

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TRİPOLİS ANTİK KENTİ'NDE BULUNAN AMPHORALARIN
MİNERALOJİK VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜRCAN ELÇİ

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**TRİPOLİS ANTİK KENTİ'NDE BULUNAN AMPHORALARIN
MİNERALOJİK VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜRCAN ELÇİ

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinatörlüğü tarafından 2021FEBE006 nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

GÜRCAN ELÇİ

ÖZET

**TRİPOLİS ANTİK KENTİ'NDE BULUNAN AMPHORALARIN
MİNERALOJİK VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GÜRCAN ELÇİ
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. BARIŞ SEMİZ)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022

Bu tez çalışması ile Tripolis (Denizli) antik kentinde ele geçen amforaların arkeometrik analiz yöntemleri ile incelenerek pişirim sıcaklıklarının belirlenmesi ve örneklerin yerel üretim olup olmadıklarının ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda 37 adet örnek üzerinde renk tayini, optik mikroskop, X-ışını Floresan ve seçilmiş örnekler üzerinde de X-ışını Kırınımı, Taramalı Elektron Mikroskobu-Enerji Ayırımı X-ışını Spektroskopi, Diferansiyel Taramalı Kalorimetre–Termogravimetrik ve Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi analizleri yapılmıştır. Elde edilen renk ölçümleri ve kimyasal analiz sonuçları istatistiksel yöntemlerle de değerlendirilmiştir. Petrografik analizle amfora örneklerinde yoğun olarak mika, kuvars, feldispat ve kalsit mineralleri içerdiği ve yoğunluklarına göre 4 ana petrografik gruba ayrılacağı anlaşılmıştır. Mineralojik analizlerle amfora örneklerinin pişme sıcaklıklarının petrografik grup 1 ve 3’de 800-850°C’de, petrografik grup 2 ve 4’de ise 800°C’nin altında pişirilerek üretilmiş oldukları belirlenmiştir. Kimyasal analizlerin sonucunda ise amfora örneklerinin 2 ana kimyasal gruba ayrılacağı anlaşılmıştır. Örneklerin kimyasal ve mineralojik bileşimlerinin oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Tüm analizlerin değerlendirilmesi ile kimyasal grup 1 örneklerinin Menderes Vadisi olarak tanımlanan bölgedeki kil kaynağından, kimyasal grup 2 örneklerinin ise Lykos Vadisi olarak tanımlanan bölgeden olmak üzere iki farklı kil yatağına ait olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, arkeolojik yönden farklı tipolojideki örneklerin farklı kil yataklarından alınan killerle üretilmiş olabileceği de bu tezle elde edilen verilerle ortaya koyulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Tripolis, Amfora, Mineraloji-Petrografi, Jeoarkeoloji, Arkeometri.

ABSTRACT

DETERMINATION OF MINERALOGICAL AND PETROGRAPHICAL PROPERTIES OF THE AMPHORA'S IN THE TRIPOLIS ANTIQUE CITY

MASTER THESIS

GÜRCAN ELÇİ

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. BARIŞ SEMİZ)

DENİZLİ, AUGUST 2022

In this thesis, it is aimed to determine the firing temperatures of the amphorae found in the ancient city of Tripolis (Denizli) by using archaeometric analysis methods and to reveal whether the samples are local production or not. In this context, color determination, optical microscope, X-ray Fluorescence analyzes on 37 samples and X-ray Diffraction, Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy, Differential Scanning Calorimetry-Thermogravimetric and Fourier Transform Infrared Spectroscopy analyzes were performed on selected samples. Color measurements and chemical analyses results were also evaluated with statistical methods. By petrographic analyses, it was understood that the amphora samples contain intensely mica, quartz, feldspar and calcite minerals and can be divided into 4 main petrographic groups. By mineralogical analysis, it was determined that the firing temperatures of the amphora samples were produced by firing at 800-850°C in petrographic groups 1 and 3 and below 800°C in petrographic groups 2 and 4. As a result of chemical analysis, it was understood that amphora samples could be divided into 2 main chemical groups. It was observed that the chemical and mineralogical compositions of the samples were quite compatible. By evaluating all analyzes, it was concluded that the chemical group 1 samples may belong to two different clay deposits, from the clay source in the region defined as the Menderes Valley, and the chemical group 2 samples from the region defined as the Lykos Valley. In addition, it has been revealed by the data obtained in this thesis that the samples with different typologies from the archeological point of view may have been produced with clays taken from different clay deposits.

KEYWORDS: Tripolis, Amphora, Mineralogy-Petrography, Geoarcheology, Archaeometry.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	2
1.2 Çalışma Alanı	3
1.3 Tripolis Antik Kenti'nin Kısa Tarihiçesi.....	4
1.4 Kent ve Yakın Çevresinin Jeolojik Özellikleri.....	5
1.5 Çalışma Yöntemleri.....	6
1.5.1 Makroskobik Çalışmalar	6
1.5.1.1 Örneklerin Temini ve Kodlanması.....	6
1.5.1.2 Renk (Kromametrik) Analizi	7
1.5.2 Mineralojik-Petrografik Analizler	8
1.5.2.1 İnce kesitlerin hazırlanması ve optik mikroskop incelemeleri....	8
1.5.2.2 Kimyasal Analizler.....	9
1.5.2.2.1 X-Işını Floresan (X-Ray Fluorescence-XRF) Çalışmaları .	9
1.5.2.2.2 Kızdırma Kaybı Analizi (Loss On Ignition-LOI)	10
1.5.2.2.3 X-ışını Kırınımı (X-Ray Difraktometri-XRD) Çalışmaları.....	11
1.5.2.2.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope-SEM) ve Enerji Ayırımı X-Işını Spektroskopisi (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy-EDS) Çalışmaları	12
1.5.2.2.5 Termal Analiz; Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (Differential Scanning Calorimetry-DSC) – Termogravimetrik Analiz (TGA) Çalışmaları	13
1.5.2.2.6 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy-FTIR) Çalışmaları.....	14
1.5.3 İstatistik Analiz Çalışmaları.....	15
1.6 Önceki Çalışmalar	16
2. AMFORA	23
2.1 Amfora Üretimi ve Sınıflandırılması	24
2.2 Tripolis Kazı Çalışmalarında Bulunan Amforalar	28
2.3 Yerel Üretim Olarak Tanımlanan Amforalar	30
2.3.1 Lykos Vadisi Amforaları	30
2.3.2 Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforaları	31
3. AMFORALARIN MİNERALojİK VE PETROGRAfİK ÖZELLİKLERİ	33
3.1 Renk (Kromametrik) Analizi.....	33
3.2 Optik Mikroskop Çalışmaları	37

3.3	X-Işınları Kırınımı (X-Ray Difraktometri-XRD) Çalışmaları	50
3.4	X-Işını Floresan (X-Ray Fluorescence-XRF) Analiz Çalışmaları	53
3.5	Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope-SEM) ve Enerji Ayırmalı X-Işını Spektroskopisi (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy-EDS) Çalışmaları	59
3.6	Termal Analiz; Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (Differential Scanning Calorimetry-DSC) – Termogravimetrik Analiz (TGA) Çalışmaları	66
3.7	Fourier Dönüştürümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy-FTIR) Çalışmaları	69
3.8	İstatiksel Analiz Çalışmaları	70
3.8.1	Renk Analizi İstatistik Çalışması	70
3.8.2	Kimyasal Analiz (XRF) Sonuçlarıyla İstatistik Çalışması	72
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	78
5.	KAYNAKLAR	82
6.	EKLER	90
	EK A	90
7.	ÖZGEÇMİŞ	95

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Seramik yapan insanlar görseli (Hatay Arkeoloji Müzesi).....	2
Şekil 1.2: a) Batı Anadolu Antik Dönem yerleşim yerleri ve ulaşım yolları (Tripolis Kazı Arşivi), b) Denizli ili çevresindeki antik yerleşim yerleri, c) Tripolis antik kenti yerleşkesi.....	4
Şekil 1.3: Denizli Grabeni Jeolojik Haritası (Semiz 2017b).....	6
Şekil 1.4: PCE-CSM 1 renk ölçüm cihazı.....	8
Şekil 1.5: a) Halkalı değirmen öğütücü makinesi ve kompresör, b) Öğütülmüş örnekler, hassas terazi ve halkalı değirmen	9
Şekil 1.6: X-ışını Floresan cihazı.	10
Şekil 1.7: Kızdırma kaybı analizi için; a) Porselen kroze ve öğütülmüş toz örnek, b) Kül fırın içi, c) Kül fırını..	11
Şekil 1.8: X-Ray difraktometre-XRD cihazı.....	12
Şekil 1.9: SEM analizi için; a) lama yapılandırılmış ve çekim yapılacak yüzeyi düzleştirilmiş örnekler, b) Au ile kaplanmış örnekler, c) SEM cihazı.	12
Şekil 1.10: DSC-TGA cihazı.	14
Şekil 1.11: FTIR Cihazı.	14
Şekil 2.1: Amfora taşıyan kişi motifi ve mozaik desenli amfora tasvirleri (Url- 3).....	23
Şekil 2.2: a) Amfora taşıyan gemi mozaiği (Friedman 2008), b) işçiler tarafından taşınan amfora ve 3 memur tarafından not edilen tasfir (Graauw 2018; Çibuk 2019).....	24
Şekil 2.3: a) Kil yatağından alınan kilin tanecik boyutunun tokmak ile küçültülmesi, b) Kil çamurunun dinlendirme havuzunda kilin açılması ve organik malzemelerden arındırılması, (Wilson 1999; Canbolat 2011)..	25
Şekil 2.4: Seramik pişirme fırını görseli. (Url-4).....	26
Şekil 2.5: M.S.7. yy. Yassıda Bizans Batığında bulunan ağzı tıpalı amfora (Alpözen ve diğ. 1995), İsu Kazısından amfora pişmiş toprak tıpa (Çibuk 2019).	27
Şekil 2.6: Kent planı üzerinde amforaların bulunduğu alanlar.	30
Şekil 3.1: PG-1A grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; Pl: Plajiyoklaz).....	38
Şekil 3.2: PG-1B grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).	39
Şekil 3.3: PG-1A (TA02) ve PG-1B (TA12) gruplarından seçilmiş örneklerin görüntü işleme analiz sonuçları.....	40
Şekil 3.4: PG-2 grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; K-Felds.: Alkali Feldispat; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).....	41
Şekil 3.5: PG-2A (TA10) ve PG-2B (TA11) gruplarından seçilmiş örneklerin görüntü işleme analiz sonuçları.....	42

Şekil 3.6: PG-3A grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; Felds.: Feldispat; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).	43
Şekil 3.7: PG-3B grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; K-Felds.: Alkali Feldispat; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).	44
Şekil 3.8: PG-3A (TA05) ve PG-3B (TA17) gruplarından seçilmiş örneklerin görüntü işleme analiz sonuçları.	45
Şekil 3.9: PG-4A grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; Felds.: Feldispat; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).	46
Şekil 3.10: PG-4B grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; Felds.: Feldispat; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).	48
Şekil 3.11: PG-4A (TA26) ve PG-4B (TA24) gruplarından seçilmiş örneklerin görüntü işleme analiz sonuçları.	49
Şekil 3.12: PG-4A (TA36) ve PG-4B (TA32) gruplarından seçilmiş örneklerin görüntü işleme analiz sonuçları.	49
Şekil 3.13: XRD analiz sonuçlarını gösteren pik değerleri a) PG-1, b) PG-2. .	51
Şekil 3.14: XRD analiz sonuçlarını gösteren pik değerleri a) PG-3, b) PG-4A ve c) PG-4A-B.	52
Şekil 3.15: Amfora örnekleri ve Tripolis çevresinde bulunan seramiklerin ana oksit (Major) analiz sonuçlarının korelasyon grafikleri.	57
Şekil 3.16: Amfora örnekleri ve Tripolis çevresinde bulunan seramiklerin iz element analiz sonuçlarının korelasyon grafikleri.	58
Şekil 3.17: PG-1A'in TA2 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.	60
Şekil 3.18: PG-1B'in TA15 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.	61
Şekil 3.19: PG-2B'in TA14 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.	62
Şekil 3.20: PG-3A'in TA5 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.	63
Şekil 3.21: PG-4A'in TA22 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.	64
Şekil 3.22: PG-4B'in TA23 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.	65
Şekil 3.23: PG-4B'in TA37 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.	66
Şekil 3.24: TA4 ve TA9 örneklerinin DSC-TGA termogramları.	67
Şekil 3.25: TA16 örneğinin DSC-TGA termogramları.	67
Şekil 3.26: TA17 ve TA30 örneklerinin DSC-TGA termogramları.	68
Şekil 3.27: TA22 ve TA29 örneklerinin DSC-TGA termogramları.	68
Şekil 3.28: TA37 örneğinin DSC-TGA termogramları.	69
Şekil 3.29: TA16, TA17 ve TA30 örneklerinin FITR anazli grafikleri.	70
Şekil 3.30: Renk ölçüm verilerinin SPSS programıyla hiyerarşik sınıflandırma dendrogramı.	71
Şekil 3.31: Renk ölçüm verilerinin SPSS programıyla yapılan PCA (temel bileşenler analiz) grafiği.	72
Şekil 3.32: Kimyasal analiz verilerinin SPSS programıyla hiyerarşik sınıflandırma dendrogramı.	73
Şekil 3.33: Kimyasal analiz verilerinin SPSS programıyla temel bileşenler (PCA) analizi.	74
Şekil 3.34: Kimyasal analiz verilerinin SPSS programıyla temel bileşenler (PCA) analizi bileşenleri.	77

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Tripolis kazı çalışmalarında bulunan amforalar tablosu (Katırcı 2020).....	29
Tablo 2.2: Lykos Vadisi Amforalarının Arkeolojik Sınıflandırma Özellikleri (Katırcı 2020).	31
Tablo 2.3: Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforalarının Sınıflandırma Özellikleri.....	32
Tablo 3.1: Tripolis amfora örneklerinin form ve renk analiz tablosu.....	33
Tablo 3.2: Seçilmiş örneklerin mineralojik içerik oranlar tablosu.....	50
Tablo 3.3: Amfora örneklerinin ana (majör) element analiz sonuçları.....	54
Tablo 3.4: Amfora örneklerinin iz element analiz sonuçları... ..	55
Tablo 3.5: KG-1 ve KG-2 gruplarının kimyasal analiz sonuçları karşılaştırma tablosu.	56
Tablo 3.6: Kaiser-Meyer-Olkin ve Bartlett's test tablosu.	75
Tablo 3.7: Communalities veri tablosu.	75
Tablo 3.8: Total variance explained veri tablosu.	76
Tablo 3.9: Rotated Component Matrix tablosu.....	77

SEMBOL LİSTESİ

M.Ö.	:	Milattan Önce
M.S.	:	Milattan Sonra
yy.	:	Yüz Yıl
OM	:	Optik Mikroskopi
XRF	:	(X-Ray Fluorescence) X-Işını Floresan
XRD	:	(X-Ray Diffractometry) X-Işını Kırınımı
LOI	:	(Loss On Ignition) Kızdırma Kaybı Analizi
SEM	:	(Scanning Electron Microscope) Taramalı Elektron Mikroskobu
EDS	:	(Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi
DSC	:	(Differential Scanning Calorimeter) Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
TGA	:	Termogravimetrik Analiz
FTIR	:	(Fourier Transformer Infrared Spectroscopy) Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
TA	:	Tripolis Amforası
KG	:	Kimyasal Grup
PG	:	Petrografik Grup
Ms	:	Muskovit
Bt	:	Biyotit
Qtz	:	Kuvars
V	:	(Void) Boşluk
Cal	:	Kalsit
Pl	:	Plajiyoklaz
Op	:	Opak Mineral
Prx	:	Piroksen
K-Felds.	:	Potasyumlu Feldispat
Felds.	:	Feldispat
PCA	:	(Principal Component Analysis) Temel Bileşenler Analizi

ÖNSÖZ

Lisans eğitim dönemimden, bu tez çalışma süresince bilgi ve tecrübeleriyle benim, kişisel ve mesleki gelişimimde katkı sağlayan ve jeoloji mühendisliğinin her alanında önemini kavramamda yardımcı olan ve ilerlediğim her yolda bana ışık tutmaya gayret gösteren değerli danışmanım Doç. Dr. Barış SEMİZ'e sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışmamın örneklerinin teminine izin veren Tripolis Antik Kenti Kazı Başkanı Prof. Dr. Bahadır DUMAN'a, örneklerin temininde ve isimlendirilmesinde yardımcı olan Arkeolog Serkan KATIRANCI'ya ve Tripolis Antik Kenti kazı ekibine ve tez çalışma örneklerimi ince kesit yapan Pamukkale Üniversitesi İnce Kesit Laboratuvar Sorumlusu Mehmet GÜNGÖR'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışmamı değerlendirip, katkı sağlayan ve eksiklerimi tamamlayan jüri üyeleri Prof. Dr. Tamer KORALAY ve Doç. Dr. Ali Akın AKYOL'a teşekkür ederim.

Tez çalışma dönemimde bana yardımcı olan, benim geçmekte olduğum yoldan daha önce geçip yüksek lisans eğitimlerini bitirmiş, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Programında öğrenci olan büyüklerime bilimsel tartışmalarımızla ve yol göstericilikleriyle Cihan ÇOLAK ve Elif Meriç İLKİMEN'e teşekkür ederim.

Bu zamana kadar iyi ki tanıdığım dediğim iyi ve kötü günlerde birbirimize destek verdiğimiz ayrıca içinde bulunduğumuz COVID-19 virüsünün yaratmış olduğu pandemi döneminde birbirimize yardımcı olduğumuz Jeoloji Mühendisi arkadaşlarım Tufan KOLGİTTİ, Yiğithan SAY, Çağatay USAKESSOY, Ahmet Can ÖZKAN ve Pamukkale Üniversitesi Yerbilimleri Kulübü (PAYEK) üyelerine ve çok küçük yaşlardan bu zamana kadar beraber büyüdüğümüz İzzet KABUKÇU, Mehmet Gökhan ÇALIŞKAN, Ekin EKİZCE, Emre YILMAZ, Berkan ETE, Sevilay SAVCI, Mesut ASİLTÜRK, Anıl KAYALIOĞLU, Kubilay BABACAN, Mustafa MUTLUBAŞ, Ahmet SABUNCUO, Selin GÜZELAYDIN ve Muhammet İYİK dostlarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her türlü desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen daima yanımda olan ve benim için birçok fedakarlıkta bulunan ailem babam Münür, annem Gülhan, ağabeyim Gürkan ELÇİ'ye anneannem Gübra ULUTÜRK ve kansere yenik düşüp 21/02/2021 tarihinde aramızdan ayrılan dedem Mehmet ULUTÜRK'e sonsuz minnettar ve müteşekkir olarak bu çalışmamı bitiriyorum.

1. GİRİŞ

Günümüzde de kullandığımız kil kökenli malzemelerin, antik çağlarda amaçlarına göre yapı inşasında, besin malzemelerinin taşınmasında, saklanmasında ve süs eşyası olarak farklı şekillerde üretildiği bilinmektedir. Bu ürünlerin insanlık tarihinde ilk defa kullanımı yaklaşık M.Ö. 10000'lere yani Neolitik (Yeni/Cıvalı Taş) Çağ'a karşılık gelmektedir (Erman 2012). Bazı kilerin kolay şekil alabildiğini öğrenen insanlar kileri günlük hayatlarında inşa malzemesi olarak kerpiç, harç, sıva ve dam örtüsü olarak kullanmışlardır (Url-1). Yaklaşık M.Ö. 7000'lerde ateşin sıcaklığıyla kurutma işlemi yaparak kilerin daha dayanıklı olduğunu da öğrenmişlerdir (Url-1). Kilin yapısal malzeme olarak kolay bulunması, kolay işlenebilirliği, düşük maliyeti ve dayanıklılığından dolayı seramikler günümüze kadar bozulmadan ulaşarak arkeolojik kazılarda gün yüzüne çıkarılabilmektedir.

İnsan yaşamı boyunca doğal afetlerden korunmak, düşmanlarından saklanmak, için ya mağaralar da ya da kilden sığınaklar yaparak barınma ihtiyacını karşılamıştır. Bir başka yönden de bu barınaklar temel ihtiyacı olan beslenme ve tatlı su kenarı kaynaklarına da yakın olmalıdırlar. Bu temel ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra farklı besinler keşfetmişler ve bu besinleri taşımak veya saklamak için kili kullanmaya devam edip farklı formlarda kaplar üretmişlerdir. Bu ürünler; çanak, çömlüklerin yanında amfora, unguentarium, kandil ve süs eşyaları üretmişlerdir (Çetintaş 2016) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Seramik yapan insanlar (Hatay Arkeoloji Müzesi).

Yüksek lisans tez çalışması kapsamında, Tripolis antik kenti kazısından ele geçen 37 amfora örneği kimyasal, mineralojik-petrografik analizler ile arkeometrik yönden gruplandırılmıştır. Ayrıca bölgede yer alan diğer antik kentlerden ele geçen seramikler üzerine yapılmış analizler ile karşılaştırmalar yapılarak olası kil yataklarına ulaşılmaya çalışılmıştır.

1.1 Çalışmanın Amacı

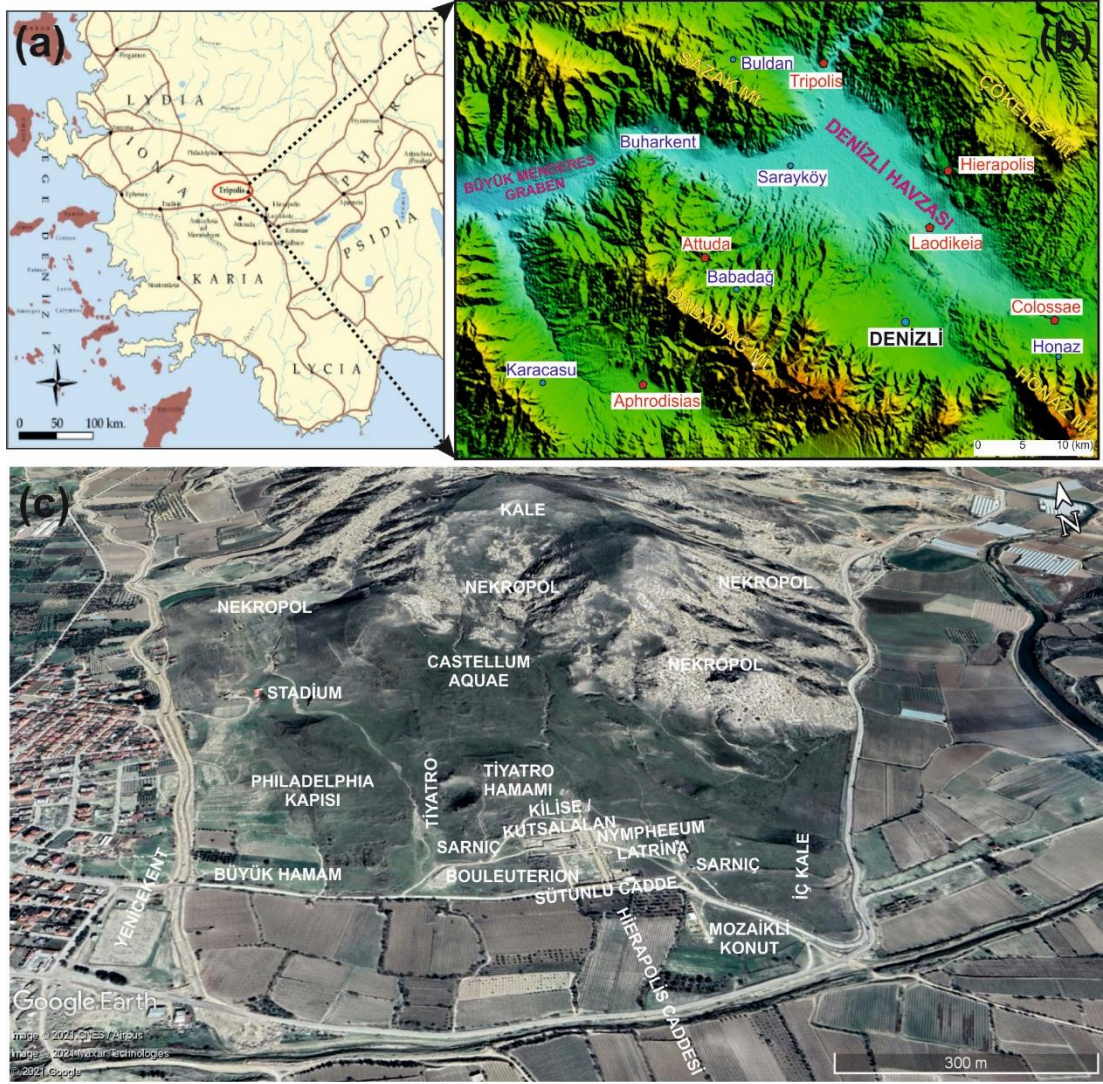
Tripolis antik kenti, jeopolitik konumundan dolayı çağlar boyunca ticari öneme sahip olagelmiştir. Ticaret eşyası olarak antik çağlarda yaygın olarak kullanılan amforalar üzerinde detaylı arkeometrik çalışmalar oldukça azdır.

Tripolis antik kenti kazıları esnasında bulunan amforalar, ilk olarak arkeolog Serkan Katıranlı (2020) tarafından çalışılmış ve yerel üretim olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmayı takiben gerçekleştirilen bu tez çalışması ile, Tripolis amforalarının kimyasal, mineralojik-petrografik özellikleri belirlenerek arkeometrik yönden kil kökenleri ile tanımlanmaya çalışılmıştır. Amfora örnekleri benzerlik ya da farklılıkları ortaya koyulmuştur. Bu amaç doğrultusunda örnekler kimyasal analiz yöntemleri (XRF, XRD, SEM-EDS, DSC-TGA ve FTIR) ile incelenerek petrografik gruplandırmaların yanı sıra kimyasal yönden de gruplandırılmıştır. Kullanıldıkları

dönemlerde önemli ticaret eşyası olarak kullanılan Tripolis amforalarının yerel veya ithal olup olmadıkları ortaya koyulması ve yerel ticaret ağının ortaya çıkarılması arkeometrik yöntemler kullanılarak anlaşılmaya çalışılmıştır.

1.2 Çalışma Alanı

Tripolis antik kenti, Anadolu'nun batısında yer alan Denizli'nin, kuzeyinde bulunan Buldan ilçesi, Yenicekent Mahalle sınırları içerisinde ve jeolojik L21-C3 paftasında yer almaktadır (Şekil 1.2a) (Koralay ve diğ. 2015). Günümüzde Tripolis arkeolojik alanındaki kalıntılar M.S. 13. yy'a aittir ve yaklaşık 281 hektarlık alanı kaplamaktadır (Duman 2012; 2022). Lykos/Çürüksu Vadisi'nin kuzey tarafında yer alan Tripolis; Lidya (Lydia), Karya (Karia) ve Frigya (Phrygia) bölgelerinin kesiştiği alanda ve doğusunda antik dönemdeki ismi Messogis olan (Aydın Dağları) ve Meandros (Büyük Menderes) Nehri arasında yer aldığı bilinmektedir (Şekil 1.2b) (Duman 2016).



Şekil 1.2: a) Batı Anadolu Antik Dönem yerleşim yerleri ve ulaşım yolları (Tripolis Kazı Arşivi), b) Denizli ili çevresindeki antik yerleşim yerleri, c) Tripolis antik kenti yerleşkesi.

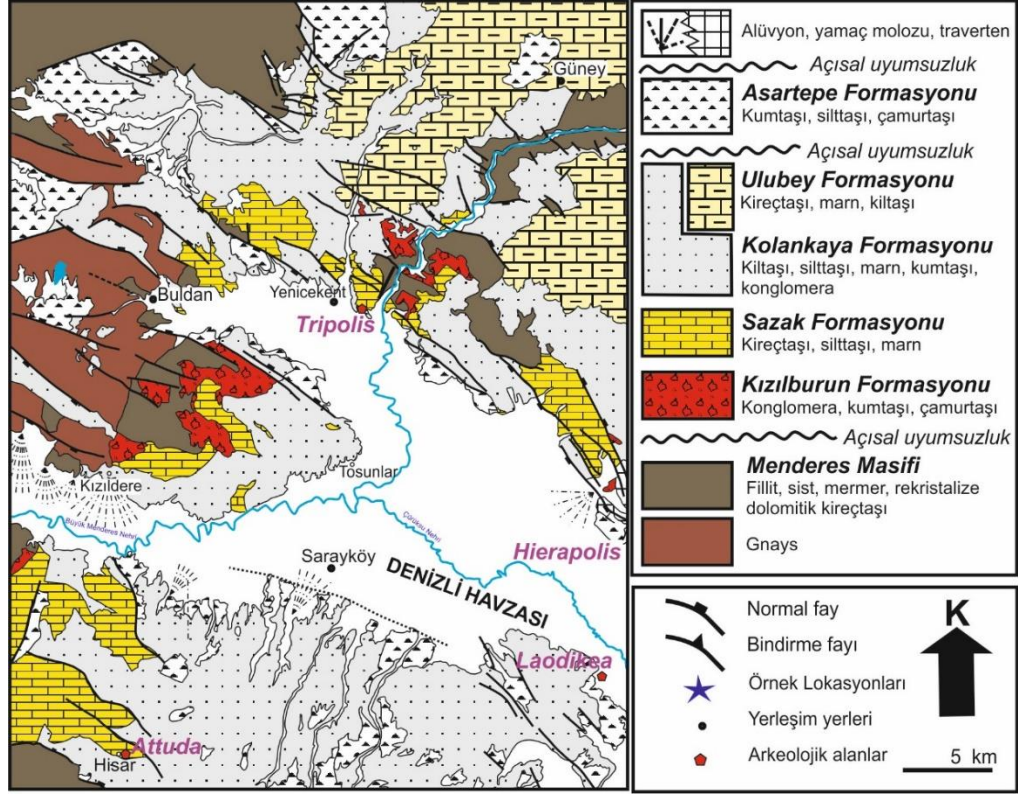
1.3 Tripolis Antik Kenti'nin Kısa Tarihiçesi

Antik dönemde Lidya (Lydia), Karia (Karia) ve Frigya (Phrygia) sınırlarının kesiştiği noktada bulunmaktadır (Strabon 1993) (Şekil 1.3). Helenistik Dönem'de Apollonia ismiyle kurulan kentin, Augustus Dönemi'nde (M.Ö. 27 - M.S. 14) Tripolis ismi, arkeolojik kazılar sonucu bulunan sikkeler üzerindeki lejantlardan anlaşılmaktadır. Kentin antik dönemin tarihçileri ve coğrafyacıları tarafından farklı dönemlerde farklı bölgelerin (Lidya, Karia ve Frigya) sınırlarına dahil olduğu ve bu durumun dönemler arasındaki sınır değişiklikleri ile ilgili olabileceği belirtilmiştir. Üç antik bölgenin kesişim noktasında yer almasından dolayı Tripolis ismini aldığı düşünülen kent, Pergamon'dan başlayıp Laodikeia'ya kadar uzanan ticaret yolu

üzerinde yer almaktadır. M.Ö. 3. yy'da varlığı kesin olarak bilinen, Tripolis'in güneydoğusundaki Hamam Bükü ve Akkaya Höyük'te yapılan arkeolojik araştırmaların sonucunda, bölgenin tarihinin Geç Neolitik - Erken Kalkolitik Dönem'lere kadar uzandığı anlaşılmıştır (Duman 2017a).

1.4 Kent ve Yakın Çevresinin Jeolojik Özellikleri

Denizli Havzası, BKB-DGD yönlü graben içinde yer alır ve farklı dönemlere ait antik yerleşimler (Attuda, Colossae, Tripolis, Laodikea, Hierapolis vb.) bakımından oldukça zengindir (Şekil 1.2b). Havzanın temel kayaları, otokton Menderes Masifi'nin Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı metamorfik kayaları ve Likya napları ile temsil edilmektedir (Okay 1989). Menderes Masifi, Türkiye'nin batısında geniş bir alanı kaplar ve çoğunlukla gnays, şist ve mermer, yer yer de amfibolit ve kuvarsit içeren çeşitli metamorfik kayalardan oluşmaktadır. Likya napları, serpantinleşmiş bazik-ultrabazik kayalar ve allokon karbonat kayalardan oluşan ofiyolitik birimlerle temsil edilmektedir. Bu birimlerin her ikisi de Denizli Grabeni'nin kuzey ve güney kesimlerinde bulunmaktadır. Temel kayaların üzerine konglomera ve çakıllı kumtaşından oluşan Oligosen yaşlı Bayıralan Formasyonu uyumsuz olarak yerleşmiştir. Bu formasyon üzerine de Kızılburun, Sazak ve Kolankaya Formasyonlarını içeren Denizli Grubu yerleşmiştir (Şimşek 1984; Sun 1990). Kızılburun Formasyonu (Erken-Orta Miyosen) temeli uyumsuz olarak örter ve üstüne Sazak Formasyonu gelir. Formasyon kırmızımsı çamurtaşı ile ardalanmalı konglomera ve kırıntı destekli konglomeradan oluşurlar. Sazak Formasyonu (Orta Miyosen) Kızılburun Formasyonu'nu uyumlu olarak örter ve kireçtaşı, marn, kiltası ile killi kireçtaşından oluşur. Kolankaya Formasyonu (Orta-Geç Miyosen) alt formasyonları uyumlu olarak örter ve laminalı çamurtaşı-silttaşı ve marn, ardışık marn-kiltası, çamurtaşı, kumtaşı ve killi kireçtaşından oluşur (Alçıçek ve diğ. 2007; Semiz 2017b; 2018) Neojen yaşlı Denizli Grubu üzerine uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı birimler yerleşmiştir (Şekil 1.3). Denizli havzasının kuzey kesiminde bulunan Ulubey Formasyonu (Geç Miyosen-Geç Pliyosen), kiltası ve marn ara katkılı gölssel kireçtaşlarından oluşmaktadır. Asartepe Formasyonu (Kuvaterner), Neojen yaşlı birimleri açısız uyumsuzlukla örtmektedir (Semiz ve diğ. 2018a).



Şekil 1.3: Denizli Grabeni'nin jeolojik haritası (Semiz 2017b).

1.5 Çalışma Yöntemleri

Bu tez üç aşamada, aşağıdaki araştırma materyal ve yöntemleri uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Tezin birinci aşamasında, çalışma alanı hakkında bilgi verildikten sonra örnek temin etme işlemleri yapıp makroskobik belgelemeye yönelik incelemeler yapılmıştır. İkinci aşamasında, kimyasal, mineralojik-petrografik çalışmalar gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler yorumlanmıştır. Son aşamasında ise tüm veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

1.5.1 Makroskobik Çalışmalar

1.5.1.1 Örneklerin Temini ve Kodlanması

Tripolis antik kenti kazı başkanı Prof. Dr. Bahadır DUMAN'nın izniyle (Ek B) kazı çalışmaları esnasında bulunan, arkeolog Serkan KATIRANCI (2020)

tarafından tipolojilerine göre yerli üretim olarak tanımlanan 37 adet amfora örneği temin edilmiştir. Örneklerin makroskobik fotoğrafları çekilmiş ve kodlamaları yapılmıştır.

1.5.1.2 Renk (Kromametrik) Analizi

Amfora örnekleri hamur renkleri, PCE-CSM1 marka renk ölçüm cihazı (Şekil 1.4.) ile CIE L*a*b* (Commission Internationale de L'Eclairage) renk sistemi kullanılarak kaydedilmiştir. Renkler, sadece ana ve ara renklerin yanında açık veya koyu gibi tanımlamalar ile ifade edilmeye çalışılmaktadır ki bu durum renklerin tam olarak anlaşılmasına imkan vermemektedir. Bu nedenle farklı sayısal sistemlerle değerlendirmek daha sağlıklı sonuçlar vermektedir (Ohno 2007; Schanda 2007). CIE L*a*b* renk sistemi, belgeleme amacıyla en çok kullanılan, en detaylı standart renk sistemlerinden biridir. (L) değeri rengin açıklık değerini, (+a) değeri renkteki kırmızı yoğunluğunu, (-a) değeri rengin yeşil yoğunluğunu, (+b) değeri rengin sarı yoğunluğunu ve (-b) değeri de rengin mavi yoğunluğunu temsil etmektedir (Okan ve diğ. 2015). Renk ölçüm cihazı ile bir örneğin en az üç noktasından renk ölçümleri alınmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Renk değerlerinin Munsell renk sistemine dönüşümleri de yapılmıştır. Söz konusu dönüşüm şöyle yapılmıştır: öncelikle hazırlanan Microsoft Excel programı ile üzerinden Chroma ve Hue değerleri hesaplanmıştır, sonra Hue (ton) değerinden yola çıkarak seramik renginin nümerik karşılığında hangi renk aralığında olduğunu belirlenmiştir, Chroma ve Value değerlerine göre X-Y koordinatlı grafik tablosunda parlaklık derecesi belirlenmiştir. Bunun sonucunda Munsell renk skalasında karşılığı tespit edilebilmiştir. Örnekler arasında ilişkili olanlar kendi aralarında gruplandırılmış, mineralojik ve petrografik yönden karşılaştırılmıştır.



Şekil 1.4: PCE-CSM 1 renk ölçüm cihazı.

1.5.2 Mineralojik-Petrografik Analizler

1.5.2.1 İnce kesitlerin hazırlanması ve optik mikroskop incelemeleri

Kodlamaları yapılan örneklerin petrografik özelliklerini belirlemek için ince kesitleri hazırlanmıştır. İncelenecek örneğin kesitini tam yansıtacak şekilde kesimi yapıldıktan sonra, lam üzerine uygun bir reçine ile yapıştırılarak yaklaşık 1 mm kalınlığında kesilip, yaklaşık 0,3 mm kalınlığa kadar aşındırılarak parlatılma işleminden geçirilmiştir. Optik mikroskop incelemeleri yapılacak ince kesitlerin üzerleri lamel ile kapatılmıştır (Şekil 1.5). Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği İnce Kesit Laboratuvarı'nda hazırlanan ince kesit örnekleri, Leica marka polarizan mikroskopta inceleyip minerallerin tayini, özellikleri, boyutları, dokuları, boşlukları ve yönlenmeleri gözlemlenmiştir. Amfora örneklerini mikroskopta incelendikten sonra mineral içeriklerini de sayısal olarak değerlendirip karşılaştırmak amacıyla Petrografik olarak ayrılan gruplardan temsili örnekler seçilmiştir. Kuvars, mika, karbonat (kalsit) ve opak mineralleri boşluklar tanımlanmıştır ve içerikleri sayısal olarak ifade edilmiştir. CoreIDRAW programında mikroskop görüntüsünü bitmap trace dönüşümü ile bütün farklı renkleri alansal olarak seçilebilir halde farklı renklere dönüştürülmüştür. Sonra tanımlanan

minerallere sabit bir renk atanmış ve ölçekleri bozulmadan bir çerçeve ile sınırlandırılıp minerallerin ayrımı yapılmıştır. Bu yöntemde tek dezavantaj: kuvars mineralleri ile feldispat mineralleri aynı renkte olduğu için ayırt edilememiştir.

