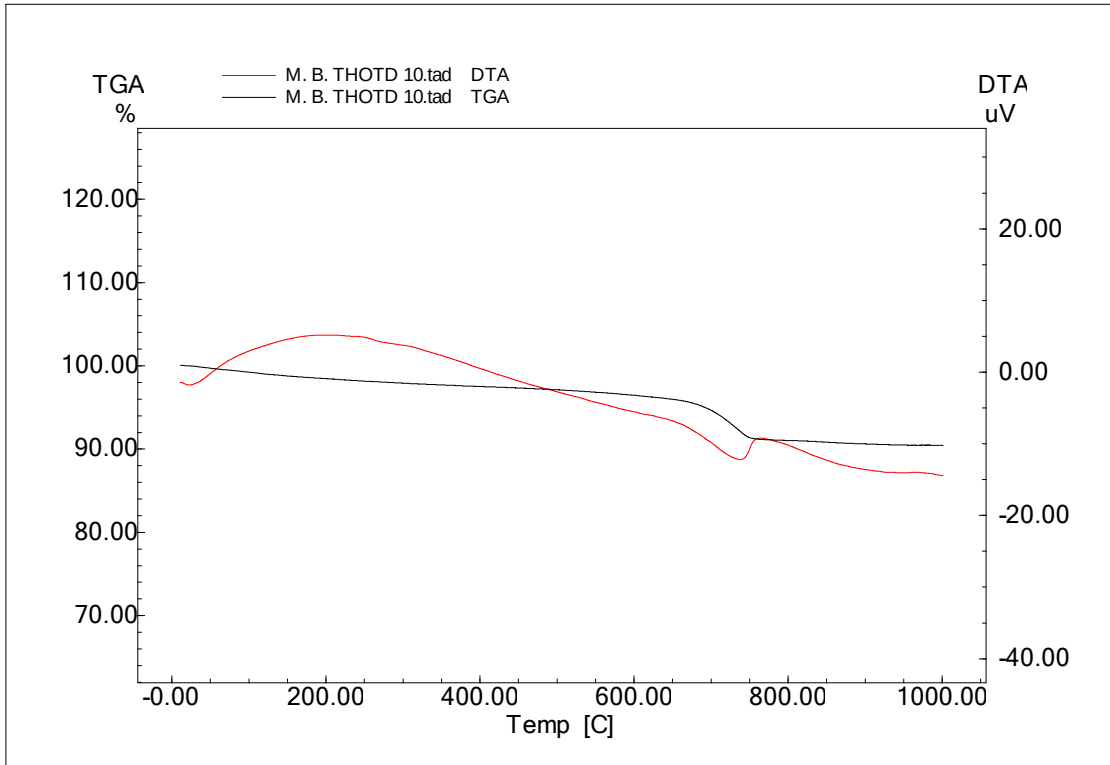
Şekil 4. 92. OT-7 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



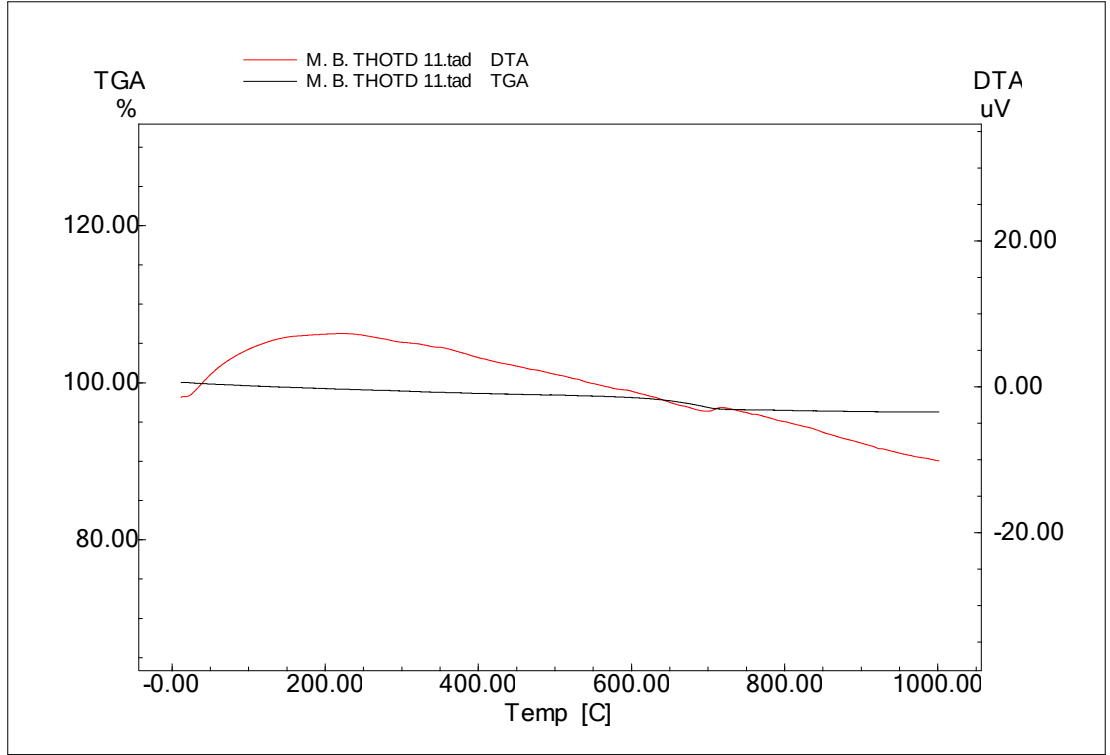
Şekil 4. 93. OT-8 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



