



**T.C.**

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MOR KURYAKOS MANASTIRI (BATMAN)  
HARÇ, SIVA VE TAŞ ÖRNEKLERİNİN  
ARKEOMETRİK TEKNİKLERLE  
İNCELENMESİ**

**Caner YALÇIN**

**YÜKSEK LİSANS**

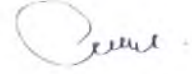
**Arkeometri Anabilim Dalı**

**Haziran-2021  
BATMAN  
Her Hakkı Saklıdır**

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

### **DECLARATION PAGE**

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



Caner YALÇIN  
Tarih: 14.06.2021

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS

Caner YALÇIN

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Arkeometri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Murat BAYAZİT  
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Can BALCI  
2021, 98 sayfa

#### Jüri

Doç. Dr. Murat BAYAZİT  
Doç. Dr. Mahmut AYDIN  
Doç. Dr. Ali Akın AKYOL

Bu çalışmada Batman ilinde bulunan Mor Kuryakos Manastırı'ndan temin edilen temsili taş, sıva ve harç örneklerine çeşitli arkeometrik analizler uygulanarak malzeme karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bunlara ek olarak, yerel toprak karakterini belirlemek amacıyla yapıdaki temsili bir toprak örneği de incelenmiştir. Tez çalışmasında birim hacim, birim ağırlık, gözeneklilik, su emme ve tuz testleri, ayrıca agrega/bağlayıcı granülometrik analizi, ince kesit analizi, PED-XRF, XRD, FTIR, TG-DTA ve SEM-EDX analizleri uygulanmıştır. Örneklerle uygulanan spot testlerde ve ileri analitik analizlerde elde edilen sonuçlar bir arada yorumlanmıştır. Buna göre, yapıdaki taş ve harçlarda sınıflandırma yapılmıştır. Mineralojik ve kimyasal içerikler bölgedeki jeolojik oluşumlarla karşılaştırıldığında manastırda kullanılan taşların yerel ve/veya bölgesel karakterli olduğu söylenebilir.

Analiz verilerine göre yapıda içerik bakımından farklı harçların kullanıldığı öngörülmektedir. İçeriği benzer olan bazı harçlarda tane boyut dağılımı sonuçlarına bakıldığında toplam agrega oranı yüksek, toplam agrega oranı düşük ve toplam agrega ile bağlayıcı oranı birbirine yakın olan harçlar olmak üzere agrega boyutlarına göre 3 grup belirlenmiştir. Agreganın benzer olmaması harçlarda hammadde kaynaklarının farklılığına işaret etmiştir. Sıvalarda yüksek karbonatlı hammadde içeriği ile kireç varlığı saptanmıştır. Toprak numunesindeki yüksek kalsiyum içeriği toprağın da yapı elemanları ile benzer olarak kireçli bir karakterde olduğuna ve özellikle petrografi ve XRD analizlerinde kile rastlanan harçlarda katkı olarak kullanılacak yapıda olduğuna işaret etmiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçların manastırın mevcut yapı malzeme içeriği hakkında kapsamlı bilgiler sunduğu ve arkeometri literatürüne önemli katkılar sağladığı öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeometri, Mor Kuryakos Manastırı, Malzeme Karakterizasyonu.

## **ABSTRACT**

**MS**

### **Investigation of Mortar, Plaster and Stone Samples of Mor Kuryakos Monastery (Batman) by Archaeometric Techniques**

**Caner YALÇIN**

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

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Murat BAYAZIT  
Co-Advisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet Can BALCI  
2021, 98 pages**

#### **Jury**

**Assoc. Prof. Dr. Murat BAYAZIT  
Assoc. Prof. Dr. Mahmut AYDIN  
Assoc. Prof. Dr. Ali Akın AKYOL**

In this study, a material characterization process was carried out by applying various archaeometric analyzes to representative stone, plaster and mortar samples obtained from Mor Kuryakos Monastery located in Batman province. In addition, a representative soil sample in the construction was examined in order to determine the local soil character. Unit volume, unit weight, porosity, water absorption and salt tests, also aggregate / binder granulometric analysis, thin section analysis, PED-XRF, XRD, FTIR, TG-DTA and SEM-EDX analyses were applied in the thesis. The results obtained in the spot tests and advanced analytical analysis applied to the samples were interpreted together. Accordingly, it was determined that some groups were formed for the stones and mortars of the building. When the mineralogical and chemical contents are compared with the geological formations of the region, it could be deduced that the stones used in the monastery have local and/or regional character.

According to the analysis data, it is predicted that different mortars, in terms of their content, would have been used in the building. When the particle size distribution results of some mortars with similar content were examined, 3 groups were determined according to aggregate size: mortars with high total aggregate ratio, low total aggregate ratio, and mortars with close total aggregate and binder ratio. The dissimilarity in aggregate ratios of the mortars indicated different raw material sources. The presence of lime was detected with the high carbonate raw material content in the plasters. The high calcium content in the soil sample indicated that the soil has a calcareous character similar to the building elements, and it could be used as an additive in mortars, especially the ones possessing the clay minerals which were detected by petrography and XRD analyses. It is anticipated that the results obtained in this thesis provide a comprehensive knowledge regarding the current building material contents of the monastery and contribute to the archaeometry literature.

**Keywords:** Archaeometry, Mor Kuryakos Monastery, Materials Characterization

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamda bilgi ve tecrübeleriyle yanımda olan tez danışmanım Doç. Dr. Murat Bayazit'e ve ikinci danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Can Balcı'ya gönülden teşekkür ederim. Çalışmada yer alan numunelerin analizi konusunda yardımını esirgemeyen Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü'nden Doç. Dr. Ali Akın Akyol'a ve Batman Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı Başkanı ve kurucusu Doç. Dr. Mahmut Aydın'a teşekkür ederim. Çalışmanın gerçekleşmesi için gerekli izinleri sağlayan Batman Müze Müdürlüğü ve yetkililerine teşekkür ederim. Ayrıca eğitim hayatım boyunca bana katkısı olan bütün hocalarıma da teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma kapsamındaki test ve analizlerin gerçekleştirildiği laboratuvarın tüm çalışan ve yetkililerine teşekkür ederim (Bingöl Üniversitesi Merkezi Laboratuvar Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara Üniversitesi YEBİM, Dicle Üniversitesi DUPTAM ve Ankara İleri Teknoloji Yatırımları A.Ş.). Bu tez çalışmasını finanse eden Batman Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü'ne (Proje No: BTÜBAP-2020-YL-01) teşekkür ediyorum.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen ve çalışmamı ona adadığım rahmetli babam Adnan Yalçın'a, bu süreçte desteklerini esirgemeyen annem Leyla Yalçın'a, kardeşlerim Cenk Yalçın ve Y. Vedat Yalçın'a teşekkür ediyorum.

Caner YALÇIN  
BATMAN-2021

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÖNSÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	1
1.2. Çalışmanın Lokasyonu .....	1
1.3. Mor Kuryakos Manastırı Tarihçesi .....	2
1.4. Mor Kuryakos Manastırı Mimarisi .....	2
1.5. Taş Yapılarda Bozulma Nedenleri ve Koruma-Onarım-Restorasyon .....	4
1.6. Kaynak Araştırması .....	8
<b>2. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>	<b>14</b>
2.1. Malzeme .....	14
2.2. Yöntem .....	20
2.2.1. Temel Fiziksel Testler .....	20
2.2.2. Harç ve Sıva Örneklerde Agrega/Bağlayıcı Analizi .....	20
2.2.3. Suda Çözünebilir Tuz Analizi .....	21
2.2.4. İnce Kesit-Optik Mikroskop Analizi .....	21
2.2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Saçılımlı X-Işınları Spektroskopisi (SEM-EDX) .....	21
2.2.6. X-ışını Flüoresans Analizi Yöntemi (PED-XRF) .....	22
2.2.7. XRD (X-Işını Difraksiyonu) .....	22
2.2.8. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi .....	22
2.2.9. TG-DTA Analizi .....	23
<b>3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>24</b>
3.1. Taşlar .....	24
3.2. Harçlar .....	49
3.3. Sıvalar .....	72
3.4. Toprak Örnek .....	81
<b>4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ.....</b>	<b>89</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>92</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>98</b>

## ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER DİZİNİ

### Şekiller Dizini

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Ayrancı Köyü konumu.....	1
Şekil 1.2. Mor Kuryakos Manastırı Güney taç kapısı.....	4
Şekil 2.1. Mor Kuryakos Manastırı avlu bölümü.....	14
Şekil 2.2. Mor Kuryakos Manastırı dış duvarları.....	15
Şekil 3.1. Taş örneklerin ince kesit görüntüleri (a-f / MK-T1-MK-T6).....	25
Şekil 3.2. Taşlarda PED-XRF ile belirlenen temel oksitlerin dağılımı.....	29
Şekil 3.3. Taşlarda PED-XRF ile belirlenen ortalama 14-60 ppm aralığındaki eser elementlerin dağılımı.....	30
Şekil 3.4. Taşlarda PED-XRF ile belirlenen ortalama 1-10 ppm aralığındaki eser elementlerin dağılımı.....	30
Şekil 3.5. Taşlarda PED-XRF ile belirlenen ortalama Sr ve Zr elementlerinin dağılımı.....	30
Şekil 3.6. MK-T1 XRD spektrumu.....	31
Şekil 3.7. MK-T2 XRD spektrumu.....	31
Şekil 3.8. MK-T3 XRD spektrumu.....	32
Şekil 3.9. MK-T4 XRD spektrumu.....	32
Şekil 3.10. MK-T5 XRD spektrumu.....	33
Şekil 3.11. MK-T6 XRD spektrumu.....	33
Şekil 3.12. MK-T1 FTIR spektrumu.....	34
Şekil 3.13. MK-T2 FTIR spektrumu.....	34
Şekil 3.14. MK-T3 FTIR spektrumu.....	35
Şekil 3.15. MK-T4 FTIR spektrumu.....	35
Şekil 3.16. MK-T5 FTIR spektrumu.....	36
Şekil 3.17. MK-T6 FTIR spektrumu.....	36
Şekil 3.18. MK-T1 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme.....	37
Şekil 3.19. MK-T1 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.....	38
Şekil 3.20. MK-T3 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme.....	39
Şekil 3.21. MK-T3 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.....	39

Şekil 3.22. MK-T4 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme spektrumu.	40
Şekil 3.23. MK-T4 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.	41
Şekil 3.24. MK-T5 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme spektrumu.	42
Şekil 3.25. MK-T5 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.	42
Şekil 3.26. MK-T6 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme spektrumu.	43
Şekil 3.27. MK-T6 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.	44
Şekil 3.28. MK-T1 TG ve DTA eğrileri.	46
Şekil 3.29. MK-T2 TG ve DTA eğrileri.	46
Şekil 3.30. MK-T3 TG ve DTA eğrileri.	47
Şekil 3.31. MK-T4 TG ve DTA eğrileri.	47
Şekil 3.32. MK-T5 TG ve DTA eğrileri.	48
Şekil 3.33. Harçlarda agrega granülometrisi.	51
Şekil 3.34. Harçlarda belirlenen toplam bağlayıcı ve agrega oranlarının dağılımı.	51
Şekil 3.35. Harç örnekleri üçlü diyagram-1.	53
Şekil 3.36. Harç örnekleri üçlü diyagram-2.	54
Şekil 3.37. Harç örnekleri üçlü diyagram-3.	54
Şekil 3.38. Harçlarda Sr ve Zr elementlerinin dağılımı.	56
Şekil 3.39. Harçlarda ortalama 10-30 ppm aralığındaki elementlerin dağılımı.	57
Şekil 3.40. Harçlarda ortalama 3-10 ppm aralığındaki elementlerin dağılımı.	58
Şekil 3.41. Harçlarda ortalama 0,1-3 ppm aralığındaki elementlerin dağılımı.	59
Şekil 3.42. (a) MK-H1 ve (b) MK-H2 polarize mikroskop görüntüsü.	62
Şekil 3.43. (a) MK-H3 ve (b) MK-H4 polarize mikroskop görüntüsü.	62
Şekil 3.44. (a) MK-H5 ve (b) MK-H6 polarize mikroskop görüntüsü.	62
Şekil 3.45. MK-H1 XRD spektrumu.	63
Şekil 3.46. MK-H2 XRD spektrumu.	63
Şekil 3.47. MK-H3 XRD spektrumu.	64
Şekil 3.48. MK-H4 XRD spektrumu.	64
Şekil 3.49. MK-H5 XRD spektrumu.	65
Şekil 3.50. MK-H6 XRD spektrumu.	65
Şekil 3.51. MK-H1 FTIR spektrumu.	67
Şekil 3.52. MK-H2 FTIR spektrumu.	67
Şekil 3.53. MK-H3 FTIR spektrumu.	68
Şekil 3.54. MK-H4 FTIR spektrumu.	68
Şekil 3.55. MK-H5 FTIR spektrumu.	69

Şekil 3.56. MK-H6 FTIR spektrumu.....	69
Şekil 3.57. MK-H1 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme.....	71
Şekil 3.58. MK-H1 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.....	71
Şekil 3.59. Sıva örneklerinde tane boyut dağılımı.....	73
Şekil 3.60. Sıvalarda toplam bağlayıcı ve agrega oranları.....	74
Şekil 3.61. Sıvalarda belirlenen oksit içeriklerinin dağılımı.....	74
Şekil 3.62. Sıvalarda ortalaması 2-15 ppm aralığında olan elementlerin dağılımı.....	76
Şekil 3.63. Sıvalarda ortalaması 0,1-1,5 ppm aralığında olan elementlerin dağılımı.....	76
Şekil 3.64. CaO, SiO <sub>2</sub> +MgO, LOI içeriklerine göre sıvaların üçlü diyagramda dağılımı.....	77
Şekil 3.65. MK-S2 XRD spektrumu.....	78
Şekil 3.66. MK-S3 XRD spektrumu.....	79
Şekil 3.67. MK-S2 FTIR spektrumu.....	79
Şekil 3.68. MK-S3 FTIR spektrumu.....	80
Şekil 3.69. MK-S2 TG-DTA eğrisi.....	81
Şekil 3.70. Toprak örneğinde oksit dağılımları (PED-XRF).....	83
Şekil 3.71. Toprak örneğinde eser element dağılımı (PED-XRF).....	83
Şekil 3.72. Toprak ve harçlarda oksit dağılımları (PED-XRF).....	84
Şekil 3.73. Toprak ve harçlarda iz element dağılımları (PED-XRF).....	84
Şekil 3.74. Toprak ve harçlarda Sr, Zr ve Ba dağılımları (PED-XRF).....	85
Şekil 3.75. Toprak örneğinin ince kesit görüntüsü.....	86
Şekil 3.76. MK D-1 kodlu toprak örneğe ait XRD paterni.....	86
Şekil 3.77. MK-D1 toprak örneği FTIR spektrumu.....	87
Şekil 3.78. MK-D1 toprak örneği TG-DTA sonucu.....	88

## Çizelgeler Dizini

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Mor Kuryakos Manastırı'na ait taş, harç, sıva ve toprak örnekler.....	15
Çizelge 2.2. Çalışmada incelenen malzeme bilgileri.....	16
Çizelge 3.1. Mor Kuryakos Manastırı taş örneklerinin petrografik özellikleri.....	24
Çizelge 3.2. Mor Kuryakos Manastırı taş örneklerinde temel fiziksel testler.....	26
Çizelge 3.3. Mor Kuryakos Manastırı taş ve toprak örneklerinde tuz türü, pH ve toplam tuz miktarı (SS).....	27
Çizelge 3.4. Taş örneklerin PRD-XRF sonuçları.....	28
Çizelge 3.5. MK-T1 kodlu numunenin EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %). %.....	38
Çizelge 3.6. MK-T3 kodlu numunenin EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %). %.....	40
Çizelge 3.7. MK-T4 kodlu numunenin EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %). %.....	41
Çizelge 3.8. MK-T5 kodlu numunenin EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %). %.....	43
Çizelge 3.9. MK-T6 kodlu numunenin EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %). %.....	44
Çizelge 3.10. PED-XRF ile belirlenen $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ve $\text{SiO}_2$ değerleri.....	49
Çizelge 3.11. Mor Kuryakos Manastırı harç örnekleri agrega/bağlayıcı ve granülometrik analizleri.....	50
Çizelge 3.12. Mor Kuryakos Manastırı harç örneklerinin PED-XRF analizi sonuçları..	52
Çizelge 3.13. Mor Kuryakos Manastırı harç örneklerinde Cementation Index (CI) verileri.....	60
Çizelge 3.14. Mor Kuryakos Manastırı harç örneklerinin petrografik özellikleri.....	61
Çizelge 3.15. MK-H1 kodlu numune EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %). %.....	72
Çizelge 3.16. Mor Kuryakos Manastırı sıva örnekleri agrega/bağlayıcı ve granülometrik analizleri.....	73
Çizelge 3.17. Mor Kuryakos Manastırı toprak ve sıva örneklerinin PED-XRF analizi sonuçları.....	75

Çizelge 3.18. Mor Kuryakos Manastırı sıva örneklerinde Cementation Index (CI) verileri.....	77
Çizelge 3.19. Mor Kuryakos Manastırı sıva örneklerinin petrografik özellikleri.....	78
Çizelge 3.20. Mor Kuryakos Manastırı toprak örneği tuz türü, pH ve toplam tuz miktarı (SS) testleri.....	81
Çizelge 3.21. Mor Kuryakos Manastırı toprak ve sıva örneklerinin PED-XRF analizi sonuçları.....	82
Çizelge 3.22. Mor Kuryakos Manastırı toprak örneğinin petrografik özellikleri.....	85



### 1.3. Mor Kuryakos Manastırı Tarihçesi

“Manastır” kelimesi terminolojik olarak belirli kuralları benimseyen ve bu kurallara bağlı olarak dünyadan göreceli olarak uzak bir şekilde yaşayan din insanlarının (rahip ve/veya rahibe) bir dinsel topluluğa gereksinimleri doğrultusunda hizmet ettiği mimari yapı kompleksi olarak tanımlanabilir (Ana Britannica, 1994: 61).

Bu tip yapılardan biri olan ve Batman ili civarında ilk manastır olarak bilinen Mor Kuryakos Manastırı Süryanilerce kutsal olduğu bilinen Turabdin Bölgesi olarak anılan bölgenin kuzey bölümünün uç kısmında, Batman iline yaklaşık olarak 10 km mesafede bulunan, Beşiri İlçesi-Ayrancı Köyü’nde yer almaktadır. Manastır, “Mor Kuryakos” isminin yanında, “Dera Qira” olarak da anılmaktadır. Bu isimlerin yanında “Markiya-kos”, “Deyrakira”, “Mor Kiryakus”, “Dere qere” gibi ifadelerin de kullanıldığı bilinmektedir. Yabancı kaynaklarda “Cyriacus”, “Quriaqos”, “Deir el Qira” ve “Dırakira” olarak da geçmektedir (Bell, 1982).

“Manastıra Deraqira” adının söylenmesinin birçok sebebi vardır. Manastırın yakınında bulunan Kıra Dağı’na, yapıyı kullanan kişilerin haykırışına ve yapıda kullanılan bazalt taşının siyah olmasına bağlamaları sonucu “Deraqira” adı ortaya çıkmıştır (Şimşek, 2008).

Yapının inşa tarihi yapıyla ilgili en büyük problemlerden biri olmuştur. Manastırın bölgedeki diğer yapılara olan benzerliğinden dolayı M.S. 5.-7. y.y inşa edilmiş olabileceği düşünülmektedir (Uysal ve Yurt, 2014).

Manastırın yapılış tarihi ile ilgili mevcut belgelerden birisi de 1742 tarihli ve I. Mahmut dönemine ait olan ferman sureti olarak tanımlanan belgedir. Bu belgede “Hasankeyf kazasına bağlı Gavvas Köyü’ndeki Zercal Mahallesi’nde bulunan Mor Kuryakos Manastırı’ndan alınan yıllık verginin alınmaması, manastırın 20-30 yıl öncesinden harap olduğu ve manastır vakfına ait tarla, bağ ve bahçelerin köylüler tarafından işgal edildiği...” şeklinde ifadeler yer almaktadır (Şawoce, 2001; Üner, 2018).

### 1.4. Mor Kuryakos Manastırı Mimarisi

Manastır dıştan dikdörtgen planlı, içten de iki kare planlı iki büyük ve bir küçük avlu olmak üzere üç avludan oluşmaktadır. Manastırda bulunan Süryanice yazılmış 5 kitabe giriş kapısında, revaklarda ve kilise kapısının girişinde bulunmaktadır. Yapı

doğu-batı doğrultusunda yaklaşık olarak 76x39 metre ölçülerinde kareye yakın dikdörtgen planlı ve yaklaşık olarak 2800 m<sup>2</sup> alana oturmaktadır. Yapıya güney taç kapısından girilmektedir (Şekil 1.2). Basık kemerli olan taç kapının solunda bir sütunce vardır. Taç kapı sivri kemerle kuşatılmış, alınlık kısmında dikdörtgen bir pano içerisinde kitabe yer almaktadır. Taç kapıyı kuşatan sivri kemer rumilerle bezenmiştir (Uysal ve Yurt, 2015; Aksoy ve Korkut, 2019).