1.5.2.2 Kimyasal Analizler

Amfora örneklerinin arkeometrik incelemeleri kapsamında aşağıda belirtilen kimyasal analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

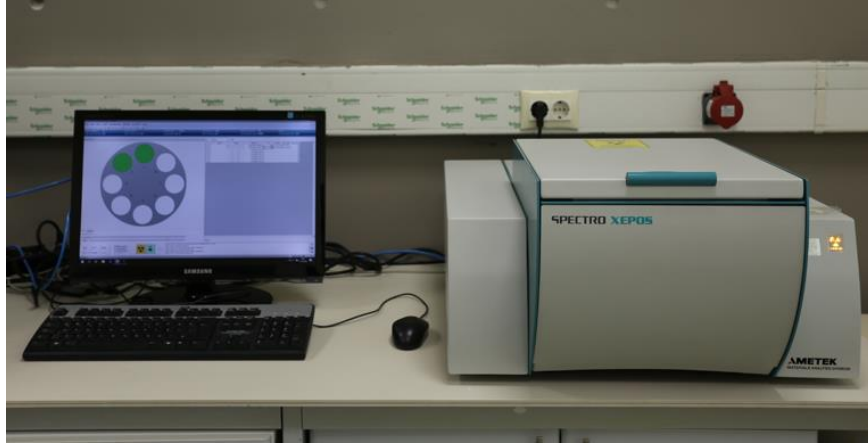
1.5.2.2.1 X-Işını Floresan (X-Ray Fluorescence-XRF) Çalışmaları

XRF analizi için örnekler, Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında bulunan Zhonghe marka tungsten karbid halkalı değirmen öğütücüde öğütülerek toz haline getirilmiştir (Şekil 1.6a ve b).



Şekil 1.5: a) Halkalı değirmen öğütücü makinesi ve kompresör, b) Öğütülmüş örnekler, hassas terazi ve halkalı değirmen.

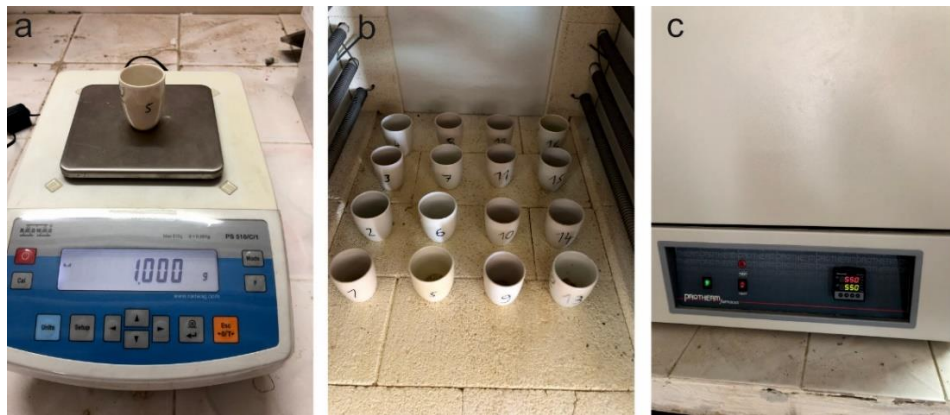
XRF analizleri, Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Merkezi (İLTAM) laboratuvarlarında bulunan Spectro XEPOS marka Polarize Enerji Dağılımlı X-ışını Floresan Spektrometresi (PED-XRF) (Şekil 1.6) kullanılarak yapılmıştır (Semiz 2017a; 2021). XRF analizi için GBW-7109 ve GBW-7309 olarak anılan Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) standartları kullanılmıştır.



Şekil 1.6: X-ışını Floresans cihazı.

1.5.2.2.2 Kızdırma Kaybı Analizi (Loss On Ignition-LOI)

Amfora örneklerinin bünyesinde bulunan toplam organik madde ve karbonat miktarının (bünyeden ayrılan CO_2 oranı üzerinden hesaplanan) ölçülmesi amacıyla kızdırma kaybı analizi yapılmıştır. Önceden 105°C 'de kurutulmuş örnekler 1 gram olacak şekilde ağırlığı bilinen krozeye konulmuş ve 550°C de 4 saat kül fırınında bekletilip organik madde ve bağıl su oranlarına ulaşılmıştır. Daha sonra kroze içinde bulunan aynı örnekler 950°C 'de 2 saat bekletilerek CO_2 ortamdaki uzaklaştırmış ve tekrar ağırlık ölçümleri yapılarak toplam karbonat oranları hesaplanmıştır (Walter ve Dean 1974). Hesaplamalar aşağıdaki formüle göre yapılmıştır. Bu çalışmada Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarında bulunan Protherm Furnaces marka kül fırını kullanılmıştır (Şekil 1.7).



Şekil 1.7: Kızdırma kaybı analizi için; a) Porselen kroze ve öğütülmüş toz örnek, b) Kül fırın içi, c) Kül fırını.

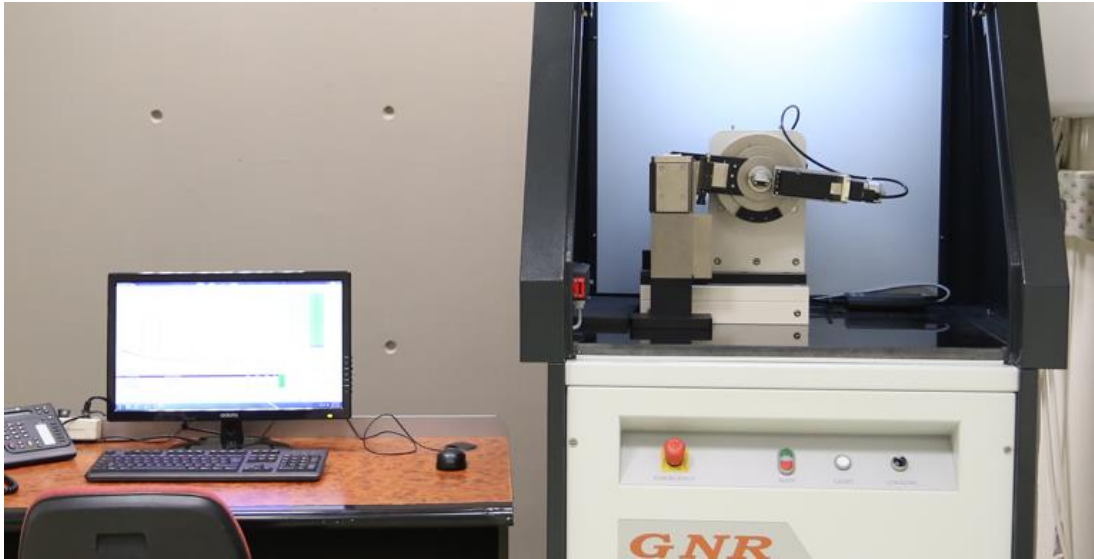
W1= Kuru örneğin ağırlığı, W2= 550°C’de 4 saat bekletildikten sonraki ağırlık ve W3= 900°C’de 2 saat bekletildikten sonraki ağırlık;

$$550^{\circ}\text{C}'\text{deki ağırlık kaybı \%} = (W1-W2)/W1 \times 100$$

$$900^{\circ}\text{C}'\text{deki ağırlık kaybı \%} = (W1-W3)/W1 \times 100$$

1.5.2.2.3 X-ışını Kırınımı (X-Ray Difraktometry-XRD) Çalışmaları

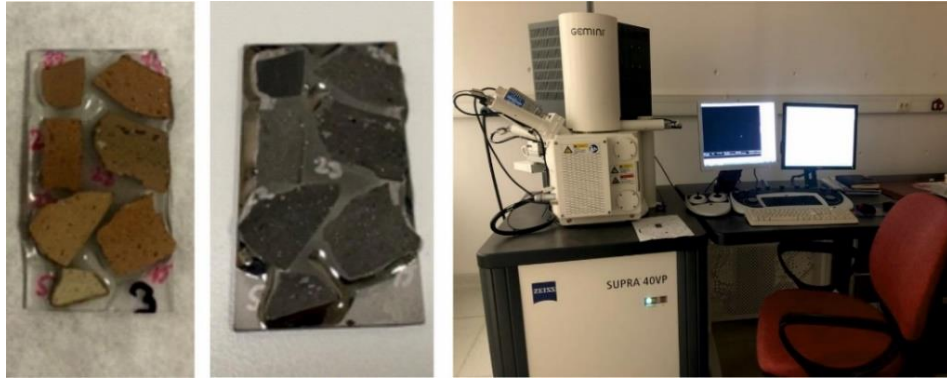
Halkalı değirmende öğütülen örneklerin mineral tayini için Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji ve Araştırma Merkez (İLTAM) Laboratuvarı’nda bulunan GNR APD 2000 PRO difraktometre cihazı (Şekil 1.8), CuK α , 40 kV ve 30 mA koşullarında (2θ :5-45°; step aralıkları: 0.01; integration time:2 saniye) kullanılmıştır. XRD analizleri, harici standart metodu (yarı kantitatif yüzde hesaplamaları üzerinden) temel alınarak yapılmıştır. Hesaplamalar ve tanımlamalar da Match programı kullanılmıştır. Bu yöntem petrografik gruplardan seçilmiş 17 örnek üzerinde uygulanmıştır.



Şekil 1.8: XRD cihazı.

1.5.2.2.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope-SEM) ve Enerji Ayırmalı X-Işını Spektroskopisi (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy-EDS) Çalışmaları

Amfora örneklerin mikro yapılarını görüntülemek için elektron mikroskobu kullanımı faydalı sonuçlar vermektedir. Ayrıca belli noktalarda mineral tanımlamaları için EDS ölçümlerinin yapılması ve hatta elementel haritalamaların (mapping) yapılmasında kolaylıklar sağlamaktadır. Görüntüleme analizlerinde amfora örneklerin boşluk yapılarının tespiti ve o boşlukların boyutlarının ölçülmesi ile pişme dereceleri hakkında yorumlar yapılabilmektedir. Bu teknik ile yüzey bir elektron demeti ile taranır ve yüzeyle etkileşimler sonucu yüksek çözünürlüğü olan bir görüntü oluşur. Elektron demeti malzemenin yüzeyinden farklı sinyaller alınır. Bunlar, geri saçılmalı (backscattered), ikincil (secondary) ve Auger elektronlar ile X-ışını Floresan fotonları ve çeşitli enerji seviyelerine ait diğer fotonlardır. Yüzeyden salınan bu sinyallerin uygun detektörlerle algılanması sonucu, yüzeyin morfolojisinin yanında elementel içeriği de saptanabilmektedir (Ataman 2012; Akyol ve Aydın 2016).



Şekil 1.9: SEM analizi için; a) lama yapıştırılmış ve çekim yapılacak yüzeyi düzleştirilmiş örnekler, b) Au ve Pd ile kaplanmış örnekler, c) SEM cihazı.

Amfora örneklerinin mineral içeriklerini görüntüleyebilmek için örneklerden küçük parçalar alınıp bir lamel üzerine yapıştırılmıştır. Örneklerin, çekim yapılacak yüzeyleri uygun diskler kullanılarak aynı seviyeye getirilmiştir. Bu işlemden sonra Quorum Q150R ES marka cihazla Au ile örneklerin üstü kaplanmıştır. Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Merkezi (İLTAM) Laboratuvarı'nda bulunan Zeiss Supra 40 VP marka ve modellenmiş alan emisyon taramalı elektron mikroskobu

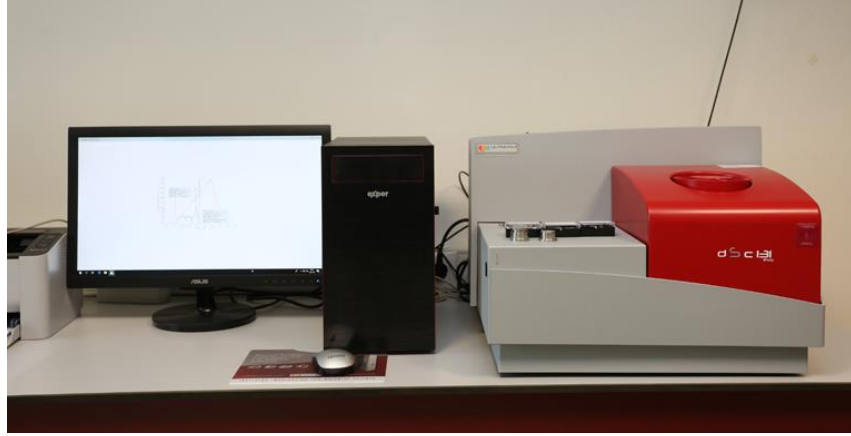
kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 1.9). SEM görüntüleme çalışmaları sırasında minerallerin kimyasal bileşimlerinin tanımlamaları için EDS analizi de kullanılmıştır.

1.5.2.2.5 Termal Analiz; Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (Differential Scanning Calorimetry-DSC) – Termogravimetrik Analiz (TGA) Çalışmaları

Termal analiz; sıcaklık değişimine karşı katı bir maddenin fiziksel ve kimyasal tepkimeler sonucunda özelliklerindeki değişimlerin ölçülmesi ve yorumlanması şeklinde tanımlanmaktadır (Url-2). Termal analiz yöntemlerinin en yaygın olarak kullanılanları DTA, DSC ve TGA olarak sınıflanmaktadır.

DSC analizinde örnek ve referans sıcaklığı düzenli bir hızla artırılır. Her ikisinin de sıcaklığının aynı olması için de örnek veya referansa dışarıdan, gereken miktarda sıcaklık artışı yapılır. Artan sıcaklık kaydedilip, örnekte oluşan endotermik veya ekzotermik tepkimeler sonucu kaybedilen veya kazanılan ısının karşılığını oluşturur. Analiz sırasında ısıtıcılar örnek ve referans kaplarının yakınına yerleştirilmiştir. Termokuplar bir sıcaklık farkı algıladığında, örnek ve referanstan soğuk olanın sıcaklığı diğeri ile aynı seviyeye gelecek ölçüde ısı verilir. Isıtma hızı örnek sıcaklığının fonksiyonu olarak kaydedilir.

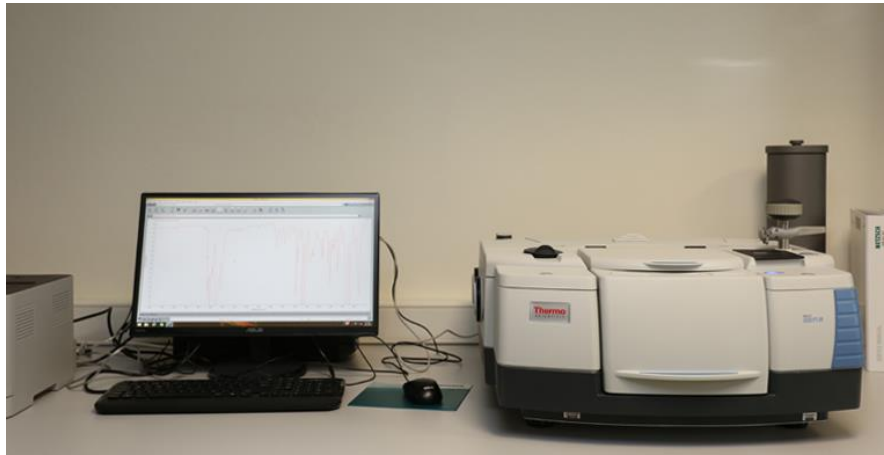
TGA analizi, maddenin farklı şartlarda kütleini koruyabilme kabiliyetini (termal stability) gözlemlemek için kullanılan bir yöntemdir. Termogravimetrimin esasını, bir maddenin sıcaklığa bağlı olarak meydana gelen tepkimelerinin, kütleindeki değişimleri özel bir terazide sürekli tartılması oluşturmaktadır. Kısaca, termogravimetrik analiz (TGA), örneğin kütleindeki değişmeyi sıcaklığın fonksiyonu olarak kaydeden bir tekniktir. Bu çalışmada, Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Merkezi (İLTAM) Laboratuvarı'nda bulunan tamamen bilgisayar kontrollü Shimadzu DTG-60H marka cihazı kullanılmıştır (Şekil 1.10).



Şekil 1.10: DSC-TGA cihazı.

1.5.2.2.6 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy-FTIR) Çalışmaları

FTIR yöntemi yaygın olarak organik bileşiklerin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Fakat son yıllarda seramik örneklerin mineralojik içeriğinin tanımlanmasında da sıklıkla kullanılmaktadır. Optik izomerler haricinde bütün bileşiklerin IR spektrumu birbirinden farklıdır. FTIR incelemelerinde, her dalga boyunu ayrı ayrı taramak gerekmediği için spektrum birkaç saniye içinde kaydedilmektedir. Yarık veya prizma kullanılmadığı için duyarlık değişmeden yüksek ayırmalı spektrumlar elde edilmektedir (Shoval 2017). Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Merkezi (İLTAM) Laboratuvarı'nda bulunan Thermo Scientific™ Nicolet™ iS50 FTIR Spectrometer cihazı analiz için kullanılmıştır (Şekil 1.11).



Şekil 1.11: FTIR Cihazı.

1.5.3 İstatistik Analiz Çalışması

Tez kapsamında uygulanan arkeometrik yöntemlerden renk ölçüm verileri ile XRF analizi verilerine SPSS20 programıyla istatistiksel yöntemlerden sınıflandırma (Kümeleme – Cluster) analizi ve temel bileşenler analizi (PCA) uygulanmıştır.

Sınıflandırma analizi, bireyleri ya da olguları farklı sınıflara (gruplara) ayıran ve verileri temel özelliklerine göre gruplandıran çok değişkenli bir analiz tekniğidir. Önceden belirlenen kriterlere göre, birbirine çok benzeyen nesnelere aynı sınıf içinde toplanır (Karagöz 2016). Böylece araştırmada yer alan örneklerin çeşitli özelliklerine göre sınıflara ayrılırken, her bir sınıfın içindeki değişkenler için homojenlik ve sınıflar arasında da heterojenlik maksimum düzeye çıkması beklenir.

Renk tanımlama ve XRF analizleriyle elde edilen veri sayısının az ve metrik olması dolayısıyla benzerlik ölçümü yöntemlerinden hiyerarşik sınıflama (classify-hierarchical cluster) ile korelasyon ve uzaklık ölçümleri tercih edilmiştir (Karagöz 2016). Kümelerin oluşturulması için ise benzerliğin uzaklık ölçümü, sınıflandırma değişkenleri içindeki değişkenlere yönelik gözlemlerin birbirine olan yakınlığı Kareli Öklid Uzaklığı (Squared Euclidean Distance) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Öklid uzaklığı, iki boyutlu koordinatları sırasıyla (x_1, y_1) ve (x_2, y_2) olan iki nokta arasındaki uzaklıktır. Noktalar arasındaki Öklid uzaklığı, gerçek bir üçgenin hipotenüs uzunluğudur. Verilerin sınıflandırma analizi ile ağaç grafiğinin oluşması (Dendogram) için klasik kareler toplamı kriterine dayalı olarak Ward's Linkage metodu, her ikili füzyonda grup içi dağılımı minimize etmek ve sınıflandırmanın oluşmasını sağlayan tek yöntem olduğu için kullanılmıştır (Murtagh ve Legendre 2014).

Temel Bileşenler Analizi ise tek bir veri setindeki hangi gözlemin bir diğerinden nispeten bağımsız olarak alt kümeler oluşturduğunu belirlemek amacıyla kullanılan istatistiksel bir yöntemdir (Karagöz 2016). Birbirleriyle ilişkili, diğer alt kümelerden bağımsız değişkenler faktörler olarak birleşirler. Faktörleri üretirken temel bileşenler analizi, bileşenleri üreten bir yöntem olduğu için araştırmada kullanılmıştır.

1.6 Önceki Çalışmalar

Tez kapsamında ele alınan Tripolis amforalarının daha iyi anlaşılabilmesi için daha önce yayınlanan çalışmaların arkeometrik ve jeoarkeolojik katkılarının ortaya koyulması önemlidir. Tripolis antik kentinden ele geçen amforalar üzerinde yapılan arkeolojik ve arkeometrik çalışmaların yanı sıra tüm Türkiye ve Akdeniz’de yayınlanan çalışmalar aşağıda derlenmeye çalışılmıştır.

Demirci ve Akyol (1995), Sinop Körfezi güney kıyısından Çakıroğlu Burnu’na kadar olan 20 km boyunca belirlenen yedi seramik atölyesinden ele geçen, Helenistik Dönem sonu ve Roma Dönemi’ne ait olan 18 örnek üzerinde LOI, XRD ve optik mikroskopi çalışmaları yapılmıştır. Bu analizler sonucunda bütün örneklerde feldispat ve piroksen mineralleri belirlenmiş olup, bölge toprağının temel bileşenleri tanımlanmıştır. Ayrıca XRD analiziyle de seramiklerin 700°C’den yüksek sıcaklıkta pişirildiği belirlenmiştir.

Vigil De La Villa ve diğ. (1998), Fiziko-kimyasal ve mineralojik özelliklerin istatistiksel bir çalışması olarak İspanya’nın Ceuta kentindeki Museo Municipal’den Geç Roma amforalarının seçkin bir grubu ve antik çağda potansiyel olarak kullanılan ve Ceuta çevresinde bulunan birkaç kil yatağı üzerinde yapılan (Cebelitarık Boğazı’nın Afrika kıyılarında) çalışmaları içermektedir. Çalışma ile örnekler arasında benzerliklere ulaşılmıştır. Yapılan analizler ile amforaların demir oksit içeriği ve feldspat türünüm tanımlama faktörleri kullanarak, imatlarında kullanılan kil malzemeleriyle ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Bagnasco ve diğ. (2001), Locri Epizephiri’de kazılan nakliye amforalarının (MÖ VI – III. yy.) parçaları ve yerel imalât örnekleri üzerinde mineralojik, petrografik ve kimyasal analizler yapılmıştır. İnce kesitlerin polarizasyon mikroskobu ve XRD ile incelemeleri ile, fosil ve minerallerin türünün yanı sıra kaya parçalarının da Calabria-Peloritanian Yayı’nın temeliyle uyumlu olduğu, amforaların çoğunun yerel atölyelere ait olduğu belirlenmiştir. ICP ve Flame Atomik Emisyon Spektroskopisi ile gerçekleştirilen kimyasal analiz ardından verilerin çok değişkenli işlenmesi için hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) kullanılarak Ward’s Linkage yöntemiyle dendrogramlar oluşturulmuştur. Çok değişkenli bileşenler için ise temel bileşenler analizi (PCA) kullanılmıştır. Amforaların üç gruba ayrıldığı ve

incelendiğinde yerel referans ürünlerinin bölgedeki kil yataklarıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Özer (2006), Marmaris Hisarönü kazılarında elde edilen 18 adet amfora parçaları üzerinde jeokimyasal ve petrografik analizler yapılarak, bölgeden alınmış siyah ve kırmızı renkli kil örnekleri üzerinde kimyasal analizler sonucunda hammadde kökeni açısından aralarındaki farklar ve benzerlikler saptanmaya çalışılmıştır. Amfora üretiminde kullanılan kilin bu bölgeye ait olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca, amforaların pişme sıcaklığını belirleyebilmek amacıyla örneklerle yeniden pişirme işlemi uygulanmış ve bu çalışma sonucunda amforaların pişirilme sıcaklığının 850-900°C olabileceği ortaya konulmuştur. Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre amfora örnekleri üç gruba ayrılmış ve bu gruptaki amfora örnekleri petrografik çalışmalarla da desteklenmiştir.

Mange ve Bezczy (2007), M.Ö. 10-5 ile M.S. 78 yılları arasında Istria, Hırvatistan'daki Laecanius atölyesinde üretilen Roma amforaları, ince kesit petrografisi, XRD ve jeolojik laboratuvar yöntemleri entegre edilerek analizleri yapılmış, doku özellikleri amfora parçalarının gruplara ayrılmasında kolaylık sağlamıştır. Petrografi ile çökeltelerde kuvarsın baskın kırıntılı bileşen olduğu, temperin ise karbonattan oluştuğu belirlenmiştir. XRD analizi, 750 ile 900°C arasında değişen pişirme sıcaklıkları hakkında bilgi vermiştir. Sonuç olarak arkeometrik analizle, Istria bölgesindeki Mesozoyik yaşlı karbonatların ve Paleosen-Eosen yaşlı kırıntılı karbonatların değişken kalınlıktaki ardışıklar dar bir bölgede sınırlandığı anlaşılmıştır. Her iki tortu türünün de çanak çömlek için uygun olmadığı tespit edilmiş, Geç Neojen ve Kuvaterner birimleri içerisinde yer alan lös ve terrarossa olarak tanımlanan kil yatağından seramik için hammadde alındığı tespit edilmiştir.

Duman (2010), İç Batı Anadolu'da eski uygarlıkların sosyal ve kültürel yapısıyla ilgili olan seramik çalışmalarında bir boşluğun olması, bölgenin önemli metropollerinden birisi olan Laodikeia'da son yıllarda gerçekleştirilen kazı çalışmalarında bulunan Helenistik ve Erken Roma Dönemi seramiklerini konu alan bu çalışmayla doldurulmaya çalışılmıştır.

Akyol ve diğ. (2013), Bybassos arkeolojik alanından yüzey araştırması ile ele geçen 28 amfora parçası ile yakınındaki akarsu yatağından elde edilen 4 kil örneği arkeometrik yönden incelenmiştir. Örnekler öncelikle malzeme türü, dönem ve örnekleme bölgelerine göre gruplandırılmıştır. Örneklerin renk değerleri L*a*b* renk sisteminde kaydedilmiştir. Örneklerin petrografik özellikleri ince kesit optik mikroskop analiziyle, kimyasal yapısı da XRF analizi ile belirlenmiştir. İnce kesit optik mikroskop analizi ile örneklerin matriks /agrega içeriği, agrega türü/dağılımı/boyutu, gözenekliliği, kil (matriks) yapısının özelliklerine göre gruplandırılmıştır. Seramiklerin pişirim sıcaklıkları 850-900°C arasında olmalıdır. XRF analizi sonuçlarına göre kil örnekler 2 grup halinde sınıflandırılmıştır.

Martínez Ferreras ve diğ. (2013), Tarraconensis'nin menşe atölyelerini belirlemeyi amaçlayan iki gemi enkazından ele geçen 40 adet Pascual 1 tip amforalarının arkeometrik analizleri yapılmıştır. Provenans araştırması kimyasal ve petrografik analizlere dayanmaktadır. Ayrıca, kimyasal referans grupları oluşturmak için dikkate alınması gereken deniz ortamında çökme sırasında meydana gelen ikincil mineral fazlarını ve değişim süreçlerini belirlemek için XRD ve SEM-EDS analizleri de yapılmıştır. Sonuçlar, Tarraconensis eyaletindeki birçok atölyeden amfora üretimlerine ilişkin geniş analitik veri tabanı ile karşılaştırılmıştır. Arkeometrik çalışma, her iki gemi enkazından da Pascual 1 tip amforaların Orta Katalan sahilinde Baetulo (Badalona) ve Iluro (Mataro) yakınlarında bulunan özel atölyelerde üretildiği tespit edilmiştir.

Baklouti ve diğ. (2015), Provenans çalışmaları için son derece değerli bir yöntem olan Nötron Aktivasyon Analizi (NAA), bu seramik üretimi için kullanılan olası killi hammaddelerin belirlenmesi amacıyla Henchir Es-Srira'dan seçilmiş bir dizi çanak çömlek parçası ve yakınlarda toplanan kil materyalleri üzerinde uygulanmıştır. Hem yığın kimyasal bileşimin hem de eser ve nadir toprak elementi (REE) modellerinin karşılaştırılmasıyla sınıflandırma analizi ve temel bileşenler analizi ile yorumlanması, nesnelerin çoğunun yerel olarak bir Neojen temel kilden üretildiğini, muhtemelen "Saouaf Formasyonu"ndan toplandığını göstermiştir.

Okan ve diğ. (2015), İzmir-Foça kazıları ile kentin seramik endüstrisi, üretilen çanak çömlek formları ve kronolojilerini aydınlayabilecek bir çanak çömlek atölyesi ve çöplük gibi görünen bir alan ortaya çıkarılmıştır. Burada bulunan amfora

parçaları ve çeşitli toprak örnekleri petrografi dahil olmak üzere çeşitli arkeometrik analizlerle fiziksel ve kimyasal olarak karakterize edilmiştir. Arkeometrik incelemeler kapsamında, ince kesit optik mikroskopi ve PED-XRF yöntemleri ile analiz edilmiştir. Örnekler, matriks/agrega özellikleri, agrega türü/dağılımı/büyüklüğü, gözeneklilik, kil türü ve yapısında ince kesit analizi kullanılarak gruplandırılmış, pişme sıcaklıkları ise 800-950°C arasında olduğu yorumlanmaktadır. Numunelerin hem petrografik hem de kimyasal analiziyle yerel kaya oluşumuyla da yüksek uyumluluğa sahip olduğu tespit edilmiştir.

Akyol ve Aydın (2016), Olba kazılarında farklı bölgelerinden ele geçen seramik buluntular arkeometrik yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Öncelikle kodlanıp fotoğraflanarak belgelenen örneklerin renk değerleri L*a*b* renk sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin petrografik özellikleri ince kesit optik mikroskop analiziyle, kimyasal yapısı da XRF ve SEM-EDX analizleri ile belirlenmiştir. İnce kesit optik mikroskop analizi ile seramikler; matriks/agrega içeriği, agrega türü/ dağılımı/boyutu, gözenekliliği ve matriks kil yapısının özelliklerine göre gruplandırılmıştır. Seramiklerin pişirim sıcaklıkları 750-950°C arasında olmalıdır. XRF analizi sonuçlarına göre seramik örnekler 2 grup halinde sınıflandırılmıştır. SEM-EDX analizi, seramiklerin gövde ve astarlı yüzeylerinin homojen bir yapıya sahip olmadığını göstermiştir.

Kızıarslanoğlu (2016), Mersin/Elaiussa Sebaste antik kenti, M.Ö. 1. yy'dan M.S. 7. yy. kadar Doğu Akdeniz'deki aktif ticaretin bir parçası olmuştur. M.S. 4. yy. sonlarından itibaren birkaç ticaret yolu önem kazanarak günümüze kadar gelişmiştir. Kent merkezi ve çevresinde amfora üretimi yapan atölyeler inşa edilmiştir. "Geç Roma 1" olarak bilinen, Geç Antik Dönem'den itibaren kentin çöküşüne kadar Elaiussa Sebaste endüstrisinin karakteristik ürünü amforalar üretildiği belirtilmiştir. Kentte kazı çalışması sonucu, antik dönemde üretim yapan beş fırın ve bol miktarda amfora ve çanak-çömlek bulunmuştur. Günümüze kadar antik kent ve çevresi ile ilgili yapılan çalışmalarda bol miktarda ince, kaba seramikler ve amforaların listelenmesi üzerine çalışılmış ve kent kalıntılarının birbiri ile olan ilişkileri, kentin amfora üretim kapasitesi, yerel özgün formlar, ithal ve ihraç edilen amforalar tipolojik ve hammadde özellikleri açısından değerlendirilmiştir.

Fantuzzi ve Cau Ontiveros (2018), Mataró'daki (Katalonya, İspanya) çok sayıda taşıma amfora malzemelerini karakterize etmek, dokuların çeşitliliğini araştırmak ve kökenine ışık tutmak için analizler yapılmıştır. Toplam 96 adet örneğe OM, XRF ve XRD analizleri yapılmış, istatistiksel yöntemle (kümeleme ve temel bileşenler analizi) amforalar belirli üretim merkezleriyle ilişkilendirilmiş, kuzey Afrika (çoğunlukla Tunus) ilişkili olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca çok fazla miktarda ithal amfora tespit edilmiş ve bunun sonucunda dışarıdan amfora ile taşınabilen madde temini sağlandığı anlaşılmıştır.

Ok (2018), Tripolis antik kentinde 2012 yılından itibaren sürdürülen sistemli kazı çalışmalarında Geç Helenistik Dönem'den itibaren M.S. 7. yy.'a kadar kullanılan farklı gruplara ait seramikler incelenmiştir. Çalışmada, Geç Helenistik Dönem-M.S. 1. yy.'a tarihlendirilen birçok seramik grupları haricinde yerleşim yerinde bulunan bir başka grup ise kırmızı astarlı ithal seramikler yer almaktadır. Bunlar; M.Ö. 1. yy. ile M.S. 7. yy.'ın başlarına kadar tarihlendirilen Pergamon Sigillatları, Doğu Sigillatları A-B Grubu Seramikleri, Sagalassos, Afrika ve Foça Kırmızı Astarlı seramiklerdir. Tripolis yerleşim yeri, antik dönemler boyunca bölgedeki toplumlar arası ticaret yollarının kesişim noktasında olduğu için batı ve iç bölgeler arasında bağlantı yeri olarak yer almıştır. Farklı kentlerde üretilen seramiklerin Tripolis'te bulunması da bu durumu kanıtlamaktadır. Ayrıca Tripolis'te yerel atölyelerde seramik üretildiğine dair verilere ulaşılsa da başta Ephesos ve Pergamon olmak üzere, Sardis, Tralleis, Sagalassos ve Phokaia ile seramik ticaretinde bulunulduğu tespit edilmiştir.

Semiz (2018), Pamukkale (Denizli) bölgesinin kuzeydoğusunda yüzeyleyen Asartepe (LE2) ve Kızılburun (LE3 ve LE4) formasyonlarından alınan üç adet kil örneğinin fiziko-kimyasal, mineralojik ve termal özelliklerini incelemek için XRF, TGA, XRD, Atterberg limitleri ve tane boyu analizi yöntemleri kullanılmıştır. Farklı birimlerden alınan bu killerin kimyasal ve mineralojik bileşimleri arasında çok büyük farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Mineralojik olarak, kırmızı killerin (LE2) kuvars, az oranda hematit, kil minerali olarak ise illit, az oranda kaolinit, klorit/simektit ve klorit içerdiği belirlenmiştir. Marnlı killerin ise (LE3 ve LE4) kuvars, kalsit ve piroksen içerdikleri kil minerali olarak da illit ve az klorit, kaolinit ve klorit/simektit içerdikleri tespit edilmiştir. Endüstriyel uygunluk

değerlendirilmeleri, kırmızı killerin yaygın tuğla imalatı için yeterli özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, marnlı killer ise ince cidarlı delikli ürünlerin imalatı için yeterli özelliklere sahip olup, bazı değişikliklerle yaygın tuğla imalatında da kullanılabilirliği tespit edilmiştir.

Semiz ve diğ. (2018a), Denizli’de, Lidya bölgesinin antik kenti Tripolis'te ortaya çıkarılan Roma kırmızı astarlı ürünler, üretim teknolojilerini netleştirmek için jeokimyasal ve mineralojik özellikler açısından analiz edilmiş, numuneler optik mikroskopi, XRD ve XRF ile incelenmiştir. Bu şekilde elde edilen sonuçlar, incelenen kırmızı astarlı seramiklerin, katkı türlerine ve tane boyutlarına göre üç gruba ayrılabilceğini, pişirme sıcaklıklarının, grup 1 ve 2 örnekleri için 800°C’den düşük ve grup 3 örneklerinin yaklaşık 900°C olduğu tahmin edilmiştir. Ayrıca grup 1 örneklerinin, Denizli’nin (Lykos Vadisi) yerel kil yataklarından, grup 2 örneklerinin Menderes Vadisi olarak tanımlanan bölgedeki kil yataklarından ve grup 3 örneklerinin de Sagalassos antik kenti çevresindeki kil yataklarından alındığı sonucuna varılmıştır.

Katıranlı (2020), Bu yüksek lisans tez çalışmasında, 2012-2019 yılları arasında ele geçen amfora buluntuları ele alınmıştır. Depolama ve özellikle de ticarete yoğun olarak kullanım görmüş olan amfora buluntular (331 eser); çizim, katalog ve analogi çalışmaları ile tez kapsamına dahil edilmiştir. Yapılan analogi araştırmaları sonucunda değerlendirilen parçalar ithal, yerel ve sınıflandırılmayan olmak üzere üç ana başlık altında incelenerek bir tipoloji seti oluşturulmuştur. Ayrıca kent içinde gerçekleştirilen üretim faaliyetleri hakkında da görüş sahibi olmalarına olanak sağlamış, özellikle yerel üretim faaliyetlerinin ön planda olduğu görülen Tripolis, Hierapolis ve Laodikeia kentlerinin yakın ticari ilişki içinde olduğu anlaşılmıştır. Kıyı kentlerine göre İç Batı Anadolu’da Menderes (Meandros) Nehri’nin kenarında bir yamaç kenti olarak konumlanan Tripolis, Lykos Vadisi’nde önemli bir ticari konuma sahip olduğu ve yerel üretim ürünleri ve amforaların sayesinde deniz aşırı kentlerle de hatırı sayılır derecede önemli bir ticari ilişki içerisinde olduğu anlaşılmıştır. Kentin tarihi süreci ve mimari yapıları göz önüne alındığında genel olarak Tripolis’in M.S. 4. ve M.S. 7. yy’lar arasında yoğun şekilde üretim ve ticari faaliyetler içerisinde olduğu anlaşılmıştır.

Semiz ve Çelik (2020), Denizli yöresindeki Belevi kili üzerinde XRD, XRF, DTA-TGA analizleri ve fiziksel testler ile, pişirim ve jeoteknik özellikleri belirlenmiştir. Bu bağlamda, silindirik numuneler hazırlanmış ve 700-1200°C arasında fırınlanmıştır. Pişirme işlemi sırasında mineralojik dönüşümler XRD ile analiz edilmiş, daha sonra tüm numunelerin, kütle yoğunluğu (BD), su absorpsiyonu (WA), serbest basınç dayanımı (UCS) ve ultrasonik darbe hızı (Vp) gibi fiziksel test değerleri ölçülmüş ve yapılan testler sonucunda Belevi killerinin tuğla ve kiremit gibi gözenekli yapısal seramik ürünleri ile çanak çömlek üretiminde uygun olduğunu anlaşılmıştır.