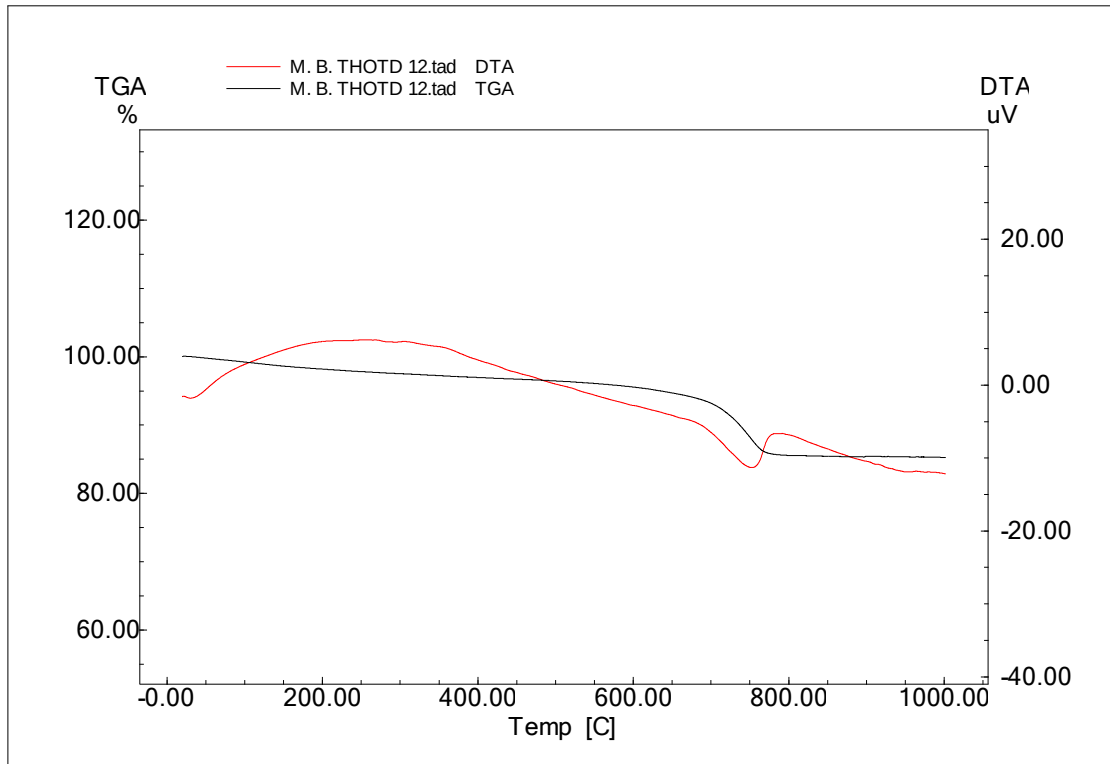
Şekil 4. 94. OT-9 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



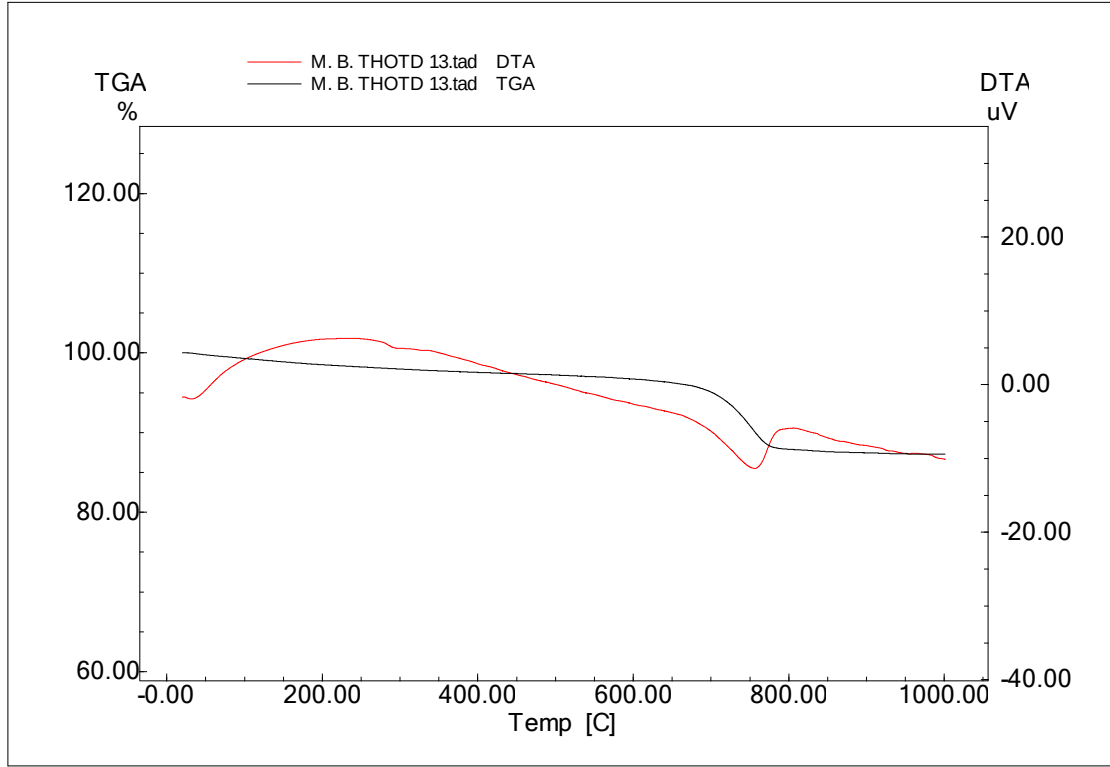
Şekil 4. 95. OT-10 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



Şekil 4. 96. OT-11 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



Şekil 4. 97. OT-12 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.



Şekil 4. 98. OT-13 seramik örneği TG ve DTA eğrileri.

Numunelere ait TG-DTA analiz sonuçları incelendiğinde, kalsit içeriği saptanan örneklerin DTA eğrilerinde 700-800°C aralığında endotermik etkinin meydana geldiği saptanmıştır. Birincil kalsit içeren seramikler için 750-800°C’de gözlemlenen endotermik etki, ikincil kalsit içeren seramikler için genel olarak 750°C’den daha düşük değerlerde saptanmıştır. Yüksek sıcaklık fazlarını (piroksen, gehlenit gibi) belirgin bir biçimde içeren seramiklerde (XRD sonuçları dikkate alındığında) karbonatlı hammaddelerin bozunum sıcaklık aralığı olan 700-800°C’de herhangi bir endotermik etki görünmez iken, bazı numunelerde ise ihmal edilebilir miktarda etkiler saptanmıştır. Bu durum seramiklere ait TG eğrileri ile de doğrulanmıştır. Sıcaklık artışına bağlı olarak belirli sıcaklık aralıklarında meydana gelen ağırlık kayıpları Çizelge 4.29’da verilmiştir (Shoval, 2003; Fabbri ve ark., 2014; Meyvel ve ark., 2012).

Buna göre, yalın basit seramikler (üç ayaklı çömlekler) için ağırlık kaybının 25-200°C’de 1.03-3.41 % ağ., 200-400°C’de 0.81-1.52 % ağ., 400-600°C’de 0.66-1.32 % ağ., 600-850°C’de 4.39-9.56 % ağ., 850-1000°C’de 0.04-0.38 % ağ. olduğu tespit edilmiştir. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli ağzı yivli seramikler için ağırlık kaybının 25-200°C’de 0.49-2.42 % ağ., 200-400°C’de 0.49-1.42 % ağ., 400-600°C’de 0.46-1.77 %

ağ., 600-850°C’de 0.44-12.13 % ağ., 850-1000°C’de 0.04-0.56 % ağ. olduğu tespit edilmiştir.