Manastır üslup ve kullanılan malzeme açısından gösterişli bir giriş kapısına sahiptir. Taç kapıda tamamen mermer malzeme kullanılmıştır. Tamamen bazalt, beyaz kesme kireçtaşı ve siyah moloz taşlarından inşa edilen manastır bölgede farklı bir taş mimari örneği teşkil etmektedir. Orta avludaki koridor kare şeklinde payelerle çevrilmiştir. Orta avlunun etrafında bulunan payeli revakların köy halkı tarafından taş ve kerpiç malzemeden kaçak yapılarla donatılmış durumda olduğu bilinmektedir. Yapıdaki revakların arka kısmında yer alan kareye yakın dikdörtgen planlı odalar gözle görülür biçimde hasara maruz kalmış ve ayakta kalan kısımlar yöre halkı tarafından ahır olarak kullanılmıştır. Odaların mazgal pencereleri güneşin gün içerisindeki konumuna göre simetrik olarak tasarlanmış olup günün her anında güneşi oda içerisinde homojen biçimde dağıtacak şekilde ayarlanmıştır. Bu da manastırdaki eşsiz mimariyi gözler önüne sermektedir (Uysal ve Yurt, 2015; Aksoy ve Korkut, 2019).

Odaların üst örtüsündeki ağırlık, tavanına yerleştirilen pişmiş toprak testiler ile hafifletilmeye çalışılmış ve ses akustiği ile yapı içerisindeki nem dengesinin optimize edilmesi sağlanmıştır. Yapıdaki mezar odası manastırın doğu bölümünde yer almaktadır. Odaya basık kemerli bir kapı ile giriş sağlanmaktadır. Söz konusu odada kuzey ve güneyde üçer adet dikdörtgen planlı nişler bulunmaktadır. Bu nişlerde Süryani geleneğine göre büyük din adamlarının doğuya doğru oturtularak defnedildiği tahmin edilmektedir. Ancak yapılan kaçak kazılar sonucu nişlerin iç kısımlarının boşaltıldığı gözlemlenmiştir. Yapının mimari ve teknik açıdan sonraki manastırların inşasına örnek teşkil ettiği düşünülmektedir. Yaklaşık 18 metre yüksekliğindeki kubbe Mardin'deki Deyrül Zafaran ve Midyat'taki Deyrül Umur manastırlarındaki gibi sekizgen kasnak üzerine oturtulmuştur. Yapıda koruma amaçlı düzenleme yapılmış olup etrafı tamamen tel örgüyle çevrilerek koruma altına alınmıştır (Uysal ve Yurt, 2015; Aksoy ve Korkut, 2019).



Şekil 1.2. Mor Kuryakos Manastırı güney taç kapısı (Foto: Caner Yalçın, 2020)

Ölçüler:

- Giriş kapı yüksekliği : 3,50 m
- Genişlik : 2,32 m
- Giriş kapısının eni : 1,70 m
- Duvar kalınlığı : 0,80 m

### 1.5. Taş Yapılarda Bozulma Nedenleri ve Koruma-Onarım-Restorasyon

Mimari yapılarda yapı malzemesi olarak tarih boyunca yoğun olarak kullanılan taşlardaki bozunma nedenleri biyolojik bozunmalar, kimyasal bozunmalar ve fiziksel bozunmalar olarak sınıflandırılabilir (Öcal ve Dal, 2012).

Fiziksel ayrılma yapı taşlarındaki mineralojik içerikte herhangi bir farklılık oluşmadan, sadece bağların zayıflaması sonucu meydana gelen kopma, ayrılma ve ufalanma olarak tanımlanabilir. Sıcaklık-soğukluk farkının göreceli olarak yüksek olduğu iklimlerde taşların mineralojik içeriğini oluşturan bağlarda gevşeme olmasıyla birlikte mekanik olarak bütünlük bozulmakta ve böylece deformasyon süreci hızlanabilmektedir. Hava sıcaklığındaki hissedilir farkın yüksek değerlerde olması bu süreci hızlandıran en önemli etkidir. Karasal, çöl ve step gibi belirgin sıcaklık

farklılıkları görülen iklimlerde fiziksel çözünme prosesinin daha hızlı olduğu görülmektedir. Fiziksel parçalanmada bitkiler taşlardaki çatlaklara yerleşerek kökleri vasıtasıyla çatlağın genişlemesine yol açmaktadır. Fiziksel parçalanmada kayaçları oluşturan minerallerin kimyasal özelliklerinde önemli bir değişiklik olmamaktadır (Wessman, 1997; Öcal ve Dal, 2012).

Taş eserler su ile temas ettiklerinde sahip oldukları yapısal özellik ve içerikleri nedeniyle sudan etkilenmektedir. Normal şartlarda su malzemeye basınç etkisiyle girebilir, ancak yeterli basınç yok ise su yapı elemanı içerisine kılcal boşluklar vasıtasıyla nüfuz edebilir ve zeminden yukarıya doğru yükselir. Suyun yıkıcı gücü iyi bir eritici olması ve malzeme boyunca iyon değişimini hızlandırmasından gelmektedir. Böylelikle taş yapılarda bozunmaya sebebiyet vermektedir. Bu bağlamda, nem (rutubet) yapılarda özellikle ayrışma mekanizmalarının hemen hemen tümünde yer almaktadır, ve buna bağlı olarak da taşlar üzerinde yoğun bir etkiye sahiptir. Malzemenin boşluklu bir yapıda olması durumunda nem bu boşluklardan ilerlemekte ve hem zemin suyu hem de yağmur/kar suyu bünyeye penetre olabilmektedir. Suda çözünen tuzlar ve/veya tekrar kristallenen tuzlar da kayaçlar üzerinde yüksek oranda zarar verici özelliğe sahiptir. Çözünebilir tuzlar genel olarak yapılarda kopma, dökülme ve/veya parçalanmalara neden olmaktadır. Doğal taşların çoğunlukla suda çözünebilen tuzlar ihtiva edildiği bilinmektedir. Bu tip tuzlar yapı cephelerinin ve yapı malzemelerinin safsızlıklar (örneğin; havadaki asit gazları) ile karşılaşması ile oluşabilmektedir. Rüzgar da aşındırıcı bir etkiye sahiptir ve zamanla yapı elemanlarında partiküler kopmalara neden olarak yapıdaki mevcut aşınma proseslerini hızlandırabilmektedir (Torraca, 1982; Öcal ve Dal, 2012; Çorapçoğlu, 1995).

Fiziksel bozunmaların dışında kimyasal ayrışmalar da mevcuttur. Bu tip ayrışmalar kayaçların mineralojik içeriğindeki değişimler neticesinde oluşmaktadır. Kimyasal reaksiyonlar ile (örneğin; çözünme) sonucunda mineraller değişime uğrayabilir veya bozunabilir. Bu tarz reaksiyonları etkileyen faktörlerin başında nem, sıcaklık ve basınç gelmektedir. Bu bağlamda, iklim şartları çok önemlidir. Yağmur sularının atmosfer gazlarını içerdiği ve bu içerikle kayaç yapısına etki ederek bozunmayı tetiklediği veya hızlandırdığı bilinmektedir. Yağmur suları karbonat ihtivasi yüksek olan kayaçların (örneğin; kireçtaşı) erimesine yol açabilmektedir. Havada bulunan kükürt dioksit insan kaynaklı sebeplerden olan orman yangınları ya da volkan patlaması gibi doğal sebepler sonucunda ortaya çıkabilmektedir. Fosil yakıtların kullanımı kükürt dioksitin (SO<sub>2</sub>) havayı kirletmesine sebep olmakta, havadaki kükürt

dioksit yavaş bir reaksiyonla kükürt triokside ( $SO_3$ ) dönüşmekte ve bu gaz atmosferde su ile birleşince sülfirik aside dönüşüp ( $H_2SO_2$ ) kuvvetli bir asidiği ortaya çıkarmaktadır. Bu sülfirik aside direkt ve dolaylı maruz kalan yapı elemanları zarar görmektedir (Öcal ve Dal, 2012).

İklimin tarihi yapılar üzerindeki etkisi yapının bulunduğu coğrafi konumla da alakalı olabilmektedir. Örneğin, ekvatorial iklimlerde soğuk ve kurak iklimlere göre kimyasal ayrışma daha hızlı olmaktadır (Öcal ve Dal, 2012).

Bir diğer konu kayaçların kimyasal olarak değişimine etki eden olaylardır. Bunlar hidroliz, oksidasyon (yükseltgenme), redüksiyon (indirgenme), hidratasyon ve karbonasyon olarak karşımıza çıkmaktadır. Taşların bünyesinde bulunan minerallerin oksijenle etkileşime girmesi oksidasyon olarak tanımlanır. Taşların içerisinde bulunan metalik elementler serbest oksijen ve silikat mineralleriyle tepkimeye girerek çürüme ve paslanmayı başlatmakta, bunun sonucunda eserin yüzeyinde renk değişimi meydana gelmektedir (kahverenginden kırmızıya) (Erguvanlı, 1955; Öcal ve Dal, 2012).

Karbonatlı kayaç türlerinin havada ve suda bulunan  $CO_2$  ile etkileşime girmesine “karbonasyon” ya da “karbonatlaşma” denilmektedir. Kayaç yapısında suyun etkisiyle oluşan değişimlerde hidroliz mekanizması önemli bir parametredir. Hidroliz ile kayaçların içerisindeki katyonların hidrojen ile yer değiştirmesi ve suyla ayrılmayı sağlayan kimyasal reaksiyonlar söz konusudur. Kayaçlardaki minerallerin etkileşimi sonucu minerallerin atomik yapısı değişebilmekte ve yeni bir mineral oluşabilmektedir. Kimyasal reaksiyonlardaki en hızlı değişim “hidroliz” tipi kimyasal reaksiyonlarda görülmektedir. Minerallerin yapısına suyun eklenmesiyle “hidratasyon” tipi kimyasal reaksiyon oluşmaktadır. Mineraller bünyelerine aldıkları suyun etkisiyle hacimce büyümekte ve yumuşamaktadır. Bunun neticesinde ise daha sonra oluşacak kimyasal reaksiyonlara karşı zayıf bir hal almaktadır. Toprak altında tanecikler arasında tamamen suyun olduğu zayıf drenajlı yerlerde oksijenin az olması “redüksiyon” tipi kimyasal ayrışmanın gerçekleşmesini sağlamaktadır. Kimi kayaçlar kimyasal çözünmeye karşı daha dirençlidir. Örneğin kuvarsta kimyasal reaksiyon çok yavaş olurken bazalt içerisinde çözünmeye uygun minerallerin barındırması sebebiyle daha hızlı çözünür (Öcal ve Dal, 2012).

Bir başka kimyasal çözünme şekli de biyolojik çözünmedir. Bu çözünme türünde öne çıkan etkenler bitki, böcek, bakteri ve mantarlardır. Özellikle böcek gibi ufak canlılar hareket ettiklerinde salgıladıkları kimyasallar ya da asidiklerle kimyasal ayrışmaya sebep olmaktadır. Biyolojik bozulma fiziksel olarak da

gerçekleşebilmektedir. Örneğin, kayaç içerisine yerleşen bitki kök ve dalları kayacın fiziksel olarak çatlamasına ya da parçalanmasına neden olabilmektedir. Ayrıca hayvan türleri kayaç üzerinde delik, oyuk, çatlaklar oluşturabilir ve kayacın deformasyon sürecini hızlandırabilir. Likenler taşın yüzeyinde su tuttıkları için nemli bir ortam oluşturarak bozunmayı hızlandırmaktadırlar (Chen ve ark., 2000; Öcal ve Dal, 2012).

Restorasyon öncesi belgeleme, kayıt altına alma işlemlerine ve yapı malzemelerinin arkeometrik analiz çalışmalarına yeterince önem verilmemesi restorasyon aşamalarında bir çok hataya mahal vermektedir. Bu durum restorasyonun bir tahrip unsuruna dönüşmesine ortam hazırlamaktadır. Somut kültürel mirasımızı yansıtan tarihi yapıların arkeometrik olarak ayrıntılı petrografik/minerolojik analiz ve tanımlamalarının yapılmaması, yapıların restorasyonu sırasında doğru malzeme kullanımını zorlaştırmakta ve/veya yapılan müdahalelerin olumsuz bir hal almasına yol açabilmektedir.

Tarihi yapılarda restorasyon öncesi en önemli hususlar proje hazırlama aşamasında kesin olarak yapının o günkü durumun belgelenip kayıt altına alınması ve tanımlanması, uygun arkeometrik analizlerle tarihi yapının daha sağlıklı bir restorasyon geçirmesine zemin hazırlamaktadır. Ülkemizde harç, sıva, taş, metal, cam, seramik, ahşap eserler ve taşınmaz yapı malzemeleri üzerinde sorunların çözümü için arkeometrik analizlerin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Arkeometrik karakterizasyon çalışmalarının yaygınlaşması eserin tanımlanmasında ve ona uygun reçetenin hazırlanmasında çok önemli bir rol oynamaktadır (Aydın ve ark., 2019).

Tarihi eserlerin koruma-onarım ve restorasyon projelerinde eser malzemesinin içerik ve niteliklerini belirlemeden başlanan bir onarım çalışmasında esere uygun olmayan malzemenin kullanımı mekanik baskıların oluşmasına yol açabilmektedir. Bu mekanik baskılar neticesinde zayıf durumda olan orijinal malzeme üzerinde baskı oluşacak ve bu oluşan baskı sonucunda onarım faaliyetleri olumsuz bir duruma dönüşerek faydadan çok yapıya zarar verebilme ihtimalini doğuracaktır. Tarihi yapılarda bu tür problemlerin önüne geçmek için yapılacak çalışmada anıta ait malzemelerin ve problemlerin teşhisi çok önemlidir. Bu amaçla, öncelikle yapının orijinal harç ve sıvalarının karakteristik özellikleri yapıdaki temsili numunelerin üzerinde yapılacak test ve analizlerde elde edilecek veriler ile saptanabilir. Bu analiz verileri ışığında yapılacak olan koruma-onarım projesinin hazırlanması, orijinal harç ve sıvaların içerikleri ve nitelikleri belirlenerek orijinal malzeme ile uyumlu sıva ve harç karışımları belirlenmiş olacaktır. Dolayısıyla, orijinal malzeme üzerindeki fiziksel ve

mekanik baskıların önüne geçilmiş olacaktır (Jedrzejewska, 1960, 1967, 1982; Chiac ve Penkale, 1984; Cliver, 1974; Stewart ve Moore, 1981; Dupas, 1981; Charaola, 1984; Güleç 1992; Gülec ve Ersen, 1998).

### 1.6. Kaynak Araştırması

Mevcut tez çalışması kapsamında Mor Kuryakos Manastırı harç, sıva, toprak ve taş örnekleri arkeometrik yönden incelenmiş olup, bu bağlamda tez konusu ile malzeme ve yöntem açısından paralellik gösteren bazı örnek çalışmalar mevcut literatürden araştırılarak aşağıda verilmiştir;

--“*Ancient covering plaster mortars from several convents and Islamic and Gothic palaces in Palma de Mallorca (Spain). Analytical characterisation*” (Catalina Genestar, Carmen Pons, 2003);

Bu çalışmada, Palma ve Mallorca şehrindeki İslami ve Gotik döneme ait saray, manastır ve konaklardan alınan tarihi havanların SEM EDX, XRD, FTIR teknikleri ile analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda tarihi havanların morfolojisi ve analitik bileşiminin tespiti yapılmıştır. Genel olarak kaplamada kullanılan sıva-harçların agrega boyutlarının küçük olduğu tespit edilmiştir. Analizi yapılan eserlerde kireç ve karışık harç içeriği kullanılmış olup harç türü ile yaşı arasında bir bağ kurmak için gerekli verilere ulaşılamamıştır. Boyalı harçlarda yapılan polikromi incelemesi ile en çok kullanılan pigmentlerin doğal toprak olduğu tespit edilmiştir.

--“*Archaeometric study of mortars and plasters from the Roman City of Pollentia (Mallorca - Balearic Islands)*” (Raffaella De Luca, Miguel Angel Cau Ontiveros, Domenico Miriello, Alessandra Pecci, Emilia Le Pera, Andrea Bloise, Gino Mirocle Crisci, 2013);

Bu çalışmada, Roma şehri Pollentia'dan 18 harç örneği ve sıva arkeometrik olarak incelenmiştir. “Sa Portella” isimli sitenin yerleşim alanından alınan örneklerle optik mikroskop (OM), X-ışını difraktometrisi (XRD), X-ışını floresans (XRF), taramalı elektron mikroskobu - enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (SEM-EDX) yöntemleri uygulanarak numuneler karakterize edilmiştir. Yapılan arkeometrik çalışmalar sonucu yapım tekniği, kullanılan hammaddeler ve üretim hakkında bilgiler elde edilmiştir. Roma Dönemi'nde kullanılan harç ve sıva teknolojilerini için benzerlikler ve farklılıklar tanımlanmış, ayrıca analiz yapılan numuneler gruplandırılmıştır. Analizler sonucunda

harç ve sıvalarda pişirilmiş saf kireç taşının kullanıldığı tespit edilmiştir. Numunelerin genel olarak benzer özellikler taşıdığı gözlenmiştir.

--“*The history of Portuguese interior plaster coatings: a mineralogical survey using XRD*” (M. T. Freire, A. Santos Silva, M. do Rosário Veiga, J. de Brito, 2014);

Bu çalışmada, Roma işgalinden günümüze kadar Portekiz iç duvar kaplamalarında kullanılan ana malzemelerin gösterdiği değişimi belirlemek amacıyla bağlayıcıların tespiti ve tanımlanması için XRD yöntemi kullanılmıştır. Bu analiz verileri sonucunda restorasyona katkıda bulunmak için sistematik bir veri tabanı oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre 18. yy sonuna kadar kirecin ana bağlayıcı olduğu ve 19. yy’dan itibaren alçı taşının kullanıldığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ile kültürel bağlar ve komşu ülkelerin geleneksel yapılarda kullandığı teknikler, hammadde içerikleri, uygulama yöntemleri, coğrafi konum gibi çeşitli unsurlar arasında bağ kurulmuş ve yorumlanmaya çalışılmıştır.

--“*Konya Şerafeddin Camisi Yakınındaki Türbenin Tuğla Duvar Malzemesinin Arkeometrik Yönden Araştırılması*” (Özlem Işık, 2010);

Bu çalışmada, Horasan harcının özelliklerinin tanımlanması için Konya Şerafettin Cami (13.yy), Ankara Tacettin Dergâhı (16.yy) ve Ankara Leblecioğlu Camii’nden (18.yy) örnekler alınmış ve minerolojik, mikromorfolojik, fiziksel ve kimyasal yönden arkeometrik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda 13. ve 16. yy örnekleri benzerlik gösterirken 18. yy örneğinin farklılık gösterdiği saptanmıştır. Bu sonuçlar zaman içerisinde harç ve tuğla üretiminde değişimlerin olduğunu göstermiştir.

--“*Archaeometric approach for the study of mortars from the underwater archaeological site of Baia (Naples) Italy: Preliminary results*” (Mauro Francesco La Russa, Silvestro Antonio Ruffolo, Michela Ricca, Natalia Rovella, Valeria Comite, Monica Alvarez de Buergo, Gino Mirocle Crisci, Donatella Barca, 2015);

Bu çalışmada, sular altında kalan antik Roma kenti Baia’nın (Napoli, İtalya) harç örneklerinin özellikleri değerlendirilmiştir. Antik Roma’nın önemli merkezlerinden olan Baia şehri Portus Iulius ve Bradisizm olaylarından sonra sular altında kalmıştır. Batıkta bulunan birkaç mimari yapı (MS 4. yy) hala korunmaktadır. Sular altında bulunan bir bina olan Villa a Protiro’ya ait 12 harç örneğinin fiziksel özelliklerini, kimyasal

bileşimlerini ve bunların üretiminde kullanılan hammaddelerini tanımlamak için polarize optik mikroskop (POM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDS) kullanılmıştır. Yapılan analizler sonrası bazı harçlarda bağlayıcı olarak mermerin kullanıldığı tespit edilmiştir.

--“*Fatih Camii ve I. Mahmut Kütüphanesi harç ve sıvaların Karakterizasyonu*” (Ahmet Güleç, 2013);

Bu çalışmada, 1999 depreminden zarar görmüş İstanbul Fatih Camii kütüphanesinin harç ve sıva analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre harç ve sıvalar 4 grup altında toplanmıştır. Birinci grup harç ve sıvalarda bağlayıcı olarak % 30-35 oranında kaymak kireç bağlayıcı, % 0,20-0,50 kırıntı katkı ile tamamı kireçtaşı kırığı olan % 65-70 dolgu kullanıldığı belirlenmiştir. Aynı bağlayıcı ve katkının kullanıldığı ikinci grupta dolgu olarak % 15-20 kireçtaşı kırığı ile yaklaşık % 50 oranında tuğla kırığı kullanıldığı ortaya konmuştur. % 30-35 hidrolik kirecin bağlayıcı olduğu üçüncü grup harç ve sıvalarda agrega olarak sadece tuğla kırığı saptanmıştır. Üçüncü gruba dahil edilen ve muhtemelen 1894 depremi sonrasında üretilmiş olan harçlarda tuğla kırığının yaklaşık % 30’unun çakıl nitelikli olduğu görülmüştür. Son dönem restorasyonunda kullanılmış olan dördüncü grup harçlarda bağlayıcı olarak % 25-30 hidrolik kireç, dolgu olarak % 15-20 kireçtaşı kırığı, yaklaşık % 30 tuğla kırığı ve % 30 kum kullanıldığı belirlenmiştir.