2. AMFORA

Antik dönem ticari kap formu Amfora (Amphora) olarak adlandırmaktadır. Amfora kelimesi *Amphoreus* veya *Amphiphoreus* “karşılıklı” veya “iki taraflı” anlamındaki *Amphi* kelimesi ile taşımak anlamındaki *Pherein* fiilinden türetilen *Phoros* kelimesinin birleştirilmesiyle oluşturulmuş yunanca kökenli bir kelimedir. Bu kelime antik dönemde olduğu gibi günümüzde de farklı tip çeşitliliği içeren iki kulplu kapların tümü için kullanılmaktadır (Doğer 1991) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Amfora taşıyan kişi motifi ve mozaik desenli amfora tasvirleri (Url-3).

Amforaların çeşitli sıvıları taşımak için yapıldığı bilinmektedir. Bu sıvıların genellikle zeytinyağı ve şarabın yanı sıra su, süt, sirke ve bira olduğu bilinmektedir (Twede 2002). Ayrıca balık, balık sosu, meyveler, baharatlar, peynir, baklagiller, fındık, badem, ceviz, şeker, diğer hububat malları ve arap tutkalı, merhem ve göz boyası gibi farklı mal gruplarının da amforalar ile taşındığı antik kaynaklarda belirtilmektedir (Alpözen ve diğ. 1995). Bu kaplar; geçirgenliği olmayan, içindeki ürünü bozulmadan depolamaya yarayan, tıpa ile ağzının kapatılmasına olanak sağlayan dışa çekik dar bir ağır kenarı olan, dar boynu, karşılıklı iki dikey kulplu ve içindeki ürünü boşaltırken kullanılan üçüncü bir tutamak işlevi gören sivri bir kaidelidir (Cankardeş Şenol 2009). Genellikle yüksekliği 50 cm ve üstü olacak

şekilde üretilmiştir. Sıvı hammaddesinin üretildiği yerden, çok uzakta bulunan başka yerleşim yerlerine ticari amaçla gönderildiği bilinmektedir. Bu yüzden ticari anlamda çok büyük öneme sahiptir (Şekil 2.2). Deniz aşırı ticarete uygun bir yapıya sahip olan bu çift kulplu testilerin, ilk örneklerine M.Ö. 3. yy.'da Troya'da (Troia) (Hisarlık tepe) rastlanmaktadır (Doğer 1991). Ayrıca, yaygın olarak kullanılan örnekler Doğu Akdeniz'de Eski Tunç Çağı'nda (M.Ö. 2. binde) karşımıza çıkmaktadır. Bu dönem Kenanlıların (Genellikle Suriye Filistin kıyısındaki dar bir kara şeridi üzerinde M.Ö. 2. yy'da yaşamış insanları tanımlamak için kullanılmaktadır) egemenliğinde olan Suriye ve Filistin yerleşim merkezlerinde ve mezarlarda bol miktarda amforalar bulunmuştur.

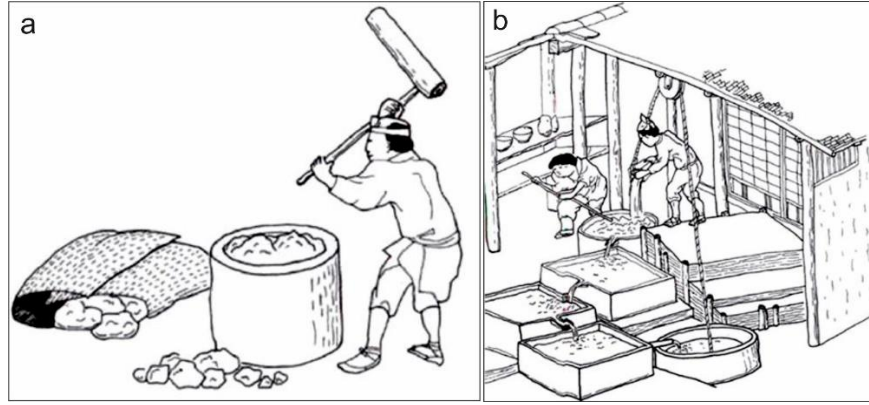


Şekil 2.2: a) Amfora taşıyan gemi mozaïği (Friedman 2008), b) işçiler tarafından taşınan amfora ve 3 memur tarafından not edilen tasfir (Graauw 2018; Çibuk 2019).

2.1 Amfora Üretimi ve Sınıflandırılması

Amforaların üretilmektedir, öncelikle kil hammaddesinin temin edilmesi, çömlekçi çarkında şekillendirilmesi ve uygun sıcaklıkta fırınlarda pişirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Kilin seramik üretimi için hazırlanması, içine mika, kum gibi katkı olarak maddelerinin eklenmesi, çamurun dinlendirilmesi, yoğurulup hava kabarcıklarının yok edilmesi ve çarka alınması, pişirim öncesi yapılan işlemlerdir. Sonrasında çark yardımıyla kile şekil verilir (Alpözen ve diğ. 1995), çok ince tanecikli ya da yoğun olarak çeşitli mineral katkılı, iri tane içerikli kilin bu kabın yapımı için uygun olmadığı bilinmektedir. Bunun sebebi ise çok ince taneli kilden yapılan amforanın kendi ağırlığını dahi taşıyamayacağı riskidir. Yoğun çeşitli mineral katkılı ve iri taneli kilden yapılan amforalara da şekil vermek zordur. Bu iki zorluğun aşılabilmesi için kile yağ giderici ya da yağlandırıcı özellikteki bazı sıvı

maddelerin eklenmesi öngörülmüştür (Katırcı, 2020). Daha sonra çark yardımıyla kile elle biçim verilirken, kabın boyutundan kaynaklanan zorluklar (büyük boyutlardaki kapların yapımı bir hayli zor olabilmektedir) bazen üretimin birkaç aşamadan oluşmasına imkan vermektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: a) Kil yatağından alınan kilin tanecik boyutunun tokmak ile küçültülmesi, b) Kil çamurunun dinlendirme havuzunda kilin açılması ve organik malzemelerden arındırılması, (Wilson 1999; Canbolat 2011).

Amforaların şekillendirilmesi hakkında araştırmacıların farklı önerileri bulunmaktadır. Doğer (1991) amforalar için sunduğu öneride; “Genellikle sivri dipli ve 50 ile 100 cm arasında büyüklüğü olan amforalara tek bir seferde şekil verilmesi mümkün değildir. Bu sebepten dolayı en az iki ya da daha fazla aşamada parça parça imal edilmekte ve bu parçalar bir müddet kurumaya bırakıldıktan sonra yine çamurla birleştirilmektedir” diyerek bu yöntemin yaygın olarak kullanıldığını ileri sürmüştür. Kerem (1999), amforaların bazen iki, bazen de daha fazla sayıda işlem yapılarak; birinci aşamada gövde, ikinci aşamada boyun, üçüncü aşamada kulplar ve dip kısmının eklenerek pişirmeye hazırlamak şeklinde bir tanımlamada bulunur. Akkaş (2015), kabın ağız ve gövde kısmının birlikte yapıldığı yönünde fikir belirtir. Küçük boyutlu amforalarda kabın tamamı çarkta yapılabilir. Ancak daha büyük boyutlu amforalarda ise, ağız ve gövde yapıldıktan sonra, kil halkalarıyla dip kısmı yapılmış olmalıdır. Kulplar kaba her zaman en son aşamada yapıştırılmıştır diyerek kabın şekillenmesini bu şekilde anlatmıştır. Bu işlem gerektiği şekilde yapılmazsa kabın yeterli seviyede sağlam yapılmış olduğu söylenemez. Bu yüzden fırınlama işleminde de titiz bir çalışma gerekmektedir. Bu aşama hakkında Doğer (1991); “çarktan alınan amforaların fırına girmeden önce yavaş kuruması için bir süre gölgede bekletilmesi gerekmektedir” diye ifade ederek fırınlama aşamasından önce kurutma işleminden söz etmektedir. Bu aşamanın uygulanmasının sebebi ise nemli olarak fırına sürülen

kabın hacminin küçüleceği, kırılacağı ya da çatlayacağı gibi olumsuzluklarla karşılaşılmasıdır. Kurutma aşamasından geçen kabın kil özelliklerine göre 850°C ile 1000°C derece arasında bir fırın sıcaklığında pişirilmesi gerekmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Seramik pişirme fırını (Url-4).

Pişirme işleminden sonra diğer aşama ise kabın sağlamlığı, sızdırmaması ve içindeki ürünün kalitesini koruyabilmesi için yapılan yalıtma işlemi de pişirme işlemi kadar önem taşımaktadır. Çömlekçi ustası tarafından yapılan bu işlemde, kabın içine ağaç zifti, katran, sakız veya balmumu gibi reçineli maddeler kullanarak yalıtım yapılmaktadır (Koehler 1986).

Kullanım aşamasına gelen bu kaplar son olarak da dış etkenlerden etkilenmemesi için ve dökülmemesi için ağızlarının çeşitli materyallerden yapılmış tıpalarla kapatılmıştır. Tıplar genellikle, ahşap ve mantar gibi organik maddelerin yanı sıra, kireç taşı, çam kozalağı, çiğ kil, pişmiş toprak tıplar ve daha çok ikincil kullanım amfora gövde parçalarından elde edilen yuvarlatılmış örnekler şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Alpözen ve diğ. 1995) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: M.S.7. yy. Yassıada Bizans Batığında bulunan ağzı tıpalı amfora (Alpözen ve diğ. 1995), İsu Kazısından amfora pişmiş toprak tıpa (Çibuk 2019).

Amforaların sınıflandırılması genellikle araştırmacılar açısından problem oluşturmaktadır. Empereur ve Picon (1986), Empereur ve Tuna (1989) literatürde karmaşa olduğunu belirtmişler ve amfora üzerinde çalışan araştırmacılar tarafından sınıflandırmada sorun olduğunu vurgulamışlardır. Antik çağın ekonomisi ve ticareti üzerine çalışan araştırmacılar, seramik üzerine uzmanlığı olmayan tarihçiler, amfora yayılım ağı haritalama çalışmasında; genellikle tarihsel çalışmalar, ticari faaliyetler ve bağlantılar, piyasalardaki sürekliliği veya kesinti dönemlerini, değişen ekonomiyi vb. veriler için kanıt olarak kullanılmıştır. Birçok kazı alanında amfora buluntularına rastlanılmış ve diğer seramik grupları gibi tipolojik sınıflandırmaları ve katalogları yapılmaya başlanmış ve seramik uzmanları tarafından arkeolojik kayıtlara dayanarak antik çağ ekonomisi hakkında çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Demesticha 2014).

Örnek olarak amforaların sınıflandırılmasında ilklerden biri olan Dressel (1899), sıvı taşımacılığı (şarap, zeytinyağı vb.) yapıldığından bahsetmiştir. Diğer araştırmacılar ise Schumacher (1936), Callender (1965) ve Lomboglia (1955) Dressel amforaları gruplandırma tarifini tanımlamışlar ve Dressel 1 formunu A, B ve C gibi gruplandırma yaparak detaylı bir çalışma yapmışlardır. Ayrıca Robinson (1959), çalışmasıyla Dressel 1 formunu F, G, H ve J amforaları halinde sınıflandırarak detaylandırmıştır. Panella ve Fano (1977), Bifid (ikiz) kulplu Dressel 2, 3 ve 4 amfora buluntularının tipolojik sınıflandırması ve kil özelliklerine göre A, B, C, D, E ve F olarak gruplandırmıştır.

Dressel amforalarında, birçok amfora çeşidi tanımlanarak sınıflandırmaya dahil edilmek istenmiştir, fakat standart bir sınıflandırma yapamamışlardır. Bu sebepten dolayı Peacock (1977), Baetica Bölgesi üretimi amforaları ve Roma Dönemi amforalarını, tipolojik tanımlama sınıflamasının yanında kökenini ve hamur-

kil yapısı hakkında petrografik çalışmalar yaparak, Afrika ve Rhodos amforalarının Batı Akdeniz'deki dağılım haritalarını oluşturmuştur.

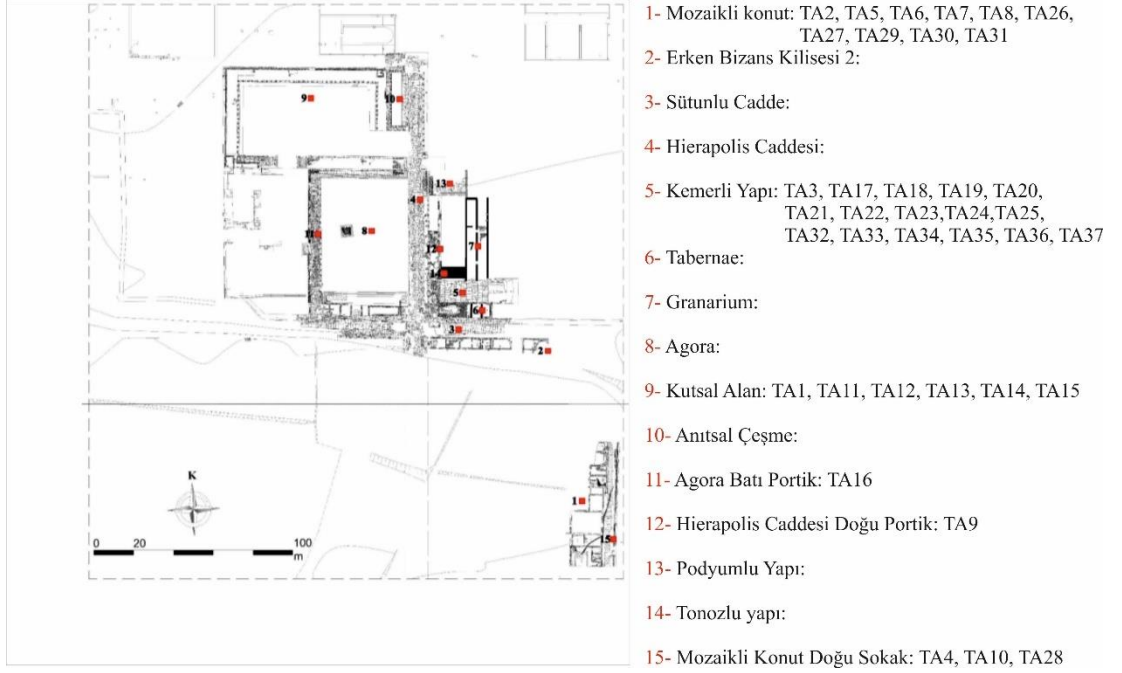
2.2 Tripolis Kazı Çalışmalarında Bulunan Amforalar

Tripolis antik kentinde 2012 yılından beri yapılan kazı çalışmalarında çok sayıda seramik eser bulunmuştur. Kazı ekibinin çalışmaları sonucunda tanımlanan seramik buluntular kazı ekibinde bulunan arkeolog Katıranlı (2020) tarafından yüksek lisans teziyle tipolojik olarak gruplandırılmıştır. Tripolis kazısında bulunan amfora çeşitleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2.1). Kazı çalışmalarında bulunan amfora türleri tipolojilerine göre 3 başlık altında gruplandırılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, arkeolojik bakış açısıyla yerel üretim olarak belirlenen amforalar içinden seçilen 37 parça seramik örneği arkeometrik yönden değerlendirmeye alınıp incelenmiştir.

Tablo 2.1: Tripolis amforalarının arkeolojik bakış açısıyla sınıflandırılması (Katıranıcı 2020).

	Bölgeler	Üretim Yeri	Amfora İsmi	Tipi		
İTHAL AMFORALAR	Batı Akdeniz’de	İspanya-Portekiz merkezli	Almagro 50			
		Cezayir merkezli	Dressel 30			
		Tunus merkezli	Afrika 3			
		Tunus merkezli	Spatheion			
	Doğu Akdeniz’de	Kilikia ve Kuzey Suriye merkezli	Late Roman 1 (LR 1)			
		Gaza merkezli	Late Roman 4 (LR 4)			
		Filistin merkezli	Agora M334			
		Filistin merkezli	Late Roman 5 (LR 5)			
		Mısır merkezli	Late Roman 7 (LR 7)			
	Adalar-Ege’de	Samos merkezli	Agora M273			
	Karadeniz’de	Sinop merkezli	Kuzmanov 9			
	Batı Anadolu’da	Efes merkezli	Late Roman 3 (LR 3)			
		Halikarnassos merkezli	Late Roman 3 (LR 3)			
		Tralleis merkezli	Late Roman 3 (LR 3)			
		Sardis merkezli	Late Roman 3 (LR 3)			
Sardis merkezli		Sardis Tip B				
Sagalassos merkezli		Sagalassos Amforası				
YEREL AMFORALAR	Lykos Vadisi Amforaları	Laodikeia, merkezli, Hierapolis merkezli ve Tripolis merkezli	Tip 1A	Tip 1	Tip 2	Tip 3
			Tip 1B	Tip 1		
			Tip 2A	Tip 1	Tip 2	Tip 3
			Tip 2B	Tip 1	Tip 2	
	Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforalar		Tip A			
			Tip B			
TANIMLANAMAYAN AMFORALAR	Buluntuların tanımlanamayan parçaları, yapılan literatür taramasında benzer bir tipolojik karşılığının bulunamadığı ve kökenini saptanamadığı altı farklı tip amfora vardır.					



Şekil 2.6: Kent planı üzerinde amforaların bulunduğu alanlar (Tripolis kazı arşivi).

2.3 Yerel Üretim Olarak Tanımlanan Amforalar

Tripolis antik kenti kazı çalışmaları sırasında bulunan amforalar, çalışma ekibi tarafından tipolojisine göre gruplandırıldıktan sonra bu amforalar bölgede bol bulunduğu için yerel üretim amforaları olarak isimlendirilmiştir. Tripolis ve çevresinde üretildiği kanısına varılarak tanımlanmış; Lykos Vadisi Amforaları ve Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforalar olarak iki alt gruba ayrılmıştır.

2.3.1 Lykos Vadisi Amforaları

Lykos Vadisi'nde bulunan kent merkezlerinin (Tripolis, Laodikeia ve Hierapolis) ürettiği yerel seramik gruplarından önemli bir grubu oluşturan amforaların, bölgedeki büyük kentlerde üretilmiş olabileceği düşünülerek, Lykos Vadisi Amforaları olarak adlandırılmıştır (Şimşek ve diğ. 2017). Lykos Vadisi Amforaları, Tip 1 ve Tip 2 olarak iki alt tipten oluşmaktadır. Tripolis'ten ele geçen 31 adet amfora TA1-TA31 şeklinde kodlanmıştır.

Tipolojik olarak incelendiğinde; gövde, boyun ve kulp yapılarındaki özelliklerin benzer olduğu amforaların gövde üstünün küresel biçimde, düz veya bir kısım içe doğru girintili halka kaideye doğru konik bir şekilde daralan, yüzeyinin tamamında veya alt yarısına kadar birbirine paralel yivler bulunan, ovoidal formlu olarak tanımlanmaktadır (Katırcı 2020).

Tablo 2.2: Lykos Vadisi Amforalarının Arkeolojik Sınıflandırma Özellikleri (Katırcı 2020).

	Amforaların Genel Özellikleri	Genel Ayrım Özellikleri	GRUPLAR
Lykos Vadisi Tip 1A	Boyun yapıları ters konik ve geniş yapılı, yassı veya elips kesitli olan şerit kulplar, geniş aralıklı yay profile sahiptir. Genellikle kulpların hemen altında veya omuz üzerinde, nadiren de kaide tabanında kazıma ile yapılmış grafiti bulunur. Bu tip amphoraların bir kısmının kulplarında mühür de görülmektedir. Ayrıca ağız kenarları ve boyun yapılarında da görülen farklı uygulamalardan dolayı 2'ye ayrılmaktadır.	Basit ağız kenarlı genellikle ters-konik geniş boyunlu ve ağız kenarları ve boyun yapılarında da görülen farklı uygulamalardan dolayı farklı tiplere ayrılmaktadır.	Tip 1
Lykos Vadisi Tip 1B			Tip 2
Lykos Vadisi Tip 2A			Tip 3
Lykos Vadisi Tip 2B		Dışa kalınlaştırılmış ağız kenarlı, genellikle de silindirik geniş boyunlu olarak tanımlanmakta ve bazılarında dışa kalınlaştırılmış olan dudak kenarında görülen kademeli oluktan, ağız kenarlarında ve boyun yapılarında tespit edilen farklı uygulamalardan dolayı farklı tiplere ayrılmaktadır.	Tip 1
			Tip 2

Amforaların kil ve astar yapısıyla yerel üretim olarak değerlendirilebilecek olan pithos, situla, lekane gibi taşıma ve depolama kaplarının yanı sıra künk ve tuğlarda da benzer şekilde görülüyor olması, bu tip amforaların yerel atölyelerde üretildiğini desteklemektedir (Katırcı 2020).

2.3.2 Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforaları

Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforaları olarak isimlendirilen bu tip (Duman 2017b), bölgenin yerel atölyelerde üretimi olduğu düşünülen Menderes Nehri boyunca bölgesel alan içinde kullanılmış olabilecek amforalardan oluşmaktadır. Fakat Tripolis antik kentinde de üretilmiş olabileceği tahmin edilen Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforaları'nın, tıpkı Lykos Vadisi Amforaları gibi, kazısı yapılan her alanda parçaları bulunmuştur. Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforaları, Tip A ve Tip B olarak 2 gruba ayrılmıştır. Belirlenen katalog numaraları ile bu tez çalışması kapsamında, Tripolis Amforaları kısaltması olacak şekilde, yukarıda da belirtildiği gibi kısaltılarak TA32-TA37 şeklinde kodlanmıştır.

Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforaları tipolojik olarak tanımlandığında; ovoid gövdeli, dışa doğru kalınlaştırılmış ağız kenarlı, omuzlara doğru daralan, geniş yivli çan boyunlu, tabana doğru daralan gövde, tabanda ise içe doğru yükseltilmiş halka kaideli olarak tanımlanmaktadır. Kulplar boyun ortasından bağlanıp omuz üzerine birleştirilmiş yassı ve genellikle çift olukludur (Katırcı 2020).

Tablo 2.3: Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforalarının Sınıflandırma Özellikleri (Katırcı 2020).

		Amforaların Genel Özellikleri	Genel Ayrım Özellikleri	GRUPLAR
Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amforaları	Tip A	Gövde çapları Lykos Vadisi amforaları'ndan daha dardır ve ağız kenarları Lykos Vadisi amphorası Tip 2 gibi özelliklere sahiptir. Dışa kalınlaştırılmış bant ağız kenarı, Lykos Vadisi amphorası Tip 2 gibi düz ve oluklu yapılarından dolayı iki alt tipte incelenmektedir.	Dışa kalınlaştırılmış dudaklı ve üstte yuvarlaklaştırılmış ağız kenarlı olarak görülmekte	TA32, TA 33, TA 34
	Tip B		Dışa kalınlaştırılmış olan dudak kenarı ortasında veya ağız kenarı yakınında oluk bulunur. Ağız çapları 10-12,8 cm, kaide çapları ise 8-10 cm arasında değişmektedir.	TA 35, TA 36, TA37

Bu amforalarda gözlemlenen kil ve astar yapısı değerlendirildiğinde, hamur yapılarının dağılmayan, dayanıklı ve ince gözenekli, bol miktarda mika minerali ve kalsit (kireç) katkılı olarak tanımlanmıştır. Parçaların iç yüzeylerinin yarıya kadar dış yüzey astarıyla aynı renkte olması ve yer yer tabana doğru ve tabanda da boya akıntılarının bulunması, söz konusu tipteki amforaların daldırma tekniği kullanılarak astarlandığını göstermektedir. Amforalarda görülen kil ve astar yapılarının, yerel üretim olarak değerlendirilebilecek olan çanak, kase, lekane gibi günlük kullanım kaplarında da görülüyor olması, bu tip amforaların yerel atölyelerce üretildiğini desteklemektedir. Ancak literatür taramasında benzer amfora kayıtlarının olmaması amforaların üretim tarihi ve yayılım yerleri bilgisi hakkında sağlıklı veriye ulaşılamamıştır. Ancak kentte yoğun olarak benzer özellikte amfora bulunduğu için kentte üretildiği düşünülmektedir (Katırcı 2020).

3. AMFORALARIN MİNERALojİK ve PETROGRAfİK ÖZELLİKLERİ

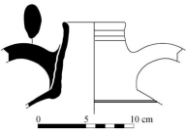

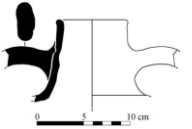

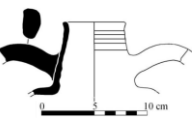



Yerli üretim olduğu düşünölen amfora parçalarının mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi tezin ana amacını oluşturmaktadır. Bu kapsamda amfora parçalarının hem makroskobik hem de mikroskobik özellikleri detaylı olarak farklı arkeometrik yöntemlerle incelenmiştir.

3.1 Renk (Kromametrik) Analizi

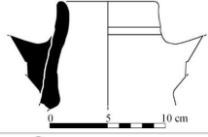
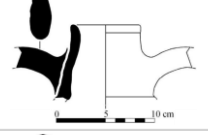

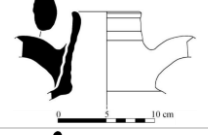

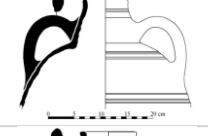

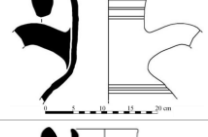



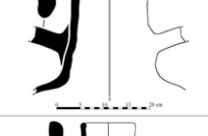


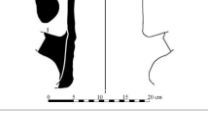
Renk ölçüm cihazı ile bir örneğin üç noktasından (iç, dış ve kesit) renk değerlerini ifade eden ölçümler ortalamaları alınarak kaydedilmiştir. CIE L*a*b* (Commission Internationale de L'Eclairage) renk sistemi kullanılmıştır. Munsell renk sistemine göre bu değerlerin karşılığı belirtilmiştir (Tablo 3.1).

Seramiklerin fırınlama esnasında uygulanan farklı sıcaklık derecelerinden dolayı veya mineral içeriğinden kaynaklı renk tonlarındaki farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılıklar dikkate alındığında genel olarak, kırmızı, kahverengi, krem ve sarımsı renk tonlarında tanımlanmıştır.

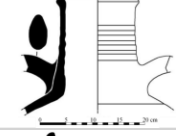

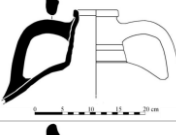

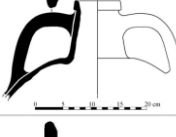

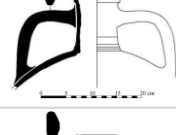

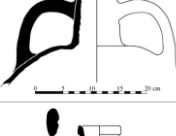



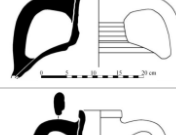

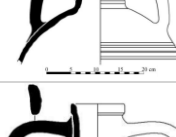

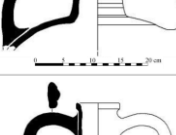

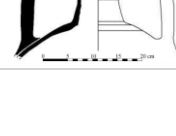

Tablo 3.1: Tripolis amfora örneklerinin form ve renk analiz tablosu (Çizimler: (Katıranrı 2020)).

Örnek No:	Örnek Formu	Makro Örnek	L	a	b	Munsell
TA1			52.50	11.86	22.15	7,5 YR 5/6 strong brown (koyu kahverengi)
TA2			56.72	11.83	22.00	7,5 YR 6/6 reddish yellow (kırmızımsı sarı)
TA3			63.34	9.23	20.84	7,5 YR 6/4 light brown (açık kahverengi)
TA4			67.24	3.59	19.71	2,5 Y 7/4 pale brown (soluk kahverengi)




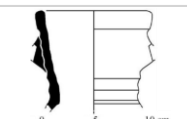

Tablo 3.1: (devam)

Örnek No:	Örnek Formu	Makro Örnek	L	a	b	Munsell
TA5			74.41	3.41	20.27	2,5 Y 7/4 pale brown (soluk kahverengi)
TA6			76.22	3.15	21.57	2,5 Y 8/4 pale brown (soluk kahverengi)
TA7			65.65	9.79	20.54	7,5 YR 7/4 pink (pembe)
TA8			60.65	9.47	19.68	7,5 YR 6/4 light brown (açık kahverengi)
TA9			62.07	12.29	23.35	7,5 YR 6/6 reddish yellow (kırmızımsı sarı)
TA10			57.42	16.12	22.46	10 YR 8/4 very pale brown (çok soluk kahverengi)
TA11			52.82	6.92	17.68	10 YR 5/4 yellowish brown (sarımsı kahverengi)
TA12			62.60	9.69	21.58	10 YR 6/4 light yellowish brown (açık sarımsı)
TA13			62.28	10.21	21.97	7,5 YR 6/4 light brown (açık kahverengi)
TA14			60.76	9.96	20.34	7,5 YR 6/4 light brown (açık kahverengi)
TA15			62.40	10.81	22.48	7,5 YR 6/4 light brown (açık kahverengi)

Tablo 3.1: (devam)

Örnek No:	Örnek Formu	Makro Örnek	L	a	b	Munsell
TA16			60.52	6.13	16.36	10 YR 6/4 light yellowish brown (açık sarımsı)
TA17			69.06	6.55	19.95	10YR 7/4 very pale brown (çok soluk kahverengi)
TA18			70.09	5.35	20.10	10YR 7/4 very pale brown (çok soluk kahverengi)
TA19			71.50	4.62	21.30	10YR 7/4 very pale brown (çok soluk kahverengi)
TA20			57.69	13.45	23.14	7,5 YR 6/6 reddish yellow (kırmızımsı sarı)
TA21			64.98	8.26	20.17	10YR 6/4 light yellowish brown (açık sarımsı)
TA22			64.74	8.62	21.35	10YR 6/4 light yellowish brown (açık sarımsı)
TA23			64.07	5.70	16.11	10YR 6/4 light yellowish brown (açık sarımsı)
TA24			62.68	6.70	17.55	10YR 6/4 light yellowish brown (açık sarımsı)
TA25			58.24	9.37	18.57	7,5 YR 6/4 light brown (açık kahverengi)

Tablo 3.1: (devam)

Örnek No:	Örnek Formu	Makro Örnek	L	a	b	Munsell
TA26			64.50	11.96	21.06	7,5 YR 6/6 reddish yellow (kirmizimsı sarı)
TA27			59.93	12.29	21.76	7,5 YR 6/6 reddish yellow (kirmizimsı sarı)
TA28			63.40	12.16	22.38	7,5 YR 6/6 reddish yellow (kirmizimsı sarı)
TA29			66.12	9.23	20.54	7,5 YR 7/4 pink
TA30			76.81	5.96	19.47	10 YR 8/4 very pale brown
TA31			68.11	9.45	22.23	7,5 YR 7/4 pink
TA32			64.81	7.30	19.29	10 YR 6/4 light yellowish brown
TA33			59.35	12.69	20.68	7,5 YR 6/6 reddish yellow
TA34			58.66	8.06	19.20	7,5 YR 6/4 light brown
TA35			61.28	13.76	22.92	7,5 YR 6/6 reddish yellow
TA36			61.60	10.90	22.79	7,5 YR 6/6 reddish yellow
TA37			59.17	8.37	18.94	7,5 YR 6/4 light brown

Amfora örneklerinde (L) renk kodu değeri 52,50 ile 76,81 arasında, (+a) renk kodu değeri 3,15 ile 16,12 arasında ve (+b) değeri de 16,11 ile 23,35 arasında değişim göstermektedir (Tablo 3.1).

3.2 Optik Mikroskop Çalışması

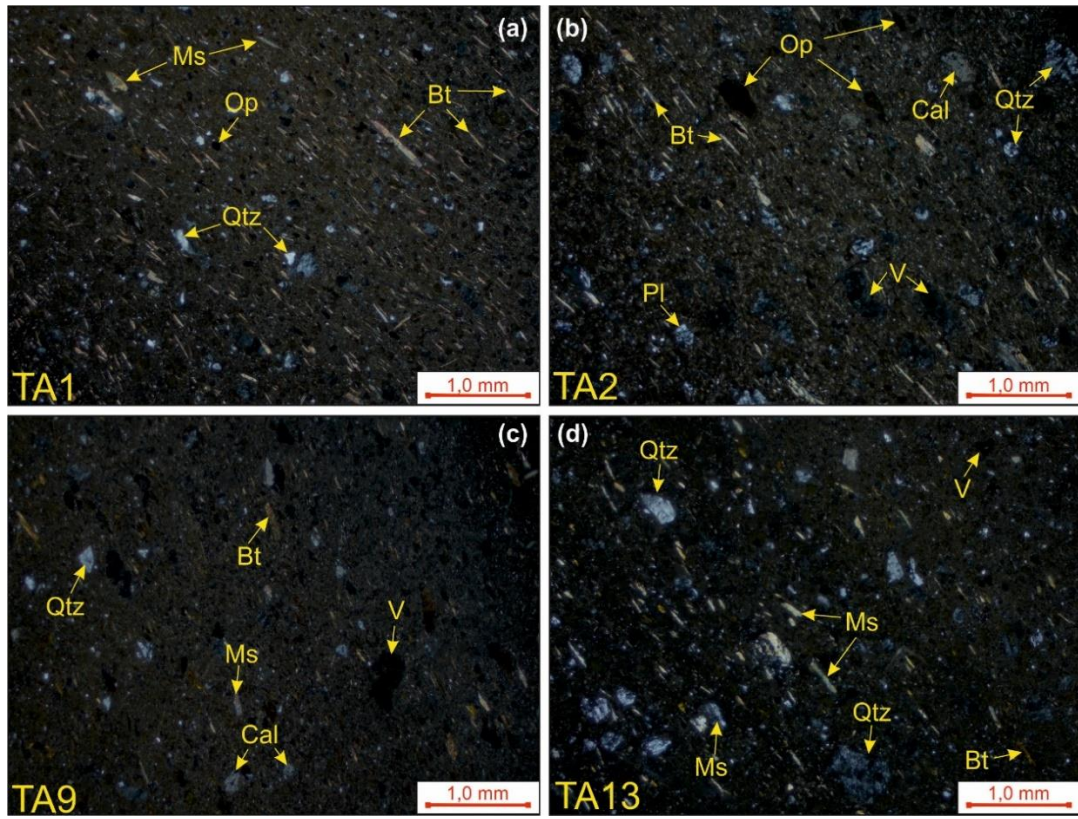
Bu çalışma kapsamında, 37 adet amfora örneğinden ince kesit yapılmıştır. Tüm örnekler mikroskopta incelenmiş ve mineral içerikleri tanımlanmıştır. Seramikleri oluşturan mineral bileşenlerinin kuvars, mika, feldispat, karbonat (kalsit) ve kil grubu minerallerden oluştuğu belirlenmiştir. İncelenen bütün amfora örneklerinde mineral bileşenlerin benzer olduğu ancak tane boyutu ve miktarlarının farklı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte amfora örneklerinin boşluk şekil ve boyutlarında belirgin farklılıklar belirlenmiştir.

Amforaların petrografik olarak sınıflandırılmasında Quinn (2013)'te belirtilen ölçütler dikkate alınmıştır. Buna göre amfora örneklerinin içerdiği minerallerin şekil, boyut, miktarları ve boşluk içerikleri belirlenmiştir. Bu ölçütlere göre sınıflandırılan amfora örnek gruplarından temsili örnekler (TA2, TA3, TA5, TA7, TA10, TA11, TA12, TA17, TA21, TA24, TA26, TA32 ve TA36) üzerinde CorelDRAW ve İmageJ programları ile görüntü işleme tekniği uygulanmıştır. Amfora örnekleri mineralojik-petrografik olarak incelendiğinde 4 ana gruptan oluşmaktadır ve her grup kendi içerisinde de 2 alt gruba ayrılmıştır. Amfora gruplarının detaylı incelemeleri aşağıda verilmiştir.

Petrografik Grup 1 (PG-1): 1. Grup amforalarda mika mineralleri, karbonat (kalsit), feldispat, opak mineraller ve az miktarda piroksen (TA9, TA12), litik parçalar (mikaşist, mermer (TA12)) belirlenmiştir. Mineral bileşenleri boyutları bakımından iyi derecelenme göstermektedir. Mika minerali olarak biyotit bileşimli mineraller baskındır. Biyotitler ince, uzun iğnemi görünümündedir. Tipik olarak belirgin yönlenme göstermektedir (TA8 numaralı örnek dışında). 1. Grup amfora örnekleri içerdiği mika minerallerinin boyutlarına ve karbonat (kalsit) içeriklerine göre PG-1A ve PG-1B olmak üzere iki alt gruba ayrılmıştır.

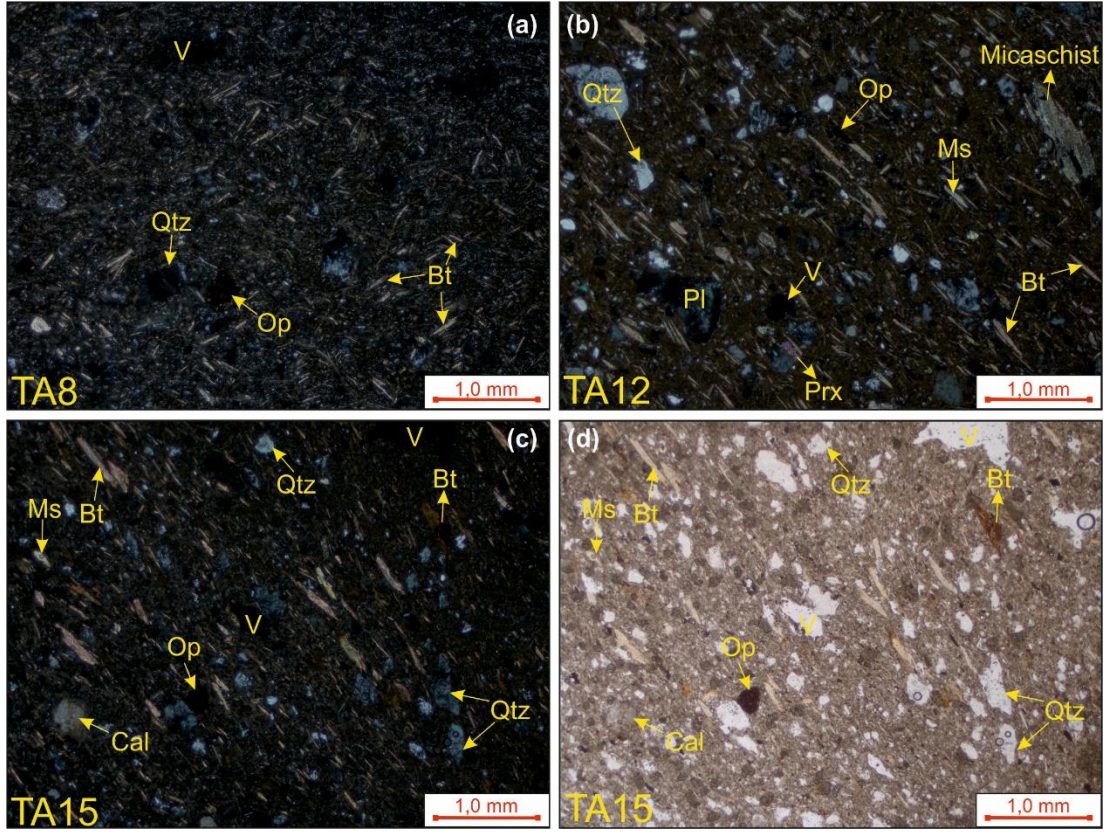
PG-1A (TA1, TA2, TA4, TA9 ve TA13): Bu grubun ayırtman özellikleri; mika minerallerinin küçük boyutlu, baskın olması ile az miktarda karbonat (kalsit) içermesidir. biyotit minerallerinin boyutları 0,19-0,48 mm, karbonat (kalsit) minerallerinin boyutları 0,33-0,29 mm, kuvars minerallerinin boyutları 0,14-0,38 mm ve opak minerallerin boyutları 0,13-0,25 mm arasında değişmektedir. PG-1A grubu

amforaların boşluk yapıları eş boyutlu (equant vesicles) ve vughs şeklinde olup, boyutları 0,80-1,43 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.1).