Yüksek sıcaklık fazlarından olan piroksenin XRD analizinde belirgin biçimde saptandığı OT-5 ve OT-11 kodlu numunelere ait TG sonuçları incelendiğinde, bu seramiklerin 600-850°C’de kaybettikleri ağırlık miktarlarının sırasıyla ağ. % 0.44 ve 1.71 olduğu görülmektedir. OT-5 kodlu numunenin XRD paterninde kalsite ve kil minerallerine rastlanılmaması bu seramiğin 900-950°C gibi bir sıcaklıkta pişirildiğine işaret etmekteydi. Bu numunenin DTA eğrisinde özellikle 900-950°C’den sonra belirgin bir endotermik veya ekzotermik etkinin olmaması ve 850-1000°C arasındaki ağırlık kaybının çok çok düşük olması (0.04 % ağ.) örneğin mineralojik içeriği ve pişirim sıcaklık aralığını teyit edici nitelikte olmuştur. Benzer durum OT-11 kodlu numune için de geçerlidir. Farklı olarak, bu numunede ikincil olduğu düşünülen kalsit varlığı XRD analizinde tespit edilmiştir. Bu duruma paralel olarak da OT-11 kodlu numunenin TG eğrisinde 600-850°C’de gözlemlenen 1.71 % ağ. kaybının ikincil kalsit varlığına işaret ettiği görülmüştür (Shoval, 2003; Fabbri ve ark., 2014; Meyvel ve ark., 2012).

Bazı numunelerin DTA eğrilerinde 200-600°C aralığında gözlemlenen düşük ve/veya orta şiddetli ekzotermik etki organik madde varlığına işaret etmiştir (Moropoulou ve ark., 1995; Velraj ve ark., 2010). Seramiklerde 25-200°C aralığında görülen endotermik etki ise örneklerde (gömü koşullarına, nem miktarına bağlı olarak da oluşabilen) higroskopik su olduğunu göstermiştir (Meyvel ve ark., 2012).

Çizelge 4. 29. Seramiklerde değişen sıcaklık aralıklarındaki ağırlık kayıp değerleri.

Numune	Ağırlık kaybı (ağ. %)				
	25-200 °C	200-400 °C	400-600 °C	600-850 °C	850-1000 °C
ET-1	1.03	0.93	0.97	4.39	0.35
ET-2	1.45	0.94	1.27	6.22	0.17
ET-3	3.41	1.52	1.24	9.56	0.18
ET-4	1.35	0.95	1.32	6.82	0.32
ET-5	2.24	1.22	0.99	9.51	0.16
ET-6	1.44	0.81	0.66	6.36	0.38
ET-7	1.19	0.92	0.93	4.68	0.04
OT-1	2.42	1.39	1.12	7.26	0.22
OT-2	2.31	1.21	1.45	6.26	0.28
OT-3	2.14	1.26	0.81	8.22	0.24
OT-4	1.41	0.94	0.95	4.75	0.27
OT-5	0.49	0.49	0.46	0.44	0.04
OT-6	1.17	0.91	0.93	3.71	0.23
OT-7	1.28	0.94	0.76	5.42	0.56
OT-8	2.15	1.42	1.77	12.13	0.56
OT-9	2.22	1.30	0.77	6.69	0.33
OT-10	1.52	0.94	1.05	5.63	0.37
OT-11	0.71	0.63	0.51	1.71	0.09
OT-12	1.87	1.23	1.39	10.14	0.16
OT-13	1.49	0.97	0.81	9.13	0.31

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Gerçekleştirilen çalışma çerçevesinde Tilbaşar Höyük'te ele geçen yalın basit seramikler (üç ayaklı çömlekler; numune kodu: ET; 7 adet) ve Orta Tunç Çağı tarak bezemeli - ağzı yivli seramiklerin (numune kodu OT; 13 adet) arkeometrik karakterizasyonu yapılmıştır. Bu amaçla, karakterizasyon sürecinde XRD (X-Ray Difraksiyon), İnce Kesit (optik mikroskop), SEM/EDX (Taramalı Elektron Mikroskobu/Enerji Saçınımlı X-ışını spektroskopisi), FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) ve TG-DTA (Termogravimetri-Diferansiyel Termal Analiz) yöntemleri kullanılmıştır. Mineralojik içeriğin belirlendiği XRD analizine ait sonuçlar her iki örnek grubunun da kalkerli kil içeren hammadde kaynaklarından üretildiklerine işaret etmektedir. Gaziantep yakın civarında karbonatlı hammaddelerin (kireçtaşı, kalsit, mermer vb.) yoğun bir şekilde bulunması bu seramiklerin yerel hammadde ile üretilmiş olabileceğine işaret etmiştir (web kaynak 4-10). Dolayısıyla, incelenen seramiklerin yerel üretim olma olasılığının yüksek olduğu görülmüştür. Pişirim şartları açısından bakıldığında (tüm seramikler için); yüksek sıcaklık fazlarının saptanmadığı örneklerin pişirim sıcaklığının 700-800°C aralığında, yüksek sıcaklık fazlarının düşük şiddette görüldüğü ve birincil kalsitin kısmen de olsa yer aldığı örneklerin 800-900°C aralığında ve son olarak yüksek sıcaklık fazlarının (piroksen, gehlenit, anortit vb.) baskın şekilde yer aldığı ve kalsitin ikincil olarak yer aldığı (düşük şiddette) örneklerin 900-950°C aralığında pişirildikleri öngörülmüştür. Çoğu örnekte yer alan hematit bu seramiklerin yükseltgen ortamda pişirildiklerine veya pişirim prosesinin son aşamasında ortamda oksijen olduğuna işaret etmiştir.

Petrografik olarak bakıldığında, yalın basit seramik buluntuların (üç ayaklı çömleklerin) üç gruba ayrıldığı, örneklerin genel olarak ince ve/veya orta boyutlu agregalar içerdiği ve minerallerin bazalt kayaç kökenliği olduğu görülmüştür. Çört ve bazalt bu numunelerde kayaç türü olarak saptanmıştır. Orta Tunç Çağı tarak bezemeli ağzı yivli seramik buluntulara ait petrografi analiz sonuçları ele alındığında bu seramiklerin altı gruba ayrıldığı, örneklerin ince, iri ve/veya orta boyutlu agregalar içerdiği ve minerallerin silt taşı, kum taşı, marn, bazalt kayaç kökenliği olduğu görülmüştür. Bazı seramiklerde (yapısal boşluklarda) tekrar kristalleşmiş kalsit olduğu saptanmıştır. Bu kalsitin ikincil olduğu ve gömü şartlarına bağlı olarak ortaya çıktığı öngörülmektedir. Bazı seramiklerde tespit edilen grog kalıntılarının seramik hammaddesi içerisine bir temper malzeme olarak ilave edildiği düşünülmektedir.