--“*Aspendos’ta tarihi yapılarda kullanılan harçların ve tuğlaların özellikleri*” (Dila Metin, 2020);

Bu çalışma, Antalya’da yer alan Aspendos Antik Kenti’nde kullanılan harç ve tuğla gibi yapı malzemelerinin analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında yapının içerisinde bulunan hamam, su kemeri ve çeşmeden çeşitli harç ve tuğla numuneleri alınmıştır. Alınan bu numuneler üzerinde fiziksel (birim ağırlık, kütlece su emme, hacimce su emme, özgül ağırlık, kompasite, porozite), kimyasal (asit kaybı ve elek analizi, suda çözünen tuz analizleri, pH ve iletkenlik ölçümleri, protein ve yağ analizleri, puzolanik aktivite analizi), mekanik (basınç dayanımı, nokta yükleme dayanımı, eğilmede çekme dayanımı, ultrases) , termal (TGA/DTA), mineralojik (X-ray difraksiyon), mikroskobik (optik mikroskop ve elektron tarama mikroskobu – enerji dağıtma spektrometresi) analiz teknikleri uygulanmıştır. Analiz sonuçları numunelerin

fiziksel özellikleri, mukavemetleri, kaliteleri, sınıflanmaları ve mineralojik birleşmelerinin belirlenmesinde yardımcı olmuştur.

--“Çukurova bölgesindeki (Kilikya) bazı tarihi yapılarda kullanılan harçların karakterizasyonu ve onarım harçları için öneriler” (Işıl Polat Pekmezci, 2012)

Harçların karakterizasyonunun belirlenmesi koruma onarım çalışmalarında elde edilen bilgiler doğrultusunda yapılacak çalışmada önemli veriler sağlamaktadır. Restorasyon uygulamalarında kullanılacak olan harçların özgün harcın içeriğine uygun olması başarılı bir çalışma açısından gereklidir. Bu çalışmada görsel analizler, bağlayıcı/agrega oranları, agrega boyut dağılımı ve agregaların görsel özellikleri, örneklerin içerdiği higroskopik su, bağıl su, organik katkı ve karbonat miktarları, mineralojik, kimyasal ve yapısal özellikler, temel fiziksel özellikler ve mekanik özellikler incelenmiştir. Çalışmada, kireç esaslı malzemelerde görülen bozulmalar ve nedenleri ayrıntılı olarak verilmiştir. Ayrıca, deney yöntemleri, karşılaşılan zorluklar değerlendirilmiş ve çalışmanın sonuçlarına bağlı olarak elde edilen teorik ve pratik tecrübeler paylaşılmıştır.

--“Kayseri Yöresindeki Tarihi Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçlarının Özellikleri” (H. Hale Kozlu, 2010);

Bu çalışmanın amacı volkanik malzeme açısından zengin bir potansiyele sahip olan Kayseri’de tarihi yapılarda kullanılan sıva ve duvar örgü harçlarının içeriklerinin belirlenmesi ve elde edilen bilgiler doğrultusunda tarihi yapının onarımında kullanılacak yeni harçın öngörülmesidir. Bu kapsamda, farklı dönemlerde inşa edilmiş 15 adet yapı belirlenerek bu yapılardan duvar örgü harcı ve iç mekân sıva harcı örnekleri alınmıştır. Örneklere fiziksel, kimyasal, mekanik ve petrografik analizler uygulanmış olup orijinal bileşimleri tespit edilmiş, veriler sonucunda bir birine benzer özellikler taşıyan örnekler gruplandırılmıştır. Bu veriler sonucunda analizi yapılan tarihi yapıların restorasyonunda kullanılacak harçlar için öneriler geliştirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda üretilen 3 çeşit duvar örgü harcı ve 2 çeşit sıva harcının 6 aylık süreç içerisindeki fiziksel ve mekanik özellikleri ölçülerek özgün örnekler ile uygunlukları karşılaştırılmıştır.

--“Kırşehir-Kaman, Yassıhöyük Erken Tunç Çağı yapı malzemelerinde arkeometrik analizler ve korunma sorunları” (Tuğba Dirican, 2019);

Bu çalışmada, arkeometrik yöntemler kullanılarak Erken Tunç Çağı'na tarihlenen Kırşehir-Kaman Yassıhöyük yapı malzemelerinin korunmasına yönelik incelemeler yapılmıştır. Çalışma kapsamında yapıya ait kerpiç sıva, kerpiç harç ve taş örnekler incelenmiştir. Fiziksel, petrografik ve kimyasal analizler kullanılarak yapıya ait örnekler tanımlanmış olup bozulma türleri arkeometrik analizler ışığında belirlenmiştir. Bu doğrultuda fiziksel testlerden birim hacim ağırlığı, gözeneklilik, su emme kapasitesi, kimyasal test ve analizlerden iletkenlik analizi/suda çözünen tuz testleri, asidik agrega/bağlayıcı analizi, granülometrik elek analizi-agregada tane boyutu dağılımı, gravimetrik analiz/kızdırma kaybı analizi, X-Işını Floresans analizi (PED-XRF ve noktasal Mikro-XRF) ve ince kesit analizi uygulanmıştır. Yapı elemanları analiz öncesi fotoğraflanıp numaralandırılmıştır. Kerpiç, tuğla ve sıvaların hamur renklerinin tanımlanması için kromametrik analiz ile CIE L\*a\*b\* değerleri ölçülmüştür. Yapı elemanlarının fiziksel olarak zayıf iken kimyasal özellikler açısından yüksek dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. İncelenen malzemelerin doğal koşullar sebebiyle bozulmalara maruz kaldığı görülmüştür. Kerpiçlerde tuzlanma problemine rastlanmamıştır. Yapıda dolgu malzemesi olarak kullanılan taşların kayaç türünün petrografik analizler sonucunda siyenit olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre kerpiçler 6, sıvalar da 2 farklı türde sınıflandırılmıştır. Petrografik analiz sonucu yapıda kullanılan malzemenin yerel kayaç yapısı ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

--“Konya-Türbe önu tescilli kerpiç yapılarının restorasyonunda kullanılacak uygun harç tayini” (Gülnehal Demirtaş, 2020);

Bu çalışmada, geleneksel kerpiç yapılarda kullanılan özgün malzemenin tanımlanması ve elde edilecek bilgiler ışığında kerpiç malzemenin özelliklerinin iyileştirilerek restorasyonda kullanılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, kerpiç malzemenin içerik olarak tanımlanması yapılmış ve bu malzemenin iyileştirilmesiyle elde edilecek harcın restorasyonda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yapılan kaynak araştırması sonucu dövme kerpiç, kerpiç tuğlası ve kerpiç sıvası malzemelerinin özelliklerinin çeşitli katkı maddeleri yardımı ile iyileştirildiği tespit edilmiştir. Yapıda kullanılan onarım harcı ve örgü harcının çeşitli malzemeler ile zenginleştirilerek iyileştirilmesi araştırılmıştır. Elde edilen harçların restorasyonda kullanılabilirliğini araştırmak için Konya Türbe önu evleri seçilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan analizler; kimyasal ve petrografik malzeme analizi, kerpiç harcı ve kerpiç numunelerine

ilişkin fiziksel ve mekanik performans deneyleri ile duvar numunelerine ilişkin diyagonal kayma deneylerini kapsamaktadır.

--“*Mozaikli Villa (Tripolis-Denizli) mekan duvarlarında kullanılan harçların arkeometrik yöntemlerle incelenmesi*”(Gözde Aslan, 2019);

Bu çalışmada, Tripolis (Yenicekent-Denizli) antik kentinde yer alan Mozaikli Konut yapısının üç farklı döneme ait harç örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda yapıdan alınan örnekler optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışını toz kırınımı (XRD), X-ışını floresans (XRF), kızdırma kaybı, asit kaybı, spot tuz testleri ile pH, protein, yağ analizleri, fiziksel (ağırlıkça su emme kapasitesi ve özgül ağırlık değerleri, agrega tane boyu dağılımı), ve termal analiz (DTA\TGA) yöntemleri ile yorumlanmaya çalışılmıştır. Yapıdan alınan örneklerin malzeme özelliklerinin benzer olduğu yapılan analizler kapsamında belirlenmiş daha sonra yapılan mineralojik-petrografik ve kimyasal analiz sonuçlarına göre yapının ikinci (5.yy) ve üçüncü (6.yy) yapı evrelerinde kullanılan harçlarda, metamorfik kayaç parçalarının yanı sıra karbonatça zengin agregaların kullanıldığı tespit edilmiştir. Farklı dönemde kullanılan malzeme kaynaklarının değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan termal analiz sonucunda bağlayıcı olarak saf kirecin kullanıldığı tespit edilmiştir. Tarihi yapılarda kullanılan yapı taşı ve harçların malzeme özellikleri ile kullanılan yöntemlerin belirlenmesinde mineralojik-petrografik analiz yöntemleri ve ilgili metodolojinin katkısı ortaya konmuştur.

--“*Mor Kuryakos Manastırı ve bozulma nedenleri*”(Osman Fadıl Üner, 2018);

Bu çalışmada Mor Kuryakos Manastırı mimarisi ve yapıdaki bozulmaların belgelenmesi, tanıtılması, sorunlarının ortaya konularak bölge mimarisindeki yerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada yapının oluşturduğu mimari, dinsel, sosyal, ekonomik ve fiziksel dokular ve doğal ve insani nedenlerden kaynaklı tahribatlar saptanarak, tarihlendirme ve aynı zamanda manastırın işlevi ile ilgili sorunları belirlenmiş, bu sorunlar için çözüm önerileri sunulmuştur.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

### 2.1. Malzeme

Bu çalışmada Mor Kuryakos Manastırı'na ait temsili harç, tuğla, toprak ve taş örneklerinin özellikleri arkeometrik çerçevede belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın ilk safhasında yapıdan temsili malzeme örnekleri seçilmiş ve makro gözlem yapılmıştır. Yapıya ulaşıldığında öncelikle fotoğraflama ile yapının güncel durumu belgelenmiş ve ardından seçilen örneklerin konumları belgelenmiştir (Şekil 2.1, Şekil 2.2). Malzemelerin benzer ve farklı özellikleri ile birlikte niteliklerini saptamak, bozulma sebeplerini tespit etmek ve onarım için benzer karışımları belirlemek amacıyla yapının farklı noktalarından 6 adet taş, 6 adet harç, 3 adet sıva ve 1 adet toprak (üst örtüden) numune alınmıştır (Çizelge 2.1, 2.2). Kısaltmalar aşağıdaki gibidir;

***MK:** Mor Kuryakos, **T:** Taş, **H:** Harç, **S:** Sıva, **D:** Toprak.*



**Şekil 2.1.** Mor Kuryakos Manastırı avlu bölümü (Foto: Caner Yalçın, 2020)



Şekil 2.2. Mor Kuryakos Manastırı dış duvarları (Foto: Caner Yalçın, 2020)

Çizelge 2.1. Mor Kuryakos Manastırı'na ait taş, harç, sıva ve toprak örnekler

Örnekler*	Açıklamalar	Malzeme Türü
MK-T1	2 nolu öğrenci odasından	Taş
MK-T2	Doğu cephe taç kapıdan	
MK-T3	Doğu cephe taç kapıdan	
MK-T4	2. Kat Eyvan (Kısım: Doğu)	
MK-T5	2. Kat Eyvan (Kısım: Güney)	
MK-T6	Ana Taç Kapıdan	
MK-H1	Ana giriş kapısı dış cepheden	Harç
MK-H2	Ana giriş kapısı dış cepheden	
MK-H3	2 nolu öğrenci odasından	
MK-H4	2 nolu öğrenci odasından	
MK-H5	Mezar odasının kuzey cephesi yıkık bölüm (Kısım: Doğu)	
MK-H6	Mezar odasının kuzey cephesi yıkık bölüm (Kısım: Doğu)	
MK-S1	2. Kat Eyvan (Kısım: Güney)	Sıva
MK-S2	2. Kat Eyvan (Kısım: Güney)	
MK-S3	2. Kat Eyvan (Kısım: Doğu)	
MK-D1	Üst Örtü	Toprak

(\*) T: Taş, H: Harç, S: Sıva, D: Toprak (üst örtü)

Çizelge 2.2. Çalışmada incelenen malzeme bilgileri

	
<p>Numune kodu: MK-T1 Alındığı bölge: 2 Nolu öğrenci odası</p>	<p>Numune kodu: MK-T2 Alındığı bölge: Doğu cephesi taç kapı</p>
	
<p>Numune kodu: MK-T3 Alındığı bölge: Doğu cephesi taç kapı</p>	<p>Numune kodu: MK-T4 Alındığı bölge: 2. kat eyvan (kısım: doğu)</p>



Numune kodu: MK-T5  
Alındığı bölge: 2. Kat eyvan (kısmı: güney)



Numune kodu: MK-T6  
Alındığı bölge: Ana taç kapı



Numune kodu: MK-H1  
Alındığı bölge: Ana giriş kapısı dış cephe



Numune kodu: MK-H2  
Alındığı bölge: Ana giriş kapısı dış cephe



Numune kodu: MK-H3  
Alındığı bölge: 2 Nolu öğrenci odası




Numune kodu: MK-H4  
Alındığı bölge: 2 Nolu öğrenci odası



Numune kodu: MK-H5  
Alındığı bölge: Mezar odasının kuzey cephesi yıkık olan bölüm (Kısım: Doğu)



Numune kodu: MK-H6  
Alındığı bölge: Mezar odasının kuzey cephesi yıkık olan bölüm (Kısım: Doğu)

	
<p>Numune kodu: MK-S1 Alındığı bölge: 2. Kat Eyvan (Kısım: Güney)</p>	<p>Numune kodu: MK-T2 Alındığı bölge: 2. Kat Eyvan (Kısım: Güney)</p>
	
<p>Numune kodu: MK-S3 Alındığı bölge: 2. Kat Eyvan (Kısım: Güney)</p>	<p>Numune kodu: MK-D1 Alındığı bölge: Üst örtü</p>

## 2.2. Yöntem

Mor Kuryakos Manastırı yapı malzemeleri çeşitli arkeometrik yöntemler kullanılarak fiziksel, kimyasal ve petrografik olarak tanımlanmış ve belgelenmiştir.

### 2.2.1. Temel Fiziksel Testler

Tarihi yapı elemanları zaman içerisinde özgün özelliklerini kaybedip deforme olabilmektedirler. Yapı elemanları iklimsel sıcaklık farkları, asit yağmurları, kendi bünyesindeki kimyasal çözünmeler, tuzlanma, bitkilenme, fosil yakıt kullanımından kaynaklanan hava kirliliği, beşeri saldırılar ve bu gibi nedenlerle fiziksel ve kimyasal olarak deformasyona maruz kalmaktadırlar (Akyol, 2019).

Mor Kuryakos Manastırı yapı elemanlarından alınan taş örneklerine dayanımlarını ve özgün durumlarındaki değişimlerini tespit edebilmek için birim hacim ağırlığı, su emme kapasitesi, gözeneklilik ve kayaç sertliği testleri uygulanmıştır. Örneklerin doğrudan alınan kuru ağırlıkları, arşimet (su içerisinde) ve doymuş ağırlıkları (saf su içerisinde 50 torr basınç altında gözeneklere ulaşması sağlanan sulu ağırlık) yardımıyla birim hacim ağırlıkları (doymuş-kuru BHA,  $\text{g/cm}^3$ ), su emme kapasitesi (%SEK) ve gözeneklilik (%P) ile kayaç sertliği (SH) değerleri belirlenmiştir.

### 2.2.2. Harç ve Sıva Örneklerde Agregat/Bağlayıcı Analizi

Harç ve sıvaların agregat ve bağlayıcı oranlarının belirlenmesinde öncelikle kuru tartıma alınan örnekler daha sonra bağlayıcı (tüm karbonat içerik:  $\text{CO}_3^{2-}$ ) içeriklerinden arındırılmak üzere seyreltik asitle (%5'lik HCl) muamele edilmektedir. Süzme, yıkama ve kurutma işlemleri ile çözünen tüm karbonat içeriğinden (bağlayıcısından) ayrılan ve agregat kısmı elde edilen harç ve sıva örnekler, oda sıcaklığında kurutulduktan sonra tekrar tartıma alınarak ağırlıkça toplam bağlayıcı (çözünen) ve agregat (%w/w) miktarlarına ulaşılmıştır (Akyol, 2019).

Örneklerin karbonat içerikli olmayan agregatlarına sistematik eleme işlemi uygulanarak (63-1000  $\mu\text{m}$  arasındaki eleklerle) agregat tanecik dağılımları (granülometrik analiz) belirlenmiştir (TS 3530 EN 933- 52 1/Nisan 1999-Şubat 2007; Agregatların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler; Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini - Eleme Metodu).

### **2.2.3. Suda Çözünebilir Tuz Analizi**

Tuzlar yapı malzemelerinin doğal içeriğinde bulunabileceği gibi su ile taşınan tuzlar, yapının yüzeyine veya içerisindeki kılcal boşluklara yerleşebilmektedir (Koralay ve ark., 2016). Numunelerin bünyesinde bulunan toplam tuz miktarları ve pH değerlerinin nicel olarak belirlenebilmesi için numunelere spot tuz testleri uygulanmıştır. Numunelerin toplam tuz miktarının belirlenebilmesi için numuneden alınan 5 gram örnek 25 ml suya eklenerek 1 saat santrifüjlendikten sonra süzülüp üzerine sodyum hekzametafosfat eklenmiştir. Toplam tuz miktarları iletkenlik ölçer ile kaydedilmiş ve numunelerin bünyesinde bulunan tuzlar ağırlıkça yüzde olarak belirlenmiştir.

### **2.2.4. İnce Kesit-Optik Mikroskop Analizi**

Mor Kuryakos Manastırı taş, harç, sıva ve toprak örneklerinin mineral tanımlamaları, dokusal yapısı, gözeneklilik oranı ve bağlayıcı/agrega oranı ince kesit ve optik mikroskop analizleri ile gerçekleştirilmiştir. İnce kesitler; taş örneklerde dıştan içe doğru tüm tabakaları gösterecek şekilde doğrudan, harç, sıva örneklerde ise uygun bir reçine ile sertleştirme yapılarak hazırlanmıştır. İncelemelerde LEICA Research Polarizan DMLP Model alt ve üstten aydınlatmalı optik mikroskop kullanılmıştır. Harç ve sıvalarda agrega yapısını oluşturan kayaç ve mineraller Point Counting Programı kullanılarak tanımlanmıştır.

### **2.2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Saçılımlı X-Işımları Spektroskopisi (SEM-EDX)**

Analizi yapılan örneklerin SEM ile bağlayıcı ve agreganın mikro yapısı, EDX ile örneklerin kimyasal kompozisyonu incelenmiştir. SEM-EDX yönteminde analiz edilecek örneğe gönderilen elektronlar bir etkileşim oluşturur ve bunun sonucunda ortaya çıkan sinyaller bize numunenin mikro yapısal, morfolojik, topografik bilgilerini verir. Yapılan çalışmada JEOL JSM 6510 taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Cihazın çalışma voltaj aralığı 500V – 30 kV aralığındadır. Sputter Coater kaplama cihazı ile altın/paladyum ile kaplanan numuneler yüksek vakum altında incelenmiştir.

### 2.2.6. X-ışını Flüoresans Analizi Yöntemi (PED-XRF)

Bu yöntemle bronz, sikke, madalyon gibi metal eserler, resim, el yazması, obsidiyen, cam, sırlı seramik, arkeolojik sedimentler, ağır metal pestisitleri gibi çok çeşitli malzemeler incelenebilmektedir (Shugar ve Mass, 2012). PED-XRF Analizi yapılan numuneler ana, iz ve eser elementler hakkında bilgiler vermektedir. Hızlı sonuç alınmasını sağlayan bu yöntem arkeometrik analiz yöntemleri içerisinde önemli bir yere sahiptir. PED-XRF analizi için seçilen toprak, harç ve sıva örnekler agat havanda toz haline getirildikten sonra bu tozlar ile 32 milimetrelik diskler oluşturulmuş ve her bir disk XRF analizinde kullanılan bir kimyasal ile (wacks) karıştırılarak cihaza yerleştirilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada X-LAB 2000 model PED-XRF (Polarized Energy Dispersive-XRF) spektrometresi kullanılmıştır.

### 2.2.7. XRD (X-Işını Difraksiyonu)

XRD analiziyle örneklerin mineral/faz içerikleri tayin edilmeye çalışılmıştır. Kimyasal bir bileşiğin kristal yapısı farklılık gösterebileceği için XRD yönteminin kullanımı minerallere ait fazların tanımlanmasında önemli bir yöntemdir. Bu çalışmada öğütülerek toz haline getirilen örnekler yüksek çözünürlükte Grafit monokromatör ve çapraz ışın optik mekanizması (CBO) içeren RIGAKU marka ULTIMA-IV model X-ışını kırınım spektrometresi (Cu-K $\alpha$ ) cihazı ile analiz edilmiştir. Analizler 0-90 2-theta aralığında gerçekleştirilmiştir.

### 2.2.8. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi

Bu çalışmada tamamlayıcı bir teknik olarak kullanılan FTIR analiziyle örneklerden alınan spektrumlar ve karakteristik pikler örneklere ait minerallerin özgün kimyasal yapısı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Spektrumlardaki bant değerleri (cm $^{-1}$ ) örneklerin mineral içeriğinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada Perkin Elmer Spektrum 100 FT-IR cihazı kullanılmıştır (Dedektör: MCT >1500:1, Optik: CSI optik &TGS). Taramalar 600-4000 cm $^{-1}$  aralığında gerçekleştirilmiştir. Cihazda ayırma gücü en az 0.4 cm $^{-1}$ , dalga boyu çalışma aralığı 300-225 cm $^{-1}$ 'dir.