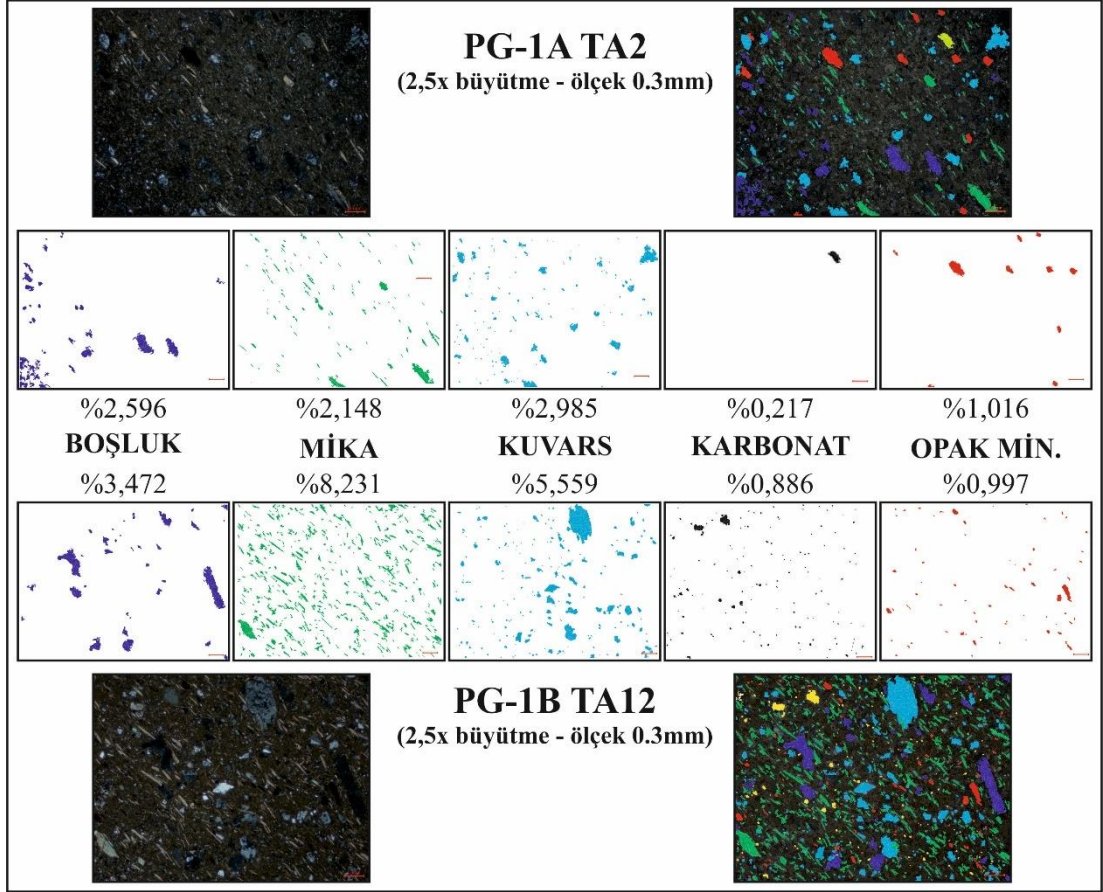
Şekil 3.1: PG-1A grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; Pl: Plajiyoklaz).

PG-1B (TA8, TA12 ve TA15): Bu grubun ayırtman özellikleri ise; mika mineralinin yoğun, iri taneli ve az miktarda karbonat (kalsit) içermesidir. Biotit minerallerinin boyutları 0,22-0,71 mm, karbonat (kalsit) minerallerinin 0,17-0,53 mm, kuvars minerallerinin boyutları 0,21-0,61 mm ve opak minerallerin boyutları 0,24-0,40 mm arasında değişmektedir. PG-1B grubu amforaların boşluk yapıları eş boyutlu (equant vesicles) ve vughs şeklinde olup, boyutları 0,46-1,17 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: PG-1B grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral; Prx: piroksen).

Petrografik olarak ayrılan birinci grup örneklerinden seçilen TA2 ve TA12 örneklerine görüntü işleme tekniği uygulanmıştır. PG-1A ile PG-1B arasındaki farklılıklar görüntü işleme teknikleri ile de belirgin şekilde ortaya koyulmuştur. Mika ve kuvars mineralleri TA12 örneğinde belirgin şekilde yükselmektedir. Karbonat (kalsit) mineralleri de benzer şekilde fazlalık göstermektedir (Şekil 3.3).



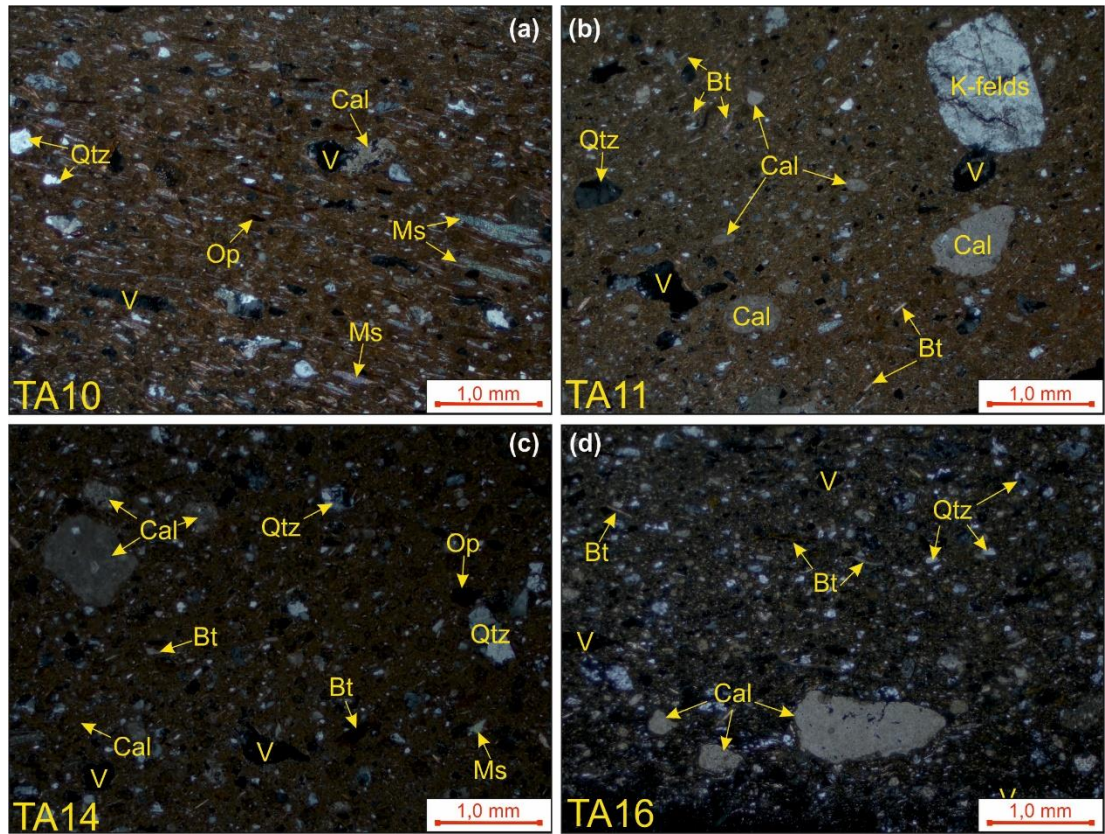
Şekil 3.3: PG-1A (TA2) ve PG-1B (TA12) gruplarından seçilmiş örneklerin görüntü işleme analiz sonuçları.

Petrografik Grup 2 (PG-2): 2. Grup amforalarda mika mineralleri, karbonat (kalsit), feldispat, kuvars, opak mineraller, kireç topağı (TA14-TA16) ve litik parçalar (mikaşist) belirlenmiştir. Mineral bileşenleri boyutları bakımından orta derecelenme (moderately sorted) göstermektedir. Karbonat (kalsit) içeriği yoğun ve iri taneli olarak gözlenmektedir. Mika minerali ince, uzun ve iğnemsî görünümündedir. Tipik olarak belirgin yönlenme göstermektedir. 2. Grup amfora örnekleri içerdiği mika özelliklerine göre PG-2A ve PG-2B olmak üzere iki alt gruba ayrılmıştır.

PG-2A (TA10): Bir grup olarak ayrılan bu örneğin ayırtman özellikleri; mika minerallerinin iri boyutlu, baskın olması ve az, yuvarlak şekilli karbonat (kalsit) içermesidir. Yoğun olarak gözlemlenen muskovit mineralleri, mavimsi yeşil renkli ve boyutları 0,34-0,76 mm arasında değişmektedir. Karbonat (kalsit) minerallerinin boyutları 0,37-0,54 mm, kuvars minerallerinin boyutları 0,21-0,41 mm ve opak minerallerin boyutları 0,8-0,16 mm arasında değişmektedir. PG-2A grubu

amforaların boşluk yapıları düzlemsel boşluk (planar voids) tipinde olup, boyutları 0,40-0,62 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.4a).

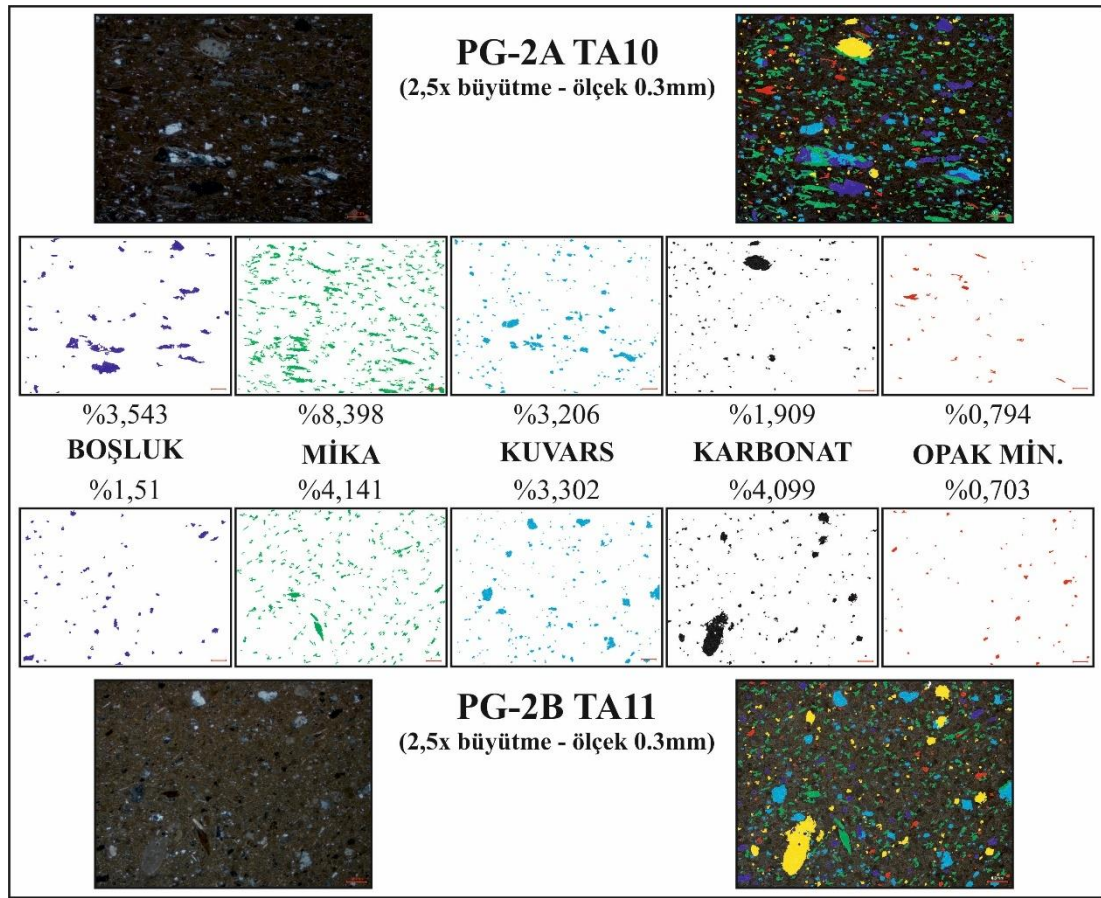
PG-2B (TA11, TA14 ve TA16): Bu gruptaki ayırtman özellikleri ise; mika minerallerinin baskın olması ile yoğun, iri taneli karbonat (kalsit) içeriği olması ve litik parçaları (mikaşist, kuvarsit) içermesidir. Biotit minerallerinin opaklaşmış sarımsı kahverengi şeklinde, boyutları 0,23-0,97 mm, karbonat (kalsit) minerallerinin boyutları 0,17-1,07 mm, kuvars minerallerinin boyutları 0,15-0,79 mm, feldispat minerallerinin boyutları 0,15-0,45 mm ve opak minerallerinin boyutları 0,11-0,29 mm arasında değişmektedir. PG-2B grubu amforaları boşluk yapıları vughs şeklinde olup, boyutları 0,40-0,62 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.4b, c ve d).



Şekil 3.4: PG-2 grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; K-Felds.: Alkali Feldispat; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).

Petrografik olarak ayrılan ikinci grup örneklerinden TA10 ve TA11 örneklerine üzerinde görüntü işleme tekniği uygulanmıştır. PG-2A ile PG-2B arasındaki farklılıklar görüntü işleme teknikleri ile de belirgin şekilde ortaya koyulmuştur. Mika ve karbonat (kalsit) mineral içerikleri ve boşluk içeriğinin

arasındaki farklılıklar belirgin şekilde görülmektedir. Ayrıca kuvars ve opak mineral içerikleri de yakın değerler göstermektedir (Şekil 3.5).

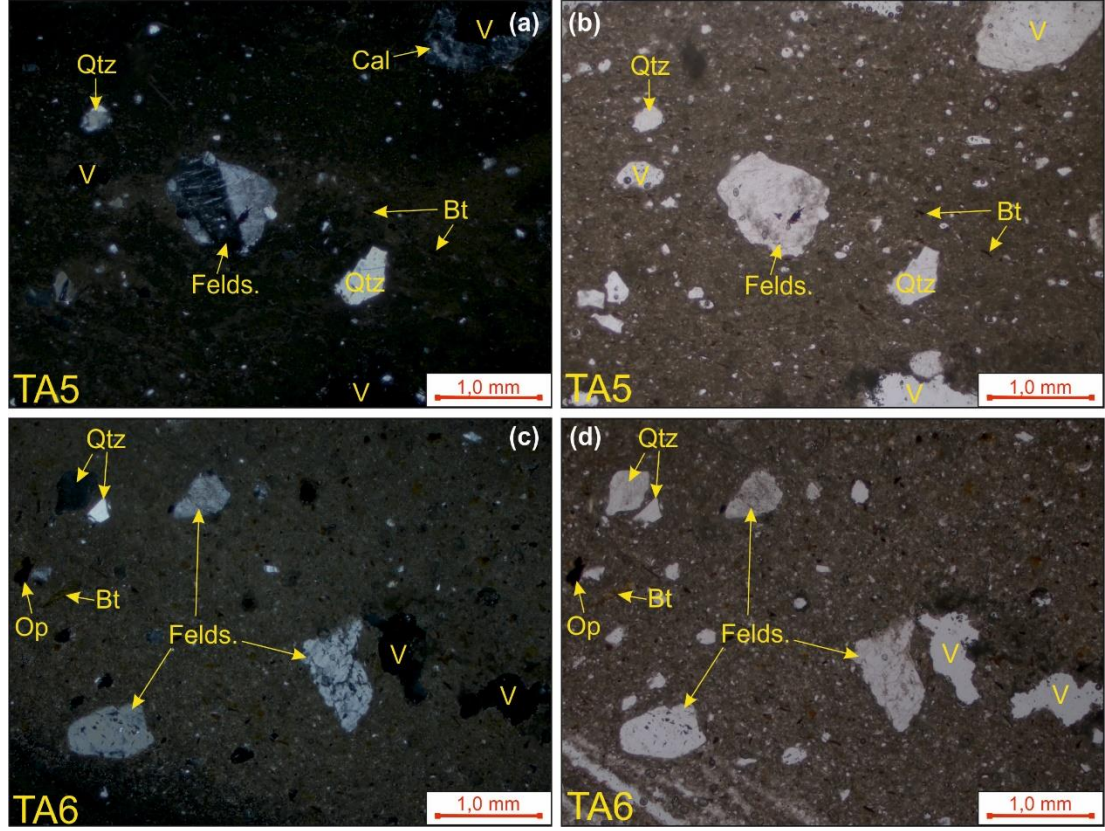


Şekil 3.5: PG-2A (TA10) ve PG-2B (TA11) gruplarından seçilmiş örneklerin görüntü işleme analiz sonuçları.

Petrografik Grup 3 (PG-3): 3. Grup amforaların feldispat, mika, karbonat (kalsit), kuvars, opak mineraller ve litik parçalar (kuvarsit) belirlenmiştir. Mineral bileşenleri boyutları bakımından kötü derecelenme (poorly sorted) göstermektedir. Mika minerali olarak biyotit bileşimli mineralleri az miktarda olup, belirli yönde yönlenme ve opaklaşmış halde görülmektedir. Hamur içeriği karbonat (kalsit) miktarı yoğun ve diğer gruplara göre farklı renkte görünmektedir. Feldispat içeriklerine göre PG-3A ve PG-3B olmak üzere iki alt gruba ayrılmıştır.

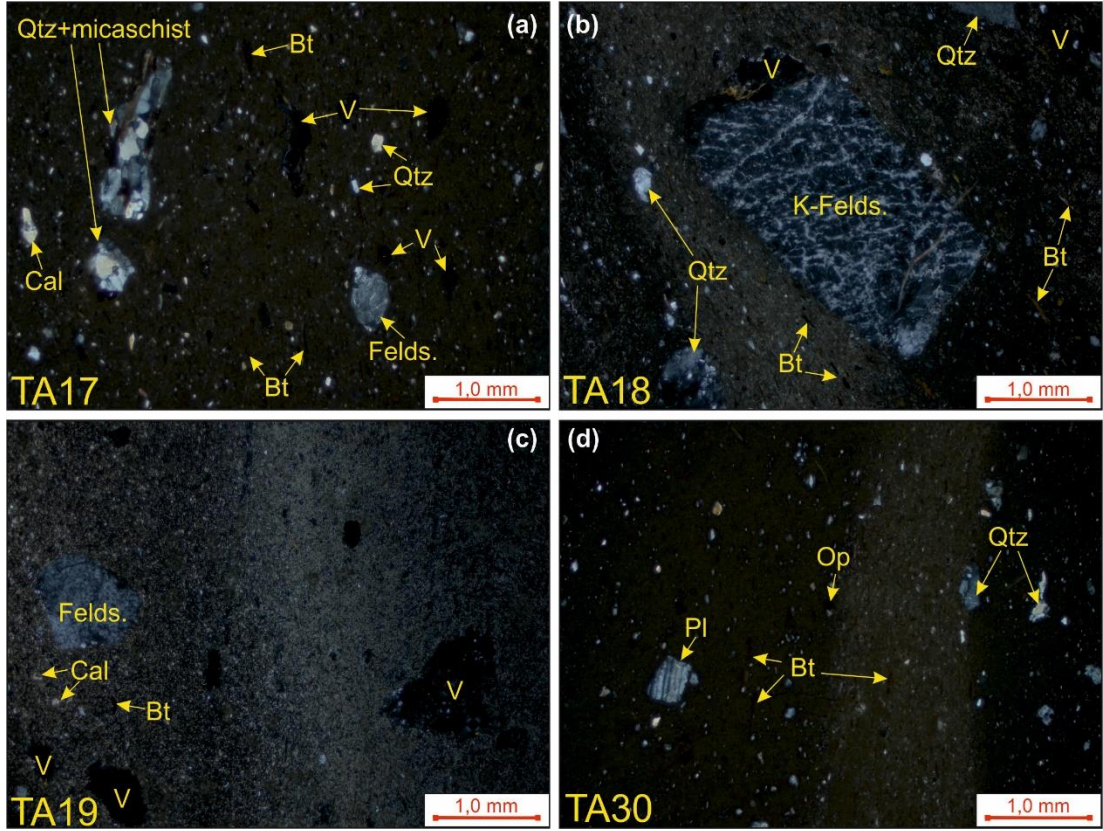
PG-3A (TA5 ve TA6): Bu grubun ayırtman özellikleri; feldispat minerallerinin iri boyutta ve hamur içerisinde yoğun, boşluk dolgulu karbonat (kalsit) mineralleri içermesidir. Biyotit mineralleri yer yer opaklaştığı görülmektedir ve boyutları 0,12-0,44 mm arasında ölçülmüştür. Karbonat (kalsit) minerallerinin boyutları 0,17-1,72 mm, kuvars minerallerinin boyutları 0,29-0,68 mm, feldispat minerallerinin boyutları

0,36-1,51 mm ve litik parçalarının boyutları 0,55-1,68 mm arasında değişmektedir. PG-3A grubu amforalar boşluk yapıları vughs ve düzlemsel boşluk (planar voids) şeklinde olup, boyutları 0,40-0,88 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.6).



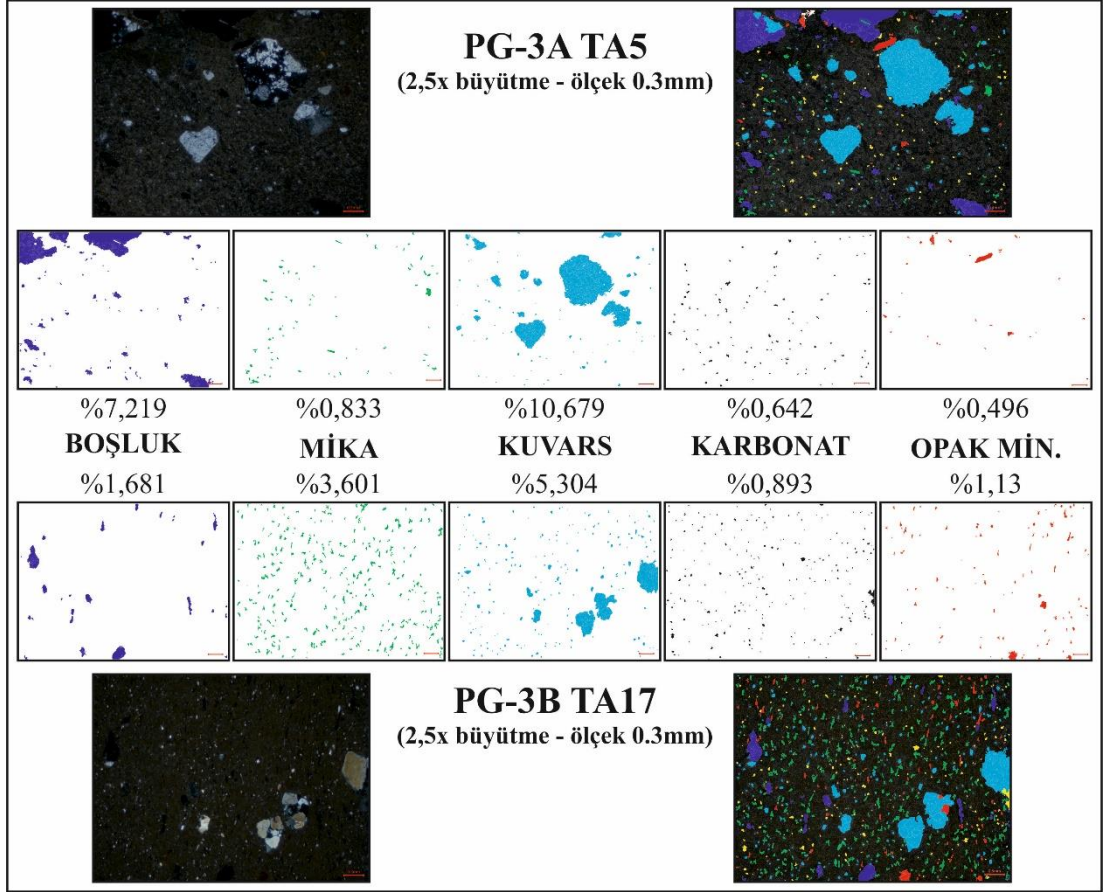
Şekil 3.6: PG-3A grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; Felds.: Feldispat; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).

PG-3B (TA17, TA18, TA19 ve TA30): Bu grubun ayırtman özellikleri ise; feldispat minerallerinin az miktarda, iri taneli ve yoğun, boşluk dolgulu karbonat (kalsit) mineralleri içermesidir. Biotit minerallerinin boyutları 0,15-0,28 mm, kuvars minerallerinin boyutları 0,11-0,63 mm, feldispat minerallerinin boyutları 0,60-1,70 mm ve litik parçalarının boyutları 0,51-1,39 mm arasında değişmektedir. PG-3B grubu amforalar boşluk yapıları vughs ve düzlemsel boşluk (planar voids) şeklinde olup, boyutları 0,40-0,88 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: PG-3B grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; K-Felds.: Alkali Feldispat; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).

Petrografik olarak ayrılan üçüncü grup örneklerinden TA05 ve TA17 örneklerine üzerinde görüntü işleme tekniği uygulanmıştır. PG-3A ile PG-3B arasındaki farklılıklar görüntü işleme teknikleri ile de belirgin şekilde ortaya koyulmuştur. Mika, opak mineralleri ve boşluk içerikleri arasındaki farklılıklar belirgin şekilde görülmektedir. Ayrıca kuvars mineralleri içerikleri diğer gruplara göre yüksek değerde ve PG-3 içerisinde de farklı değerler göstermektedir (Şekil 3.8).

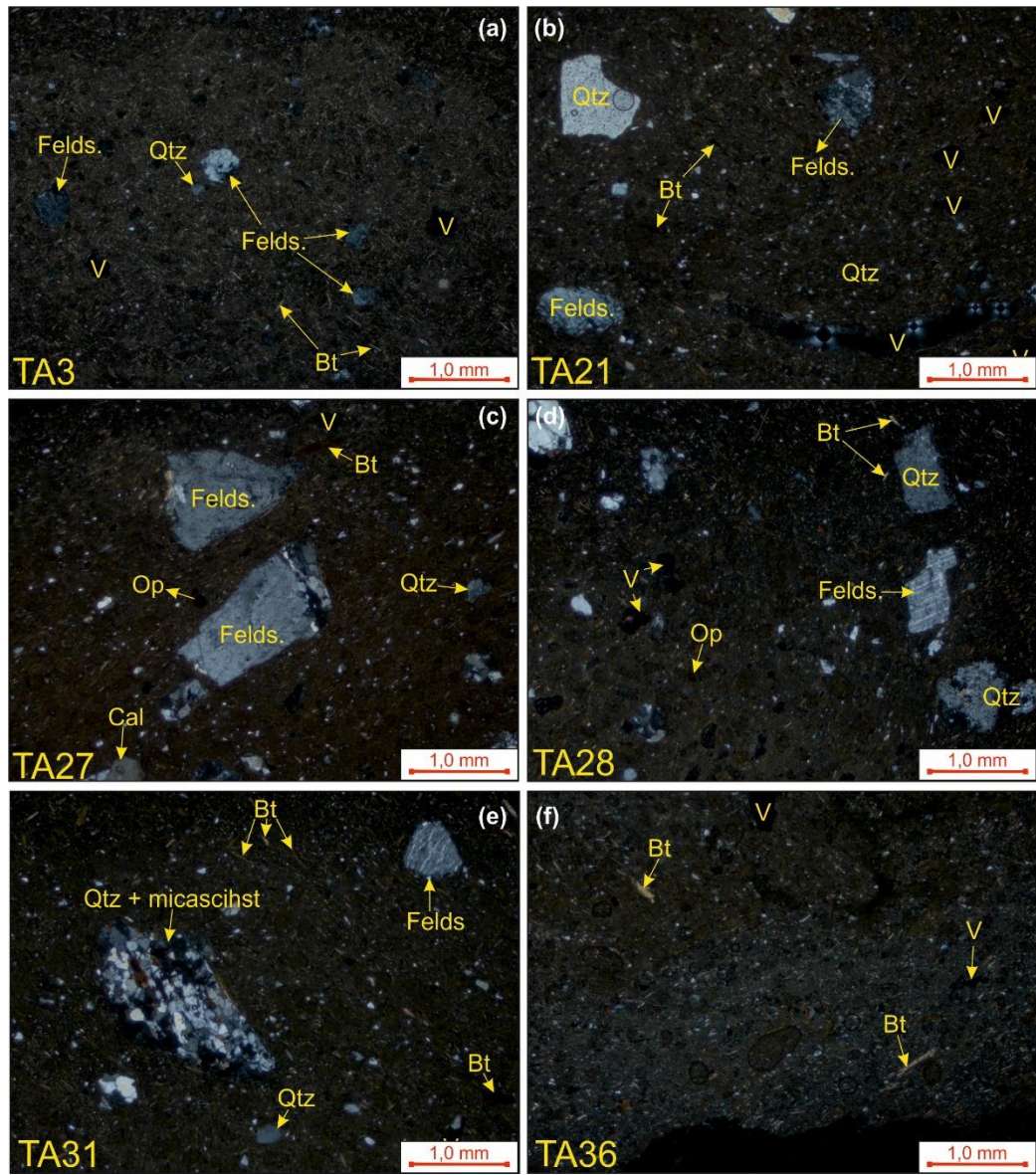


Şekil 3.8: PG-3A (TA5) ve PG-3B (TA17) gruplarından seçilmiş örneklerin görüntü işleme analiz sonuçları.

Petrografik Grup 4 (PG-4): 4. Grup amforaların feldispat, mika, karbonat (kalsit), kuvars, opak mineraller ve litik parçalar (kuvarsit) belirlenmiştir. Mineral bileşimleri boyutları bakımından çok kötü derecelenme (very poorly sorted) göstermektedir. Mika mineralleri küçük boyutlarda ve belirgin yönde yönelme göstermektedir. Az içerikli karbonat (kalsit), iri taneli feldispat mineralleri görülmektedir. 4. Grup amfora örneklerinin içerdiği mika özelliklerine göre PG-4A ve PG-4B olmak üzere iki alt gruba ayrılmıştır. Ayrıca, PG-4A ve PG-4B grupları da kendi içerisinde mineral bileşimleri boyutları çok iyi derecelenme (very well sorted) göstermesi bakımından alt gruplara ayrılmıştır

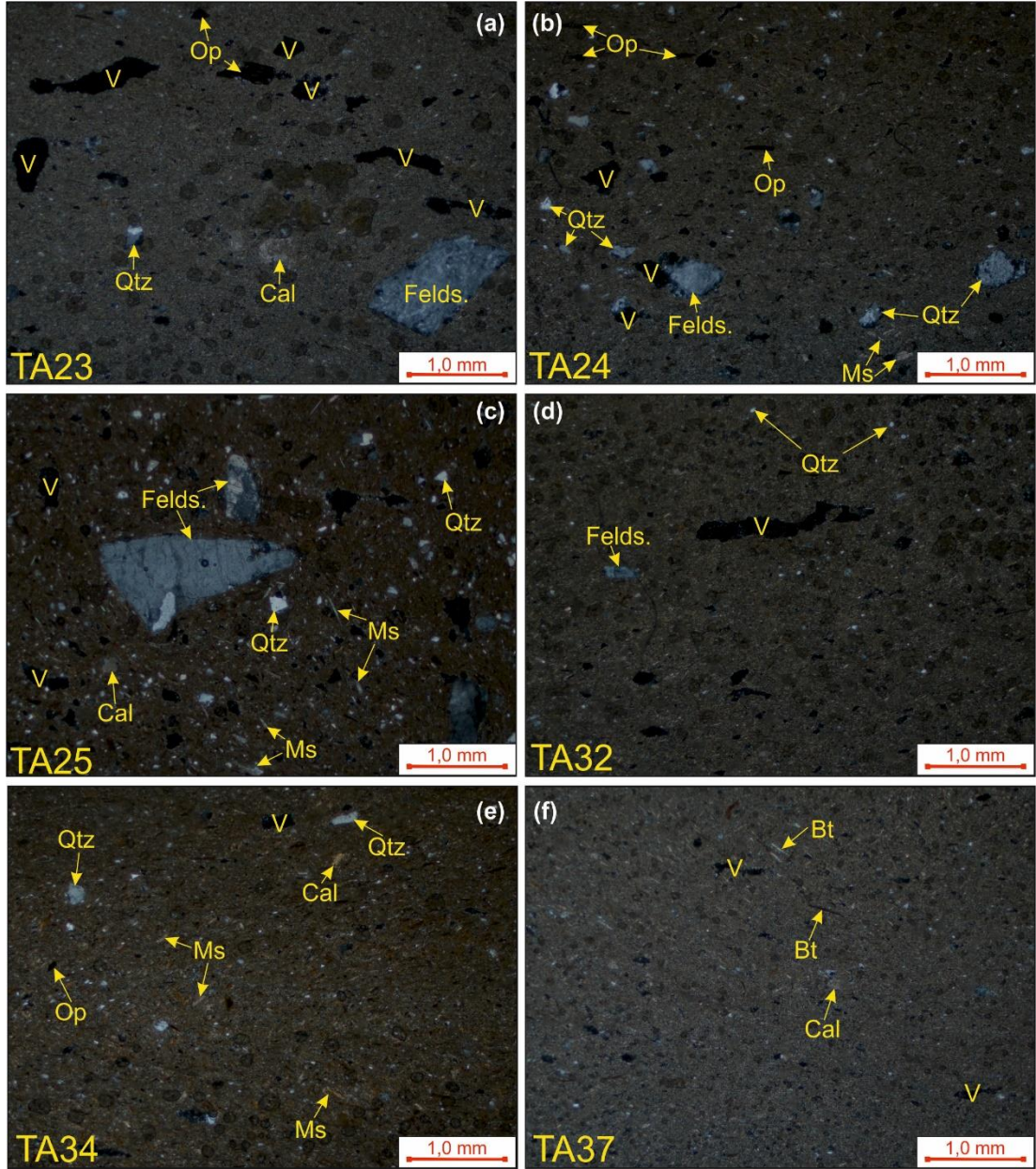
PG-4A (TA3, TA7, TA20, TA21, TA22, TA26, TA27, TA28, TA29, TA31, TA33, TA35 ve TA36): Bu grubun ayırtman özellikleri; mika minerallerinin biyotit bileşiminin baskın olması ile muskovit bileşiminin az miktarda olması ve yumru şekilli karbonat minerallerinin içermesidir. Mika minerallerinin boyutları 0,12-0,42 mm, karbonat (kalsit) minerallerinin boyutları 0,17-0,39 mm, kuvars minerallerinin boyutları 0,19-0,76 mm, feldispat minerallerinin boyutları 0,23-0,81 mm arasında,

litik parçalarının boyutları 0,85-1,41 mm ve opak mineralleri genel boyutları 0,14-0,29 mm değişmektedir. PG-4A grubu amforalar boşluk yapıları düzlemsel boşluk (planar voids) şeklinde ve boyutları 0,40-2,20 mm arasında değişmektedir. Çok iyi derecelenme gösteren TA33, TA35 ve TA36 amfora örnekleri benzer mineral içeriklidir. Biyotit minerallerinin boyutları 0,10-0,24 mm, karbonat (kalsit) minerallerinin boyutları 0,06-0,18 mm, kuvars minerallerinin boyutları 0,06-0,16 mm ve opak minerallerinin boyutları 0,07-0,30 mm arasında değişmektedir. Bu amfora grubunun boşluk yapıları farklı boyutlarda (nonequant vesicles) gözlenmekte ve boyutları 0,34-0,65 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.9).