Seramiğin dayanımını ve sağlamlığını arttırmak, çamurun çalışılabilirliğini kontrol etmek için temper ilavelerinin kullanıldığı öngörülmektedir.

Seramik hammaddelerinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer teknik olan FTIR analizinde elde edilen spektrumların XRD analiz sonuçları ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin; XRD analizinde tespit edilen kalsit FTIR analizinde de belirgin bir biçimde tespit edilmiştir. FTIR analizinde ayrıca kalsitin birincil veya ikincil olup olmadığı hakkında da bilgiler elde edilmiştir. 712 cm^{-1} , 873 cm^{-1} ve $1415\text{-}1420\text{ cm}^{-1}$ bant değerlerinde (veya yakın değerlerde) gözlemlenen kalsitin birincil olduğu görülürken, 1451.01 cm^{-1} (ET-1) ve 1447.03 cm^{-1} (OT-11) bant değerlerinin ikincil kalsite işaret ettiği tespit edilmiştir. Kalsit dışında ayrıca kuvars, kil mineralleri, feldspat/plajiyoklaz ve yüksek sıcaklık mineralleri de FTIR tekniği ile belirli bant değerlerinde belirlenmiştir.

Seramik buluntuların mineral içeriğinin belirlenmesinin ardından SEM-EDX analizi ile kimyasal kompozisyonları da belirlenmiştir. Bu amaçla seramiklerin SEM görüntüsünde genel bir EDX spektrumu alınmıştır. $100\text{ }\mu\text{m}$ ölçekli SEM görüntülerinde alınan EDX spektrumları CaO miktarının yüksek olduğunu göstermiştir. Bu durum seramik örneklerin üretiminde kalkerli kil kullanıldığına işaret etmektedir. Seramiklerde doğal renk verici oksit olarak demir saptanmıştır. Demir dışında renk verici bir oksit/pigmente rastlanılmaması seramiklerdeki renk oluşumunun büyük oranda pişirim atmosferine bağlı olarak belirginleştiğini akla getirmektedir. EDX spektrumlarında görülen alkali-toprak alkali oksitler, SiO_2 ve Al_2O_3 içerikleri seramiklerin mineral içeriklerini teyit edici nitelikte olmuştur. SEM görüntülerinde örneklerin vitrifikasyon derecelerini görmek amacıyla $2\text{-}10\text{ }\mu\text{m}$ ölçekte ayrı bir çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar buluntuların çoğunda zayıf vitrifikasyon olduğunu ortaya koymuştur. Vitrifikasyon derecesinin diğerlerine göre daha belirgin veya ileri seviyede olduğu bazı örneklerde ise camlaşmanın yalnızca bölgesel olarak bünyede oluştuğunu göstermiştir. Bu durum seramiklerin 1000°C gibi yüksek sıcaklıklara maruz kalmadıklarını akla getirmektedir. Buna benzer olarak, kil yapısının korunduğu örneklerde bu tip numunelerin pişirim sıcaklığının kilin bozunma sıcaklığı olan 900°C 'yi geçmediği tespit edilmiştir.

Son olarak çalışmada kullanılan TG-DTA analiz sonuçları incelendiğinde; XRD paterninde kalsit içeriği saptanan örneklerin DTA eğrilerinde $700\text{-}800^\circ\text{C}$ aralığında endotermik etki gösterdiği saptanmıştır. FTIR analizinde tespiti yapılan ikincil kalsit

TG-DTA analizi ile belirlenmiştir (750-800°C’de gözlemlenen endotermik etki: birincil kalsit, 750°C’deki endotermik etki: ikincil kalsit). Yüksek sıcaklık fazlarını içeren seramikler için yapılan TG-DTA analizinde karbonatlı hammaddelerin bozunum sıcaklık aralığı olan 700-800°C’de herhangi bir endotermik etki görünmez iken, bazı numunelerde ise ihmal edilebilir miktarda etkiler saptanmıştır. Oda sıcaklığından 1000°C’ye ısıtılan örneklerde meydana gelen reaksiyonlara bağlı olarak oluşan ağırlık kayıplarına bakıldığında bu değerlerin diğer analiz sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Örneğin; piroksenin XRD analizinde belirgin biçimde saptandığı OT-5 ve OT-11 kodlu numunelere ait TG sonuçları incelendiğinde, bu seramiklerin 600-850°C’de kaybettikleri ağırlık miktarlarının sırasıyla 0.44 ve 1.71 % ağırlık olduğu görülmüştür. Bu durum kalsitin bozunduğunu ve yeni fazların oluştuğuna işaret etmiştir. Bazı numunelerin DTA eğrilerinde 200-600°C aralığında gözlemlenen düşük ve/veya orta şiddetli ekzotermik etki organik madde varlığına işaret ederken, 25-200°C aralığında görülen endotermik etki örneklerde higroskopik su olduğunu göstermiştir. Son olarak, örneklerin DTA eğrilerinde özellikle 900-950°C’den sonra belirgin bir endotermik veya ekzotermik etkinin olmaması maksimum pişirim sıcaklığının bu değerlerin üstüne çıkmadığına işaret etmiştir.

Yapılan bu çalışma son yıllarda tüm dünyada rağbet görmeye başlayan, fakat sayıca sınırlı kalan arkeometrik çalışmalara literatür anlamında katkı sağlamıştır. Tilbaşar Höyük’te ele geçen ve farklı seramikler üzerinde yapılan sayıca az fakat kapsamlı diğer arkeometrik incelemelere ek olarak, bu tez konusunda elde edilen sonuçların da bölgedeki seramiklerin üretim teknolojilerinin belirlenmesine önemli bir katkı sağladığı öngörülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akyüz, S., Akyüz, T., Başaran, S., Bolcal, Ç. ve Güleç, A., 2008, Analysis of Ancient Potteries Using FT-IR, micro-Raman and EDXRF Spectrometry, *Vibrational Spectroscopy* 48, 276-280.
- Arçasoy, A., 1983, Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları:2, 1-2.
- Barone, G., Crupi, V., Longo, F., Majolino, D., Mazzoleni, P., Tanasi, D., Venuti, V., 2011, FT-IR spectroscopic analysis to study the firing processes of prehistoric ceramics, *Journal of Molecular Structure*, 993, 147-150.
- Bayazit, M., Isik, I., Issi, A., Genc, E., 2014, Spectroscopic and thermal techniques for the characterization of the first millennium AD potteries from Kuriki-Turkey, *Ceramics International*, 14769-14779.
- Bong, W.S.K., Matsumura, K., Nakai, I., 2008. Firing technologies and raw materials of typical early and middle Bronze Age pottery from Kaman-Kalehöyük: a statistical and chemical analysis. *Anatol. Archaeol. Stud.* 17, 295–311.
- Böttcher, M.E., Gehlken, P.L., Steele, D.F., 1997, Characterization of inorganic and biogenic magnesian calcites by Fourier Transform infrared spectroscopy, *Solid State Ionics*, 101-103, 1379-1385.
- Broekmans, T., Adriaens, A., Pantos, E., 2004, Analytical investigations of cooking pottery from Tell Beydar (ne-Syria), *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B*, 226, 92-97.
- Cultrone G., Rodriguez-Navarro C., Sebastian E., Cazalla O., De La Torre M.J., 2001, Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing, *Eur. J. Miner.* (13), 621–634.
- De Benedetto, G.E, Laviano, R., Sabbatini, L. and Zambonin, P.G., 2002, Infrared spectroscopy in the mineralogical characterization of ancient pottery, *Journal of Cultural Heritage* (3), 177-186.
- Deveci, K., 2012, Günümüzde Ankara’da Yapılan Seramik Duvar Panolarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Seramik Eğitim Bölümü.