### 2.2.9. TG-DTA Analizi

Çalışmadaki örneklerin termal analizinde Shimadzu marka ve DTG-60H model bir TG-DTA cihazı kullanılmıştır. Bu teknikte toz numuneler kademeli olarak ısıtılarak meydana gelen değişimler takip edilmiştir. Analizde azot gazı atmosferi (20 ml/dk) altında dakikada 20°C ısıtma hızı ile incelemeler gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan toz örnekler 25-1000°C sıcaklık aralığında takip edilmiş ve oluşan reaksiyonlar (endotermik/ekzotermik) gözlemlenmiştir. Bu reaksiyonlar esnasındaki ağırlık kayıpları da belirli sıcaklıklar için kaydedilmiştir. Çoğunlukla pişmiş malzemelerde kullanılan bu teknik pişmemiş malzemelerde de fiziksel su, higroskopik su, kimyasal su, organik madde, birincil/ikincil kalsit gibi ihtivaları endotermik/ekzotermik reaksiyonlar ve ağırlık değişimleri ile ortaya koyabilmektedir. Dolayısıyla, mevcut çalışmada TG-DTA analizi tamamlayıcı bir teknik olarak tercih edilerek kullanılmıştır.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Taşlar

Manastırdan alınan temsili taş örneklere birim hacim ağırlık (doymun ve kuru), gözeneklilik, sertlik, suda çözünebilir tuz ve su emme testleri, ayrıca ince kesit, PED-XRF, XRD, FT-IR, SEM-EDX ve TG-DTA analizleri uygulanmıştır.

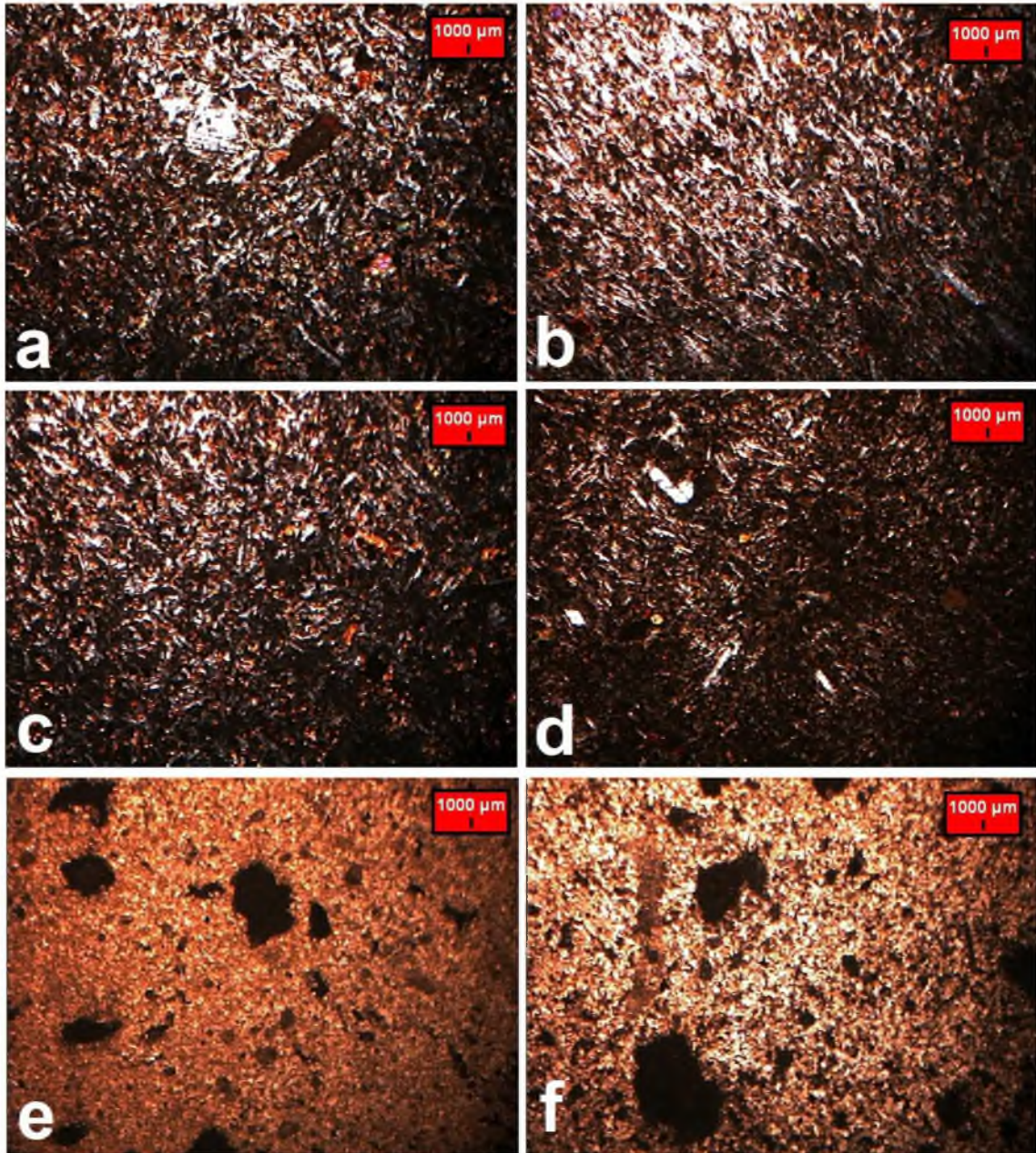
Mor Kuryakos Manastırı taş örneklerinin ince kesit analizleri numunelerin bazalt ve kireç taşı olarak 2 gruptan oluştuğuna işaret etmiştir (Çizelge 3.1). Her iki grupta da belirlenen ortak mineral opak mineraller olurken, bazalt kayaç kökenli olduğu tespit edilen dört örnekte ayrıca kuvars, piroksen, oligoklaz ve plajiyoklaz belirlenmiştir. MK-T5 ve MK-T6 örneklerinde kalsit matriks (kil) ve az oranda kalsedon (SiO<sub>2</sub>) saptanmıştır. Bu iki örnekte kireçtaşının mikritik yapıları olduğu gözlemlenmiştir. Bazalt taşı ise intersertal yapıları olarak belirlenmiştir.

İnce kesit görüntüleri incelendiğinde taşların dokusal olarak da Çizelge 3.1’de verilen bilgilere paralel bir yapıya sahip oldukları görülmektedir (Şekil 3.1). Buna göre, MK-T1, MK-T2, MK-T3 ve MK-T4 numunelerinde benzer intersertal yapı gözlemlenmiştir (Şekil 3.1 a-d). Büyük kristaller arasındaki açısal boşlukların diğer kristal fazlar veya amorf cam yapı tarafından doldurulduğu bu tipteki yapı MK-T5 ve MK-T6 kodlu örneklerde gözlemlenmemiştir. Bu iki örnekte mikritik dokuda bir yapı tespit edilmiş ve ince kesit görüntülerinde bu durum kil boyutlu kalsiyum karbonat kristalleri şeklinde belirgin biçimde yansımıştır (Şekil 3.1 e-f).

**Çizelge 3.1.** Mor Kuryakos Manastırı taş örneklerinin petrografik özellikleri

Taş Örnekler	Kayaç Türü	Doku	Sertlik (Mohs)	Kayaç ve Mineraller*
MK-T1, MK-T2 MK-T3, MK-T4	Bazalt	İntersertal	6 - 7	Q,Py,Ol,Pl,Op
MK-T5, MK-T6	Mikritik Kireçtaşı	Mikritik	2 - 3	C matriks (kil), az oranda Op,Ks

\* C: Kalsit, Ks: Kalsedon, Ol: Oligoklaz, Op: Opak Mineraller, Pl: Plajiyoklaz, Py: Piroksen, Q: Kuvars.



Şekil 3.1. Taş örneklerin ince kesit görüntüleri (a-f / MK-T1-MK-T6).

Mor Kuryakos Manastırı'ndan alınan taşların fiziksel olarak doymun/kuru birim ve hacim ağırlıkları tespit edilmiştir (Çizelge 3.2). Taşların doymun birim hacim ağırlıkları (kayaç türünden bağımsız olarak) 2,33-2,86 g/cm<sup>3</sup> arasında (ortalama 2,58 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları ise 2,01-2,76 g/cm<sup>3</sup> arasında (ortalama 2,32 g/cm<sup>3</sup>) değişim göstermektedir. Bazalt taşlarının doymun birim hacim ağırlıkları 2,44-2,86 g/cm<sup>3</sup> arasında (ortalama 2,63 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları ise 2,01-2,76 g/cm<sup>3</sup> arasında (ortalama 2,40 g/cm<sup>3</sup>) değişmektedir. Kireç taşlarının doymun birim hacim ağırlıkları 2,33-2,61 g/cm<sup>3</sup> arasında (ortalama 2,47 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları

ise 2,03-2,32 g/cm<sup>3</sup> arasında (ortalama 2.17 g/cm<sup>3</sup>) değişmektedir. Mor Kuryakos Manastırı taş ögelerinin fiziksel su emme kapasiteleri ve gözeneklilik verilerine de ulaşılmıştır. Buna göre genel olarak taşların su emme kapasiteleri %0,22-10,83 değerleri arasında (ortalama %4,49) değişmektedir. Bazalt taşlarının su emme kapasiteleri % 1,31-3,75 arasında (ortalama %2,53) değişmektedir. Kireç taşlarının su emme kapasiteleri % 0,22-10,83 arasında (ortalama % 5,52) değişim göstermektedir. Taşların toplam gözeneklilikleri %0,51-22,01 arasında (ortalama %9,89) değişim göstermektedir. Bazalt taşlarının toplam gözeneklilikleri %3,61-19,82 arasında (ortalama %9,21) değişmektedir. Kireç taşlarının toplam gözeneklilikleri %0,51-22,01 arasında (ortalama %11,26) değişmektedir. Örnek seti içerisinde MK-T3 ve MK-T5 yüksek gözeneklilik verileri ile oldukça düşük dayanıma sahip grubu oluşturmaktayken MK-T1 ve MK-T6 kodlu örneklerin kendi grupları içerisinde göreceli olarak diğerlerine kıyasla daha yüksek dayanıma sahip olduğu öngörülmüştür (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.2.** Mor Kuryakos Manastırı taş örneklerinde temel fiziksel testler

Örnek	BHA-Doygun (g/cm <sup>3</sup> )	BHA-Kuru (g/cm <sup>3</sup> )	SEK (%)	P (%)	Tür
MK-T1	2,86	2,76	1,31	3,61	Bazalt
MK-T2	2,44	2,24	3,75	8,40	
MK-T3	2,51	2,01	9,87	19,82	
MK-T4	2,74	2,60	1,93	5,03	
MK-T5	2,61	2,03	10,83	22,01	Kireçtaşı
MK-T6	2,33	2,32	0,22	0,51	
Bazalt Ortalama	2,63	2,40	4,21	9,21	
Kireçtaşı Ortalama	2,47	2,17	5,52	11,26	

**BHA:** Birim Hacim Ağırlığı, **SEK:** Su Emme Kapasitesi, **P:** Porozite (gözeneklilik)

Taş numuneler için içerdikleri tuz tipleri, pH değerleri ve suda çözünen toplam tuz miktarları da saptanmıştır. Bazalt taşlarının pH değerlerine bakıldığında (toplam 4 adet örnek için 7,95-8,68 aralığında ve ortalama 8,32) tümünün zayıf bazik karakterde olduğu ve toplam tuz içeriklerinin % 1,39 ile % 2,54 arasında (ortalama 1,90) değişim gösterdiği ortaya konulmuştur. Kireç taşlarının pH değerlerine bakıldığında (toplam 2 adet örnek için 9,12-9,25 aralığında ve ortalama 9,18) tümünün zayıf bazik karakterde olduğu ve toplam tuz içeriklerinin % 1,97 ile % 2,20 arasında (ortalama 2,08) değişim gösterdiği ortaya konulmuştur. Bazalt ve kireçtaşı örneklerinin ortalama tuz miktarları (1,90-2,08) (Çizelge 3.3). Bu değerler taşlarda tuzlanmanın olduğuna işaret etmektedir (Dursun ve ark., 2008). Tuz varlığı bir bakıma bu yapı elemanlarında çiçeklenme olarak

isimlendirilen bozulma tipine işaret etmektedir ve böyle bir bozulma taş bünyesi ve/veya yüzeylerinde mikro çatlaklara neden olarak nihayetinde yıkıcı bir etkiye sebebiyet verebilmektedir (Zakar ve Eyüpgiller, 2018).

Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) oranı en yüksek örnekler MK-T1 (1,000), MK-T2 (0,500), MK-T3 (0,750), MK-T4 (0,250) olarak tespit edilmiş, ayrıca Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) MK-T3 (10) örneğinde tespit edilmiştir (Çizelge 3.3).

**Çizelge 3.3.** Mor Kuryakos Manastırı taş ve toprak örneklerinde tuz türü, pH ve toplam tuz miktarı (SS) testleri

Örnek	Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ )*	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )*	Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )*	pH**	SS (%)**	
MK-T1	1,000	-	-	7,95	1,81	Bazalt
MK-T2	0,500	-	-	8,15	1,88	
MK-T3	0,750	10	-	8,50	2,54	
MK-T4	0,250	-	-	8,68	1,39	
MK-T5	0,050	-	-	9,12	1,97	Kireçtaşı
MK-T6	0,050	-	-	9,25	2,20	
Bazalt Ortalama				8,32	1,90	
Kireçtaşı Ortalama				9,18	2,08	

(\*) Test Hassasiyeti; ( $\text{NO}_2^-$ ): 0,010 mg/L, ( $\text{NO}_3^-$ ): 10 mg/L, ( $\text{PO}_4^{3-}$ ): 1 mg/L

(\*\*) 100 mL suda

Taş örnekler için yapılan PED-XRF analizi sonuçları Çizelge 3.4'te verilmiştir. Buna göre, taşlarda CaO içeriği %7,97-33,34 aralığında (ortalama %16,52),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içeriği %0,12-15,76 aralığında (ortalama %9,62),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  içeriği %0,049-13,86 aralığında (ortalama %8,60),  $\text{SiO}_2$  içeriği %0,56-49,83 aralığında (ortalama % 34,91), MgO içeriği %0,59-16,83 aralığında (ortalama %3,98),  $\text{SO}_3$  içeriği %0,198-41,96 aralığında (ortalama %7,88),  $\text{K}_2\text{O}$  içeriği %0,006-2,447 aralığında (ortalama %1,44) ve  $\text{Na}_2\text{O}$  içeriği %0,051-3,89 aralığında (ortalama %2,30) değişmektedir (Çizelge 3.4).

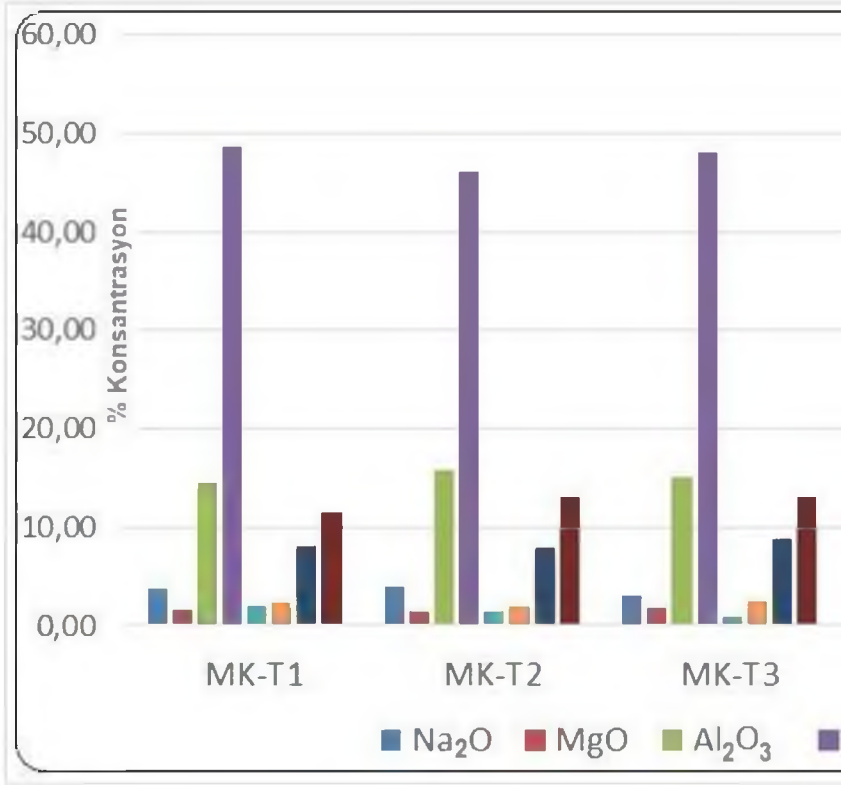
Taşların kimyasal kompozisyon açısından karşılaştırılabilmesi amacıyla % oksit ve ppm seviyesindeki eser elementler ışığında hazırlanan grafikler sırasıyla Şekil 3.2., Şekil 3.3., Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.'te verilmiştir. Buna göre, petrografik incelemelerde belirlenen bazalt ve kireçtaşı türlerinin PED-XRF analizinde de farklı kimyasal içeriklere sahip olduğu belirlenmiştir. Şekil 3.2'ye bakıldığında MK-T1, MK-T2, MK-T3 ve MK-T4 kodlu taşların birbirine paralel bir görünüm sağladığı, diğerlerinin ise (özellikle MK-T6'nın) oldukça değişen oranlarda elementel kompozisyona sahip olduğu fark edilmektedir.

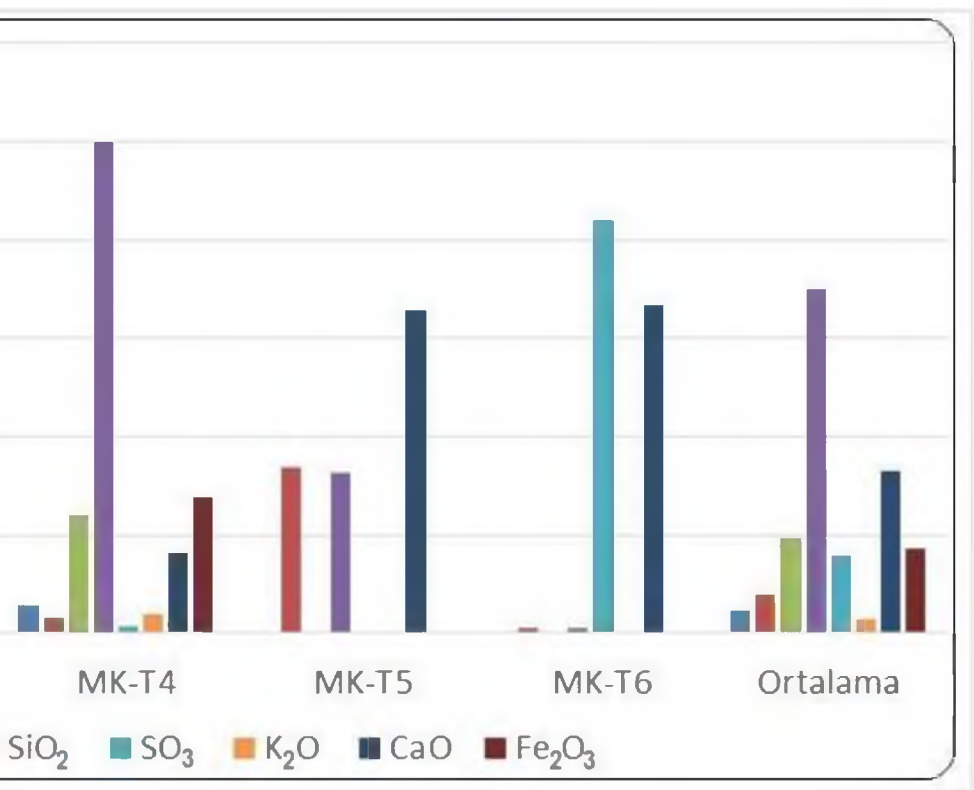
Çizelge 3.4. Taş örneklerin PRD-XRF sonuçları.