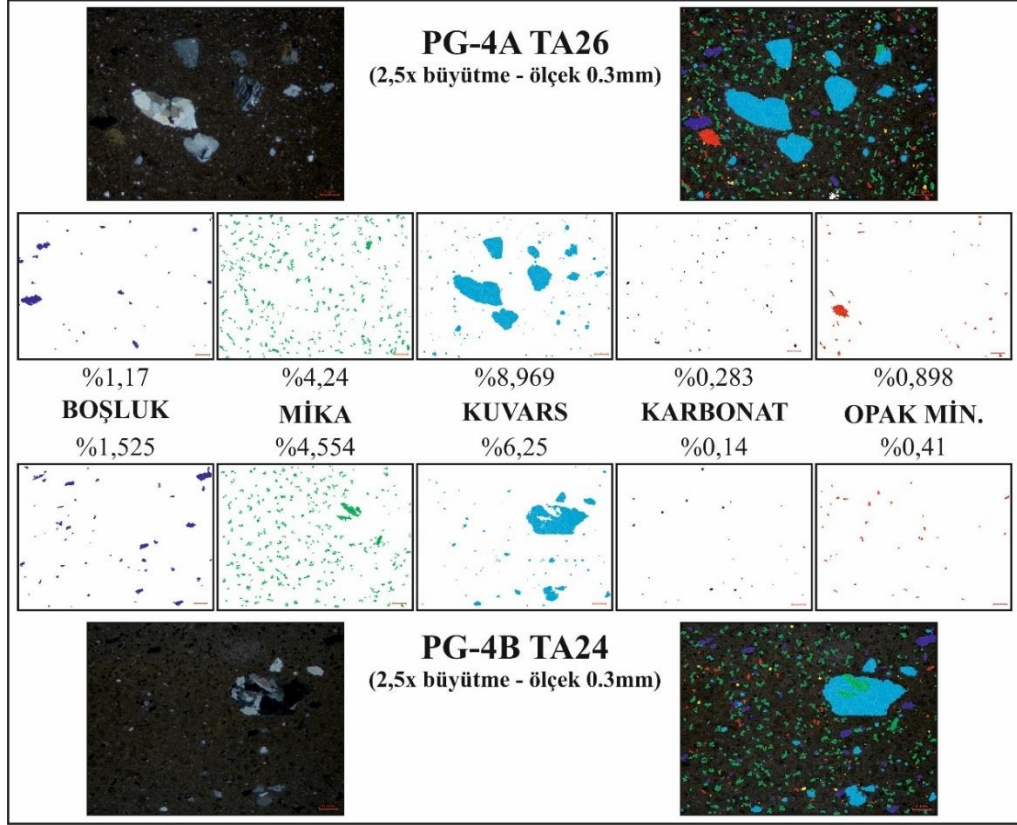
Şekil 3.9: PG-4A grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; Felds.: Feldispat; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).

PG-4B (TA23, TA24, TA25, TA32, TA34 ve TA37): Bu grubun ayırtman özellikleri; mika minerallerinin muskovit bileşiminin baskın olması ile az miktarda biyotit bileşimi, karbonat (kalsit) mineralleri ve feldispat mineralleri belirlenmiştir. Mika minerallerinin boyutları 0,10-0,48 mm, karbonat (kalsit) minerallerinin boyutları 0,23-0,50 mm, feldispat minerallerinin boyutları 0,19-0,65 mm, opak minerallerinin boyutları 0,12-0,56 mm ve litik parçalarının boyutları 0,44-1,35 mm arasında değişmektedir. PG-4B grubu amforalar boşluk yapıları düzlemsel boşluk (planar voids) şeklinde ve boyutları 0,2-2,0 mm arasında değişmektedir. Çok iyi derecelenme gösteren, TA32, TA34 ve TA37 amfora örnekleri benzer mineral içeriklidir. Muskovit minerallerinin boyutları 0,07-0,32 mm, karbonat (kalsit) minerallerinin boyutları 0,08-0,12 mm, kuvars minerallerinin boyutları 0,05-0,21 mm ve opak minerallerinin boyutları 0,09-0,15 mm arasında değişmektedir. Bu amfora grubunun boşluk yapıları vughs şeklinde ve boyutları 0,26-1,20 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.10).

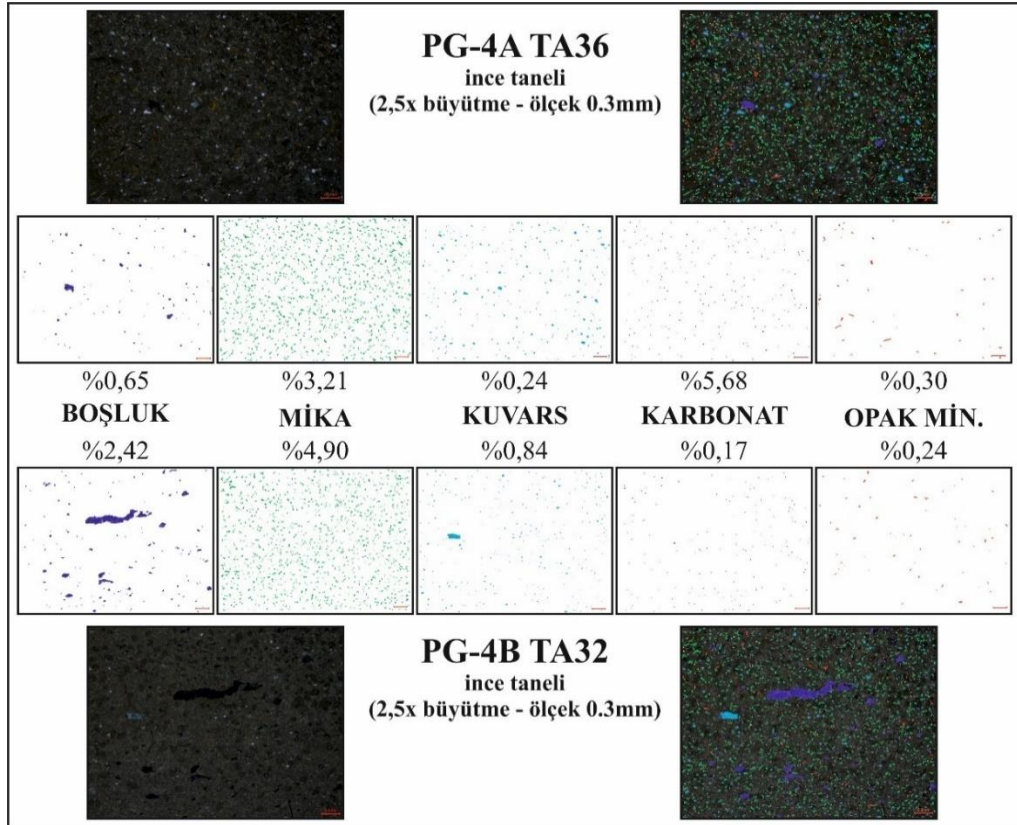


Şekil 3.10: PG-4B grup örneklerin mikroskop görüntüleri (Ms: Muskovit; Bt: Biyotit; Qtz: Kuvars; V: Boşluk; Cal: Kalsit; Felds.: Feldispat; Pl: Plajiyoklaz; Op: Opak Mineral).

Petrografik olarak ayrılan dördüncü grup örneklerinden TA26 ve TA24 örneklerine üzerinde görüntü işleme tekniği uygulanmıştır. PG-4A ile PG-4B arasındaki farklılıklar görüntü işleme teknikleri ile de belirgin şekilde ortaya koyulmuştur. Mineral içerikleri ve boşluk içerikleri arasındaki veriler birbirine yakın değerde olduğu tespit edilmiştir. Fakat petrografik olarak birbirinden ayrılması PG-4A grubunda biyotitin yoğun olması ve PG-4B grubunda muskovit mineralinin yoğun olmasıdır (Şekil 3.11). Ayrıca kendi içlerinde de ince taneli olarak ayrılan ve biyotit ve muskovit mineral ayrımı olan grup için de görülmektedir (Şekil 3.12).



Şekil 3.11: PG-4A (TA26) ve PG-4B (TA24) gruplarından seçilmiş örneklerin görüntü işleme analiz sonuçları.



Şekil 3.12: PG-4A (TA36) ve PG-4B (TA32) gruplarından seçilmiş örneklerin görüntü işleme analiz sonuçları.

3.3 X-Işınlari Kırınımı (X-Ray Diffractometry-XRD) Çalışmaları

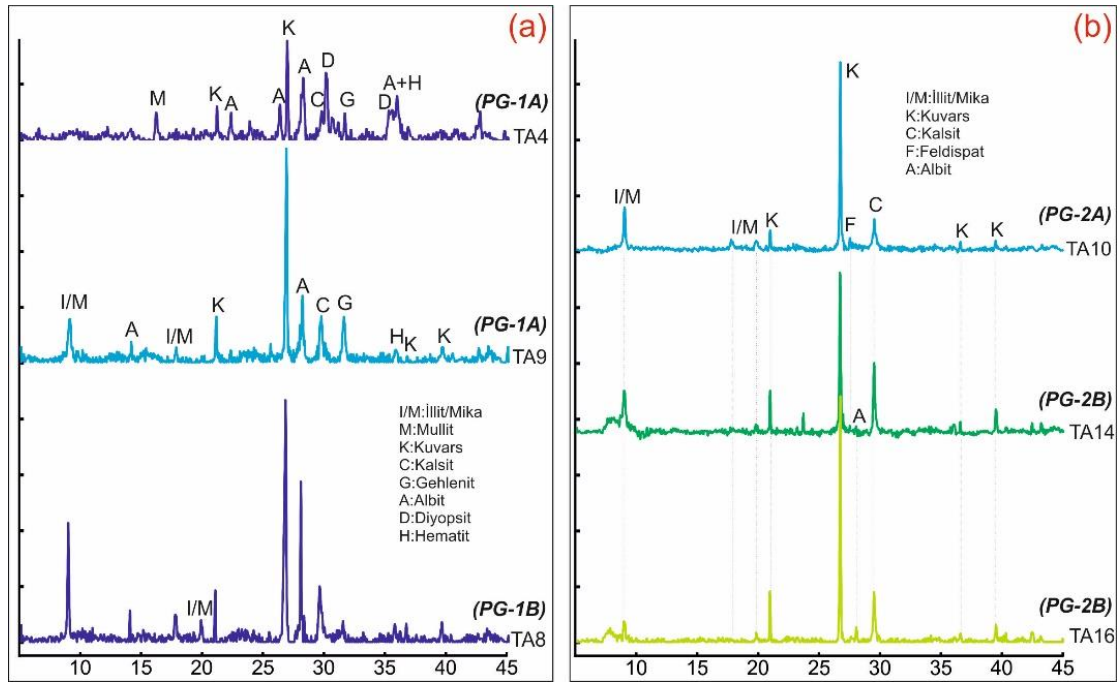
Bu çalışma için petrografik grupları temsilen PG-1A'dan TA4 ve TA9, PG-1B'den TA8, PG-2A'dan TA10, PG-2B'den TA14 ve TA16, PG-3A'dan TA5, 3B'den TA17, TA19 ve TA30, PG-4A'dan TA3, TA7 ve TA22, PG-4B'den TA23 ve TA37 numaralı örnekler seçilmiştir ve XRD analizi yapılmıştır. XRD analiz inceleme sonucunda örneklerin olası yüzde oranları tespit edilmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: Seçilmiş örneklerin mineralojik içerik oranları tablosu.

Grup	Ör. No	Mika	Kuvars	Kalsit	Albit	Feldspat	Diyopsit	Gehlenit	Mullit	Hematit
PG1A	TA4		12.0	3.7	37.8	-	29.7	3.1	8.0	5.8
PG1A	TA9	18.2	26.0	7.1	36.2	-	-	12.5	-	1.0
PG1B	TA8	29.2	21.3	6.4	35.9	-	3.1	4.1	-	1.2
PG2A	TA10	41.8	41.7	9.6	-	6.9				
PG2B	TA14	13.9	43.4	35.6	7.1	-				
PG2B	TA16	10.1	51.4	24.2	14.4	-				
PG3A	TA5	-	20.3	14.8	27.7	-	19.7	15.5	-	2.0
PG3B	TA17	24.9	16.8	15.1	20.9	-	7.1	15.1	-	
PG3B	TA19	5.0	6.2	9.6	33.0	-	28.6	6.7	8.7	2.2
PG3B	TA30	14.2	19.9	4.3	37.4	9.5	11.0	-	-	3.7
PG4A	TA3	40.9	18.4	17.8	11.9	1.6	9.3	-		
PG4A	TA7	43.6	15.4	10.3	19.3	-	11.5	-		
PG4A	TA22	30.0	14.1	17.1	23.7	-	-	15.1		
PG4A	TA29	33.9	16.0	-	45.2	-	-	4.8		
PG4A	TA33	61.0	14.5	15.7	-	8.8	-	-		
PG4B	TA23	35.0	19.5	27.8	17.7	-	-	-		
PG4B	TA37	48.6	11.3	23.3	11.2	5.5	-	-		

Petrografik grup 1'i incelendiğinde PG-1A ve PG-1B grupları arasındaki fark pik verilerine bakılarak yorumlanmaktadır (Şekil 3.13a). En fazla kil piki TA8 numaralı örnekte %29,2 oranında gözlenmiştir. TA4 numaralı örnekte diyopsit ve gehlenit gözlenmesi yüksek ısıda pişirildiğini göstermektedir. Ayrıca albit değerlerinin birbirine yakın olması ve diğer gruplardaki değerlerden de fazla olması ayırt edici olarak değerlendirilmiştir (Tablo 3.2).

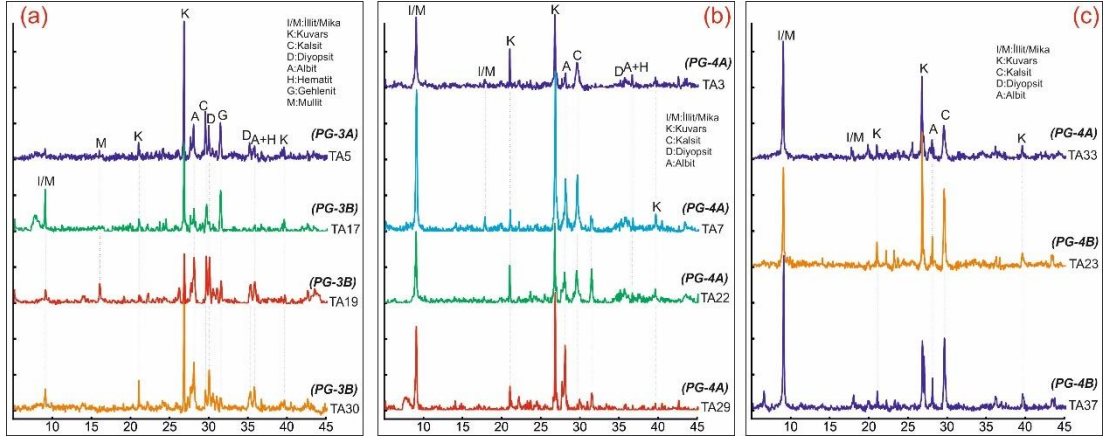
Petrografik grup 2’de, PG-2A grubunda feldispat görünürken PG-2B grubunda albit görülmektedir. PG-2A grubunda en fazla olan kil piki, %41,8 oranındadır. PG-2A grubunda kalsit değeri %9,2 iken PG-2B grubunda %35,6 ile %24,2 değerindedir. Kalsit değerleri diğer gruplarla da karşılaştırınca da ayırt edici olarak gözlemlenmiştir. Bu grupta, kuvars pik değerleri %41,7-%43,4-%51,4 diğer gruplarla karşılaştırıldığında bu değerlerden az olması PG-2 grubunu diğerlerinden ayırt edici özelliktir (Şekil 3.13b).



Şekil 3.13: XRD analiz sonuçlarını gösteren pik değerleri a) PG-1, b) PG-2.

Petrografik grup 3’te, PG-3A grubunun kuvars değeri %20,3 iken PG-3B grubunda ise %16,8, %6,2 ve %19,9 oranlarındadır. Bu grupta diyopsit ve gehlenit gözlenmesi yüksek ısıda pişirildiğini göstermektedir. PG-3 grubunda bulunan hematit, kimyasal bileşiminde demir içerdiğinden diğer petrografik gruplardan ayırt edici özellik olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.14a).

Petrografik grup 4’ün içindeki kalsit değerlerinin farklılığı PG-4A ve PG-4B olarak ikiye ayırmıştır. Gruptaki kuvars değerlerinin birbirine yakın olması ve kil piklerinin yüzde değerleri %30,0 ile %61 arasında değişmektedir. Kil pik değerlerinin yüksek oranda olması diğer gruplardan ayrıldığı gözlemlenmektedir (Şekil 3.14b, c).



Şekil 3.14: XRD analiz sonuçlarını gösteren pik değerleri a) PG-3, b) PG-4A ve c) PG-4A-B.

Bu veriler, petrografik gruplandırmada yapılan yüzde alan verileriyle de karşılaştırıldığında uyum olduğu görülmektedir. En yüksek pişirim sıcaklığı, analiz edilen örnekler içerisindeki özel minerallerin varlığı veya yokluğuna göre yapılmaktadır. Mineral birliktelikleri örnekler üzerinde yapılan pişirim deneylerinde elde edilen verilerle karşılaştırılmaktadır (Shoval ve diğ. 2006; Maritan ve diğ. 2006; Mange ve Bezezky 2007; Jordan ve diğ. 2009; Ortega ve diğ. 2010; Semiz ve diğ. 2018). Pişirim süresince en önemli mineralojik değişim kil minerallerinin gözden kaybolmasıdır. Pişirim sıcaklıklarındaki yaklaşık 700 – 800 °C'ye ulaşan artışlar ile dereceli olarak kil fazının pik yoğunluğu azalır. Ayrıca, kalsitin artan pişirim şartlarına bağlı olarak termal bozunması yaklaşık 600°C'de başlamakta ve 800-850°C'de tamamlanmaktadır. Bu sıcaklıklarda (800°C'nin üzerinde), serbest CaO, kil minerallerinin bozunmasından türemiş serbest silis ve alüminyum ile reaksiyona girer ve gehlenit oluşur (Ortega ve diğ. 2010) Gehlenit, 850-900°C ve 1050°C arasındaki sıcaklıklarda kalsit ve kil minerallerinin karışımından oluşan bir alimünosilikattir. Bu sıcaklıklarda ayrıca anortit'te oluşabilir (Bertolino ve diğ. 2009). Mineralojik ve petrografik analizler sırasında, kalsitin varlığı yüksek sıcaklıklarda (1000-1050°C) pişirilmiş örneklerde bile tanımlanabildiğini göstermektedir (Rathossi ve diğ. 2010). Yüksek sıcaklık mineralleri ile kalsitin beraber bulunması, kalsitlerin birincil kökenden ziyade ikincil olduklarını göstermektedir (Semiz 2018).

3.4 X-Işını Floresan (X-Ray Fluorescence-XRF) Analiz Çalışmaları

Kimyasal analiz sonuçlarıyla, mineralojik ve petrografik olarak gruplanan amforaların kimyasal içerikleri karşılaştırılmıştır. Tripolis amforalarının ana oksit ve iz element kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.3 ve 3.4’de verilmektedir.

Tablo 3.3: Amfora örneklerinin ana (majör) oksit analiz sonuçları.

Ana Oksit Element	Birim Ağırlıkça	TA1	TA2	TA3	TA4	TA5	TA6	TA7	TA8	TA9	TA10	TA11	TA12	TA14	TA15	TA16	TA17	TA18	TA19
SiO ₂	%	43.77	42.83	36.99	40.83	39.38	41.14	38.38	41.41	37.65	42.11	42.23	41.73	40.00	40.25	44.72	40.42	40.98	41.01
TiO ₂	%	1.20	1.17	0.77	1.06	0.77	0.75	0.77	1.32	1.05	0.85	0.84	1.25	0.70	1.19	0.72	0.83	0.82	0.88
Al ₂ O ₃	%	15.02	13.87	10.43	14.16	11.28	11.25	10.95	15.62	12.14	14.77	14.14	13.55	11.27	13.43	10.85	11.54	11.57	12.31
Fe ₂ O ₃	%	8.03	7.87	6.12	8.50	6.14	5.83	6.10	8.42	7.78	6.58	7.45	7.94	5.88	8.15	5.29	6.26	6.41	6.57
MnO	%	0.21	0.17	0.06	0.13	0.07	0.06	0.07	0.16	0.10	0.05	0.07	0.16	0.09	0.11	0.07	0.07	0.07	0.06
MgO	%	3.27	3.16	3.05	3.85	2.71	2.77	2.97	2.89	3.46	2.34	2.54	2.32	2.48	3.52	2.40	2.80	3.74	2.95
CaO	%	13.49	15.72	19.80	18.30	23.06	21.46	20.48	14.32	20.85	16.02	12.41	15.58	19.05	17.80	17.04	23.95	20.62	19.99
Na ₂ O	%	1.27	1.33	1.29	2.16	1.90	2.44	1.20	1.09	1.07	1.00	0.85	2.02	0.68	1.72	0.95	1.59	1.70	2.21
K ₂ O	%	2.98	2.74	3.36	1.49	2.55	2.13	3.29	2.93	2.35	3.79	3.18	2.87	2.67	2.78	2.71	3.36	3.11	2.49
P ₂ O ₅	%	0.18	0.22	0.17	0.18	0.17	0.18	0.24	0.13	0.25	0.16	0.15	0.26	0.17	0.30	0.17	0.22	0.18	0.18
Cr ₂ O ₃	%	0.04	0.04	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02
SO ₃	%	0.14	0.10	0.36	0.07	0.18	0.24	0.43	0.07	0.23	0.04	0.09	0.08	0.13	0.18	0.22	0.25	0.39	0.25
LOI	%	9.75	10.16	16.98	8.40	11.60	11.48	15.08	11.40	12.40	12.00	15.80	11.30	16.40	10.30	14.07	8.40	10.39	10.60
oplam		99.35	99.37	99.40	99.18	99.84	99.74	99.98	99.79	99.36	99.73	99.78	99.10	99.57	99.78	99.26	99.71	99.99	99.52
Ana Oksit Element	Birim Ağırlıkça	TA20	TA21	TA22	TA23	TA24	TA25	TA26	TA27	TA28	TA29	TA30	TA31	TA32	TA33	TA34	TA35	TA36	TA37
SiO ₂	%	40.52	45.77	40.36	36.29	36.50	39.71	41.66	42.82	45.91	49.90	45.94	45.24	34.80	40.17	37.47	42.03	37.53	36.23
TiO ₂	%	0.83	0.86	0.79	0.70	0.74	0.78	0.90	0.89	0.94	0.95	0.87	0.88	0.83	0.94	0.81	0.97	0.78	0.81
Al ₂ O ₃	%	12.34	12.67	11.55	10.13	10.43	11.33	12.65	12.88	14.07	14.30	13.24	13.09	10.43	12.83	11.52	13.62	11.28	11.13
Fe ₂ O ₃	%	6.13	6.14	6.32	5.41	5.68	5.59	6.80	6.64	6.75	6.86	6.75	6.66	6.24	6.79	6.10	7.66	6.40	6.16
MnO	%	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.06
MgO	%	2.75	2.40	2.61	2.41	2.29	2.13	2.79	2.83	3.14	2.66	3.35	2.75	2.49	2.50	2.70	3.23	2.96	2.70
CaO	%	17.45	13.35	20.56	20.17	19.43	16.23	18.19	17.47	15.79	11.79	17.28	16.63	21.19	16.19	17.46	16.86	20.46	19.18
Na ₂ O	%	1.54	1.85	1.39	1.32	1.29	1.75	1.47	1.46	1.99	1.96	2.29	1.75	1.01	1.21	1.36	1.49	1.49	1.14
K ₂ O	%	3.82	4.88	3.76	3.07	3.68	3.82	3.85	3.80	3.99	4.48	3.27	4.22	3.68	4.26	4.10	4.12	3.48	3.31
P ₂ O ₅	%	0.22	0.30	0.23	0.16	0.18	0.18	0.18	0.19	0.20	0.19	0.19	0.22	0.24	0.25	0.18	0.22	0.20	0.16
Cr ₂ O ₃	%	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
SO ₃	%	0.35	0.30	0.43	0.31	0.43	0.28	0.36	0.29	0.16	0.08	0.36	0.16	0.45	0.33	0.50	0.28	0.85	0.32
LOI	%	13.29	11.20	11.00	19.40	18.68	17.20	10.40	10.30	6.50	6.20	5.50	8.30	18.20	14.10	16.80	8.50	13.60	18.60
oplam		99.32	99.81	99.08	99.45	99.40	99.07	99.33	99.65	99.52	99.45	99.11	99.98	99.64	99.64	99.08	99.08	99.12	99.81

Tablo 3.4: Amfora örneklerinin iz element analiz sonuçları.

Örnek no	Cr	V	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cd	Ba	Nd	Ta	Pb	Th	U
TA1	596.11	145.40	155.60	429.60	47.10	114.10	93.00	528.90	31.70	204.10	23.40	65.40	488.00	84.10	31.30	234.50	14.20	3.80
TA2	603.43	158.30	101.40	347.80	30.50	104.60	87.20	507.80	28.10	193.40	23.60	91.00	719.00	60.00	28.40	28.00	13.00	2.80
TA3	259.52	108.10	61.10	192.40	27.70	72.80	145.30	1066.00	51.50	106.60	21.50	57.90	636.00	126.90	36.40	22.10	33.30	15.20
TA4	673.35	187.40	92.20	456.50	39.70	93.70	122.10	477.90	24.60	174.80	21.60	81.40	814.00	65.10	28.40	14.40	12.70	2.50
TA5	259.42	89.50	40.60	188.70	22.40	64.60	122.30	1071.00	61.00	110.50	24.40	66.40	605.00	110.20	31.40	14.90	41.20	10.20
TA6	229.28	84.30	54.50	175.70	21.90	64.70	108.70	1000.00	60.90	124.30	25.30	75.60	684.00	108.50	36.40	15.70	38.90	12.00
TA7	242.02	106.20	43.40	158.30	25.40	62.50	136.90	929.80	46.20	149.80	21.80	73.70	848.00	121.00	31.80	19.80	27.30	16.40
TA8	560.01	165.90	73.00	305.70	33.70	90.30	86.10	452.60	26.60	209.10	26.70	67.00	540.00	148.50	29.70	28.70	12.20	1.10
TA9	548.97	121.00	78.10	358.40	39.80	88.20	88.10	574.00	25.40	175.30	22.20	69.20	523.00	54.50	31.20	23.90	12.90	2.60
TA10	420.73	150.70	131.10	277.20	35.50	83.70	136.30	304.40	22.50	181.30	19.40	71.80	854.00	87.90	28.60	21.80	17.20	0.60
TA11	525.27	146.90	64.20	238.00	53.90	87.20	107.90	583.00	27.20	193.50	17.20	32.40	516.00	86.40	34.70	33.00	17.60	4.80
TA12	612.98	161.20	135.00	391.70	29.60	102.00	79.80	504.10	28.90	184.50	22.50	73.80	677.00	56.00	31.20	45.10	12.10	0.60
TA14	618.16	107.10	48.70	201.60	33.50	67.40	82.70	489.90	22.90	198.50	15.10	84.50	800.00	68.90	27.10	36.80	15.40	0.90
TA15	684.79	120.30	106.00	540.50	31.80	109.70	83.30	588.80	24.10	179.80	23.40	82.80	822.00	50.90	28.30	24.70	10.70	4.20
TA16	642.04	118.20	98.40	230.20	28.40	67.60	87.50	335.80	22.20	230.80	16.30	55.00	435.00	80.50	27.00	51.90	15.90	2.50
TA17	251.63	84.80	49.40	177.30	24.90	64.60	153.10	988.70	69.30	123.80	29.00	68.70	557.00	117.00	37.40	21.10	43.40	12.80
TA18	244.96	92.70	42.80	173.10	25.10	66.80	133.00	891.30	72.20	130.20	30.00	66.20	659.00	132.30	32.10	32.40	46.20	11.40
TA19	222.05	85.60	43.30	171.60	35.40	69.70	146.30	934.40	95.50	109.80	31.10	65.10	561.00	152.90	33.40	26.00	61.00	17.40
TA20	259.56	102.10	50.80	175.40	39.60	76.50	167.10	817.90	74.00	130.50	28.90	72.70	803.00	186.20	35.00	33.30	45.40	15.00
TA21	209.19	67.00	55.00	148.50	34.90	67.20	166.30	664.70	70.70	118.50	29.10	63.70	623.00	159.60	39.40	23.40	47.80	9.90
TA22	262.60	87.60	53.90	189.50	27.80	75.40	154.90	928.10	67.90	124.60	26.90	65.10	628.00	126.90	38.60	27.30	46.30	11.00
TA23	265.49	98.50	43.10	173.80	22.00	63.00	127.60	841.90	58.80	114.60	23.60	81.00	672.00	145.70	34.00	21.50	37.70	7.10
TA24	232.31	98.70	49.50	177.60	56.80	70.70	137.40	818.10	69.50	100.80	25.30	76.50	733.00	171.60	31.20	31.60	44.70	11.60
TA25	206.73	93.90	88.30	188.80	59.70	72.30	151.70	654.30	71.00	122.40	28.50	61.60	585.00	196.50	33.90	37.80	47.10	11.00
TA26	224.09	87.40	48.30	162.60	21.70	66.30	167.30	814.60	80.70	127.20	29.20	62.30	584.00	144.70	36.50	24.00	51.20	17.10
TA27	235.19	90.70	52.70	160.20	23.00	65.10	165.70	781.20	78.10	118.60	28.50	48.60	587.00	133.30	35.90	24.60	51.00	17.20
TA28	218.47	78.00	54.20	160.30	20.10	61.30	172.40	755.20	88.30	131.70	30.10	71.10	601.00	154.60	34.90	22.00	59.50	14.20
TA29	258.27	70.10	64.30	181.50	24.10	63.70	174.90	811.10	76.80	144.90	31.70	65.90	753.00	174.00	32.60	24.60	52.50	13.20
TA30	250.02	93.50	94.10	207.80	26.80	74.50	167.40	876.60	83.40	128.60	31.00	55.00	549.00	147.30	37.80	21.80	55.60	18.80
TA31	221.56	83.60	59.30	169.80	24.10	63.90	162.90	754.90	77.60	128.10	30.30	74.50	691.00	141.70	32.10	22.20	52.10	15.20
TA32	238.77	93.50	32.40	174.40	64.90	69.50	144.60	927.10	76.80	88.40	27.80	50.00	483.00	127.70	34.00	29.70	48.90	12.60
TA33	187.37	91.30	45.50	157.10	37.60	82.10	194.00	728.30	104.10	101.20	34.30	54.60	447.00	174.10	34.60	54.60	69.30	16.30
TA34	248.21	106.70	40.10	154.70	23.80	67.40	158.80	754.60	75.00	104.90	29.00	61.60	693.00	189.90	31.10	103.80	49.30	9.80
TA35	288.77	117.90	47.60	181.00	27.40	76.10	179.70	907.60	91.90	121.50	32.20	78.50	768.00	233.80	34.40	29.50	59.90	14.90
TA36	290.26	108.30	56.90	208.80	33.20	80.30	150.10	989.90	69.50	122.20	25.30	49.00	554.00	172.60	31.30	29.30	43.70	12.70
TA37	230.72	101.50	36.60	158.20	26.30	69.90	142.60	799.30	69.50	111.10	25.70	42.60	418.00	121.30	32.80	21.90	47.30	10.60

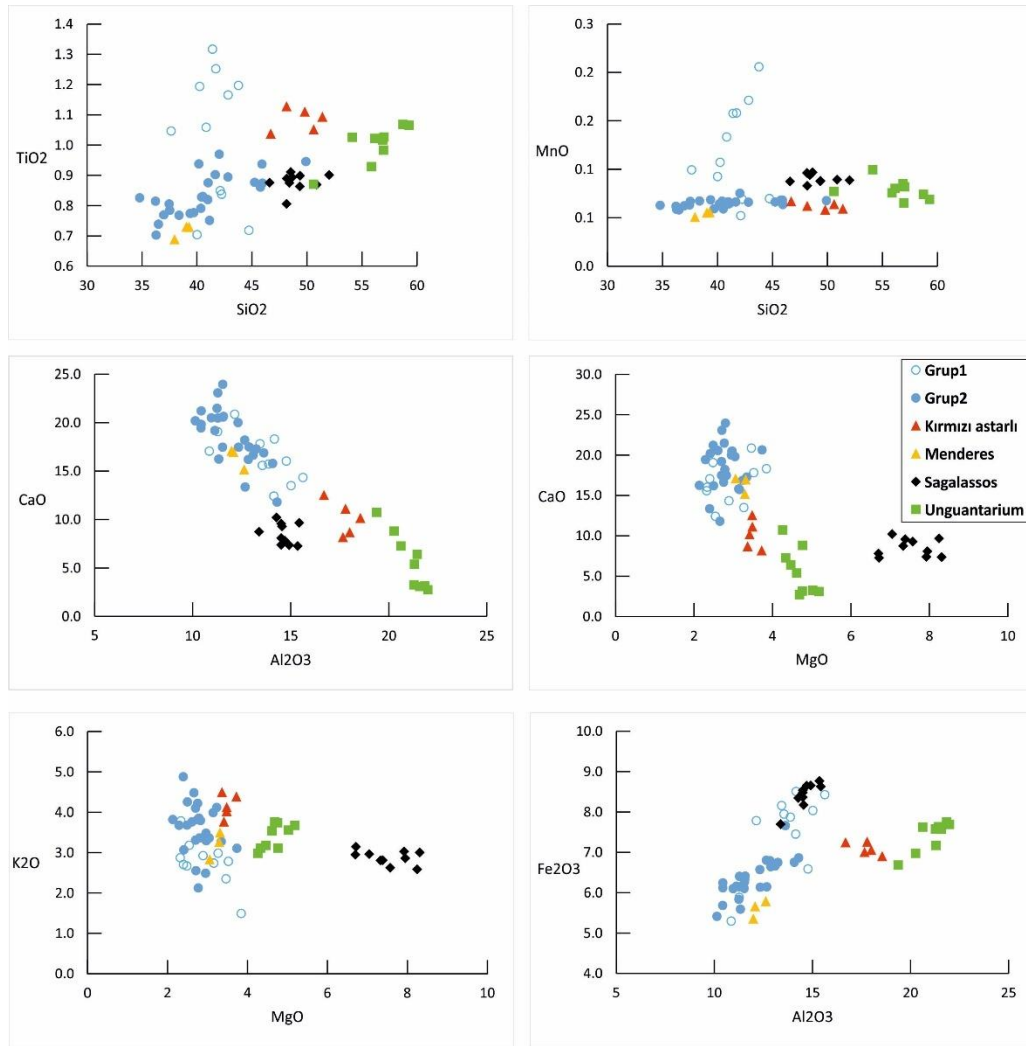
Mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenen örneklerin, ana oksit ve iz elementlerin kimyasal analiz sonuçları (Tablo 3.7 ve 3.8) karşılaştırıldığında, ayrılan grupların, petrografik gruplandırma ile uyumlu olduğu görülmektedir. Amforalar petrografik özelliklere göre gruplandırıldığında 4 ana gruba ayrılmakta iken kimyasal özelliklerine göre 2 gruba ayrılmaktadır. Petrografiyle tanımlanan gruplardan PG-1 ve PG-2 örnekleri Kimyasal Grup-1 (KG-1) olarak bir grup, PG-3 ve PG-4 örnekleri ise Kimyasal Grup-2 (KG-2) olarak grup oluşturmaktadır (Tablo 3.5).

Tablo 3.5: KG-1 ve KG-2 gruplarının kimyasal analiz sonuçları karşılaştırma tablosu.

Ana oksit elementler	KG-1	KG-2	İz elementler	KG-1	KG-2
SiO ₂	41,59	40.685	Cr	589,62	241,46
TiO ₂	1,03	0.834	Co	98,52	52,31
Al ₂ O ₃	13,53	11.954	Ni	343,38	174,68
Fe ₂ O ₃	7,45	6,34	Rb	95,81	153,24
MnO	0,12	0.065	Sr	486,1	860,26
MgO	2,93	2.781	Y	25,83	73,61
CaO	16,42	18.601	Zr	193,19	119,79
Na ₂ O	1,28	1.603	Nb	21,03	28,02
K ₂ O	2,77	3,595			

KG-1 ve KG-2 için SiO₂ (kuvars) oranına bakıldığında birbirine yakın değerde olduğu görülmektedir. Al₂O₃ ortalama değeri de KG-1, KG-2 örneklerinde farklılık göstermektedir. KG-1'in, %7,45 Fe₂O₃, %1,03 TiO₂ ve %2,77 K₂O içermesi örneklerdeki mika (muskovit) minerallerinin fazlalığı ile ilişkilendirilmiştir. KG-2 örneklerinin %11,95 Al₂O₃, %6,34 Fe₂O₃, %2,78 MgO ve %3,59 K₂O içermesi örneklerdeki mika grubu minerallerinden biyotitin fazlalığı ile ilişkilendirilmiştir. TiO₂-SiO₂ grafiği incelendiğinde, %0,9 TiO₂ ve %45 SiO₂ değerleri altında kalan açık mavi boş halkalar PG-2 grubunu temsil etmektedir (Şekil 3.15). PG-2'nin içerdiği TiO₂ değerlerinin sebebi, bol miktarda muskovit veya opak minerallerin az olmasından kaynaklıdır. Ayrıca PG-1'de (, %0,9 TiO₂ ve %45 SiO₂ değerleri üstünde kalan açık mavi boş halkalar) içerdiği TiO₂ değerlerinde olması biyotit ve ilmenit gibi opak mineral içeriğinden kaynaklıdır. KG-1 örneklerinin MgO ortalaması %2,93'tür. Bu değer az miktar da bile mika grubu minerallerinden biyotitin fazlalığından kaynaklanmaktadır. KG-1 örneklerinin CaO, Na₂O ve K₂O ortalama değerleri diğer gruba göre düşük olması ise feldispat ve plajiyoklaz mineral içeriklerinin daha az olduğundandır. KG-1 örneklerinin %0,12 MnO ortalama

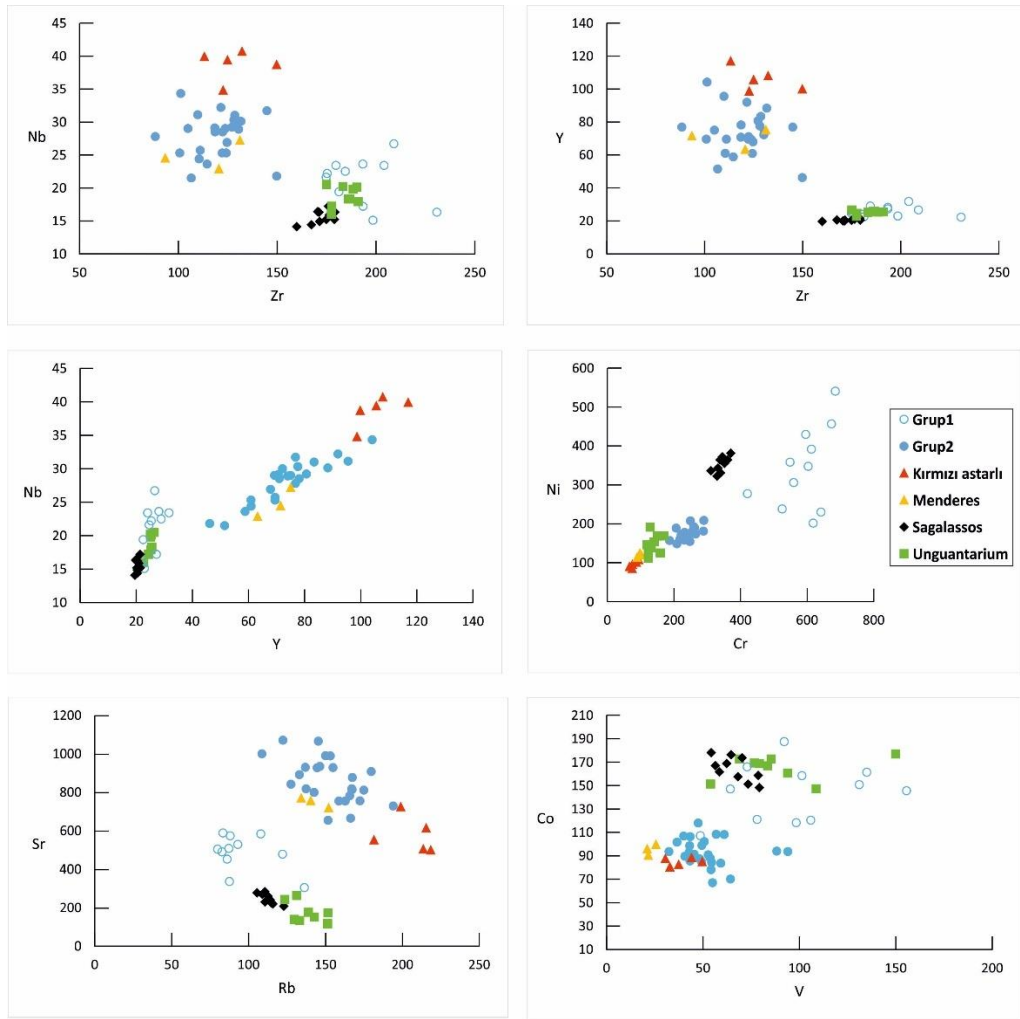
değerinde olması petrografik grup olarak PG-2 örneklerini PG-1 örneklerinden ayırmaktadır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15: Amfora örnekleri ve Tripolis çevresinde bulunan seramiklerin ana oksit (Major) analiz sonuçlarının korelasyon grafikleri.