- Edreira, M.C., Feliu, M.J., Fernández-Lorenzo, C., Martin, J., 2001, Roman wall paintings characterization from Cripta del Museo and Alcazaba in Mérida (Spain): chromatic, energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopic, X-ray diffraction and Fourier transform infrared spectroscopic analysis, *Analytica Chimica Acta* (434), 331–345.
- Emami, S.M.A., Kowald, T., Trettin, R., 2009, Mineralogical and chemical investigation on the recrystallization process during sintering in phase-interface areas in ancient ceramic matrices, *Materials and Manufacturing Processes*, 24, 934–941.
- Esin, U., 1985, Arkeolojide Kullanılan Arkeometrik Araştırmalara Genel Bir Bakış, T.C. Kültür ve Turizm Bakanı Eski Eserler ve Müzeler Genel Müdürlüğü, I. arkeometri sonuçları toplantısı, Ankara, 20-24 Mayıs, 1-6.
- Fabbri, B., Gualtieri, S., Shoval, S., 2014., The presence of calcite in archeological ceramics, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 34, 1899-1911.
- Genç, E., Yıldız Köse, B. 2019, Doğanpınar Barajı Tilbaşar Höyük 2017 Yılı Kazısı, 40. Kazı Sonuçları Toplantısı 1. Cilt (7-11 Mayıs 2018, Çanakkale), Ankara, 565-580.
- Hajjaji, M., Kacim, S., Boulmane, M., 2002. Mineralogy and firing characteristics of a clay from the valley of Ourika (Morocco). *Appl. Clay Sci.* 21, 203–212.
- Hamadi, A. and Nabih, K., 2012, Alkali Activation of Oil Shale Ash Based Ceramics, *E-Journal of Chemistry*, 9 (3), 1373-1388.
- Issi, A., 2012, Estimation of ancient firing technique by the characterization of semi-fused Hellenistic potsherds from Harabebezikan/Turkey, *Ceramics International*, Vol.38, Issue 3, 2375-2380.

- Kepinski, C., Bulgan, F., 2007, Research at Tilbeshar in 2005 City from the Early and Middle Bronze Ages, 28. Kazı Sonuçları Toplantısı (29 Mayıs-2 Haziran 2006 Çanakkale), 2. Cilt., Ankara, 733-742.
- Kılıç G.B., Karahan, A.G., 2010, Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy and its usage in identification of lactic acid bacteria, *Gıda*, 35 (6), 445-452.
- Krapukaitytė, A., Tautkus, S., Kareiva, A., Zalieckienė, E., 2008, Thermal analysis-a powerful tool for the characterization of pottery, *Chemija*, 19 : 4-8.
- Kurap, G., Akyuz, S., Akyuz, T., Basaran, S., Cakan, B., 2010, FT-IR spectroscopic study of terra-cotta sarcophagi recently excavated in Ainos (Enez) Turkey, *Journal of Molecular Structure*, 976, 161-167.
- Makreski, P., Jovanovski, G., Gajović, A., Biljan, T., Angelovski, D., Jaćimović, R., 2006, Minerals from Macedonia. XVI. Vibrational spectra of some common appearing pyroxenes and pyroxenoids, *Journal of Molecular Structure*, 788, 102-114.
- Maravelaki-Kalaitzaki, P., Kallithrakas-Kontos, N., 2003, Pigment and terra cotta analyses of Hellenistic figurines in Crete, *Anal. Chim. Acta*, 497, 209-225.
- Maritan, L., Nodari, L., Mazzoli, C., Milano, A., Russo, U., 2006, Influence of firing conditions on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter, *Applied Clay Science*, 31, 1-15.
- Mazzocchin, G.A., Agnoli, F., Colpo, I., 2003, Investigation of roman age pigments found on pottery fragments, *Anal. Chim. Acta*, 478, 147-161.
- Meyvel, S., Sathya, P., Velraj, G., 2012, Thermal characterization of archaeological pot sherds recently excavated in Nedunkur, Tamilnadu, India, *Cerâmica*, 58, 338-341.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K., 1995, Thermal analysis as a method of characterizing ancient ceramic technologies, *Thermochimica Acta*, 2570, 743-753.

- Murad, E., Wagner, U., 1996, The thermal behaviour of an Fe-Rich illite, *Clay Minerals*, 31, 45-52.
- Demirci, Ş., Öz, S., 2017, Arkeokimyaya Genel Bakış, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Rasmussen, K.L., De La Fuente G.A., Bond, A.D., 2012, Karsten Korsholm Mathiesen, Sergio D. Vera, Pottery firing temperatures: a new method for determining the firing temperature of ceramics and burnt clay, *Journal of Archaeological Science*, 39, 1705-1716.
- Rice, P.M., 1987. Pottery analysis: A sourcebook, University of Chicago Press, Chicago.
- Shoval, S., 2003, Using FT-IR spectroscopy for study of calcareous ancient ceramics, *Optical Materials*, 24, 117-122.
- Shoval, S., Gaft, M., Beck, P., Kirsh, Y., 1993, The thermal behavior of limestone and monocrystalline calcite tempers during firing and their use in ancient vessels, *J. Therm. Anal.*, 40, 263-73.
- Velraj, G., Sudha, R., Hemamalini, R., 2010, X-Ray diffraction and TG-DTA studies of archaeological artifacts recently excavated in Salamankuppam Tamilnadu, *Recent Research in Science and Technology*, 2, 89-93.
- Yılmaz, B. ve Işık, İ., 2012, Geçmişten Geleceğe, Sürdürebilir Bir Yapı ve Dekorasyon Malzemesi Olarak Çini, *Türkiye Seramik Federasyonu Dergisi, Mimari* (40)