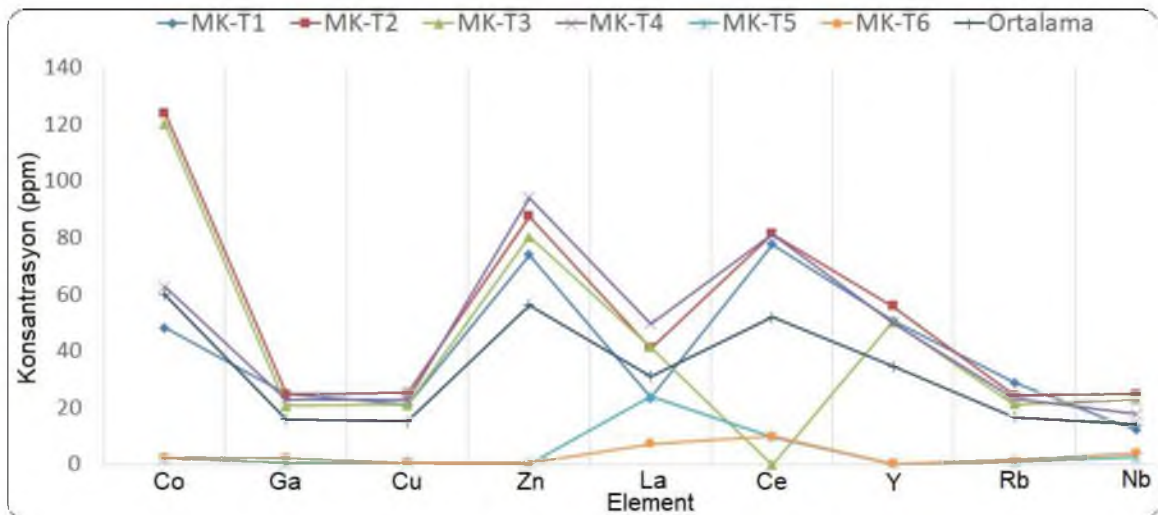
Element	MK-T1	MK-T2	MK-T3	MK-T4	MK-T5	MK-T6
Na <sub>2</sub> O	3,84	3,89	3,05	2,82	0,051	0,140
MgO	1,54	1,51	1,80	1,61	16,83	0,599
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,55	15,76	15,02	12,03	0,21	0,12
SiO <sub>2</sub>	48,53	46,15	48,08	49,83	16,29	0,56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,75	1,83	1,03	1,46	0,003	0,110
SO <sub>3</sub>	1,99	1,38	0,941	0,795	0,198	41,96
Cl	0,258	0,015	0,384	0,190	0,162	0,001
K <sub>2</sub> O	2,25	1,95	2,447	1,89	0,006	0,090
CaO	8,02	7,97	8,82	8,21	32,78	33,34
TiO <sub>2</sub>	1,94	2,51	2,54	2,78	0,010	0,154
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,023	0,020	0,009	0,038	0,011	0,002
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003
MnO	0,192	0,210	0,003	0,188	0,003	0,004
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,39	13,09	13,10	13,86	0,095	0,049
LOI*	3,72	3,62	2,87	4,74	32,87	21,94
<b>Toplam</b>	<b>99,98</b>	<b>99,92</b>	<b>100,09</b>	<b>100,42</b>	<b>99,53</b>	<b>99,07</b>
Co	48,3	124	120,3	62,7	2,1	2,5
Ni	4,8	2,4	3,7	7,5	4,4	4,5
Cu	21,2	25,2	21	22,8	0,7	0,8
Zn	74	87,5	80,4	94,2	0,4	0,5
Ga	24,8	24,9	20,6	22,9	0,5	2,3
Ge	0,5	0,5	0,3	1,5	0,3	0,4
As	3	3	3,8	4,1	0,9	0,3
Se	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
Br	1,4	1,2	1,3	0,8	3,3	0,4
Rb	29	24,4	21,4	23,3	1	1,8
Sr	420,8	401	421,7	385,6	85,5	1505
Y	50,7	55,8	50,4	50,2	0,4	0,4
Zr	252,8	262,7	313,7	262	5,7	16,7
Nb	12,2	24,8	22,9	17,8	2,5	4
Mo	5,4	7	6,9	6,5	9,6	3,3
Cd	0,9	1,2	0,8	1,1	0,8	0,9
In	0,9	1	0,8	1	0,7	0,6
Sn	2,6	3,2	3,5	2,4	0,6	0,9
Sb	0,9	1	0,5	1,1	0,8	0,8
Te	1,3	1,3	1,2	1,3	1,1	1,2
I	2,2	2,2	1,9	2,5	1,8	2
Cs	3,7	3,7	3,5	4,3	11,2	3,5
Ba	460,9	497,7	467,6	467,8	23,8	13,3
La	23,6	41,1	41,4	49,7	24	7,3
Ce	77,7	81,3	84,1	81,2	9,8	10
Hf	6,8	3,7	3,5	3,7	1,8	2,2
Ta	5,6	3,8	3,7	3,7	1,7	1,7
W	2,7	2,6	2,6	3	1,7	1,7
Hg	0,9	1	1,1	1,1	0,6	1,7
Tl	1,1	1,1	1,1	1,1	0,5	1,6
Pb	7,9	6,9	7,2	6,8	1	2,1
Bi	0,7	0,7	0,4	0,6	0,4	0,6
Th	4,1	3,5	1,8	2,5	0,5	1,4
U	9,1	8,9	10,1	9,1	7,3	9,3

\*LOI (Loss on Ignition): Yüksek sıcaklık fırınında 950°C'de kızdırma ile ağırlık kaybı.

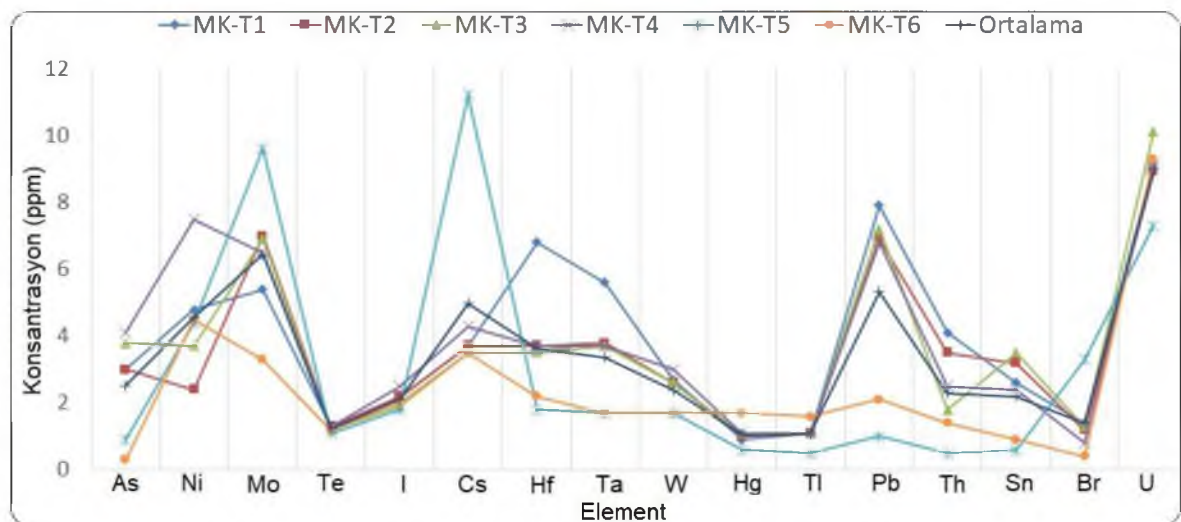
Şekil 3.2. Taşlarda PED-XRF ile belirlenen temel oksitlerin dağılımı.



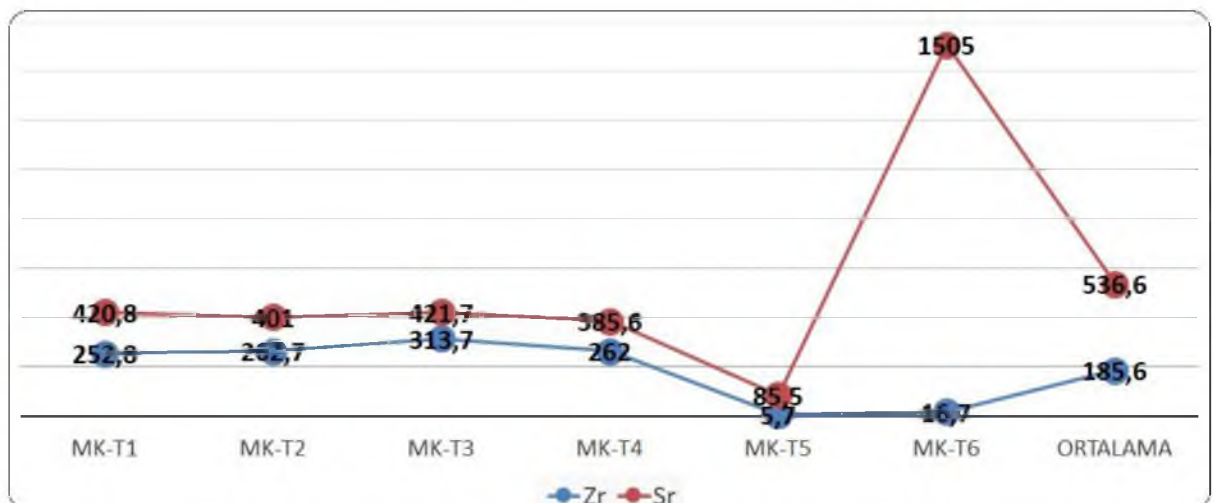




Şekil 3.3. Taşlarda PED-XRF ile belirlenen ortalama 14-60 ppm aralığındaki eser elementlerin dağılımı.

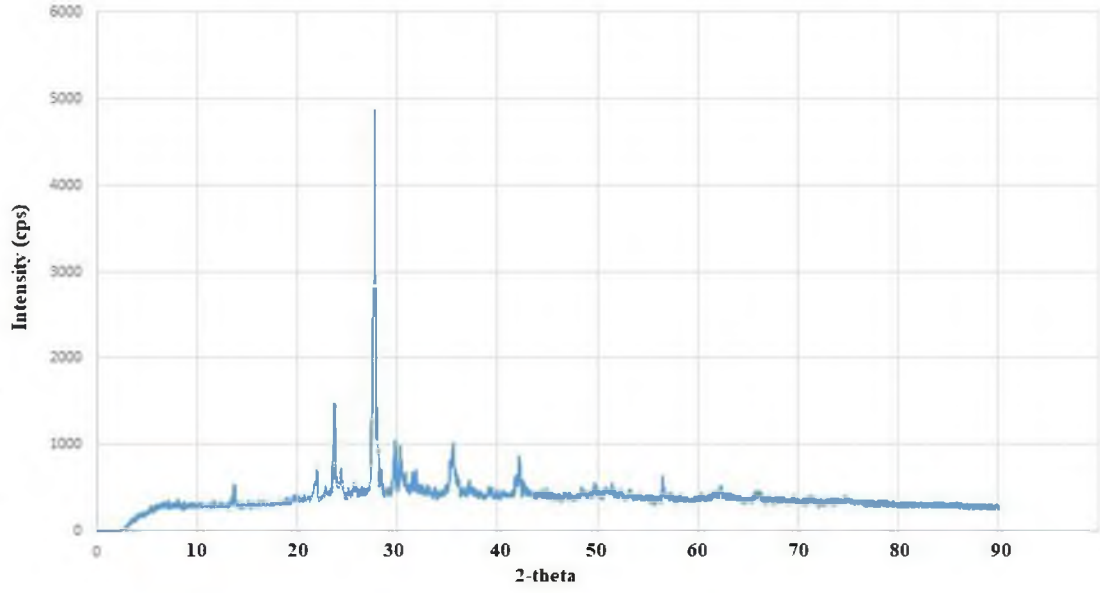


Şekil 3.4. Taşlarda PED-XRF ile belirlenen ortalama 1-10 ppm aralığındaki eser elementlerin dağılımı.

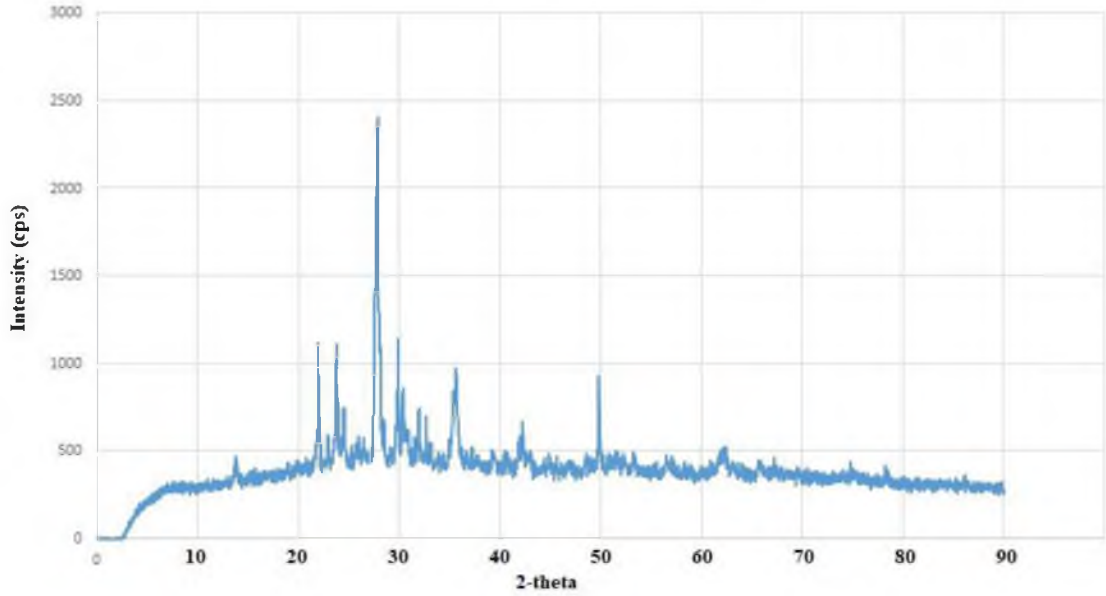


Şekil 3.5. Taşlarda PED-XRF ile belirlenen ortalama Sr ve Zr elementlerinin dağılımı.

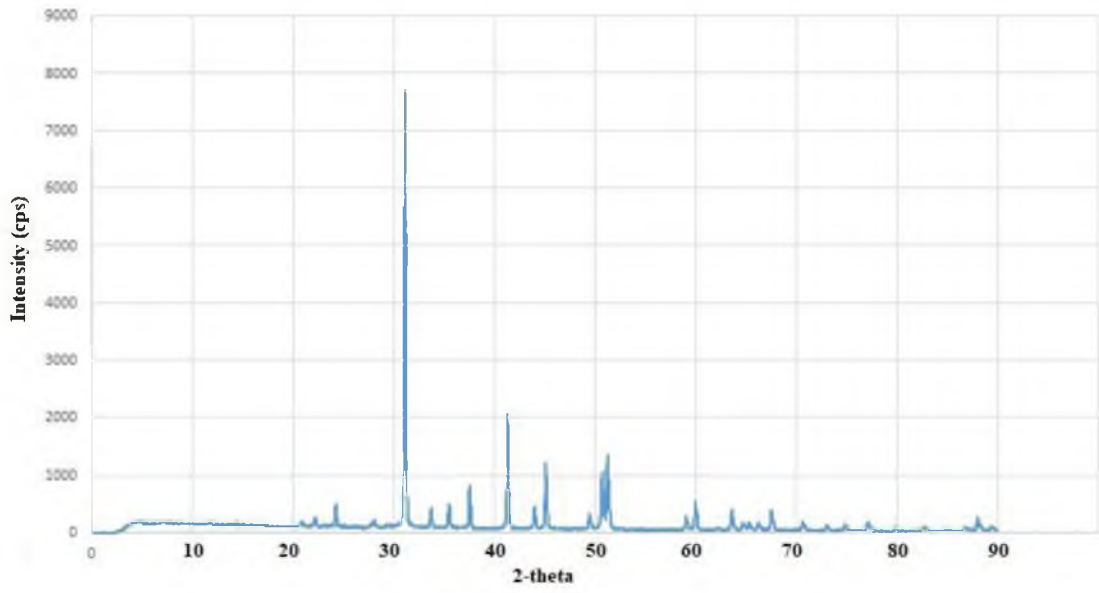
Taş örneklerde mineral/faz içeriklerinin belirlendiği XRD analiz sonuçları sırasıyla Şekil 3.6- Şekil 3.11’de verilmiştir.



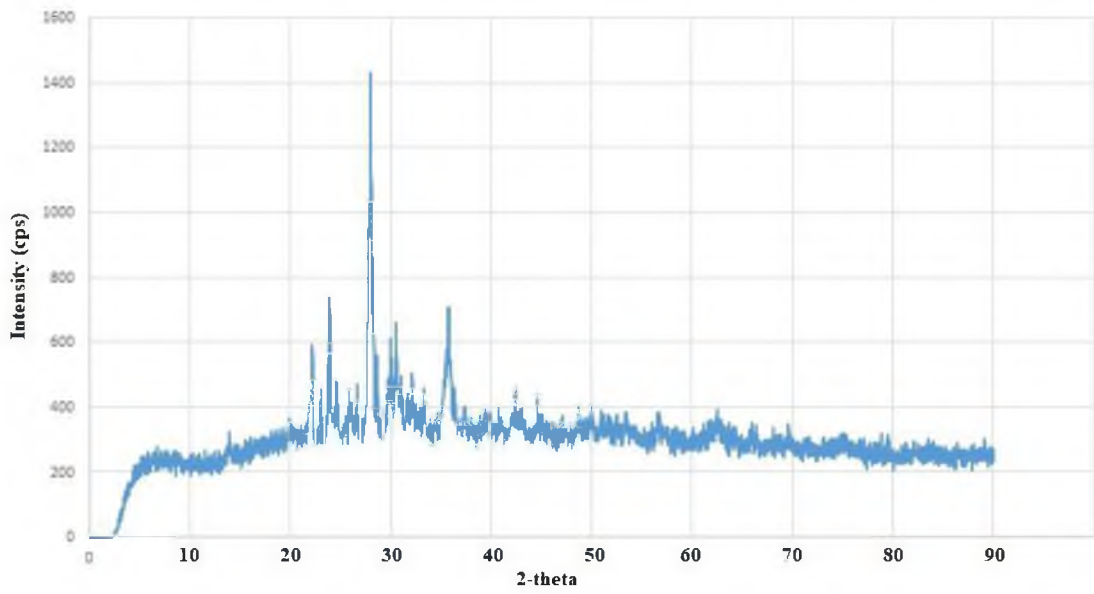
Şekil 3.6. MK-T1 XRD spektrumu.



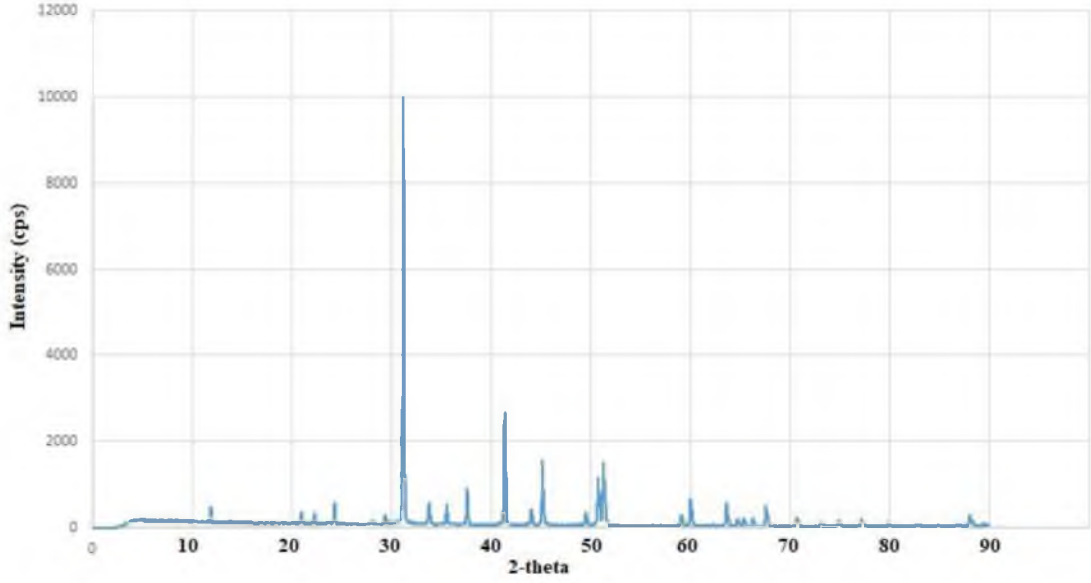
Şekil 3.7. MK-T2 XRD spektrumu.



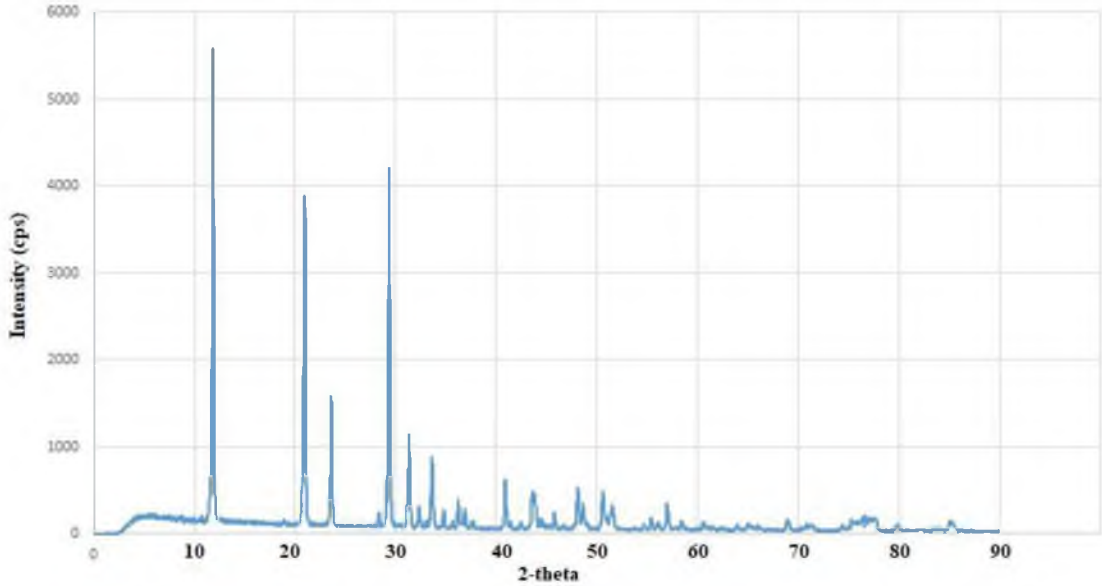
Şekil 3.8. MK-T3 XRD spektrumu.



Şekil 3.9. MK-T4 XRD spektrumu.



Şekil 3.10. MK-T5 XRD spektrumu.