Bazı iz elementler (Cr, Zr, Ti, Nb, Y, Ba, Sr, vb.) özel petrolojik türlerle ilişkili oldukları için jeokimyasal yol gösterici olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Mommsen ve diğ. 2001; Belfiore ve diğ. 2007; Iondanidis ve diğ. 2009; Semiz 2017a; 2021). Özellikle hareketsiz (immobil) olduğu bilinen (Zr, Y, Nb) gibi elementler seramik örneklerinin kökenleri hakkında bilgi vermektedir. Örnek gruplarının iz element içerikleri değerlendirildiğinde gruplar arasındaki farklılık belirginleşmektedir (Şimşek ve Semiz 2022). İz element korelasyon grafikleri incelendiğinde, KG-1 ve KG-2 örneklerinin birbirinden ayrıldığı görülmektedir (Şekil 3.16). KG-1 örnekleri KG-2 ile karşılaştırıldığında %193,19 ppm Zr ve %25,83 ppm Y, ve %21,03 ppm Nb değerleri gözlenmektedir. CaO içeriğinin

azalmasıyla birlikte Sr içeriği de azalmakta ve ortalama %486,1 ppm değerindedir. %589,62 ppm Cr ve %343,38 ppm Ni ortalama değerleri gözlenmektedir.



Şekil 3.16: Amfora örnekleri ve Tripolis çevresinde bulunan seramiklerin iz element analiz sonuçlarının korelasyon grafikleri.

Önceki yapılan çalışmalarda, Tripolis ve yakın çevresindeki antik kentlerde bulunan seramikler Menderes seramikleri, kırmızı astarlı seramikler, Sagalassos seramikleri (Semiz 2017; Semiz ve diğ. 2018), Tripolis unguentariumları (Semiz 2021) üzerinde çalışılmıştır. Bu tez çalışmasındaki amfora örnekleri yukarıdaki örnekler ile karşılaştırılmıştır.

Bu karşılaştırma sonucunda, ana oksit grafiğine bakıldığında diğer örnekler ile farklılıkları gözlenmiştir (Şekil 3.15). KG-1 örneklerinin TiO_2-SiO_2 grafiğine ve $MnO-SiO_2$ grafiğine bakıldığında bu örneklerle olan ayrımı gözlenememiştir.

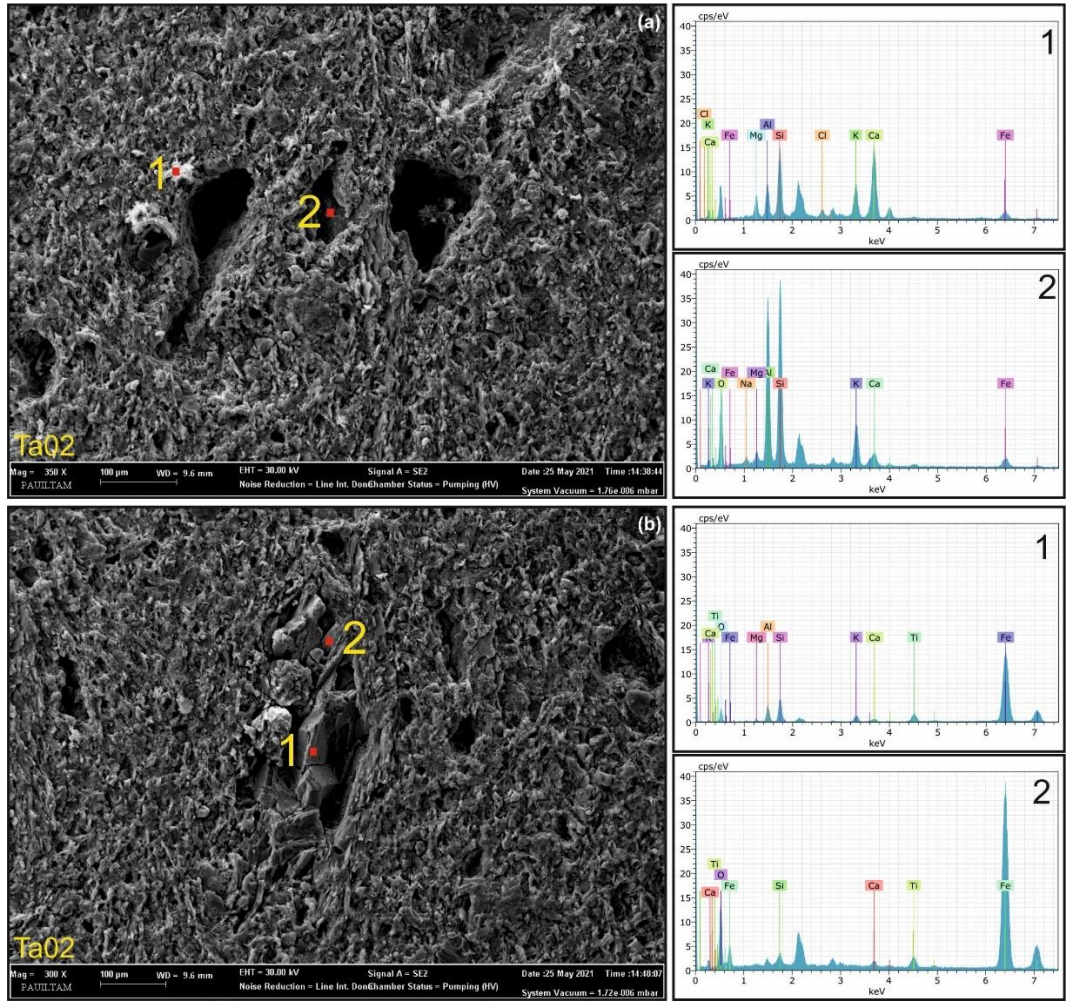
Bütün grafikler incelendiğinde, KG-1 ve KG-2 örneklerinin farklı kil kaynaklarından hammadde olarak alındığı tespit edilmiştir. İz element korelasyon grafiklerinin değerlendirilmesi sonucunda ise kimyasal grubun aralarındaki fark belirgindir (Şekil 3.16). KG-1 örnekleri Sagalassos ve Unguentarium örnekleriyle benzer özellikte olduğu gözlenmektedir. Ni ve Cr içeriklerine bakıldığında ise KG-1 örnekleri diğer önceki çalışma gruplarına benzemediği gözlenmektedir. Bu sebeple KG-1 örneklerinin Tripolis unguentarium örneklerine yakın bir alandan alındığı düşünülmektedir. KG-2 örneklerinin ise Kırmızı astarlı seramikler ve Menderes vadisi seramikleri ile yakın ilişkili oldukları görülmektedir. Tüm grafikler incelendiğinde, KG-2 örneklerinin Menderes vadisi kil kaynaklarının olduğu alana yakın yerlerden alındığı düşünülmektedir.

3.5 Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope-SEM) ve Enerji Ayırmalı X-Işını Spektroskopisi (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy-EDS) Çalışmaları

Amfora örneklerin mikro yapılarını görüntülemek için elektron mikroskop kullanılmıştır. Ayrıca belli noktalarda mineral tanımlamaları için EDS ölçümlerinin yapılması ve hatta elementel haritalamaların (mapping) yapılmasında kolaylıklar sağlamaktadır. SEM-EDS analizleri için petrografik olarak ayrılan örneklerden grupları temsilen PG-1A'dan TA2, PG-1B'den TA15, PG-2B'den TA14, PG-3A'dan TA5, PG-4A'dan TA22, PG-4B'den TA23 ve TA37 numaralı örnekler seçilip, analiz yapılmıştır.

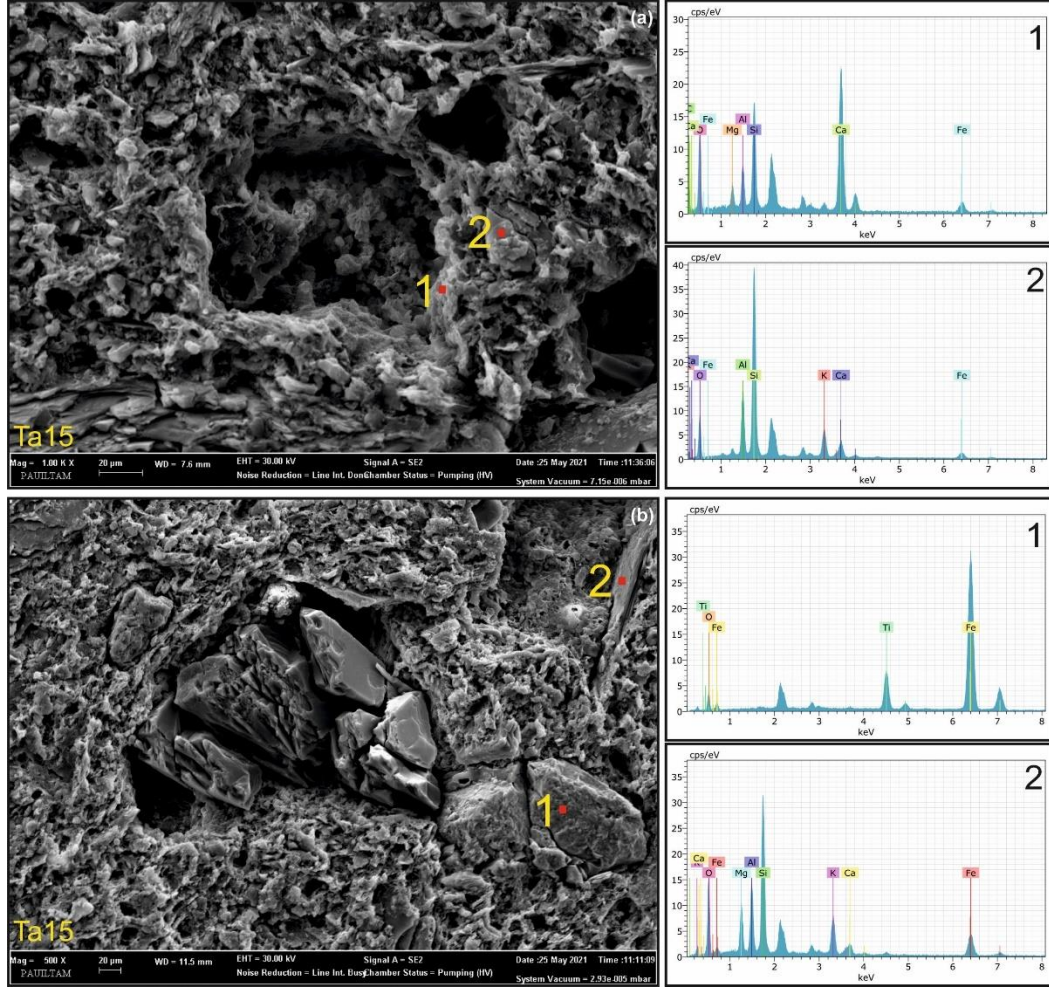
PG-1A'dan TA2 örneğinin SEM-EDS analiz sonuçları doğrultusunda, potasyum (K), magnezyum (Mg) ve demir (Fe) element içeriğinin alüminyum (Al), silisyum (Si) ve oksijen (O) elementleri ile birleşiminden biyotit ($K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH,F)_2$) minerali, silisyum (Si) ve oksijen (O) element birleşiminden kuvars (SiO_2) minerali, potasyum (K) elementinin alüminyum (Al), silisyum (Si) ve oksijen (O) bileşiminden alkali feldispat ($KAlSi_3O_8$) ve Ca elementinin Al, Si ve O elementleri ile birleşiminden plajiyoklaz ($CaAl_2Si_2O_8$) mineralleri tanımlanmıştır (Şekil 3.17). Şekil 3.17b'de görülen, titanyum (Ti)

elementi oksijen (O) ve demir (Fe^{+2}) elementleri ile birleşiminde rutil (TiO_2) ve ilmenit ($\text{Fe}^{+2}\text{TiO}_3$) mineralleri oluşturduğu yorumlanmıştır.



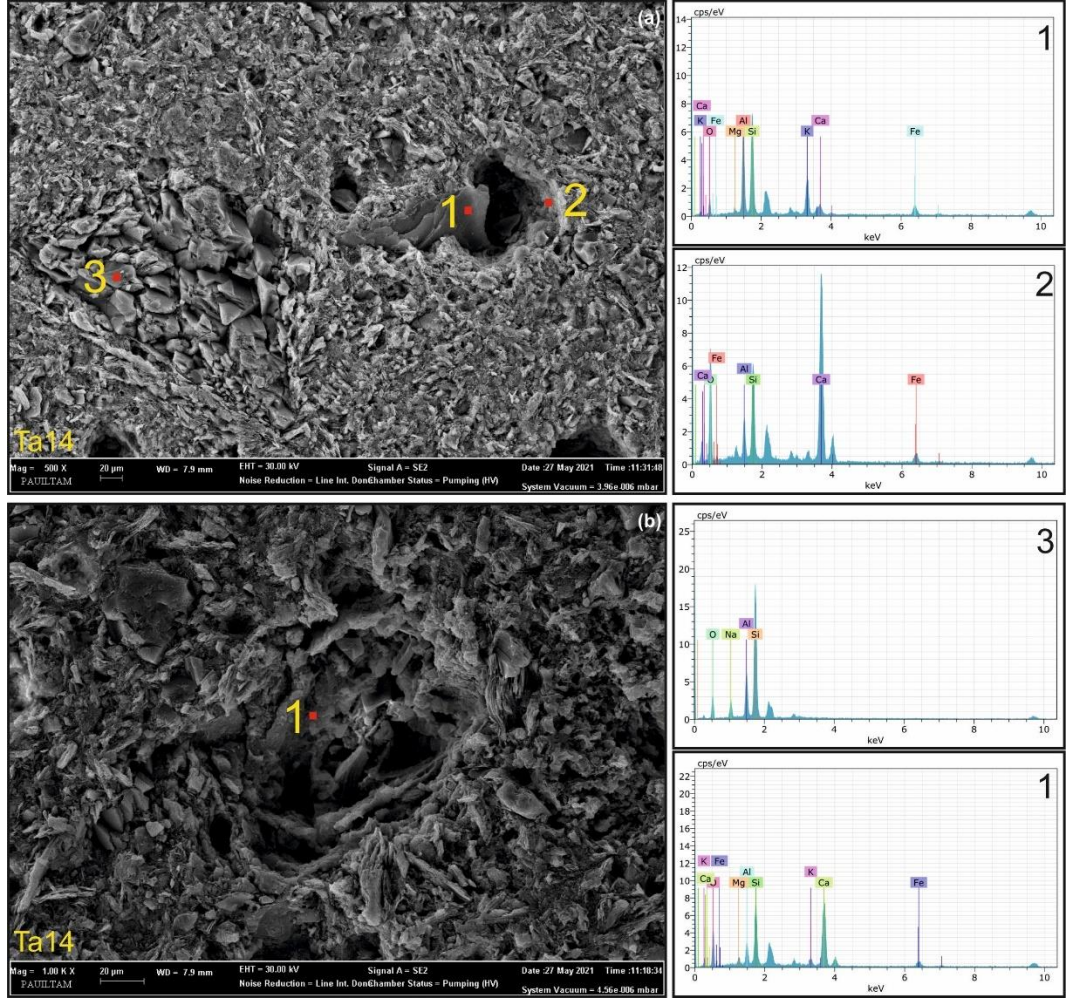
Şekil 3.17: PG-1A'in TA2 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.

PG-1B'den TA15 örneğinin SEM-EDS analiz sonuçlarında, PG-1A grubuna benzer özellikte biyotit ($\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Al},\text{Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$) minerali, kuvars (SiO_2) minerali, benzer oranda alkali feldispat (KAlSi_3O_8) ve düşük oranda plajiyoklaz ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) mineralleri tanımlanmıştır (Şekil 3.18). Şekil 3.19b-1'de net bir şekilde görülen, titanyum (Ti) elementi oksijen (O) ve demir (Fe^{+2}) elementleri ile birleşiminde ilmenit ($\text{Fe}^{+2}\text{TiO}_3$) mineralleri oluşturduğu yorumlanmıştır.



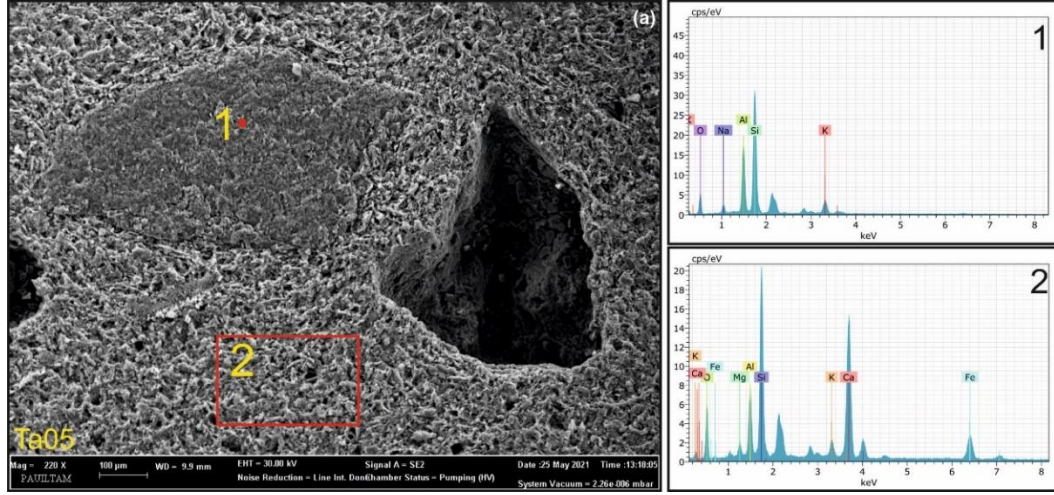
Şekil 3.18: PG-1B'in TA15 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.

PG-2B'dan TA14 örneğinin SEM-EDS analiz verileri incelendiğinde, mika grubundan, potasyum (K) içeriğinden dolayı muskovit ($KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$) minerali ve biyotit ($K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH,F)_2$) minerali, yüksek oranda kuvars (SiO_2) minerali, düşük oranda alkali feldispat ($KAlSi_3O_8$) ve yüksek oranda plajiyoklaz ($CaAl_2Si_2O_8$) mineralleri tanımlanmıştır (Şekil 3.19) Kalsit minerali ($CaCO_3$) Ca elementinden oluşmaktadır.



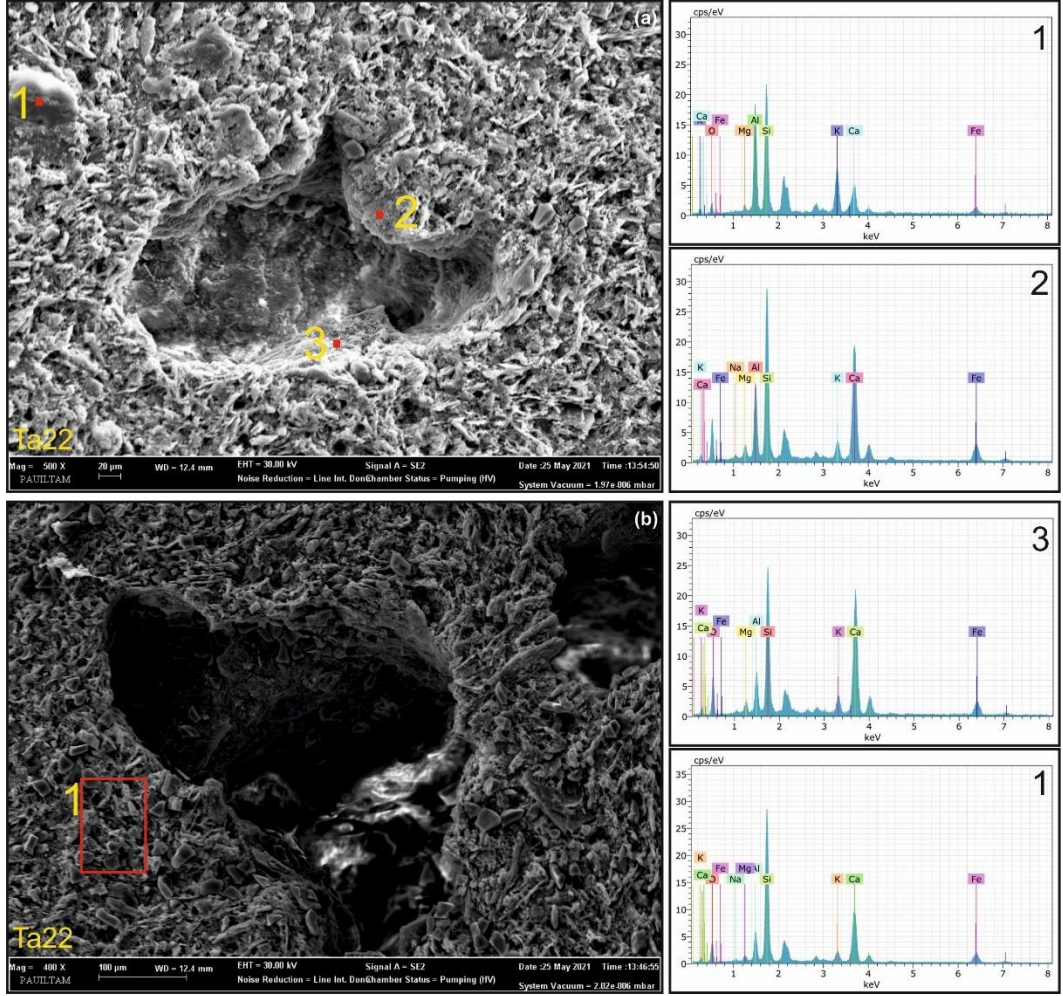
Şekil 3.19: PG-2B'in TA14 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.

PG-3A'dan TA5 örneğinin SEM-EDS analiz verileri incelendiğinde, sodyum (Na) ve potasyum (K) elementinin alüminyum (Al), silisyum (Si) ve oksijen (O) bileşiminden alkali feldispat ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) mineralinin pik değerlerine bakarsak potasyum (K) değeri sodyumdan (Na) biraz daha yüksek olduğu için Sanidin minerali olarak tanımlanmaktadır. Yaklaşık benzer pik değerlerine göre potasyum (K) içeriği için muskovit ($\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) minerali ve biyotit ($\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Al},\text{Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$) minerali oluşmaktadır. Yüksek oranda silisyum (Si) içeriğinden kuvars (SiO_2) minerali, düşük oranda alkali feldispat (KAlSi_3O_8) ve yüksek oranda plajiyoklaz ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 3.20). Ca elementine ait pik değerlerinin yüksek olmasının sebebinin kalsit (CaCO_3) minerali olarak belirlenmiştir. Bu verilere uygun grubun petrografik grup 2 olarak yorumlanmıştır.



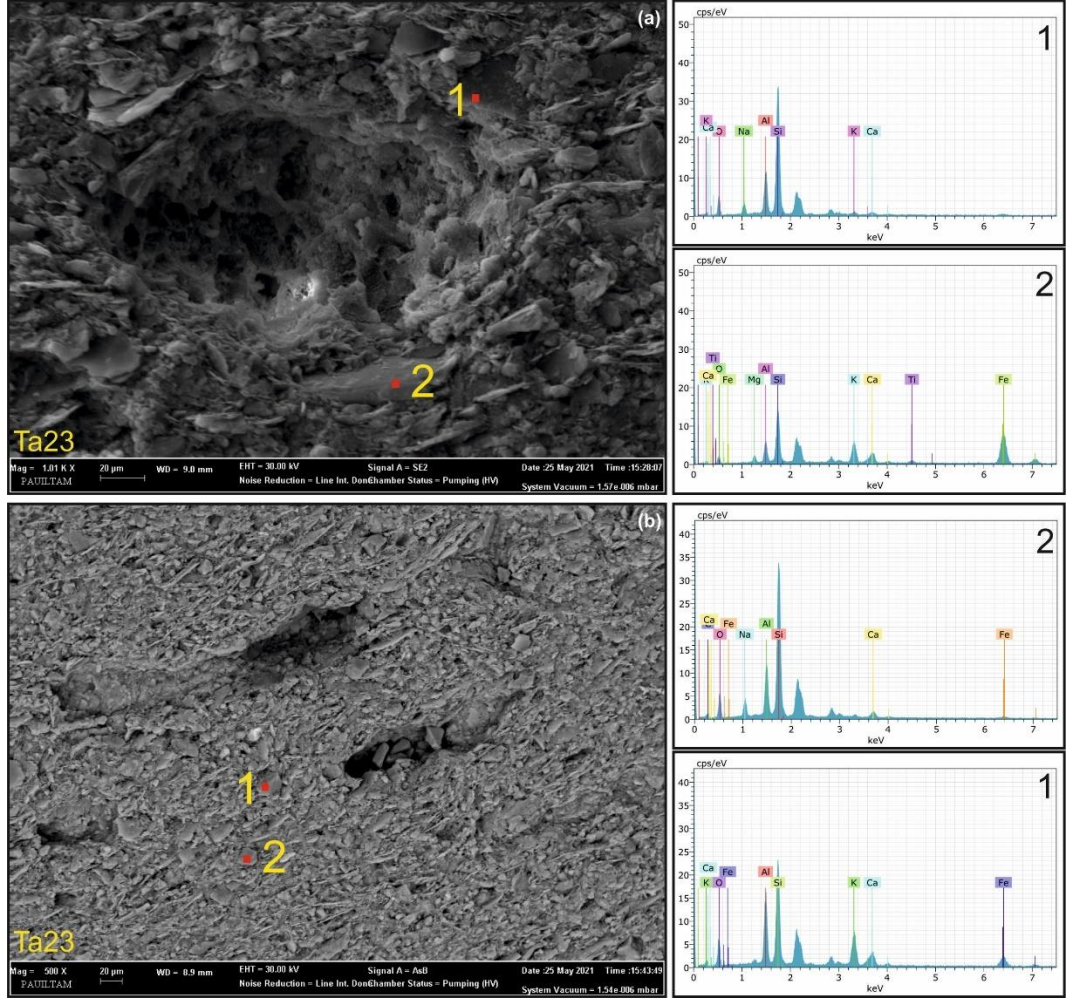
Şekil 3.20: PG-3A'in TA5 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.

PG-4A'dan TA22 örneğinin SEM-EDS analiz verileri incelendiğinde, magnezyum (Mg), demir (Fe) ve potasyum (K) içeriği biyotit ($(K,Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH,F)_2$) minerali, potasyum (K) içeriğinden muskovit ($KA_3Si_3O_{10}(OH)_2$) minerali ve alkali feldispat ($KAlSi_3O_8$) mineralinden oluşmaktadır. Yüksek oranda kuvars (SiO_2) minerali ve kalsiyum Ca element içeriğinden dolayı plajiyoklaz ($CaAl_2Si_2O_8$) mineralleri ve kalsit ($CaCO_3$) mineralleri tanımlanmıştır (Şekil 3.21). Bu verilere uygun grubun petrografik grup 3 olarak yorumlanmıştır.



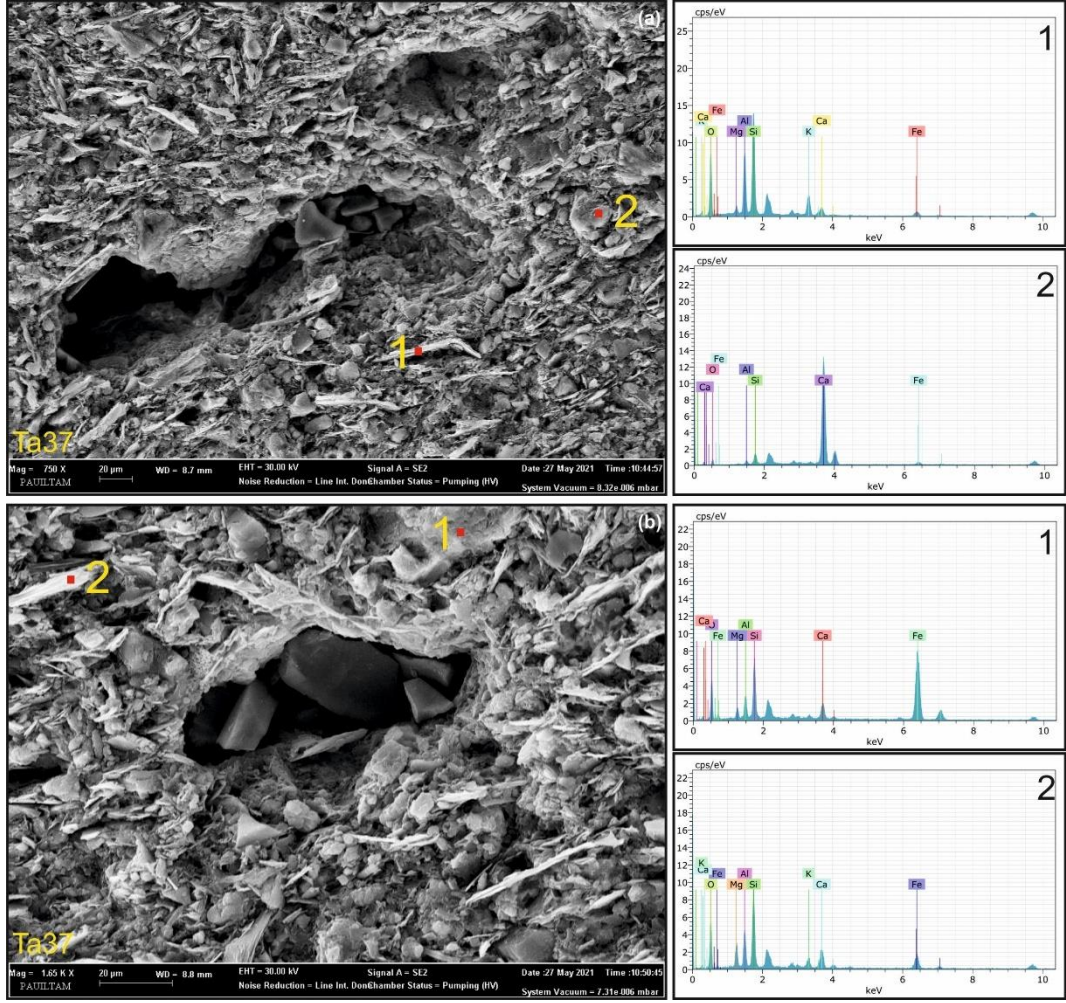
Şekil 3.21: PG-4A 'in TA22 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.

PG-4B'den TA23 örneğinin SEM-EDS analiz verileri incelendiğinde, biyotit ($(K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH,F)_2)$ minerali, kuvars (SiO_2) minerali, alkali feldispat ($KAlSi_3O_8$) yakın oranda olduğu gözlenmektedir. Düşük oranda bulunan kalsiyum (Ca) içeriği bulunmaktadır. Aynı zamanda plajiyoklaz ($CaAl_2Si_2O_8$) mineralleride tanımlanmıştır (Şekil 3.22). Şekil 3.22a2'de görülen, titanyum (Ti) elementi oksijen (O) ve demir (Fe^{+2}) elementlerinin birleşiminde rutil (TiO_2) ve ilmenit ($Fe^{+2}TiO_3$) mineralleri oluşturduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.22: PG-4b'in TA23 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.

PG-4B'den TA37 örneğinin SEM-EDS analiz verileri incelendiğinde, magnezyum (Mg), Demir (Fe) ve potasyum (K) içeriğinin biyotit ($(K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH,F)_2)$) mineralini oluşturduğu düşünülmektedir. Potasyum (K) içeriğinden muskovit ($KA_3Si_3O_{10}(OH)_2$) minerali ve alkali feldispat ($KAlSi_3O_8$) oluşmaktadır. Yüksek oranda kuvars (SiO_2) minerali ve kalsiyum Ca element içerdiği için plajiyoklaz ($CaAl_2Si_2O_8$) mineralleri ve kalsit ($CaCO_3$) minerallerini oluşturduğu düşünülmektedir (Şekil 3.23).



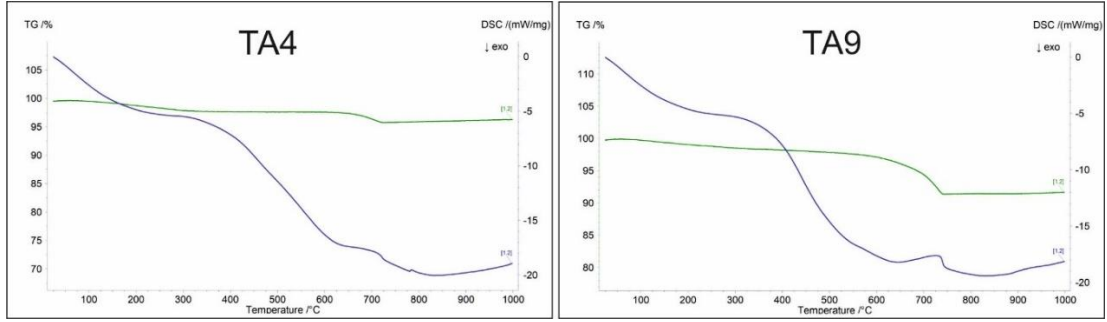
Şekil 3.23: PG-4b'in TA37 örneğinin SEM-EDS analiz görüntüsü.

3.6 Termal Analiz; Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (Differential Scanning Calorimetry-DSC) – Termogravimetrik Analiz (TGA) Çalışmaları

Bu çalışmada petrografik grupları temsil edecek şekilde seçilen PG-1A'dan TA4 ve TA9, PG-2B'den TA16, PG-3B'dan TA17 ve TA30, PG-4A'dan TA22 ve TA29, PG-4B'den TA37 numaralı örnekler üzerinde Diferansiyel Taramalı Kalorimetre-Termogravimetrik Analiz (DSC-TGA) analizi yapılmıştır.

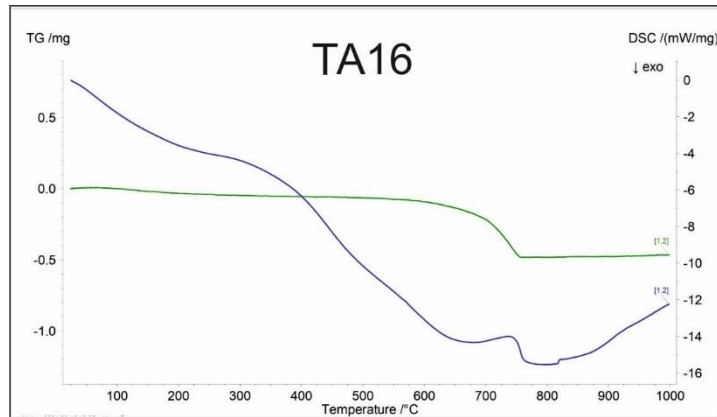
PG1A örnek grubuna ait TA4 ve TA9 örneklerinin incelenmesi sonucunda, TA4 örneğinde toplam kütle kaybının %3.71 olduğu, DSC pikinde ise ilk ekzotermik pikin yaklaşık 756°C civarında olduğu ve yaklaşık -31.5 j/g enerji verdiği, 773.1°C civarında yaklaşık 4.83 j/g enerji aldığı küçük bir endotermik pik başlangıcı

gözlenmektedir. Endotermik pikin çok düşük bir enerji ile gerçekleştiği ve bu durumun yeni mineral oluşumu için başlangıç olabileceği şeklinde düşünülmektedir. TA9 örneğinde ise toplam kütle kaybının %8.35 olduğu, DSC pikinde ise ekzotermik pikin yaklaşık 725°C civarında ve yaklaşık -29.67 j/g olduğu görülmektedir (Şekil 3.24). Her iki örnek içinde ekzotermik piklerin olduğu yerler ve açığa çıkan enerjinin yakın olduğu karbonatlaşma süreçleri ile ilişkili olarak yorumlanmaktadır.



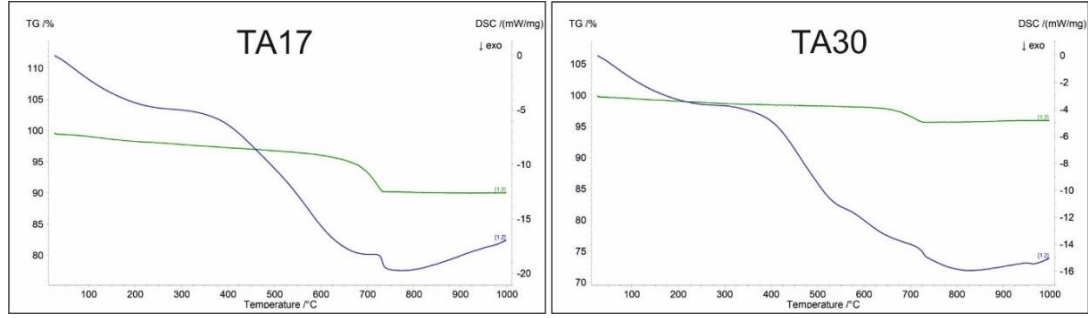
Şekil 3.24: TA4 ve TA9 örneklerinin DSC-TGA Termogramları.