İnternet Kaynakları

Web kaynak-1: www.designophy.com (Erişim Tarihi: 02.05.2019)

Web kaynak-2:

http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/70511/47190/seramik_hammaddeleri.pdf
(Erişim Tarihi: 05.05.2019)

Web kaynak-3: <http://www.tilbasarhoyuk.com> (Erişim tarihi: 19.04.2018)

Web kaynak 4-10: (Erişim tarihi: 16.04.2018);

4) <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/gaziantep.pdf>

5) <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/kilis.pdf>

- 6) <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/adiyaman.pdf>
- 7) <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/osmaniye.pdf>
- 8) <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/Antakya.pdf>
- 9) <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/kahramanmaras.pdf>
- 10) <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/sanliurfa.pdf>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Didem ÇAĞİNE
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Kozluk/15.04.1986
Telefon :
Faks :
e-mail : didem.cagine@hotmail.com

EĞİTİM Derece	Adı İlçe İl	Bitirme Yılı
Lise :	Batman Merkez BATMAN	2003
Üniversite :	Batman Merkez BATMAN (Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım)	2014
Yüksek Lisans :	Batman Merkez BATMAN (Arkeometri)	2019

İŞ DENEYİMLERİ Yıl	Kurum	Görevi
2013	Antalya Patara Kazısı	Restoratör

UZMANLIK ALANI

--Arkeometri, Seramik

YABANCI DİLLER

--İngilizce

EKLER

EK-1

ColorQA Pro System III programı kullanılarak Commission Internationale de L'Eclairage renk sisteminde belirlenen L, a, b değerleri.

Örnek Kodu	¹ L	² a	³ b
ET-1	37,6870	11,7668	18,7447
ET-2	32,7626	5,9546	17,3295
ET-3	31,4198	13,8261	20,7365
ET-4	36,9957	4,2223	14,4845
ET-5	21,9986	9,3987	14,2212
ET-6	16,3986	4,5546	8,3151
ET-7	26,2947	18,5604	23,4525

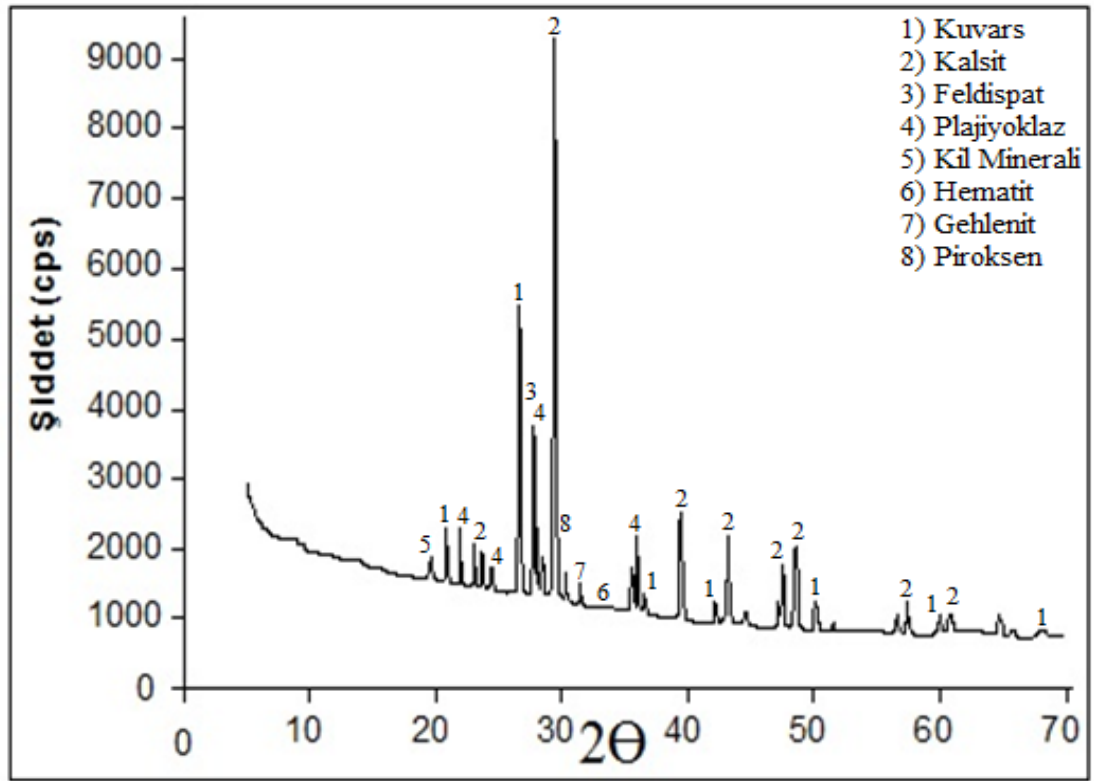
¹Beyaz/siyah (L: 0/100), ²yeşil (a: 0/-60), ²kırmızı (a: 0/+60), ³mavi (b: 0/-60), ³sarı (b: 0/+60).

Örnek Kodu	L	a	b
OT-1	19,0346	10,4968	13,5516
OT-2	41,1821	8,9039	21,0417
OT-3	28,7023	7,3822	14,9293
OT-4	25,5271	7,1683	15,0532
OT-5	31,2105	2,8252	20,6768
OT-6	23,4887	4,5913	12,8162
OT-7	21,2115	6,5486	12,3776
OT-8	25,0912	13,5299	19,1855
OT-9	16,1648	7,0465	12,9318
OT-10	29,6516	9,0495	19,4347
OT-11	43,9358	3,6406	15,1359
OT-12	27,5277	11,0988	18,5416
OT-13	31,7052	11,7483	20,4250