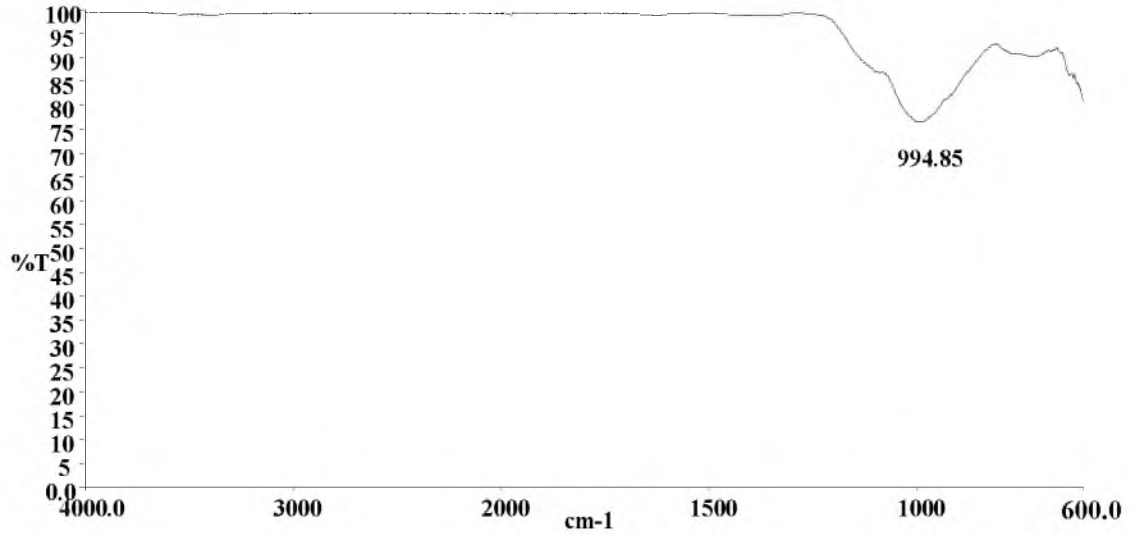


Şekil 3.11. MK-T6 XRD spektrumu.

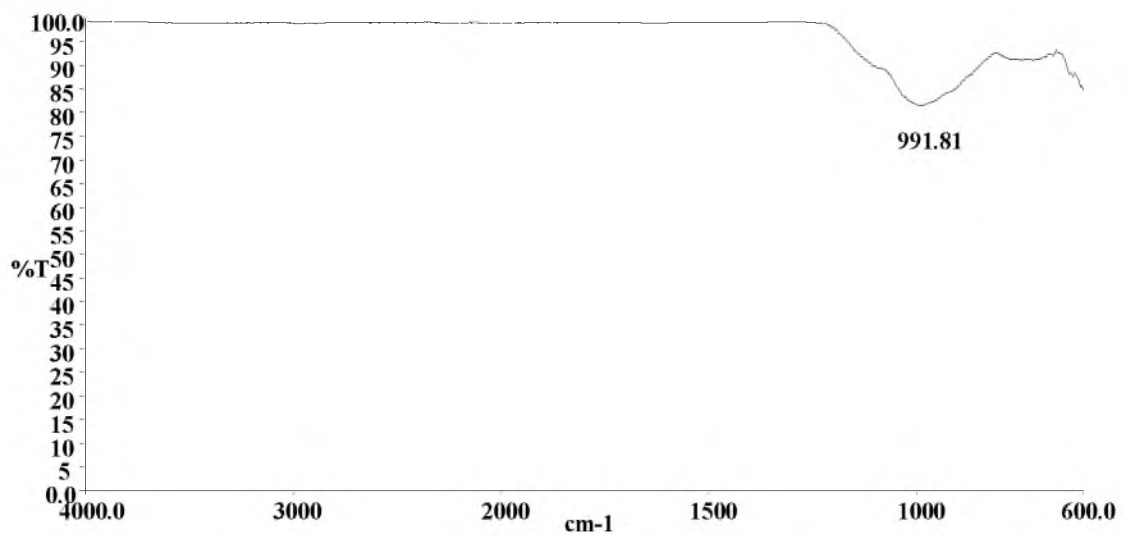
XRD analizi sonucunda değişen örneklerde kuvars, feldspat, plajiyoklaz ve kalsiyum içerikli mineraller (kalsit, dolomit ve/veya alçıtaşı) belirlenmiştir. Petrografi analizinde aynı grupta yer alan MK-T1, MK-T2 ve MK-T4 örneklerine ait XRD spektrumlarının da birbirine benzer şekilde çıktığı gözlemlenmiştir. Bu örneklerde belirgin biçimde kuvars ve plajiyoklaz saptanmış olup elde edilen spektrumların taşların bazalt kökenli kayaç yapıları ile uyumlu olduğu öngörülmüştür. Petrografi analizinde bu örneklerle aynı grupta yer alan MK-T3 numunesi MK-T5 ile benzer spektrumlar göstermiştir. Bu benzerliğin büyük oranda kalsiyumlu bileşenlerden kaynaklandığı söylenebilir. Zira, PED-XRF analizinde MK-T3 ile MK-T5 (kalsiyum dışında) birbirinden

farklı kompozisyonlar sergilermiştir (özellikle silisyum ve alüminyum açısından). Son olarak, MK-T6 örneğinde diğerlerinden farklı olarak alçı taşı pikleri belirlenmiştir.

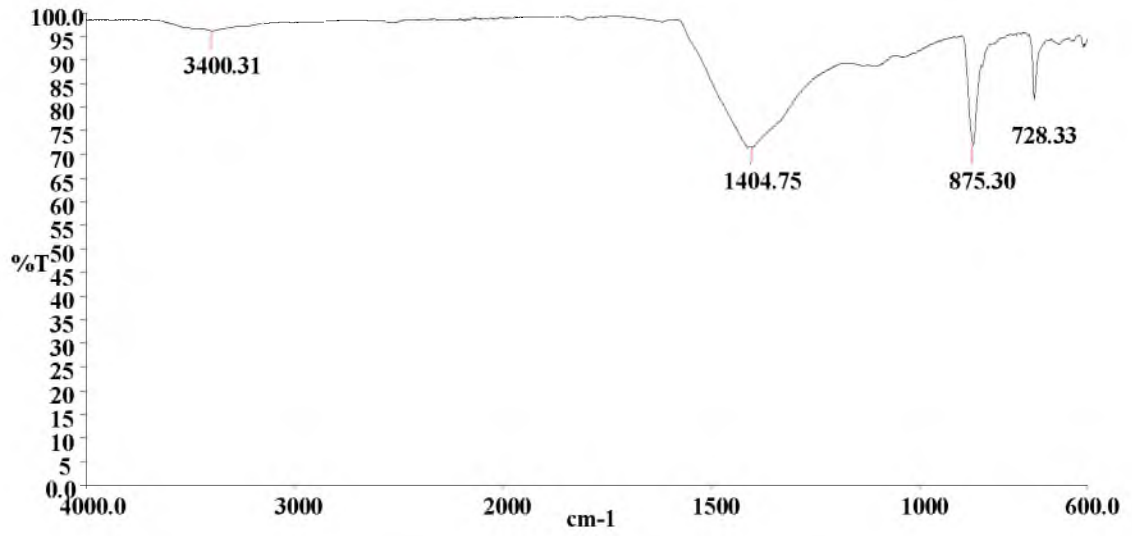
Taş örneklerin FT-IR spektrumları Şekil 3.12- Şekil 3.17’de verilmiştir.



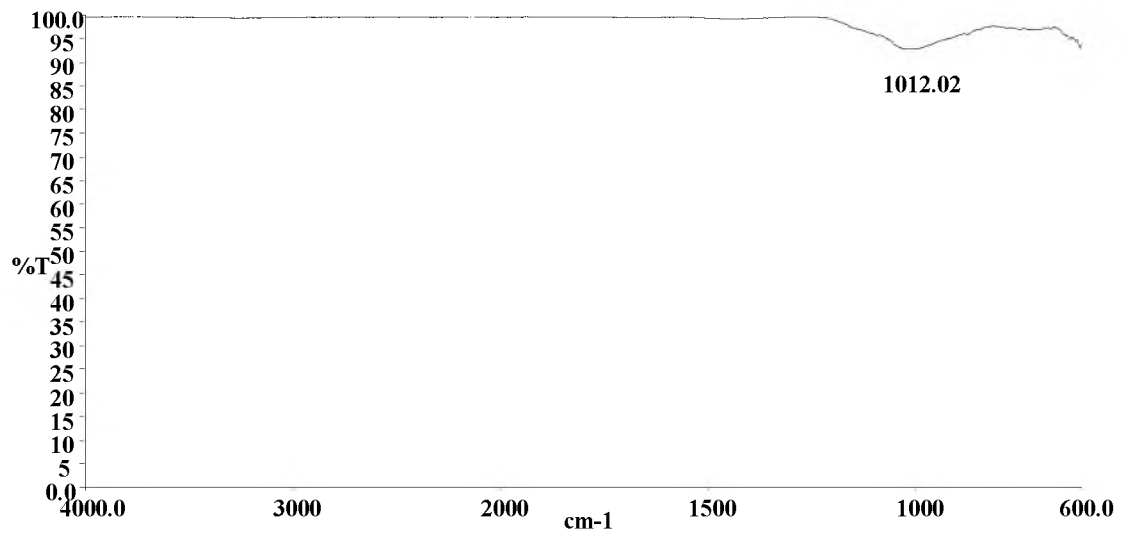
Şekil 3.12. MK-T1 FTIR spektrumu.



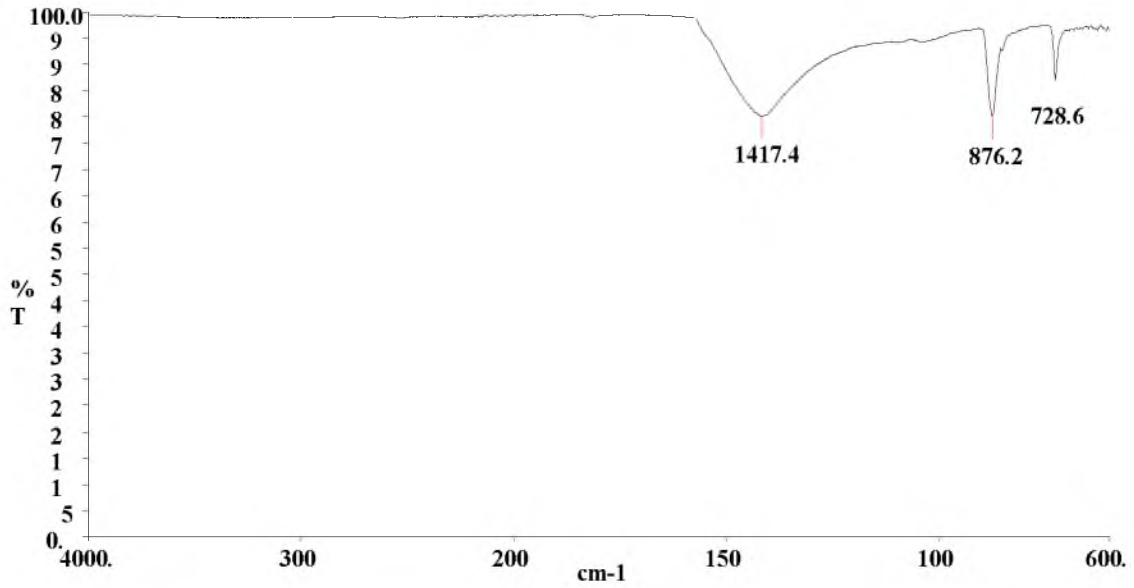
Şekil 3.13. MK-T2 FTIR spektrumu.



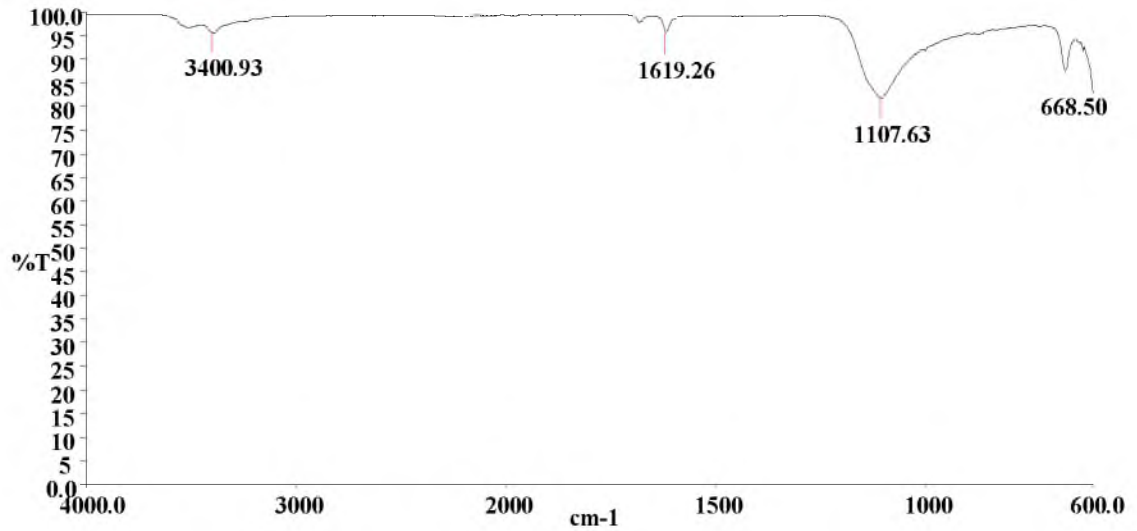
Şekil 3.14. MK-T3 FTIR spektrumu.



Şekil 3.15. MK-T4 FTIR spektrumu.



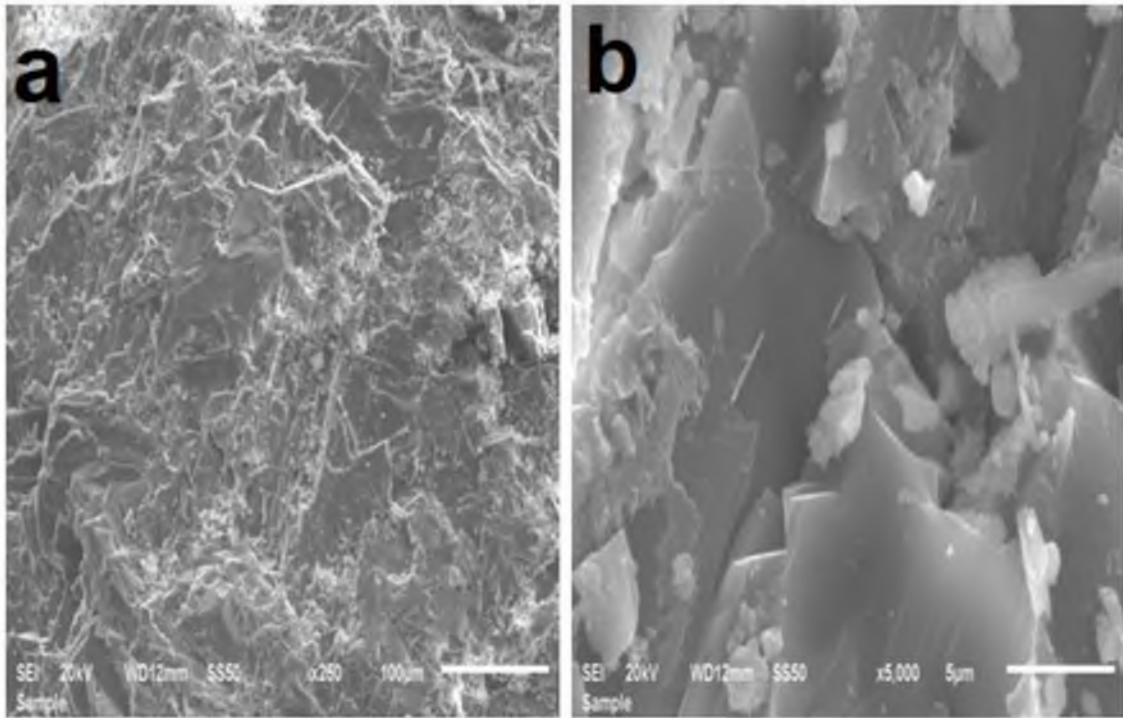
Şekil 3.16. MK-T5 FTIR spektrumu.



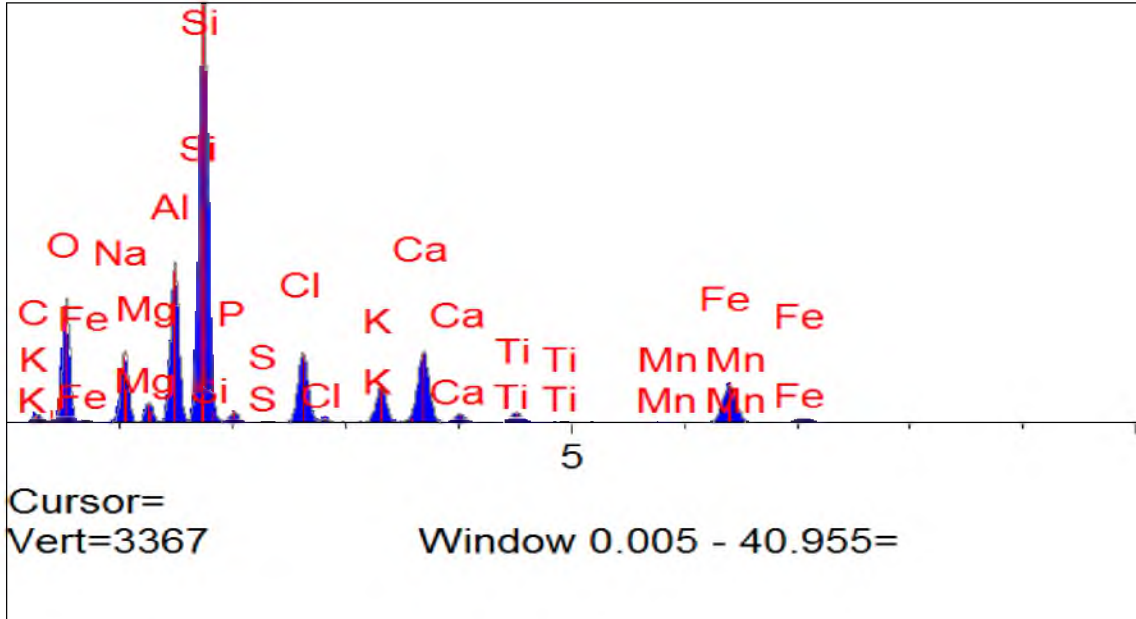
Şekil 3.17. MK-T6 FTIR spektrumu.

FTIR analizinde MK-T1 ( $994\text{ cm}^{-1}$ ), MK-T2 ( $991\text{ cm}^{-1}$ ) ve MK-T4 ( $1012\text{ cm}^{-1}$ ) örnekleri için benzer spektrumlar görülmüştür. MK-T3 ve MK-T5 örneklerinde yakın dalga boyu sayıları tespit edilmiştir (MK-T3:  $3400\text{ cm}^{-1}$ ,  $1404\text{ cm}^{-1}$ ,  $875\text{ cm}^{-1}$ ,  $728\text{ cm}^{-1}$ ; MK-T5:  $1417\text{ cm}^{-1}$ ,  $876\text{ cm}^{-1}$ ,  $728\text{ cm}^{-1}$ ). MK-T3 örneğinde görülen  $3400\text{ cm}^{-1}$  bandı  $\text{OH}^-$  gerilmelerine,  $875\text{ cm}^{-1}$ ,  $876\text{ cm}^{-1}$  ve  $728\text{ cm}^{-1}$  karbonatlı hammadde içeriğine işaret etmektedir (Ravisankar ve ark., 2011; Palanivel ve Velraj, 2007). MK-T6 örneğinde tespit edilen  $668\text{ cm}^{-1}$ ,  $1107\text{ cm}^{-1}$ ,  $1629\text{ cm}^{-1}$  ve  $3400\text{ cm}^{-1}$  bantları alçıtaşı içeriğine işaret etmiştir (web kaynak-3; Gulotta ve ark., 2013).

Yeterli büyüklükteki beş adet temsili taş numuneye ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji saçınımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) sonuçları Şekil 3.18-3.27 ve Çizelge 3.5-3.9'da verilmiştir. Taş numunelerden  $100\mu\text{m}$  ( $250\times$  büyütme) ve  $5\mu\text{m}$  ( $5000\times$  büyütme) ölçekli görüntüleri üzerinden genel bir EDX spektrumu alınarak örneklerin kimyasal karakterizasyonu belirlenmiş, ardından da seçilen bazı bölgeler üzerinde tekrar EDX taraması yapılmıştır.