PG-2B grubuna ait TA16 örneğinin incelenmesi sonucunda, ekzotermik pikin 779.7°C'de ve -28.82 j/g enerji açığa çıkışı ile görülmektedir. Endotermik pikin ise çok küçük olduğu ve 812.9°C'de ve 0.68j/g ısı aldığı şekilde görülmektedir (Şekil 3.25). Bu durumda yeni mineral oluşumunun başlangıç aşamasında ama tam oluşmadığı şeklinde yorumlanmıştır. Örnekteki toplam kütle kaybı %8.42 olarak tespit edilmiştir.



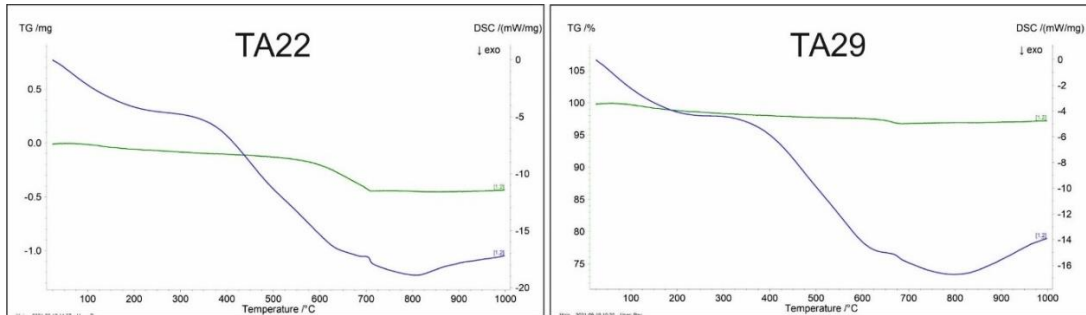
Şekil 3.25: TA16 örneğinin DSC-TGA Termogramları.

PG-3B grubuna ait TA17 ve TA30 örneklerinin incelenmesi sonucunda, TA17 örneğinde, tek ekzotermik pik göze çarpmakta olup ekzotermik pik 725°C'de ve -29.7 J/g olarak ısı verdiği, TA30 örneğinde ise 726°C'de ve -17.17 J/g ısı açığa çıktığı ikinci ekzotermik pikin ise 980.7°C'de ve -6.98 J/g olarak çıktığı şeklinde gözlenmektedir. Toplam kütle kaybı TA17 örneğinde 9.97, TA30 örneğinde ise %4.04 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.26).



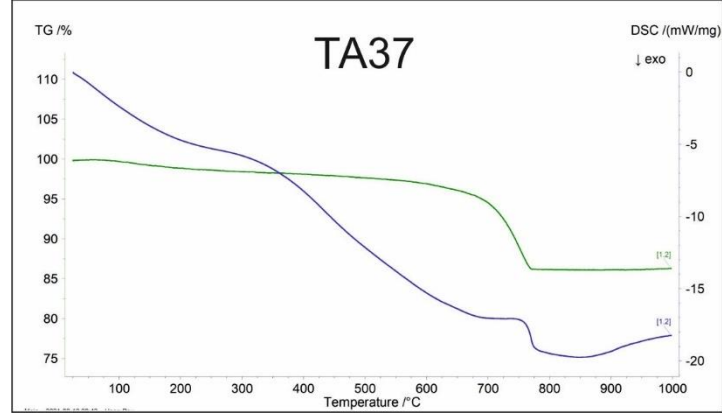
Şekil 3.26: TA17 ve TA30 örneklerinin DSC-TGA Termogramları.

PG-4A grubuna ait TA22 ve TA29 örneklerinin incelenmesi sonucunda, TA22 örneğinde ekzotermik pikin 711°C'de ve -6.32 J/g şeklinde az olarak açığa çıktığı, TA29 örneğinde ise ekzotermik pikin 685°C'de ve -21.28 J/g şeklinde açığa çıktığı belirlenmiştir. Diğer örnek gruplarına göre daha az oranda ısı açığa çıktığı görülmektedir. Toplam kütle kayıpları ise TA22 örneğinde %7.51, TA29 örneğinde ise %2.78 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.27: TA22 ve TA29 örneklerinin DSC-TGA Termogramları.

PG-4B grubuna ait TA37 örneğinin incelenmesi sonucunda ekzotermik pikin 760°C'de ve -39.77 J/g enerji açığa çıktığı görülmektedir. Toplam kütle kaybının ise %13.7 olduğu ve bu oranın tüm örnek gruplarındakinden en fazla olduğu görülmektedir.

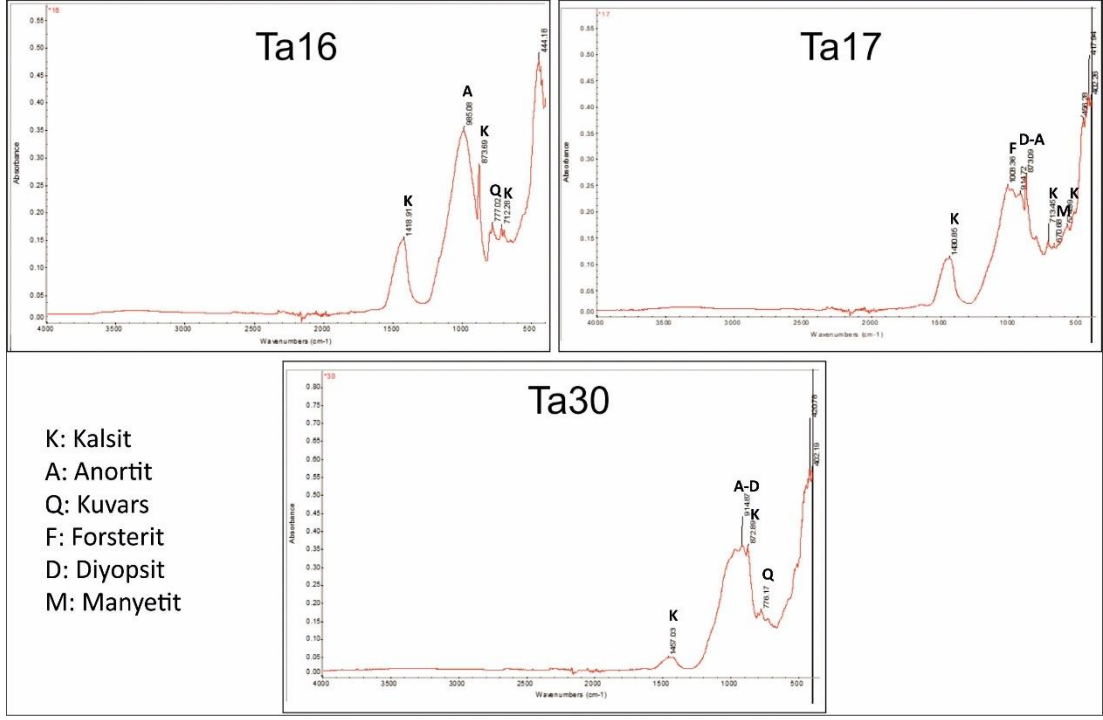


Şekil 3.28: TA37 örneğinin DSC-TGA Termogramları.

3.7 Fourier Dönüştümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy-FTIR) Çalışmaları

FTIR analizi son yıllarda antik seramiklerin mineralojik bileşimini değerlendirmek için kullanılan neredeyse tahribatsız bir tekniktir (Shoval 2011). Bu çalışma kapsamında 3 örnek üzerinde uygulanmıştır. Elde edilen piklerin tanımlaması yapılmış ve içerdikleri mineralojik bileşim ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

TA16 numaralı örneğin 1418.91 cm^{-1} (Kalsit), 895.08 cm^{-1} (Anortit), 873.69 cm^{-1} (Kalsit), 777.02 cm^{-1} (Kuvars), 712.28 cm^{-1} (Kalsit) pikleri oldukları belirlenmiştir. TA17 numaralı örneğin, 1430.85 cm^{-1} (Kalsit), 1008.36 cm^{-1} (Forsterit), 914.72 cm^{-1} (Diyopsit-Anortit), 873.09 cm^{-1} (Kalsit), 713.45 cm^{-1} (Kalsit), 574.99 cm^{-1} (Manyetit) pikleri oldukları belirlenmiştir. TA30 örneğinin ise 1457.03 cm^{-1} (Kalsit), 914.87 cm^{-1} (Diyopsit-Anortit), 872.89 cm^{-1} (Kalsit), 776.17 cm^{-1} (Kuvars), pikleri oldukları belirlenmiştir (Şekil 3.29).



Şekil 3.29: TA16, TA17 ve TA30 örneklerinin FITR analiz grafikleri.

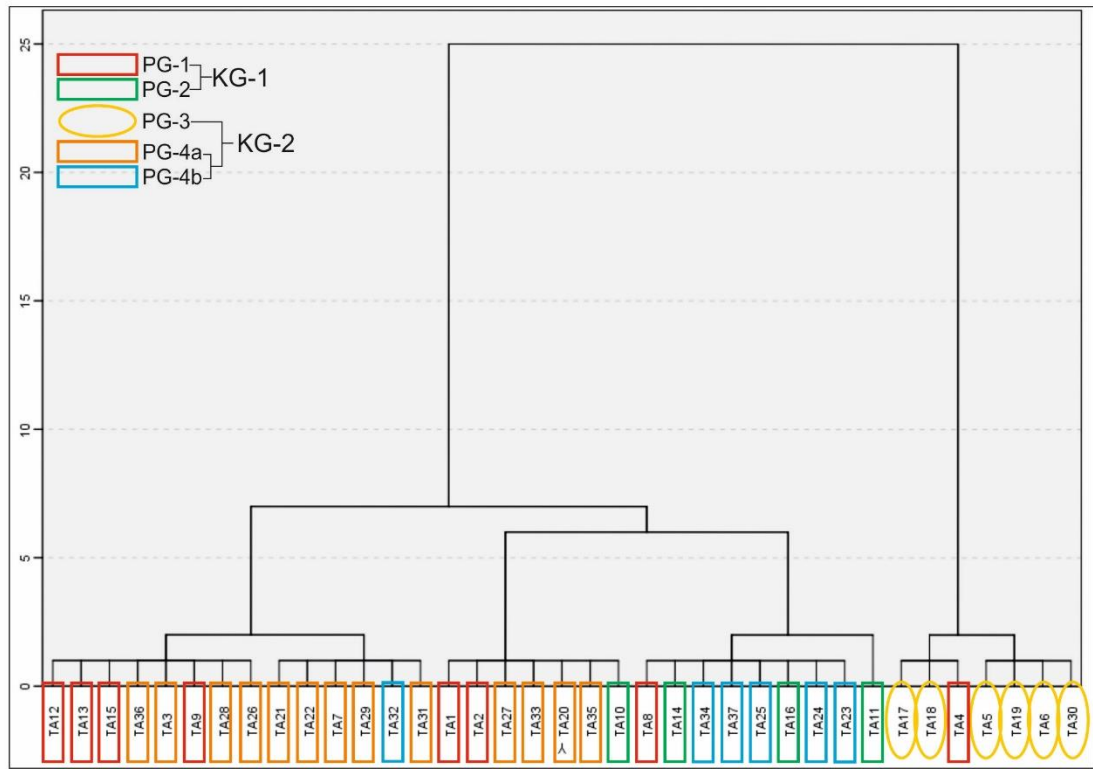
3.8 İstatiksel Analiz Çalışmaları

37 adet amfora örneğinin renk ölçüm değerleri ve 36 adet kimyasal analiz sonuçları, sınıflandırma (cluster) analizinin hiyerarşik (hierarchical) analiz tekniği kullanılarak SPSS programı ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda gruplandırılan örneklerin, temel bileşenler analizi (principal component analysis-PCA) yapılmıştır. Bu analiz sonucunda tablo dağılımı istatistiksel açıdan yorumu yapılmıştır (Bagnasco ve diğ. 2001; Baklouti ve diğ. 2015; Karagöz 2016).

3.8.1 Renk Analizi İstatistik Çalışması

Amfora örneklerinin her birinden 3 noktada renk ölçümü yapılmıştır. CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) L*a*b* renk sistemi olarak değerleri kaydedilmiştir. Bu verilerle analiz yapılmıştır (Tablo 3.1). 37 adet örneğin renk verilerini sınıflandırma (cluster) analizi için "classify-hierarchical cluster" seçilip, "Ward's Linkage" metodu, measurement interval olarak ise "Squarred Euclidean Distance" kullanılmıştır (Karagöz 2016). Bu yöntem sonucunda, birbirine yakın

değerde olan bir grup örneğin ayrıldığı görülmektedir (Şekil 3.30). Bu örnekler TA4 hariç PG-3 (TA5, TA6, TA17, TA18, TA19 ve TA30) olarak isimlendirdiğimiz sarı renkle gösterilen örneklerdir (Şekil 3.30). Bu örneklerin CIE L*a*b* sisteminde değerlendirirsek; (L) renk kodu değeri ortalama 73,02, (+a) renk kodu değeri 4,84 ve (+b) değeri de 20,44 olarak ölçülmüştür. Bir grup oluşturan bu örneklerin Munsell renk tablosunda ise TA4 (2.5Y 7/4), TA5 (2.5Y 7/4), TA6 (2.5Y 8/4), TA17 (10YR 7/4), TA18 (10YR 7/4), TA19 (10YR 7/4), TA30 (10YR 8/4) olarak karşılık gelmektedir.

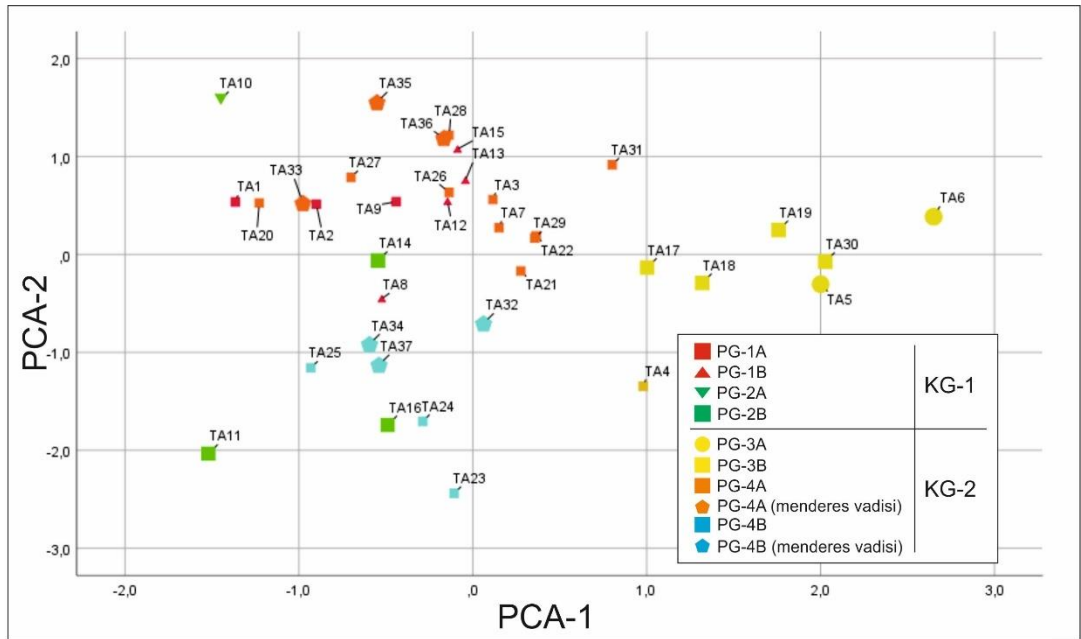


Şekil 3.30: Renk ölçüm verilerinin SPSS programıyla hiyerarşik sınıflandırma dendrogramı.

Bu örnekleri CIE L*a*b* sisteminde değerlendirirsek, yakın değerde olan PG-2 (TA10, TA11, TA14 ve TA16) yeşil renkle gösterilen örneklerdir (Şekil 3.30). TA11 farklı bir dal da ayrılrsa da aynı kategori de değerlendirilmektedir. TA10 ise farklı dalda olması diğerlerinden petrografik gruplamada da ayrıldığı için uyduğu yorumlanmaktadır. Bu örnekler, (L) renk kodu değeri ortalama 57,88, (+a) renk kodu değeri 9,78 ve (+b) değeri de 19,21 olarak ölçülmüştür. Munsell renk tablosunda; TA10 (10YR 8/4), TA11 (10YR 5/4), TA14 (7.5YR 6/4) ve TA16 (10YR 6/4) olarak tanımlanmıştır. PG-4B (TA32 hariç TA23, TA24, TA25, TA34 ve TA37) turkuaz renkle gösterilen örnekleri de birbirine yakın değerlerde olduğu için de bir grup

oluşturmaktadır (Şekil 3.30). Bu örnekleri CIE L*a*b* sisteminde değerlendirirsek; (L) renk kodu değeri ortalama 60,56, (+a) renk kodu değeri 7,64 ve (+b) değeri de 18,08 olarak ölçülmüştür. Munsell renk tablosunda ise TA23 (10YR 6/4), TA24 (10YR 6/4), TA25 (7.5YR 6/4), TA32 (10YR 6/4), TA34 (7.5YR 6/4) ve TA37 (7.5YR 6/4) olarak tanımlanmıştır. Bu gruplar dışında kalan örneklerin ise petrografik grup tanımlamaya göre ayrılmadığını göstermemektedir. Bunun sebebi ise amforaların farklı derecelerde pişirilmesi veya farklı mineral içeriğinin olabileceği düşünülebilir (Şekil 3.30).

Renk ölçüm değerlerinden temel bileşenler analizi yapılmıştır. KMO testinin sonucu %30 olarak hesaplanmıştır. Bu değer %50'nin altında bir değer çıktığı için analize uygun görülmemiştir. Analiz tablosunda petrografik olarak tanımlayıp gruplandığımız örneklerin dağılımı ile renk ilişkisi net olarak görülme de bazı gruplardaki (PG-3) farklılıklar görülmektedir (Şekil 3.31).



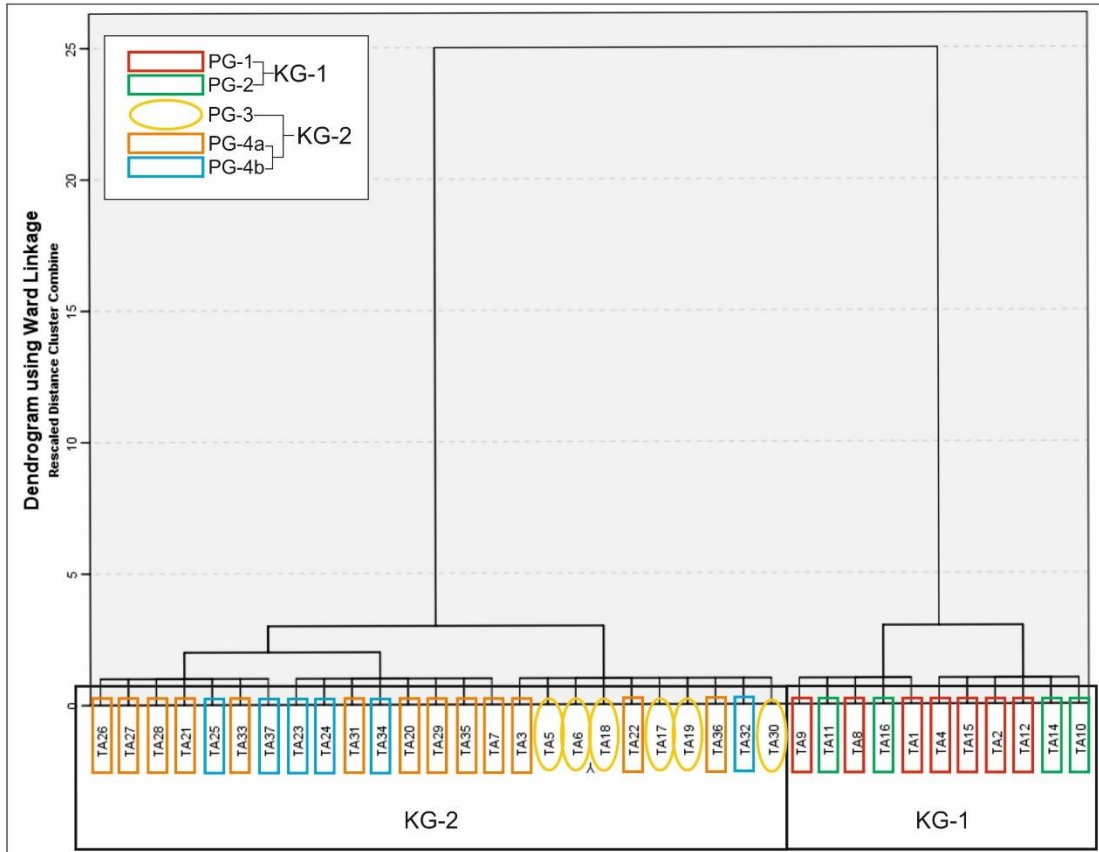
Şekil 3.31: Renk ölçüm verilerinin SPSS programıyla yapılan PCA (temel bileşenler analiz) grafiği.

3.8.2 Kimyasal Analiz (XRF) Sonuçlarıyla İstatistik Çalışması

Amfora örneklerinden elde edilen kimyasal analiz verilerini istatistiksel olarak da desteklenmesi için SPSS programı ile sınıflandırma (cluster) analizinin hiyerarşik (hierarchical) analiz tekniği ve temel bileşenler analizi (PCA) yaparak

gruplandırılma yapılmıştır. Ayrıca doğruluğu arttırmak için kimyasal analiz sonuçlarını SPSS programında çıkan sonucu dendrogram grafiği yaparak ve tablo dağılımını istatistiksel açıdan yorumu yapılmış olup, örneklerin gruplaması yapılmıştır.

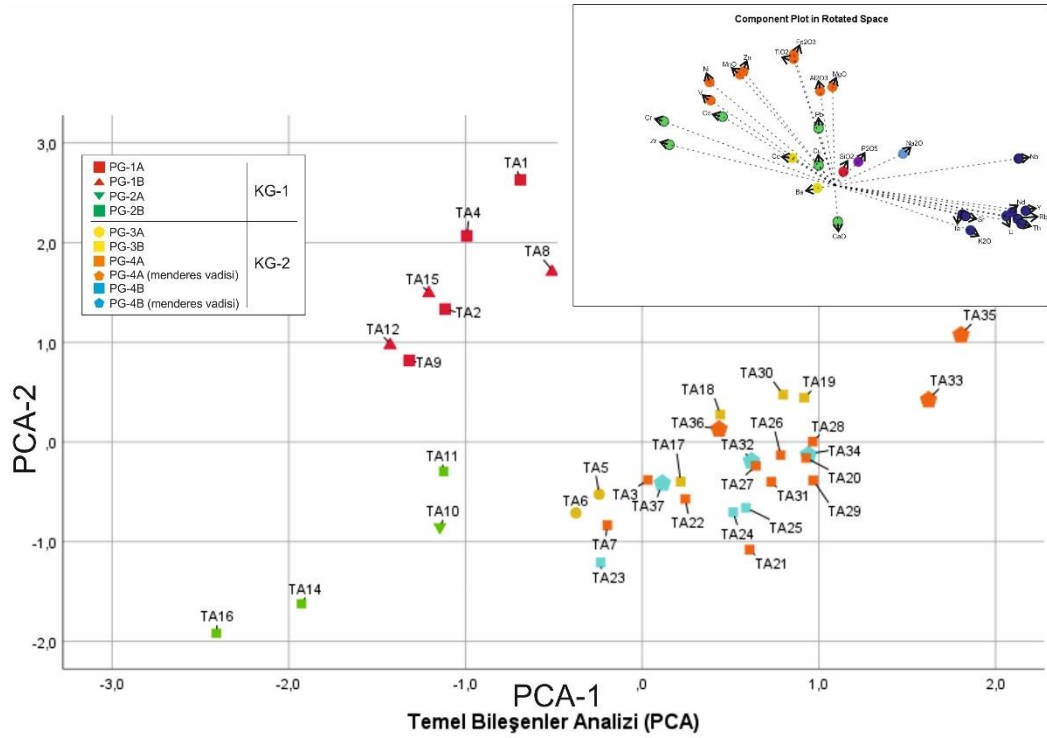
Kimyasal analiz sonuçlarını değerlendirdiğimizde TA13 numaralı örnek hariç, diğer örnekler için ana oksit ve iz elementleri üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Kimyasal analiz (XRF) verilerinde ana oksit elementlerden Cr_2O_3 ve SO_3 ve iz elementlerinden Cl, Ga, As, Se, Br, Mo, Ag, Sn, Sb, Te, I, Cs, La, Ce, Pr, Er, Yb, Hf, W, Hg, Ti ve Bi elementleri numerik değeri olmadığı için değerlendirmeye alınmamıştır (Baklouti ve diğ. 2015). Ayrıca ppm miktara sahip oldukları için kümeleme analiz sonuçlarının kimyasal analiz verisinde hata paylarının bulunmamasından dolayı önemli ölçüde etkilenmiş olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 3.32: Kimyasal analiz verilerinin SPSS programıyla hiyerarşik sınıflandırma dendrogramı.

Değerlendirme sonucunda dendrogram tablosu oluşturulup örnekler arası gruplandırma yapılmıştır (Şekil 3.32). Yapılan gruplandırmada çıkan sonuca göre

dentrogram ağının sağ tarafında kalan TA9, TA11, TA8, TA16, TA1, TA4, TA15, TA2, TA12, TA14 ve TA10 numaralı örnekler bir grup oluşturmaktadır. Belirlenen bu grup petrografik tanımlamalarla oluşturulan KG-1 grupla uyduğu görülmektedir. Bu ayrılan grup içerisinde petrografik gruplandırmada tanımlanan PG-1 ve PG-2 grupları yer almaktadır. Dentrogramın sol tarafında kalan örneklerin KG-2 olarak tanımlanan grupla uyduğu belirlenmiştir. Kendi içerisinde sağ tarafında kalan petrografik tanımlamalarla oluşturulan PG-3 (TA5, TA6, TA17, TA18, TA19 ve TA30) örnekleri ile uyduğuna fakat TA3, TA22, TA32 ve TA36 örneklerin uyumadığı görülmektedir. Belirlenen bu grupta mineralojik ve petrografik tanımlamalarla oluşturulan 4. grupta uyduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.33: Kimyasal analiz (XRF) verilerinin SPSS programıyla temel bileşenler (PCA) analizi.

İstatistiksel yaklaşımları desteklemek için hiyerarşik analizi yapılan verilerle SPSS programı ile temel bileşenler analizi (PCA) yapılmıştır (Bagnasco ve diğ. 2001; Baklouti ve diğ. 2015; Karagöz 2016). (Şekil 3.33). Çıkan sonuçta tabloda görüldüğü üzere orijin noktasının sol tarafında kalan KG-1 örnekleridir. Aynı zamanda bu örnekler de PG-1 ve PG-2 örneklerinin net bir şekilde ayrıldığı göstermektedir. Orijin noktasının çevresinde ve sağ tarafında yoğunlaşan örnekler de

birbirine yakın değerleri olduğu için net bir ayrım görülmemektedir. Örneklerin renklendirilerek ayrılması petrografik tanımlamalarla çıkan sonuçlara göre yapılmıştır.

Yapılan bu analiz sonucunda SPSS programı analizin doğruluğu için bizlere birkaç testle sonuçlar vermektedir. Bu sonuçları yorumlayacak olursak;

Korelasyon matris tablosundan bize determinant değeri verir. Bu determinant değeri 0'dan küçük olsaydı analizi yapmamız uygun olmayacaktı. Yapılan analizde Determinant = 6.48E-025 değerini vermektedir. Bu sonuç ise analiz için uygun olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.6: Kaiser-Meyer-Olkin ve Bartlett's test tablosu.

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,676
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1383,097
	df	378
Sig.		,000

KMO ve Bartlett testleri yapıldı. Bu testler sonucunda KMO sonucu %67 olması ve Bartlett sonucu 0.00 olması yapılan faktör analizi (PCA) için uygunluğunu göstermektedir. Eğer KMO testi %50 altı ve Bartlett sonucu 0.5'den büyük olsaydı faktör analizi (PCA) için bu çalışmamız uygun olmazdı.

Tablo 3.7: Communalities veri tablosu.

Communities		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
	Initial	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	Extraction	0.929	0.892	0.906	0.886	0.819	0.735	0.900	0.678	0.892	0.897
		Cr	V	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr
	Initial	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	Extraction	0.938	0.856	0.738	0.934	0.631	0.927	0.890	0.856	0.954	0.925
		Nb	Cd	Ba	Nd	Ta	Pb	Th	U		
	Initial	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
	Extraction	0.909	0.805	0.876	0.882	0.707	0.420	0.952	0.867		

Communities sonucuna göre extraction değerlerinin 0.5 altında veri olmaması gerektiğini ve veri setinden çıkarılabilir olduğunu öneri olarak sunmaktadır. Tabloya baktığımızda sadece Pb (kurşun) verisinin 0.5 değerinin altında olduğunu ama seramikler içinde kurşun kullanılabilir olduğu için ve çok düşük değeri olmamasından dolayı veri setinde değerlendirilebilir olarak karar verilmiştir.

Tablo 3.8: Total variance explained veri tablosu.

Total Variance Explained (Açıklanan Toplam Varyans)									
Component (Bileşenler)	Initial Eigenvalues (İlk özdeğerler)			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total (Toplam)	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	12.47	44.53	44.53	12.47	44.53	44.53	9.27	33.12	33.12
2	4.05	14.45	58.99	4.05	14.45	58.99	5.63	20.09	53.21
3	2.65	9.47	68.45	2.65	9.47	68.45	3.22	11.49	64.70
4	1.91	6.83	75.29	1.91	6.83	75.29	2.18	7.79	72.49
5	1.43	5.11	80.40	1.43	5.11	80.40	1.94	6.94	79.43
6	1.09	3.88	84.29	1.09	3.88	84.29	1.36	4.86	84.29
7	0.94	3.35	87.64						
8	0.76	2.72	90.36						
9	0.58	2.06	92.42						
10	0.49	1.75	94.17						
11	0.37	1.31	95.48						
12	0.25	0.88	96.36						
13	0.19	0.68	97.04						
14	0.18	0.63	97.67						
15	0.15	0.54	98.22						
16	0.12	0.41	98.63						
17	0.11	0.38	99.01						
18	0.08	0.30	99.30						
19	0.06	0.22	99.53						
20	0.04	0.14	99.67						
21	0.03	0.11	99.78						
22	0.02	0.08	99.86						
23	0.01	0.05	99.90						
24	0.01	0.04	99.94						
25	0.01	0.03	99.97						
26	0.00	0.02	99.99						
27	0.00	0.01	100.00						
28	0.00	0.00	100.00						

Extraction Method: Principal Component Analysis (Temel Bileşenler Analizi)

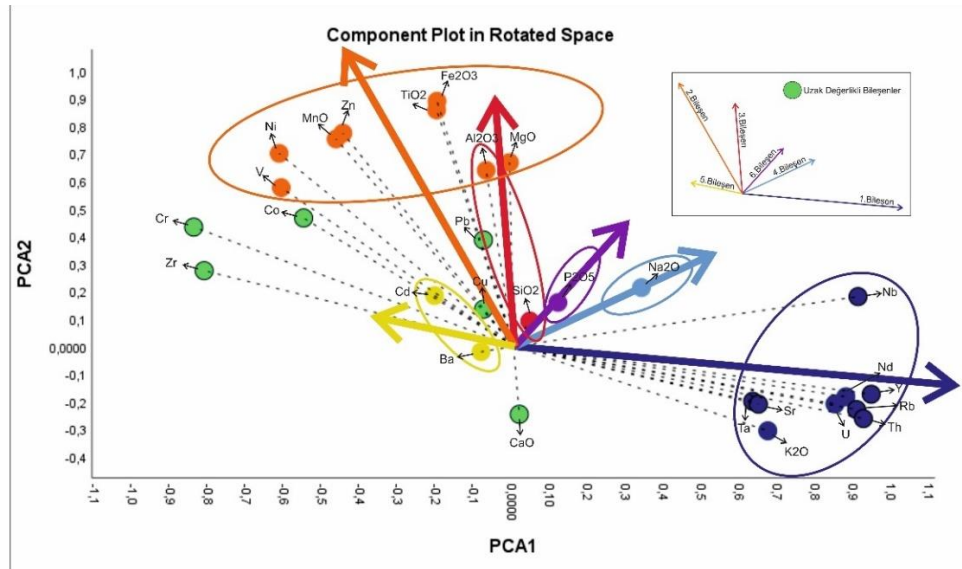
Toplam varyans tablosunu değerlendirdiğimizde, total sütununda 1 ve üstünü değerlendirilmesi gereklidir. Yani 1 ve üstünde 6 grup bileşeni oluşturduğunu ve kümülatif sütununa da bakarsak gruplandırmanın %84 doğruluğunu göstermektedir.

Tablo 3.9: Rotated Component Matrix tablosu.

Rotated Component Matrix		Components (Bileşenler)														
		Y	Th	Nb	Rb	Nd	U	Cr	Zr	K ₂ O	Sr	Ta	V	Co	Fe ₂ O ₃	
1	1	0.94	0.92	0.91	0.90	0.88	0.85	-0.84	-0.82	0.67	0.65	0.63	-0.61	-0.55		
	2												0.58		0.89	
	3										-0.55					
	4															
	5															
	6															
2	1															
	2	0.86	0.77	0.75	0.70	0.67				0.64						
	3								-0.89	0.83	0.69					
	4											-0.75	0.68			
	5												0.92	0.82		
	6														0.91	

Rotated component matrix tablosunu değerlendirildiğinde değeri 1'e yakın olanlar grubun karakteristik özelliğini göstermektedir. Değeri (-) ise temsil ettiği verinin uzaklığını göstermektedir. 6 bileşen gruba ayrıldığını ve temsili değerleri grup özellikleri aşağıda belirtilmektedir.

1. Bileşen: Yakın değerli Y, Th, Nb, Rb, Nd, U, K₂O, Sr, Ta – uzak değerli Cr, Zr, V, Co, Ni
2. Bileşen: Yakın değerli V, Fe₂O₃, TiO₂, Zn, MnO, Ni, MgO, Al₂O₃ – uzak değerli yok
3. Bileşen: Yakın değerli SiO₂, Al₂O₃ – Uzak değerli Sr, CaO
4. Bileşen: Yakın değerli Na₂O – Uzak değerli Cu
5. Bileşen: Yakın değerli Ba, Cd – Uzak değerli yok
6. Bileşen: Yakın değerli P₂O₅ – Uzak değerli yok



Şekil 3.34: Kimyasal analiz verilerinin SPSS programıyla temel bileşenler (PCA) analizi bileşenleri.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Tripolis antik kentinden alınan 37 adet amfora örneğinin mineralojik ve petrografik belirlenmesi yapılmış kimyasal ve fiziksel yöntemlerle örnekler incelenerek tanımlanmıştır.

Amfora örneklerinin renk ölçüm sonuçlarında belirgin bir farklılık tespit edilmemiştir. Ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda PG-3 örneklerin renklerinde farklılık tespit edilmiştir. Ayrıca PG-2A ve PG-2B örneklerinde de farklılıklar belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda amfora örneklerinin renk incelemesinde farklı değerlerin çıkması, ayırım olmaması amforaların farklı sıcaklıklarda ve farklı pişme sürelerinden kaynaklı olduğu yorumlanmaktadır.

Ayrıca ölçüm cihazının verdiği L, a ve b değerleriyle istatistik analiz sonuçlarıyla PG-3 örneklerinin bir grup olarak bir yerde toplandığı, PG-2A ve PG-2B örneklerinin ayırımı ve PG-3B örneklerinin TA32 hariç bir yerde toplandığı görülmektedir. Böylelikle sonuçların petrografik ayırımla uyduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda amfora örneklerinin renk incelemesinde farklı değerlerin çıkması, net bir şekilde ayırım olmaması amforaların farklı sıcaklıklarda ve farklı pişme sürelerinden kaynaklı olduğu yorumlanmaktadır.

Optik mikroskop çalışmasında örneklerin petrografik olarak 4 ana gruba ayrılmıştır. Her grup kendi içerisindeki mineralojik bileşimlerin yoğunluğuna göre alt gruplara ayrılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkların genellikle içerdikleri mineralojik bileşim ve tane boyutlarındaki farklılıklardan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Petrografik grup 1 örneklerinin bol mika (biyotit-muskovit), karbonat (kalsit), feldispat mineralleri, kuvars, opak mineraller içerdikleri, petrografik grup 2 örneklerinin ise bol mika (muskovit-biyotit) minerallerinin, iri taneli karbonat (kalsit), orta oranda kuvars mineralleri ve opak mineraller içerdikleri gözlenmiştir. Her iki grup örneklerde de az oranda mikaşist bileşimli kayaç parçaları az oranda

gözlenmektedir. Petrografik grup 2 örneklerde muskovit minerallerinin fazla ve iri boşluk yapıları içerdiği tespit edilmiştir. Petrografik grup 3 örnekleri, kötü derecelenmiş ve az oranda mika (biyotit) yoğun karbonat içerikli, yoğun feldispat, plajiyoklaz, kuvarsit ve iğne şekilli küçük opak mineraller gözlemlenmiştir. Petrografik grup 4 örnekleri ise benzer mineralojik bileşimde olup sadece karbonat içerikleri daha az orandadır.

Menderes Vadisi kırmızı astarlı amforalar olarak tanımlanan örnekler petrografik grup 4 içerisinde değerlendirilmiş ve çok iyi derecelenmiş ince taneli mineralojik bileşimleri ile biyotit içeriği fazla olan (PG-4A) ve muskovit içeriği fazla olan (PG-4B) olarak 2 alt grup içinde tanımlanmışlardır.

XRD analizleri sonucunda örnek petrografik olarak ayrılan gruplar arasında farklılıklar belirgin şekilde tespit edilmiştir. En yüksek kuvars içeriğinin PG-2 örneklerinde olduğu görülmektedir. Mika/kil minerallerinde ise yoğunluk PG-4 örneklerinde tespit edilmiştir.