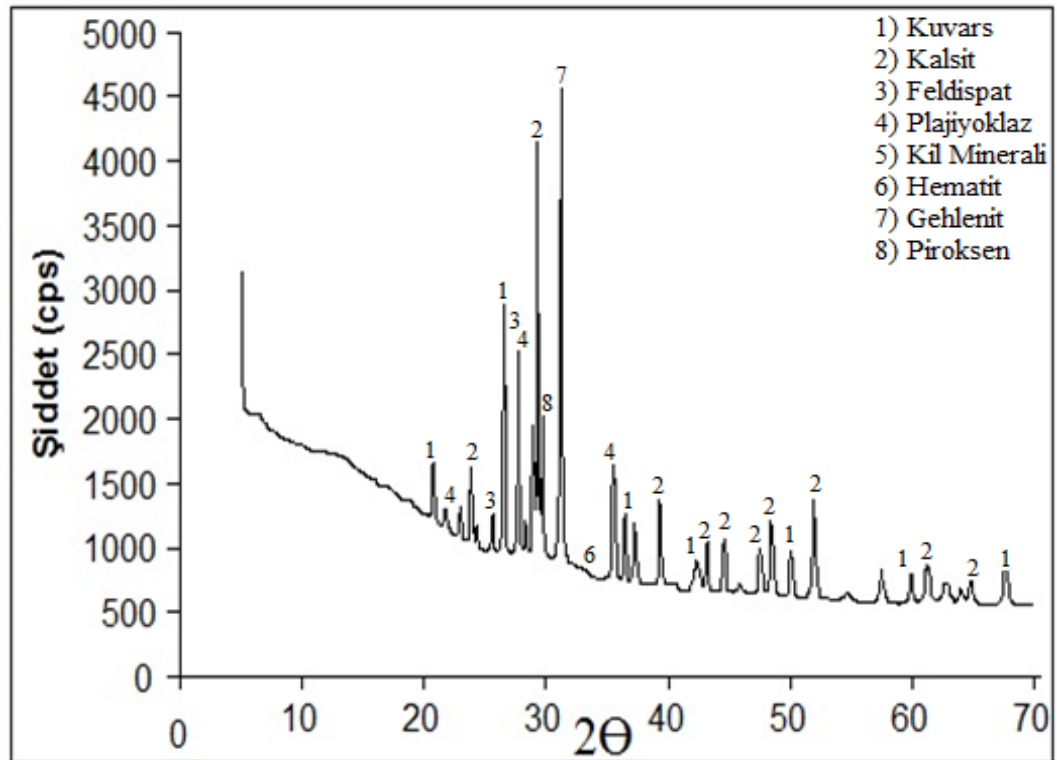
¹Beyaz/siyah (L: 0/100), ²yeşil (a: 0/-60), ²kırmızı (a: 0/+60), ³mavi (b: 0/-60), ³sarı (b: 0/+60).

EK-2

Seramiklerin XRD paternleri (Bölüm 4.1’de verilenler hariç).

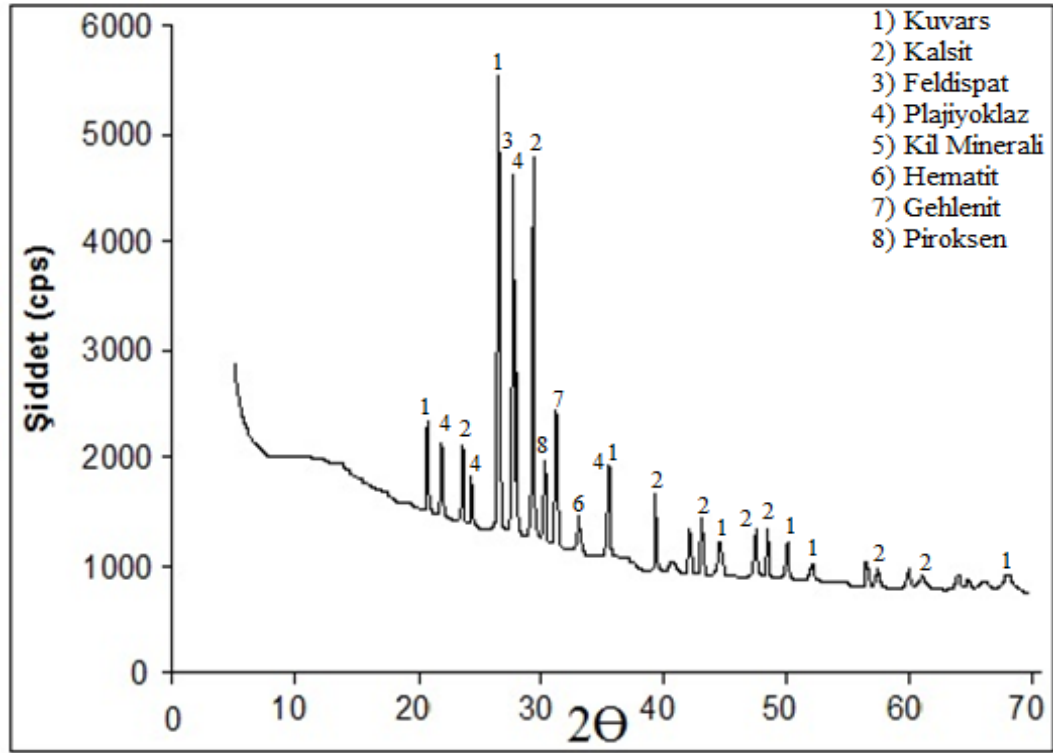


ET-3 XRD paterni

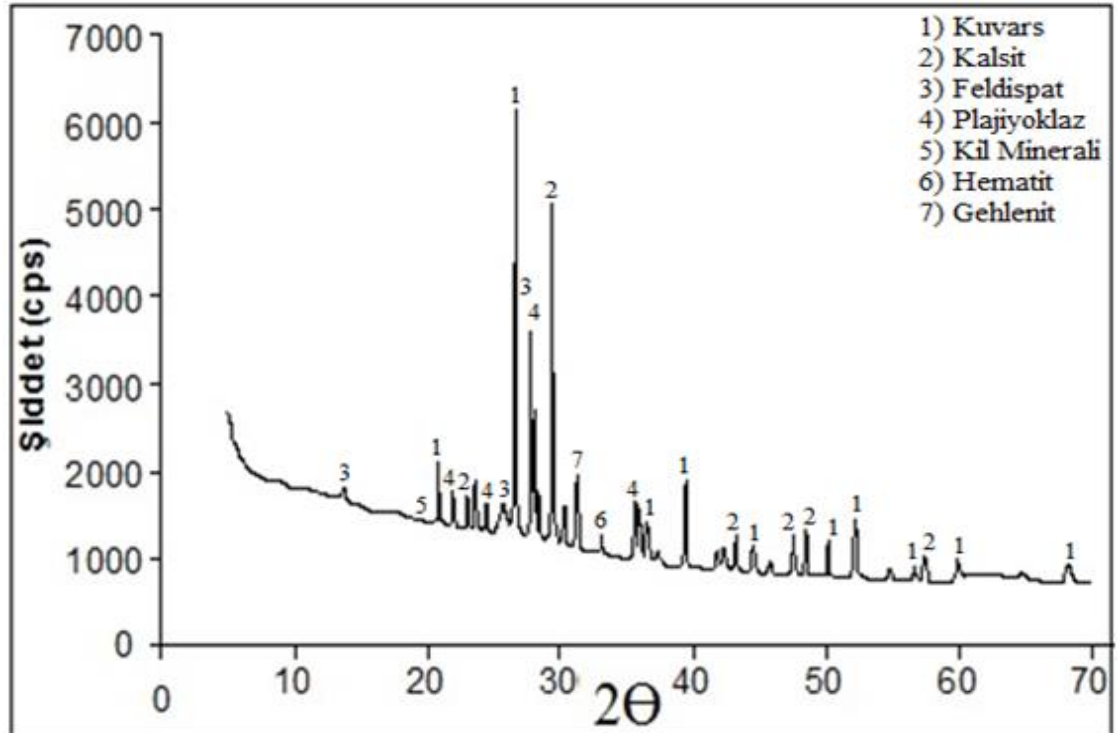


ET-4 XRD paterni

EK-2 (devamı)