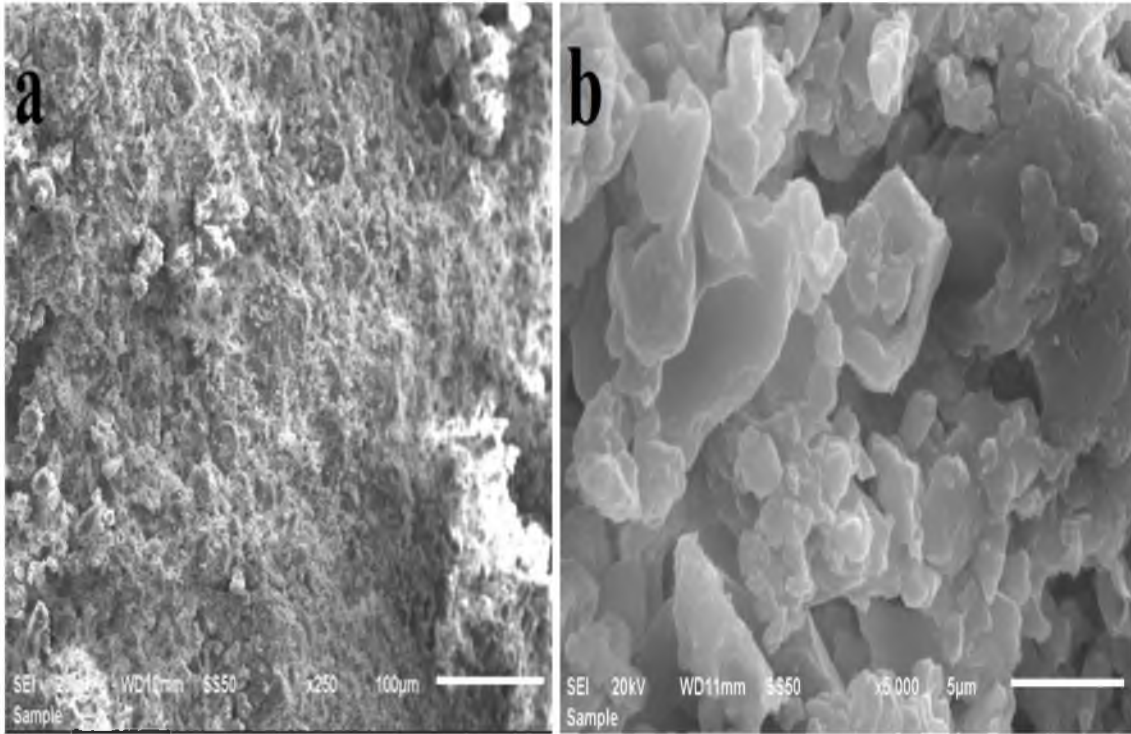
Şekil 3.18. MK-T1 SEM görüntüsü (a)  $250\times$  büyütme, (b)  $5000\times$  büyütme.



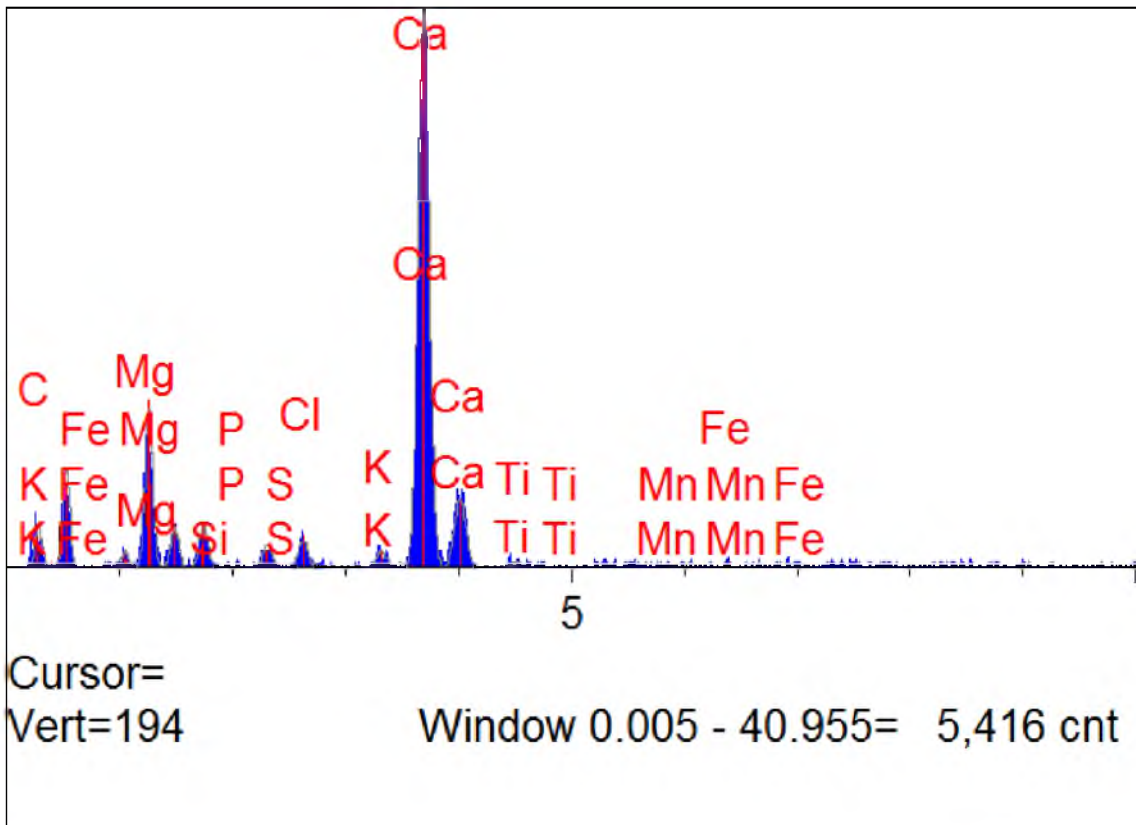
Şekil 3.19. MK-T1 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.

Çizelge 3.5. MK-T1 kodlu numunenin EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %).

Elt,	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc
C	Ka	18,78	2,461	7,424
O	Ka	240,30	5,898	28,939
Na	Ka	159,23	5,128	6,003
Mg	Ka	48,52	3,615	1,346
Al	Ka	386,90	7,761	9,023
Si	Ka	1,120,03	12,555	25,387
P	Ka	29,03	3,336	0,819
S	Ka	9,10	2,723	0,221
Cl	Ka	202,08	5,814	4,819
K	Ka	111,84	4,591	2,662
Ca	Ka	230,78	6,053	5,588
Ti	Ka	34,75	3,092	1,023
Mn	Ka	2,91	2,107	0,115
Fe	Ka	150,63	4,885	6,631
<i>Toplam</i>				<i>100,000</i>



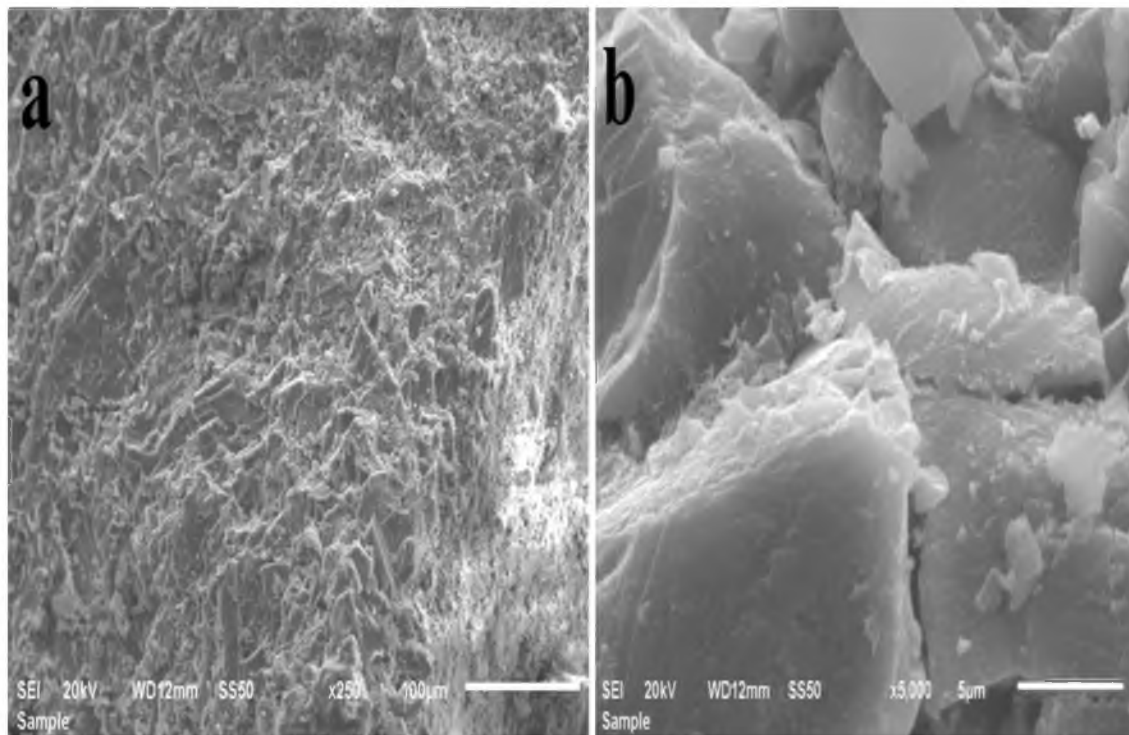
Şekil 3.20. MK-T3 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme.



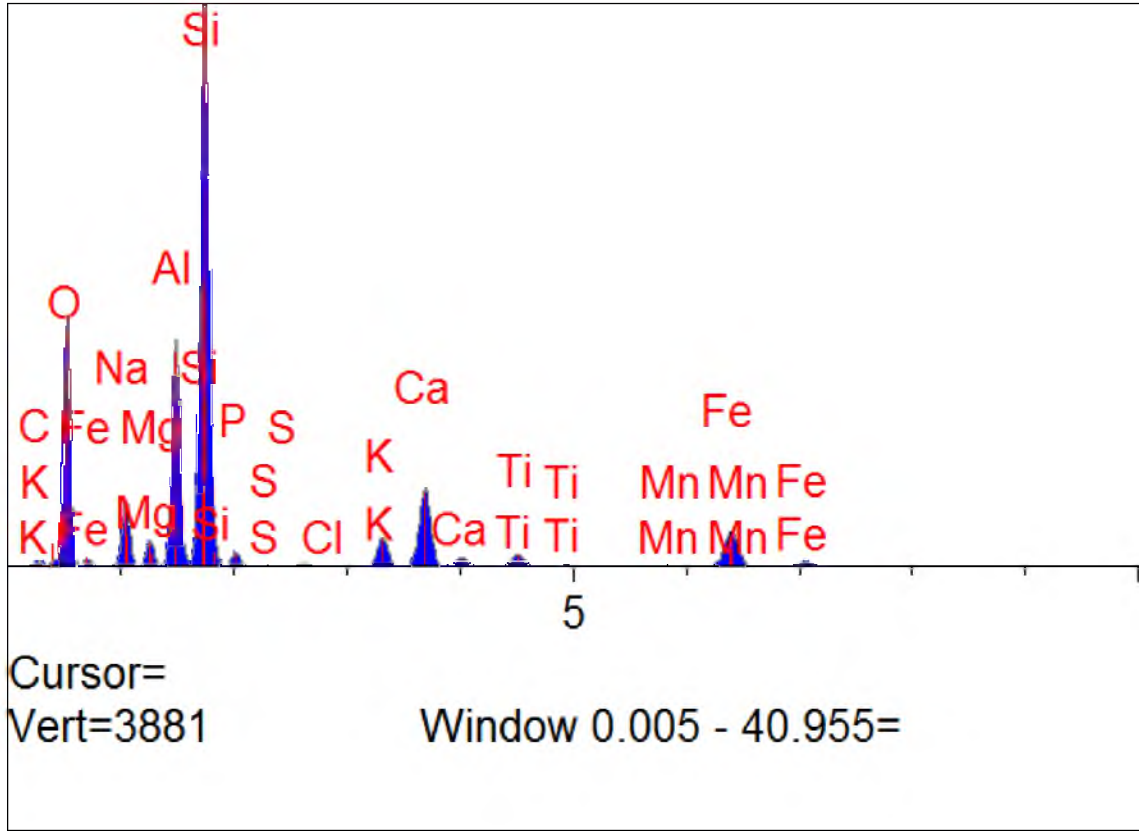
Şekil 3.21. MK-T3 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.

**Çizelge 3.6.** MK-T3 kodlu numunenin EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %).

Elt,	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc
C	Ka	3,79	0,918	10,958
O	Ka	8,29	1,085	34,442
Na	Ka	1,46	0,639	1,271
Mg	Ka	16,23	1,539	9,382
Al	Ka	4,23	0,897	2,282
Si	Ka	4,63	0,950	2,109
P	Ka	0,08	0,526	0,034
S	Ka	2,70	0,846	1,068
Cl	Ka	3,40	0,947	1,371
K	Ka	2,17	0,862	0,866
Ca	Ka	78,34	3,321	35,160
Ti	Ka	0,86	0,479	0,540
Mn	Ka	0,45	0,450	0,368
Fe	Ka	0,17	0,520	0,149
<i>Toplam</i>				<i>100,000</i>



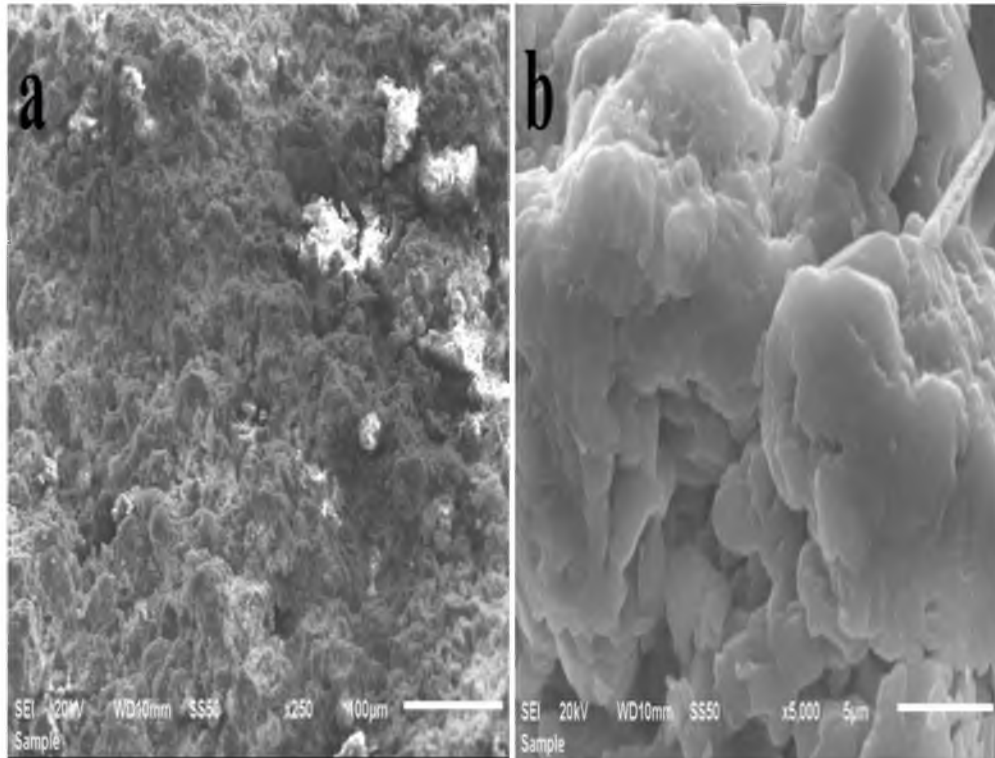
**Şekil 3.22.** MK-T4 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme.



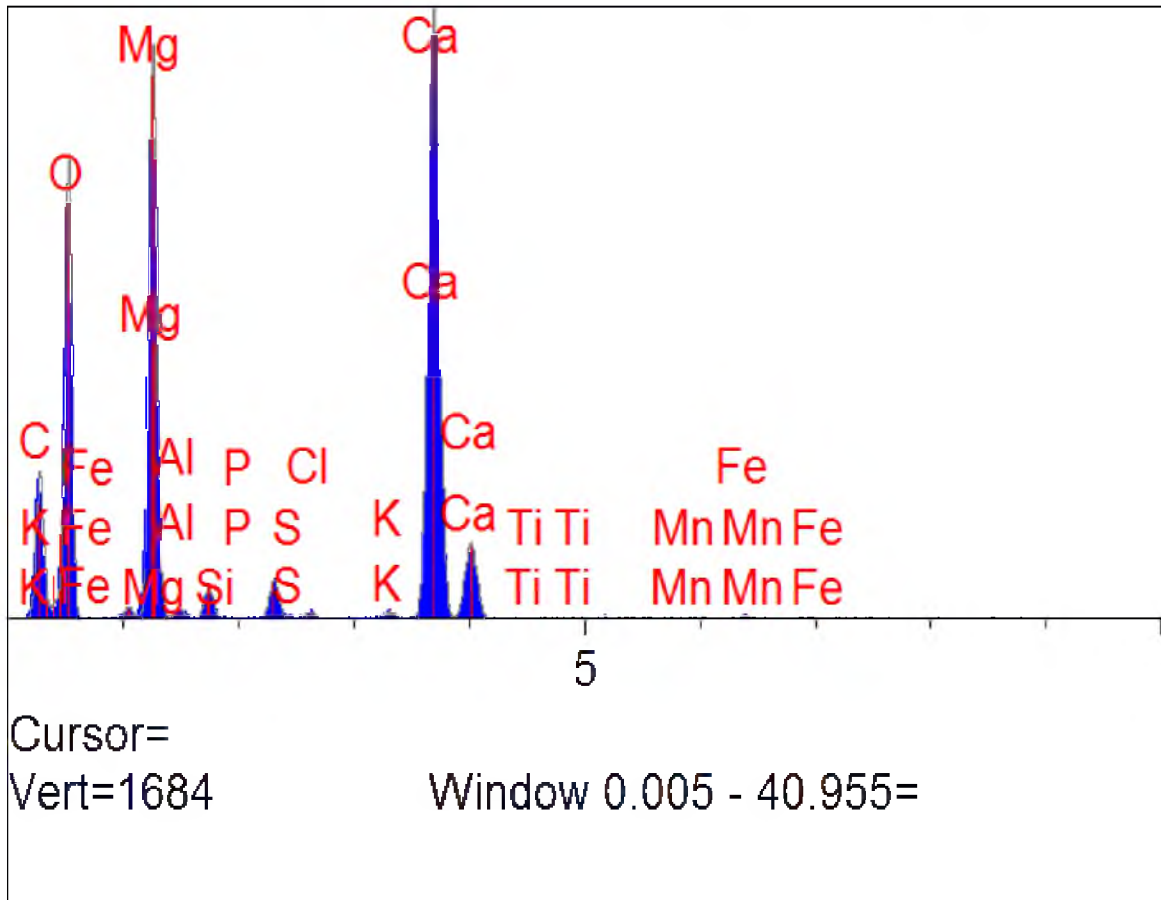
Şekil 3.23. MK-T4 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.

Çizelge 3.7. MK-T4 kodlu numunenin EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %).

Elt,	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc
C	Ka	10,19	2,149	3,396
O	Ka	409,98	7,631	38,271
Na	Ka	127,55	4,811	4,602
Mg	Ka	51,86	3,838	1,340
Al	Ka	472,18	8,526	10,268
Si	Ka	1,299,05	13,498	27,986
P	Ka	30,96	3,465	0,851
S	Ka	1,94	2,469	0,046
Cl	Ka	10,21	2,633	0,233
K	Ka	78,57	4,004	1,734
Ca	Ka	218,89	5,820	4,903
Ti	Ka	38,73	3,040	1,061
Mn	Ka	3,81	1,813	0,141
Fe	Ka	125,35	4,441	5,169
<i>Toplam</i>				<i>100,000</i>



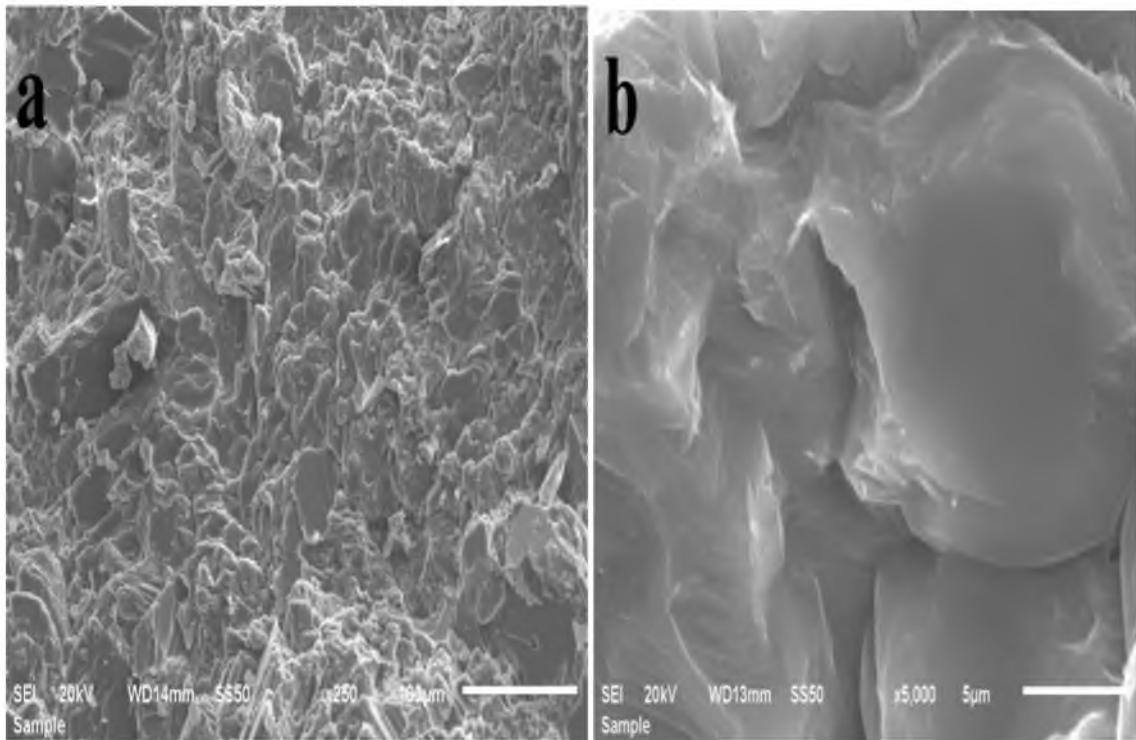
Şekil 3.24. MK-T5 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme.