XRD analizlerine göre örnek gruplarının pişme sıcaklıkları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Buna göre PG-1 örneklerinin içerisinde Diyopsit, Gehlenit, Albit piklerinin gözlenmiş olması pişme sıcaklıklarının $>800-850^{\circ}\text{C}$ civarında olduğu düşünülmektedir. Mineralojik bileşimlerde örnekler içerisinde Piroksen minerallerinin gözlenmemesi yüksek sıcaklık pişme durumları ile ilişkili olabilir. PG-2 örneklerinde ise bu piklerin görülmemiş olması ve kalsit minerallerinin yüksek varlığı pişme sıcaklıklarının $< 800^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. PG-3 örneklerinde Albit, Gehlenit ve Diyopsit piklerinin gözlenmesi ve Kil/Mika piklerinin düşük olması sebebiyle pişme sıcaklıklarının $>800-850^{\circ}\text{C}$ civarında olduğu, PG-4 örneklerinde ise yüksek Kil/Mika piklerinin olması, Kalsit piklerinin belirlenmiş olması pişme sıcaklıklarının $700-800^{\circ}\text{C}$ civarında olduğu görülmektedir. Bu grup içerisinde Albit piklerinin görülmesi mineralojik bileşimde gözlenen feldspat mineralleri ile ilişkilendirilmiştir.

Petrografik çalışmayı desteklemek amacıyla yapılan kimyasal analiz sonucunda amfora örneklerinin, kendi içinde karşılaştırıldığında, kimyasal grup 1 (KG-1) ve kimyasal grup 2 (KG-2) olarak ayrıldığı ve Petrografik gruplar ile

karşılaştığımızda ise PG-1 ve PG-2, KG-1 içinde yer aldığını, PG-3 ve PG-4 örneklerinin KG-2 içinde yer aldığı tespit edilmiştir.

KG1 örneklerinin KG-2 örneklerine göre, yüksek TiO₂, MnO, Fe₂O₃, Ni, Cr, Zr, Co, Düşük K₂O, Nb, Y, Sr içeriklerinde sahip olduğu belirlenmiştir. CaO, Al₂O₃, MgO, SiO₂ içeriklerinin ise benzer bileşimde oldukları tespit edilmiştir. Her iki grup değerlendirildiğinde farklı kaynak alanından alınmış killerden üretilen seramikler oldukları düşünülmektedir.

Kimyasal analiz verilerine göre yapılan istatistiksel yorumlamalarda ikili korelasyon diyagramlarında elde edilen sonuçlar desteklenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda PG-1 ve PG-2 örneklerin diğer örneklerden belirgin şekilde ayrıldığı ve PG-1 ve PG-2 örneklerinin de kendi aralarında ayrıldıkları görülmektedir. PG3 ve PG4 örneklerinin ise kesin bir ayırım göstermediği görülmüştür.

SEM-EDS çalışmaları sonucunda örnekler içerisinde Feldspat, Kuvars, İlmenit minerallerinin pikleri tespit edilmiştir. Bu minerallerin görüntülerinin yorumlanması sonucunda bunların kil hamurunun içerisindeki mineraller oldukları düşünülmektedir. Genel olarak örneklerde belirgin bir CaSiO oluşumu tespit edilmediği ve hamurunda yüksek pişme sıcaklığı verisi oluşabilecek boşlukların oluşmamış olmasından dolayı örneklerin yüksek sıcaklıklarda pişirilmedikleri düşünülmektedir.

DSC-TGA analizleri sonucunda örneklerde PG-1 ve PG-2 örneklerinde yaklaşık %8 toplam kütle kayıplarının olduğu, PG-3 ve PG-4 örneklerinde ise %9-13 civarında olduğu belirlenmiştir. Bu kütle kayıplarının fazla olması örneklerin pişirim sıcaklıklarının çok yüksek olmadığı görüşünü desteklemektedir. PG-3 ile PG-4 örnekleri içerisinde fazla oranda gözlenen kil/mika ve kalsit pikleri ile ilişkilendirilmiştir.

FTIR analizleri sonucunda XRD analizlerinde tespit edildiği gibi Kuvars, Kalsit, Diyopsit pikleri tespit edilmiştir. Buna göre örnek sayısının az olmasından dolayı FTIR analizleri sonucunda ekstra bir yoruma gidilmemiştir.

Elde edilen kimyasal analiz sonuçlarının bölgede önceki yıllarda Tripolis ve yakın çevresindeki yerleşim yerlerinde daha önce çalışılmış ve tanımlanmış Menderes örnekleri, yapılan çalışmalar ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Kırmızı astarlı seramikler, Sagalassos örnekleri, Tripolis unguentarium örnekleri ile karşılaştırma sonucunda, KG-1 ve KG-2 amfora örneklerinin bölge olarak ayrı kil yataklarından alındığı yorumu yapılmaktadır.

İncelenen amfora örneklerinin KG-1 olarak tanımlanan grubun belirgin farklılık gösterdiği, KG-2 örneklerinin ise bölgede önceden yapılan menderes vadisi örnekleri ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Arkeolojik olarak yapılan tipolojik sınıflamada TA3, TA5, TA6, TA7 örneklerinin arkeometrik incelemeler sonucunda farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumda tipolojik olarak farklılıkların olması seramiklerin yapıldığı dönemde farklı kaynaktan alınan killerin benzer ustalar tarafından işlendiği şeklinde yorumlanmıştır. Bu durumda bölgede üretilen amfora örneklerinin farklı kil yataklardan alınan ve/veya kil yataklarına ilave edilen killer ile aynı ustalar tarafından üretildiği şeklinde yorumlanmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Akkaş, İ., "Parion Arkaik, Klasik ve Hellenistik Dönem Amforaları", Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Arkeoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, (2015).
- Akyol, A. A., Kadioğlu, Y. K. ve Şenol, K. Ş., "Bybassos Hellenistik Ticari Amforaları Arkeometrik Çalışmaları", *The Journal of MCRI*, s:163-177, (2013).
- Akyol, A. A. ve Aydın, M., "Olba Kazısı Seramik Buluntuları Arkeometrik Analizleri", *Olba Kazısı Serisi, Seleucia VI*, s:413-431, (2016).
- Alçıçek, H., Varol, B. ve Özkul, M., Sedimentary facies, depositional environments and palaeogeographic evolution of the Neogene Denizli Basin, SW Anatolia, Turkey. *Sedimentary Geology*, 202(4), 596–637, (2007).
- Alpözen, T. O., Berkaya, B. ve Özdaş, H., "Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi Ticari Amforaları", *Eski Çağda Akdeniz Ticareti-Bodrum, Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi Yayınları II*, 1-125, (1995).
- Angourakis, A., Martínez Ferreras, V., Torrano, A. and Gurt Esparraguera, J. M., Presenting multivariate statistical protocols in R using Roman wine amforae productions in Catalonia, Spain. *Journal of Archaeological Science*, 150–165, (2018).
- Ataman, O.Y., "Arkeometride Spektrometri Yöntemleri", Türkiye’de Arkeometrinin Ulu Çınarları Prof. Dr. Ay Melek Özer ve Prof. Dr. Şahinde Demirci’ye Armağan, (Ed. Ali Akın Akyol ve Kameray Özdemir), Homer Kitabevi ve Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, (2012).
- Bagnasco, M. B., Casoli, A., Chiari, G., Compagnoni, R., Davit, P. and Mirti, P., "Mineralogical and chemical composition of transport amphorae excavated at Locri Epizephiri (southern Italy)", *Journal of Cultural Heritage*, 2(3), 229–239, (2001).
- Baklouti, S., Maritan, L., Laridhi Ouazaa, N., Mazzoli, C., Larabi Kassaa, S., Joron, J. L., Fouzaï, B., Casas Duocastella, L. and Labayed-Lahdari, M. "African terra sigillata from Henchir Es-Srira archaeological site, central Tunisia: Archaeological provenance and raw materials based on chemical analysis". *Applied Clay Science*, 105–106, 27–40, (2015).
- Belfiore, C.M., Day, P.M., Hein, A., Kılıkoglu, V., La Rosa, V., Mazzoleni, P. and Pezzino, A., "Petrographic and Chemical Characterization of Pottery Production of the Late Minoan I Kiln at Haghia Triada, Crete", *Archaeometry*, 49,4,621-653, (2007).
- Bertolino, S.R., Galvan Josa, V., Carreras, A.C., Laguens, A., de la Fuente, G. and Riveros, J. A. "X-ray techniques applied to surface paintings of ceramic pottery

- pieces from Aguada Culture (Catamarca, Argentina)", X-Ray Spectrom. 38, 95–102, (2009).
- Callander M.H., "Roman Amphorae". London, (1965).
- Canbolat, A. "Seramik Şekillendirme Yöntemlerinde Tornanın Kullanımı Ve Seramik Tornalar", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik Ana Sanat Dalı, Eskişehir, (2011).
- Cankardeş-Şenol, G., "Antik Dönemde Amfora Kullanımı", Taşucu Arslan Eyce Amphora Müzesi (Edt.) Kaan Şenol, 7-23, (2009).
- Çetintaş, E., "Rhodiapolis Hatalı Üretim Seramiklerinin Deneysel Arkeoloji Yöntemiyle İncelenmesi ve Uygulanması", Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Ana Bilim Dalı, Antalya, (2016).
- Çibuk, K., "Kocaeli Müzesi Amphora Koleksiyonu", Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Arkeoloji Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, (2019).
- Degryse, P., Poblome, J., Donners, K., Deckers, J. and Waelkens, M. "Geoarchaeological investigations of the "potters" quarter" at Sagalassos, southwest Turkey." *Geoarchaeology*, 18(2), 255–281, (2003).
- Demesticha, S., "Late Roman Amphora Typology in Context", LRCW 4, Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean, Archaeology and Archaeometry, The Mediterranean: a market without frontiers, Ed.: N. Poulou-Papadimitriou – E. Nodarou – V. Kilikoglou, Volume I, BAR International Series 2616 (I), 599-606, (2014)
- Demirci, Ş. ve Akyol, A. A., "Sinop Amfora Atölyelerinden Ele Geçen Örneklerle Bir Çalışma", 11. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, s:53-62, Ankara, (1995)
- Doğer, E. "Klazomenai Arkaik Dönem ticari amforaları", Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Ve Sanat Tarihi Anabilim Dalı, İzmir, (1988).
- Doğer, E. (1991). *Antik Çağda Amforalar*, Sergi Yayınevi, İzmir.
- Dressel, H., *Corpus Inscriptionum Latinarum*, Vol. XV, 1899.
- Dressel, H., *Inscriptioes Urbis Romae Latinae. Instrumentum Domesticum*, CIL XV, 1899
- Duman, A. D., "Lykos vadisi kentleri örneğinde Tripolis kent planı ve mimari yapılanması". Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Arkeoloji Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Klasik Arkeoloji Programı, Denizli, (2016).
- Duman, B., "Laodikeia Helenistik Ve Erken Roma Dönemi Seramiği". Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Arkeoloji Ana Bilim Dalı Klasik Arkeoloji Bilim Dalı, Konya, (2010).
- Duman, B., "African Red Slip Ware in Lydian Tripolis". *RCRF ACTA* 44, 699- 706, (2016).

- Duman, B. "Tripolis'in Yeri, Önemi ve Kısa Tarihi", Tripolis ad Maeandrum I, Tripolis Araştırmaları, (Ed. B. Duman), İstanbul, 1-16, (2017a).
- Duman, B., "A typo-chronological table of Late Roman amphorae from Lydian Tripolis". LRCW 5-2, 743-756, (2017b).
- Duman, B., "Tripolis Kazı, Koruma ve Onarım Çalışmaları (2012-2022)", <http://www.pau.edu.tr/tripolis>
- Empereur, J. Y. and Picon, M., "A la Recherche des Fours d'Amphores", in Empereur and Garlan (1986).
- Empereur, J. Y. and Tuna N., "Hieroteles, Poşter Rhodien de la Peree", BCH 113. (1989).
- Erman, D. O., "Türk Seramik Sanatının Gelişimi: Toprağın Ateşle Dansı". Acta Turcica, 4(1), 18–33, (2012).
- Fantuzzi, L. and Cau Ontiveros, M. Á., "Archaeometric characterisation of amphorae from the Late Antique city of Iluro (Mataró, Spain)", Journal of Archaeological Science: Reports, 21, 1079–1090, (2018).
- Friedman, Z., "Geçmişten Günümüze Mozaik Köprüsü", Şu kitapta: Editör: M. Şahin, IV. Uluslararası Türkiye Mozaik Korpusu Sempozyum Bildirileri, TC. Uludağ Üniversitesi Mozaik Araştırma Merkezi, AIEMA Türkiye, Bursa. (2008).
- Graauw, A. "Catalogue of potential ancient ports in the Black Sea" Méditerranée [Online], 01.02.2022, URL:<http://journals.openedition.org/mediterranee/8326>, (2016).
- Jordanidisa, A., Garcia-Guineab, J. and Karamitrou-Mentessidic, G., "Analytical study of ancient pottery from the archaeological site of Aiani, northern Greece." Materials characterization, 60,292-302, (2009).
- Jordan, M.M., Martín-Martín, J.D., Sanfeliu, T., Gómez-Gras, D. and de la Fuente, C., "Mineralogy and firing transformations of Permo-Triassic clays used in the manufacturing of ceramic tile bodies". Appl. Clay Sci. 44, 173–177. (2009).
- Karagöz, Y., "SPSS ve AMOS 23 Uygulamalı İstatistiksel Analizler", Nobel Yayınları 1. Basım, Ankara, s:889-890, (2016).
- Katırcı, S., "Tripolis Amphoraları" Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Klasik Arkeoloji Anabilim Dalı, Eskişehir, (2020).
- Kerem, F., "İçel Müzesinden Bir Grup Amphora", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, (1999).
- Kızıllıslanoğlu, H. A., "Antik Çağ'da Elaiussa Sebaste'nin Amphora Üretimi Ve Ticari İlişkileri", Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Erzurum, (2016).
- Koehler, G. C., "Handling of Greek transport amphoras", (Ed. J.-Y. Empereur and Y. Garlan), BCH, Suppl. XIII, Paris, pp. 49–67, (1986).

- Koralay, T., Duman, B., Kadioğlu, Y. K. ve Akyol, A. A., " Tarihi Harç ve Sıva Örneklerinin Çoklu Analitik Yöntemler Kullanılarak İncelenmesi: Tripolis (Yenice/Denizli) Örneği", 31. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Erzurum, (2015).
- Lamboglia, Nino., "Sulla cronologia delle anfore romane di età repubblicana (II-I secolo a. C.)", (1955).
- Mange, M. A. and Bezeczký, T., "Chapter 40 The Provenance of Paste and Temper in Roman Amphorae from the Istrian Peninsula, Croatia". *Developments in Sedimentology*, 58(07), 1007–1033, (2007).
- Maritan, L., Nodari, L., Mazzoli, C., Milano, A. and Russo, U., "Influence of firing conditions on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter". *Appl. Clay Sci.* 31, 1–15, (2006).
- Martínez Ferreras, V., Capelli, C., Cabella, R. and Nieto Prieto, X., "From hispania tarraconensis (ne spain) to gallia narbonensis (s france). New data on pascual 1 amphora trade in the augustan period", *Applied Clay Science*, 82(1), 70–78. (2013).
- Mommsen, H., "Provenance determination of pottery by trace elements analysis: problems, solutions and applications", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 247, 657-62, (2001).
- Murtagh, F. and Legendre, P., "Ward's hierarchical agglomerative clustering method: which algorithms implement Ward's criterion?", *Journal of classification*, 31(3), 274-295, (2014).
- Ok, M., "Tripolis Hellenistik ve Roma Dönemi Seramiği", Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Arkeoloji Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Denizli, (2018).
- Okan, E., Atila, C. and Akyol A. A., "The Production Of Chios-Style Amphorae At A Ceramic Workshop In Phocaea (Foça)", *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, Vol. 15, No 3,(2015), pp. 259-276, (2015).
- Okay, A. İ., "Denizli'nin güneyinde Menderes masifi ve Likya naplarının jeolojisi", *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 109(109), (1989).
- Ohno, Y., "Spectral Colour Measurement, in CIE Colorimetry: Understanding the CIE System", (Ed. J. Schan-da), Ch. 5., Wiley, New York, (2007).
- Ortega, L.A., Zuluaga, M.C., Alonso-Olazabal, A., Murelaga, X. and Alday, A., "Petrographic and geochemical evidence for long-standing supply of raw materials in Neolithic pottery (Mendandia site, Spain)". *Archaeometry* 52 (6), 987–1001, (2010).
- Özer, A., "Hisarönü (Marmaris) Amforalarının Kökenine Yönelik Jeokimyasal Ve Petrografik Yaklaşım", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2006).
- Quinn, P. S., "Ceramic, Petrography: The Interpretation of Archaeological Pottery and Related Artefacts in thin Section", *Archaeo press*, Oxford, p. 260, (2013).

- Panella, C. and Fano, M., "Le Anfore con anse Bifide Conservate a Pompei: Contributo ad una loro Classificazione", MCMFEA, Actes du colloque de Rome 27-29 Mai 1974, CollEcFrRome 32, Methodes Classiques et Méthodes Formelles Dans L'Étude des Amphores, Collection de L'École Française de Rome 27-29 Mai 1974, 1977, 133-178.
- Peacock, D. P. S., "Roman Amphorae: Typology, Fabric and Origins", Methodes classiques et Méthodes Formelles Dans L'Étude des Amphores, Collection de L'École Française de Rome 32, 27-29 Mai 1974, 261-278 (1977).
- Rathossi, C., Pontikes, Y. and Tsolis-Katagas, P., "Mineralogical differences between ancient sherds and experimental ceramics: indices for firing conditions and postburial alteration". Bull. Geol. Soc. Greece XLIII 2, 856–865, (2010).
- Robinson, H. S., "Pottery of the Roman Period: Chronology", The Athenian Agora, Vol. 5, American School of Classical Studies at Athens, (1959).
- Schanda J., "Colorimetry Understanding the CEI System". New Jersey, 2007
- Schumacher, F., "Zur römischen Keramik", Bonner jb. 136, (1936).
- Semiz, B., "Tripolis'ten Bir Grup Kırmızı Astarlı Seramiğin Arkeometrik İncelemesi" Arkeoloji Dergisi, XXII, 2017, 315-325, (2017a).
- Semiz, B., "Characteristics of clay-rich raw materials for ceramic applications in Denizli region (Western Anatolia)", Applied Clay Science, 137, 83–93, (2017b).
- Semiz, B., "Characteristics of clays from Pamukkale (Denizli) region, and their usability in ceramic sector". Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 24(6), 1237–1244, (2018).
- Semiz, B., "Petrographic and geochemical investigations of the late antiquity unguentaria from the archaeological site of Tripolis, Denizli (southwestern Turkey)" Journal of Archaeological Science: Reports, 35, 2021, 102714, (2021).
- Semiz, B. ve Duman, B., "Tripolis'te Bulunan Geç Antik Çağ Unguentariumları'nın Arkeometrik Yönden Değerlendirilmesi". Tripolis Araştırmaları. Sayfa 165-180, (2017).
- Semiz, B. and Çelik, S. B., "Mineralogical and geochemical characteristics of Belevi clay deposits at Denizli, SW Turkey: industrial raw material potential". Arabian Journal of Geosciences, 13(8), (2020).
- Semiz, B., Duman, B. and Ok, M., "Analytical study of Roman red slip ware from ancient Tripolis (Denizli, Turkey)". Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 129 (March), s. 530–541, (2018a).
- Semiz, B., Abay, E., Dedeoğlu, F., Konakçı, E. and Ozan, A., "An Archaeometric Investigation Of Early And Middle Bronze Age Pottery From The Upper Meander Basin In Southwestern Anatolia", Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 18, No 3, (2018), pp. 121-150, (2018b).
- Shoval, S., Beck, P. and Yadin, E., "The ceramic technology used in the manufacture

- of Iron Age pottery from Galilee". In: Maggetti, M., Messiga, B. (Eds.), Geomaterials in cultural heritage. Special Publication 257. The Geological Society of London, London, pp. 101–117. (2006).
- Shoval, S., Yadin, E. and Panczer, G., "Analysis of thermal phases in calcareous Iron Age pottery using FT-IR and Raman spectroscopy", Cultural Heritage Special Chapter, J Therm Anal Calorim, (2011).
- Shoval, S., "Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) in Archaeological Ceramic Analysis", Oxford Handbooks Online, (2017).
- Strabon, "Antik Anadolu Coğrafyası (Geographika: XII – XIII – XIV)", Çev.: A. Pekman, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, (1993).
- Sun, S., "Denizli-Uşak Arasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları [Geology of the area between Denizli and Uşak and lignite occurrences]" (Report No. 9985) General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) [in Turkish, unpublished]. (1990).
- Şimşek, C., Alkaç, E. ve Duman, B., "Laodikeia Amphora Mühürleri", Laodikeia Çalışmaları 4, s. ,43-85 İstanbul, (2017).
- Şimşek, C. ve Semiz, B., "XX. Laodikeia Kilisesi Taşıyıcı Ayak Sondaj Kazılarında Bulunan Hellenistik Dönem Seramiklerinin Arkeometrik Araştırması", Laodikeia Çalışmaları 6, (2022).
- Şimşek, Ş., "Denizli-Kızıldere-Tekkehamam-Tosunlar-Buldan-Yenice alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları". Mineral Res. Expl. Direct. Turkey (MTA), Scientific Report No: 7846, p. 85. Ankara, (1984).
- Twede, D., "Commercial Amphoras: The Earliest Consumer Packages? Journal of Macromarketing", 22(1), 98–108, (2002).
- URL1:[chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/6905/mod_resource/content/1/Konu%205.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/6905/mod_resource/content/1/Konu%205.pdf), erişim tarihi: 04.04.2022
- URL-2:<http://turkser.org.tr/wp-content/uploads/2021/06/TSDWebiner1-Termal-Analiz.pdf>, erişim tarihi: 04.04.2022
- URL-3:https://www.academia.edu/37916650/Hellenistik_Seramik_7_Amphora, erişim tarihi: 04.04.2022
- URL4:[chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/74602/mod_resource/content/1/DERS5.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/74602/mod_resource/content/1/DERS5.pdf), erişim tarihi: 04.04.2022
- Vigil De La Villa, R., García Giménez, R., Cuevas Rodriguez, J. and Bernal Casasola, D., "An assay on simulation of the late Roman amphoric ceramic raw materials". Thermochemica Acta, 322(1), 9–16, (1998).
- Walter, E. ve Dean. JR., "Determination Of Carbonate And Organic Matter In Calcareous Sediments And Sedimentary Rocks By Loss On Ignition:

Comparison With Other Methods", Journal Of Sedimentary Petrology, Vol. 44,
No: 1, p: 242-248, (1974)




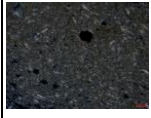
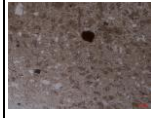



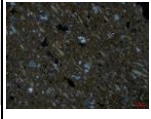
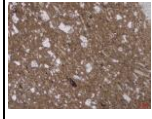





Wilson, R. L., "Inside Japanese Ceramics", 1st Edition, New York, Weatherhill:, s.
49, (1999).




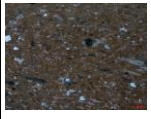
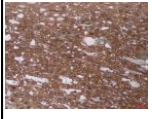



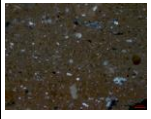
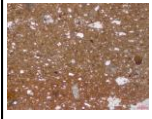



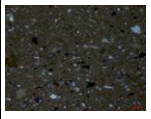
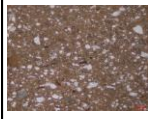



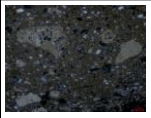

EKLER

6. EKLER

EK A
















Grup No:	Örnek No:	Amphora Tipi	Hamur Tipi	Bulunduğu Yer	l	a	b	Munsell	Renk Tanımı	Yapılan Analizler	Mineral İçeriği	Derecelenme	Amphora Örneği Makro Görüntüsü			Çift Nikol	Tek Nikol
PG-1A	TA01	Lykos Vadisi Tip 1A	Tip 1	Kutsal alan	52.497	11.857	22.153	7.5YR 5/6	Strong Brown	OM, XRF	Bt.(az), Cal(orta), Mikaşist, Fs., Opak min., Mus.(az), Yönlenme	Moderately Sorted					
	TA02	Lykos Vadisi Tip 1A	Tip 1	Mozaikli Konut Mekan 2	56.720	11.827	21.997	7.5YR 6/6	Reddish Yellow	OM, XRF, SEM	Bt(az), Cal(orta), Mikaşist, Fs.(fazla), Opak min., Yönlenme	Moderately Sorted					
	TA04	Lykos Vadisi Tip 1A	Tip 2	Mozaikli Konut Doğu Sokak	67.240	3.590	19.710	2.5Y 7/4	Pale Brown	OM, XRF, XRD, DSC, TGA	Küçük taneli, Bt(az), Cal(orta), Fs.	Moderately Sorted					
	TA09	Lykos Vadisi Tip 1A	Tip 3	Hierapolis Caddesi Doğu Portik	62.067	12.293	23.350	7.5YR 6/6	Reddish Yellow	OM, XRF, XRD, DSC, TGA	Bt.(az), Cal(orta), Mikaşist, Fs., Opak min., Px., yönlenme	Moderately Sorted					
	TA13	Lykos Vadisi Tip 1B	Tip 1	Kutsal alan	62.277	10.210	21.967	7.5YR 6/4	Light Brown	OM	Bt.(az), Cal(orta), Mikaşist, Fs., Opak min., Yönlenme	Moderately Sorted					




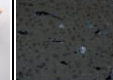
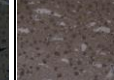














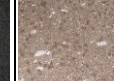




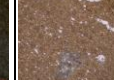





Grup No:	Örnek No:	Amphora Tipi	Hamur Tipi	Bulunduğu Yer	l	a	b	Munsell	Renk Tanımı	Yapılan Analizler	Mineral İçeriği	Derecelenme	Amphora Örneği Makro Görüntüsü			Çift Nikol	Tek Nikol
PG-1B	TA08	Lykos Vadisi Tip 1A	Tip 3	Mozaikli Konut Apsisi Yapı	60.648	9.465	19.675	7.5YR 6/4	Light Brown	OM, XRF, XRD	Bt.(bol ve yoğun), Cal.(az), Q, Mikaşist+Q, Fs., Opak min.(az)	Moderately Sorted					
	TA12	Lykos Vadisi Tip 1B	Tip 1	Kutsal alan	62.603	9.687	21.580	10YR 6/4	Light Yellowish Brown	OM, XRF	Bt.(bol), Cal.(az), Q, Mikaşist+Q, Fs., Opak min.(az), Px, Mermer, Yönlenme	Moderately Sorted					
	TA15	Lykos Vadisi Tip 1B	Tip 1	Kutsal alan	62.403	10.808	22.478	7.5YR 6/4	Light Brown	OM, XRF, SEM	Bt.(bol), Cal.(az), Q, Mikaşist+Q, Fs., Opak min.(az), Yönlenme	Moderately Sorted					

Grup No:	Örnek No:	Amphora Tipi	Hamur Tipi	Bulunduğu Yer	l	a	b	Munsell	Renk Tanımı	Yapılan Analizler	Mineral İçeriği	Derecelenme	Amphora Örneği Makro Görüntüsü			Çift Nikol	Tek Nikol
PG-2A	TA10	Lykos Vadisi Tip 1A	Tip 3	Mozaikli Konut Doğu Sokak	57.417	16.120	22.460	10YR 8/4	Very Pale Brown	OM, XRF, XRD	Mus.(bol), Cal.(orta), Mikaşist, Q, Fs., Yönlenme	Moderately Sorted					
PG-2B	TA11	Lykos Vadisi Tip 1B	Tip 1	Kutsal alan	52.820	6.923	17.680	10YR 5/4	Yellowish Brown	OM, XRF	Mus.(orta), Bt., Cal.(bol ve saf içerikte), Mikaşist, Q,- Kuvarşist, Fs., Yönlenme	Moderately Sorted					
	TA14	Lykos Vadisi Tip 1B	Tip 1	Kutsal alan	60.757	9.957	20.343	7.5YR 6/4	Light Brown	OM, XRF, XRD, SEM	Mus.(orta), Bt., Cal.(bol ve saf içerikte), Mikaşist, Q,- Kuvarşist, Fs., Px., Kumtaşı, Yönlenme	Moderately Sorted					
	TA16	Lykos Vadisi Tip 1B	Tip 1	Agora Batı Portik	60.517	6.133	16.360	10YR 6/4	Light Yellowish Brown	OM, XRF, XRD, DSC, TGA, FTIR	Mus.(orta), Bt., Cal.(bol ve saf içerikte), Mikaşist, Q,- Kuvarşist, Fs., Px., Kumtaşı, Yönlenme	Moderately Sorted					

Grup No:	Örnek No:	Amphora Tipi	Hamur Tipi	Bulunduğu Yer	l	a	b	Munsell	Renk Tanımı	Yapılan Analizler	Mineral İçeriği	Derecelenme	Amphora Örneği Makro Görüntüsü			Çift Nikol	Tek Nikol
3A	TA05	Lykos Vadisi Tip 1A	Tip 2	Mozaikli Konut Mekan 9	74.410	3.410	20.273	2.5Y 7/4	Pale Brown	OM, XRF, XRD, SEM	Hamur içeriği fazla ve CaL, Fs(iri), CaL.(boşluk dolgusu), Gnays, Kuvarsit, Pl(küçük), Opak min.(küçük)	Poorly Sorted					
	TA06	Lykos Vadisi Tip 1A	Tip 2	Mozaikli Konut Mekan 11	76.223	3.153	21.570	2.5Y 8/4	Pale Brown	OM, XRF	Hamur içeriği fazla ve CaL, Fs(iri), CaL.(boşluk dolgusu), Gnays, Kuvarsit, Pl(küçük), Opak min.(küçük)	Poorly Sorted					
3B	TA17	Lykos Vadisi Tip 2A	Tip 1	Kemerli Yapı	69.057	6.550	19.947	10YR 7/4	Very Pale Brown	OM, XRF, XRD, DSC, TGA, FTIR	Bt. Mus. Hamur içeriği fazla ve CaL, Fs(iri), CaL.(boşluk dolgusu), Gnays, Kuvarsit, Pl(az), Opak min.(küçük)	Poorly Sorted					
	TA18	Lykos Vadisi Tip 2A	Tip 1	Kemerli Yapı	70.093	5.353	20.098	10YR 7/4	Very Pale Brown	OM, XRF	Bt. Mus. Hamur içeriği fazla ve CaL, Fs(iri), CaL.(boşluk dolgusu), Gnays, Kuvarsit, Pl(az), Opak min.(küçük)	Poorly Sorted					
	TA19	Lykos Vadisi Tip 2A	Tip 1	Kemerli Yapı	71.498	4.620	21.303	10YR 7/4	Very Pale Brown	OM, XRF, XRD	Bt. Mus. Hamur içeriği fazla ve CaL, Fs(az), CaL.(boşluk dolgusu), Gnays, Kuvarsit, Pl(az), Opak min.(küçük)	Poorly Sorted					
	TA30	Lykos Vadisi Tip 2B	Tip 2	Mozaikli Konut Mekan 8	76.813	5.957	19.470	10YR 8/4	Very Pale Brown	OM, XRF, XRD, DSC, TGA, FTIR	Bt. Mus. Hamur içeriği fazla ve CaL, Fs(iri), CaL.(boşluk dolgusu), Gnays, Kuvarsit, Pl(az), Opak min.(küçük)	Poorly Sorted					

Grup No:	Örnek No:	Amphora Tipi	Hamur Tipi	Bulunduğu Yer	l	a	b	Munsell	Renk Tanımı	Yapılan Analizler	Mineral İçeriği	Derecelenme	Amphora Örneği Makro Görüntüsü			Çift Nikol	Tek Nikol
PG-4A	TA03	Lykos Vadisi Tip 1A	Tip 1	Kemerli Yapı	63.340	9.227	20.840	7.5 YR 6/4	Light Brown	OM, XRF, XRD	Bt.(bol), Mus. CaL(yumru şeklinde), Fs. Pl., Gnays, Op.,	Very Poorly Sorted					
	TA07	Lykos Vadisi Tip 1A	Tip 2	Mozaikli Konut Mekan 11	65.653	9.790	20.537	7.5 YR 7/4	Pink	OM, XRF, XRD	Bt.(bol), Mus. CaL(yumru şeklinde), Fs. Pl., Gnays, Op.,	Very Poorly Sorted					
	TA20	Lykos Vadisi Tip 2A	Tip 2	Kemerli Yapı	57.693	13.447	23.143	7.5YR 6/6	Reddish Yellow	OM, XRF	Bt.(bol), Mus. CaL(yumru şeklinde), Fs. Pl., Gnays, Op.,	Very Poorly Sorted					
	TA21	Lykos Vadisi Tip 2A	Tip 2	Kemerli Yapı	64.983	8.258	20.168	10YR 6/4	Light Yellowish Brown	OM, XRF	Bt.(bol), Mus. CaL(yumru şeklinde), Fs. Pl., Gnays, Op.,	Very Poorly Sorted					
	TA22	Lykos Vadisi Tip 2A	Tip 2	Kemerli Yapı	64.743	8.617	21.353	10YR 6/4	Light Yellowish Brown	OM, XRF, XRD, DSC, TGA, SEM	Bt.(bol), Mus. CaL(yumru şeklinde), Fs. Pl., Gnays, Op.,	Very Poorly Sorted					
	TA26	Lykos Vadisi Tip 2B	Tip 1	Mozaikli Konut Mekan 11	64.503	11.960	21.055	7.5YR 6/6	Reddish Yellow	OM, XRF	Bt.(bol), Mus. CaL(yumru şeklinde), Fs. Pl., Gnays, Op.,	Very Poorly Sorted					
	TA27	Lykos Vadisi Tip 2B	Tip 1	Mozaikli Konut Mekan 11	59.933	12.293	21.763	7.5YR 6/6	Reddish Yellow	OM, XRF	Bt.(bol), Mus. CaL(yumru şeklinde), Fs. Pl., Gnays, Op.,	Very Poorly Sorted					
	TA28	Lykos Vadisi Tip 2B	Tip 1	Mozaikli Konut Doğu Sokak	63.397	12.160	22.380	7.5YR 6/6	Reddish Yellow	OM, XRF	Bt.(bol), Mus. CaL(yumru şeklinde), Fs. Pl., Gnays, Op.,	Very Poorly Sorted					
	TA29	Lykos Vadisi Tip 2B	Tip 2	Mozaikli Konut Mekan 11	66.120	9.233	20.543	7.5YR 7/4	Pink	OM, XRF, XRD, DSC, TGA	Bt.(bol), Mus. CaL(yumru şeklinde), Fs. Pl., Gnays, Op.,	Very Poorly Sorted					
	TA31	Lykos Vadisi Tip 2B	Tip 2	Mozaikli Konut Mekan 8	68.113	9.447	22.227	7.5 YR / 7/4	Pink	OM, XRF	Bt.(bol), Mus. CaL(yumru şeklinde), Fs. Pl., Gnays, Op.,	Very Poorly Sorted					

Grup No:	Örnek No:	Amphora Tipi	Hamur Tipi	Bulunduğu Yer	l	a	b	Munsell	Renk Tanımı	Yapılan Analizler	Mineral İçeriği	Derecelenme	Amphora Örneği Makro Görüntüsü			Çift Nikol	Tek Nikol
PG-4A	TA33	Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amphoraları	Tip A	Kemerli Yapı	59.353	12.693	20.680	7.5YR 6/6	Reddish Yellow	OM, XRF, XRD	Minerallerin boyutları çok küçük, Bt., Mus., Fs., Q, Op.	Very Well Sorted					
	TA35	Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amphoraları	Tip B	Kemerli Yapı	61.280	13.757	22.917	7.5YR 6/6	Reddish Yellow	OM, XRF	Minerallerin boyutları çok küçük, Bt., Mus., Fs., Q, Op.	Very Well Sorted					
	TA36	Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amphoraları	Tip B	Kemerli Yapı	61.600	10.900	22.785	7.5YR 6/6	Reddish Yellow	OM, XRF	Minerallerin boyutları çok küçük, Bt., Mus., Fs., Q, Op.	Very Well Sorted					

PG-4B	TA23	Lykos Vadisi Tip 2A	Tip 3	Mozaikli Konut Mekan 11	64.070	5.700	16.110	10YR 6/4	Light Yellowish Brown	OM, XRF, XRD, SEM	Hamurda Bt., Mus., Cal., Mermer, Fs., Pl., Q., Kuvarsit, Gnays, Px.	Very Poorly Sorted					
	TA24	Lykos Vadisi Tip 2A	Tip 3	Kemerli Yapı	62.680	6.703	17.550	10YR 6/4	Light Yellowish Brown	OM, XRF	Hamurda Bt., Mus., Cal., Mermer, Fs., Pl., Q., Kuvarsit, Gnays, Px.	Very Poorly Sorted					
	TA25	Lykos Vadisi Tip 2A	Tip 3	Kemerli Yapı	58.237	9.373	18.573	7.5YR 6/4	Light Brown	OM, XRF	Hamurda Bt., Mus., Cal., Mermer, Fs., Pl., Q.(bol), Kuvarsit, Gnays	Very Poorly Sorted					
	TA32	Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amphoraları	Tip A	Kemerli Yapı	64.813	7.303	19.290	10YR 6/4	Light Yellowish Brown	OM, XRF	Minerallerin boyutları çok küçük, Bt., Mus.(fazla), Fs., Q, Op.	Very Well Sorted					
	TA34	Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amphoraları	Tip A	Kemerli Yapı	58.660	8.057	19.203	7.5YR 6/4	Light Brown	OM, XRF	Minerallerin boyutları çok küçük, Bt., Mus.(fazla), Cal., Fs., Q, Op.	Very Well Sorted					
	TA37	Menderes Vadisi Kırmızı Astarlı Amphoraları	Tip B	Mozaikli Konut Mekan 11	59.173	8.367	18.940	7.5YR 6/4	Light Brown	OM, XRF, XRD, DSC TGA, SEM	Minerallerin boyutları çok küçük, Bt., Mus.(fazla), Fs., Q, Op.	Very Well Sorted					

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi 191149003 numaralı Gürcan ELÇİ'nin “Tripolis Antik Kenti'nde Bulunan Amphoraların Mineralojik ve Petrografik Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı yüksek lisans bitirme tezi çalışmasında bilimsel veri olarak kullanılan analiz örnekleri Tripolis Kazı Başkanlığı'nın izniyle alınmıştır.

Prof. Dr. Bahadır DUMAN
Tripolis Kazı Başkanı