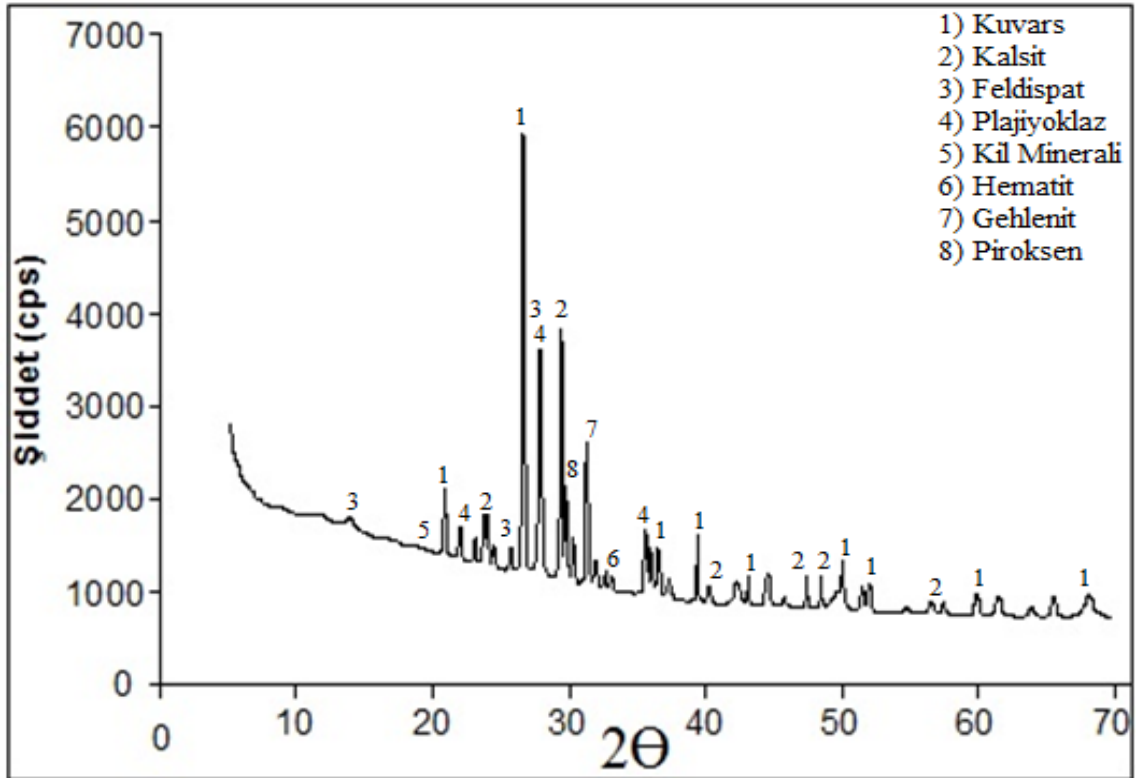


ET-7 XRD paterni

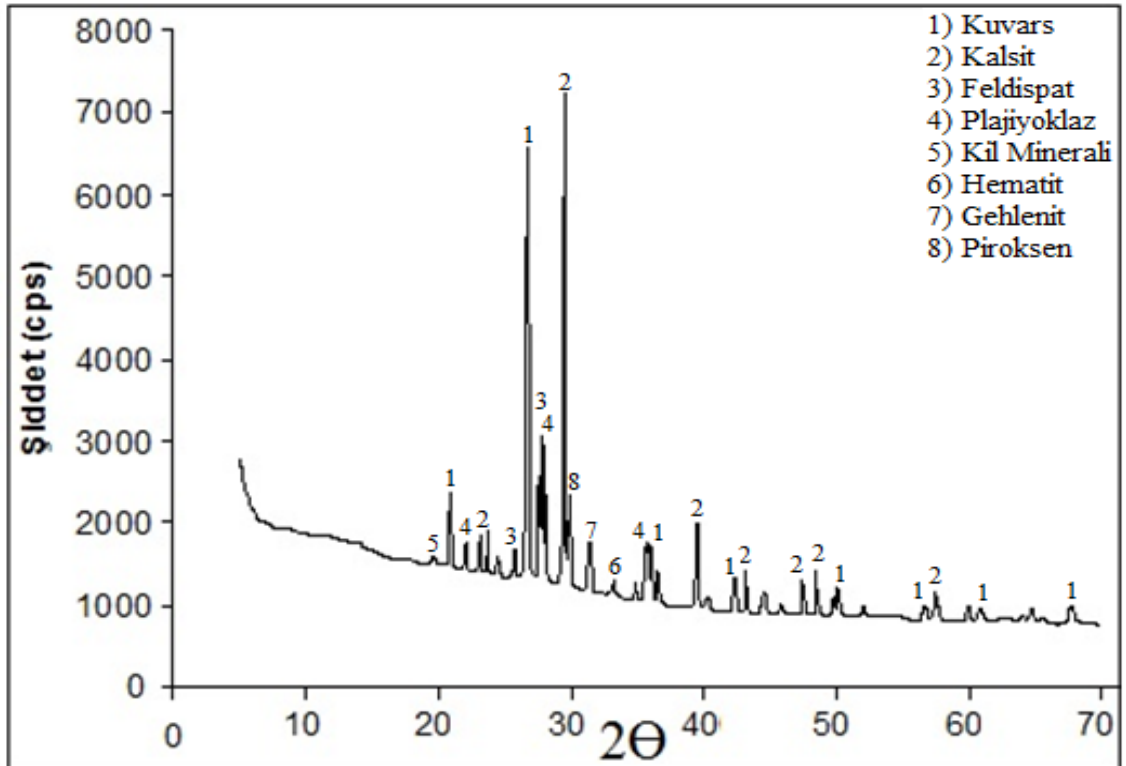


OT-4 XRD paterni

EK-2 (devamı)



OT-6 XRD paterni



OT-7 XRD paterni

EK-2 (devamı)