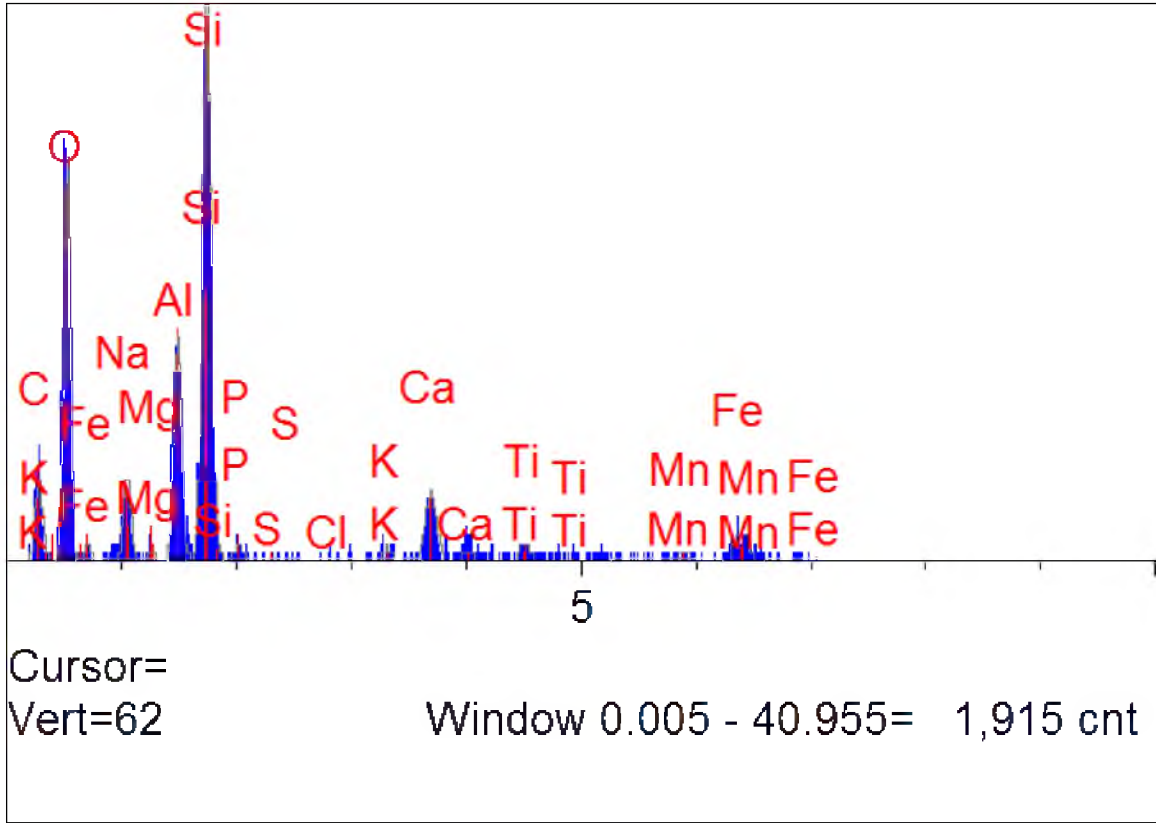
Şekil 3.25. MK-T5 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.

**Çizelge 3.8.** MK-T5 kodlu numunenin EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %).

Elt,	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc
C	Ka	109,61	4,132	16,797
O	Ka	300,17	6,465	47,580
Na	Ka	8,92	2,347	0,444
Mg	Ka	459,73	8,144	15,007
Al	Ka	8,70	2,659	0,290
Si	Ka	29,06	3,065	0,788
P	Ka	0,63	2,339	0,016
S	Ka	36,57	3,224	0,850
Cl	Ka	6,45	2,440	0,154
K	Ka	7,66	2,383	0,184
Ca	Ka	681,32	9,768	17,629
Ti	Ka	0,98	1,719	0,034
Mn	Ka	1,69	1,473	0,078
Fe	Ka	2,88	1,494	0,148
<i>Toplam</i>				<i>100,000</i>



**Şekil 3.26.** MK-T6 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme.



Şekil 3.27. MK-T6 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.

Çizelge 3.9. MK-T6 kodlu numunenin EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %).

Elt,	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc
C	Ka	7,48	2,389	21,107
O	Ka	32,43	3,774	42,972
Na	Ka	7,84	2,101	3,944
Mg	Ka	1,10	1,311	0,388
Al	Ka	22,20	3,212	6,453
Si	Ka	61,13	5,087	16,727
P	Ka	1,89	1,369	0,603
S	Ka	0,43	0,986	0,121
Cl	Ka	0,03	0,902	0,010
K	Ka	1,75	1,256	0,492
Ca	Ka	9,23	1,921	2,645
Ti	Ka	2,76	1,050	0,978
Mn	Ka	1,68	0,820	0,822
Fe	Ka	5,01	1,415	2,739
<i>Toplam</i>				<i>100,000</i>

MK-T1 ve MK-T4 kodlu örneklerin taramalı elektron mikroskobu görüntülerinde diğer örneklere kıyasla daha keskin köşeli parçaların oluşturduğu bir yapı gözlemlenmiştir. MK-T3, MK-T5 ve MK-T6 örneklerinin fiziksel testler, petrografi, XRD veya FTIR analizlerinde çakışan özellikleri SEM görüntüleriyle de ortaya konulmuştur. Ayrıca, SEM görüntülerinden alınan EDX verileri incelendiğinde yüksek silisyum içerikli MK-T1 (%25,3) ve MK-T4 (%27,9) diğer numunelerden belirgin biçimde ayrılmaktadır.

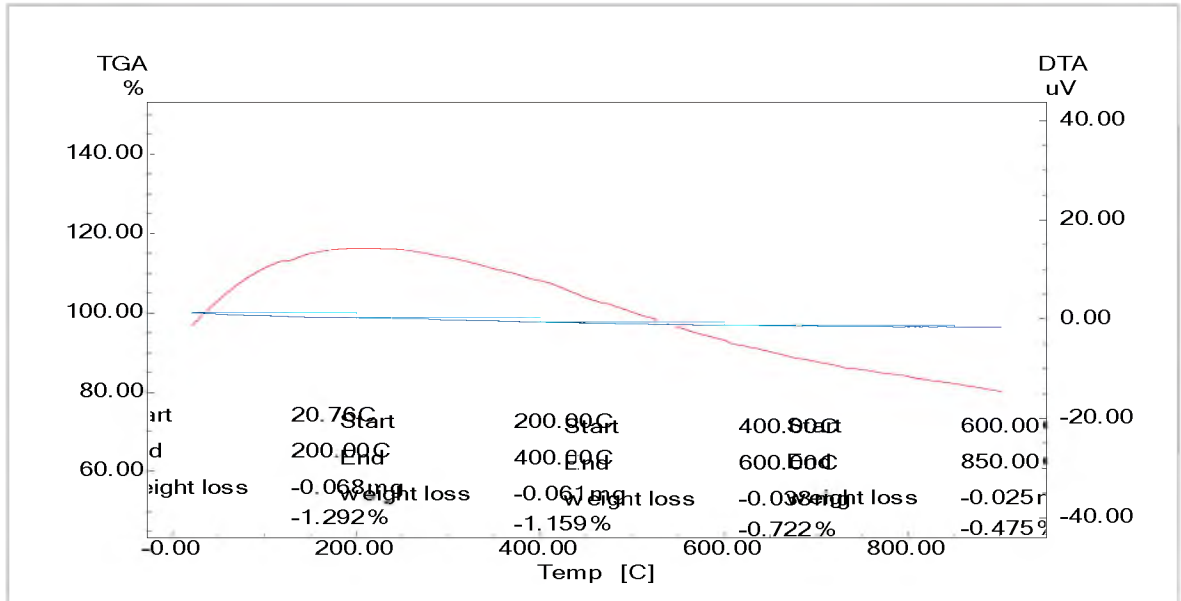
MK-T3 ve MK-T5 kodlu taşların EDX spektrumları incelendiğinde yüksek kalsiyum ihtivasi (sırasıyla %35,1 ve %17,6) bu örneklerin diğer numuneler ile olan farklılıklarını ortaya koymaktadır. MK-T6 kodlu örneğin ise taş numuneler içerisinde göreceli olarak daha kompakt bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu numunede tespit edilen ve kendisine yakın diğer örneklerden (MK-T3 ve MK-T5) daha yüksek seviyede seyreden silisyum miktarı (%16,7) farklı bir kayaç yapısına işaret etmektedir. Sonuç olarak, çalışmada incelen taşların esas olarak iki gruba ayrıldığı söylenebilir;

**Grup-1:** Bazalt kökenli (MK-T1, MK-T2, MK-T3, MK-T4)

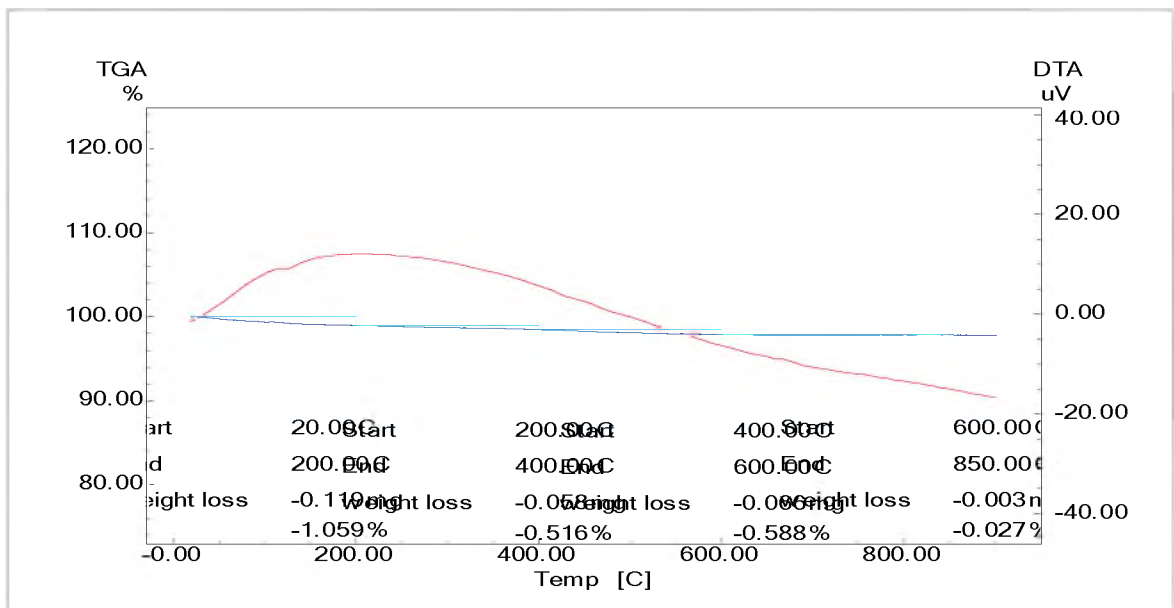
**Grup-2:** Kireçtaşı kökenli (*Grup2a:* MK-T5, *Grup2b:* MK-T6)

Ana gruplar dışında, Grup-2'de ayrıca alt gruplamaya neden olan MK-T6 kimyasal ve mineralojik içeriği, aynı zamanda mikro yapısı ile farklılığını ortaya koymaktadır. Böylelikle, manastırda üç farklı tipte taşın yapı elemanı olarak kullanıldığı görülmektedir. Kireçtaşı, alçıtaşı ve mermer yataklarının jeolojik oluşumlar şeklinde bölgede yer aldığı dikkate alındığında (web kaynak 4-5-6), manastırda hem yerel hem de bölgesel karakterli taşların kullanıldığı öngörülebilir. Yapının tarihi süreç içerisinde farklı taşların kullanılmasıyla restore edilmiş olabileceği de unutulmamalıdır (hasar gören taşların yenileri ile değiştirilmesi, tümleme işlemlerinin yapılması ya da ilave/yeni malzeme kullanılması vb.). Yapının restorasyonu ile ilgili bir fermanın Osmanlı padişahı III. Ahmet Han Samet (1703-1730) tarafından gönderildiği bilinmektedir (ayrıntılar için; Üner, 2018: 74-76).

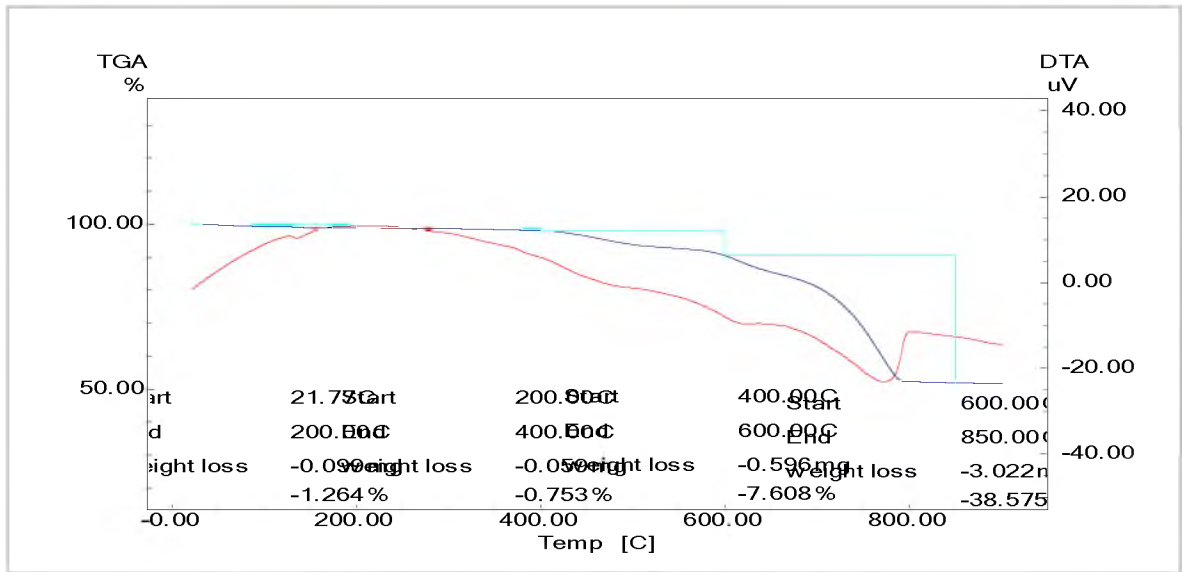
Taş örneklerden alınan toz numuneler için son olarak arkeometride sıklıkla tamamlayıcı bir teknik olarak uygulanan TG-DTA analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, öğütülebilen ve yeterli miktardaki beş adet taş numune oda sıcaklığından 1000°C sıcaklığa kadar kademeli olarak ısıtılmış ve oluşan reaksiyonlar takip edilmiştir. Elde edilen TG ve DTA eğrileri Şekil 3.28-3.32'te verilmiştir.



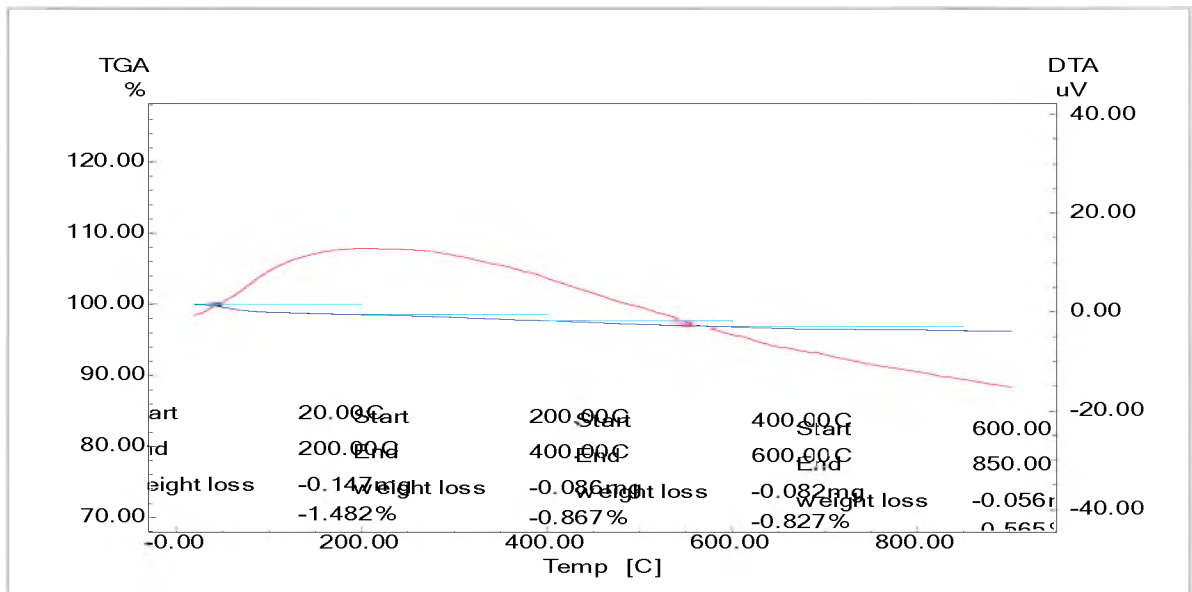
Şekil 3.28. MK-T1 TG ve DTA eğrileri.



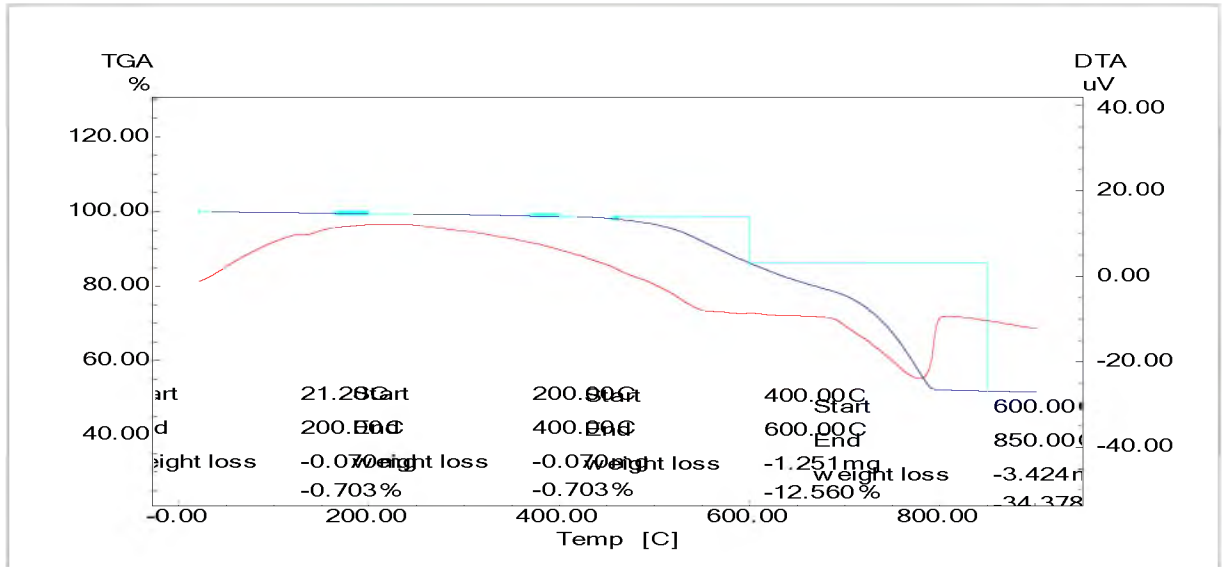
Şekil 3.29. MK-T2 TG ve DTA eğrileri.



Şekil 3.30. MK-T3 TG ve DTA eğrileri.



Şekil 3.31. MK-T4 TG ve DTA eğrileri.



Şekil 3.32. MK-T5 TG ve DTA eğrileri.

Şekillerde kırmızı renk ile ifade edilen DTA eğrilerine bakıldığında, MK-T1, MK-T2 ve MK-T4 kodlu taşlarda 600-850°C aralığında belirgin bir ekzotermik veya endotermik etkinin olmadığı ve bu sıcaklık aralığındaki ağırlık kayıplarının ihmal edilebilir düzeyde veya çok düşük olduğu görülmüştür. 600-850°C aralığında MK-T1, MK-T2 ve MK-T4 kodlu numunelerde görülen ağırlık kayıpları sırasıyla % 0.478, % 0.027 ve % 0.565 olarak belirlenmiştir. MK-T3 ve MK-T5 kodlu taş numunelerinde ise 600-850°C aralığında belirgin bir endotermik etki ve buna bağlı olarak da yüksek ağırlık kayıpları tespit edilmiştir. Bu sıcaklık aralığında MK-T3 için % 38,575 ve MK-T5 için % 34,378 oranında ağırlık kaybı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, karbonatlı içeriklerin bozunarak endotermik pik verdiği ve buna bağlı olarak da belirgin ağırlık kayıplarının meydana geldiği 600-850°C sıcaklık aralığındaki piklerin ve ağırlık kayıplarının gözlemlendiği MK-T3 ve MK-T5 numunelerinde kalsiyum karbonat içeriği teyit edilmiş olup, MK-T1, MK-T2 ve MK-T4 numunelerinde karbonatlı bir içeriğin olmadığı ortaya konulmuştur (Palanivel ve Kumar, 2011; Fabbri ve ark., 2014).

MK-T3 kodlu taşın petrografik incelemelerde bazalt kayaç kökenli olduğu tespit edilmiş ancak XRD, FTIR, SEM-EDX ve TG-DTA analizlerinde kalsiyumlu içeriklere işaret eden verilere ulaşılmıştır. Bu durum MK-T3 taşının petrografide aynı grupta olduğu öngörülen MK-T1, MK-T2 ve MK-T4'ten farklı bir karakterde olduğuna işaret edebilir. PED-XRF verilerine göre bu üç numuneye oldukça yakın olan MK-T3 için  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  ve  $\text{SiO}_2$  değerleri karşılaştırılarak (Çizelge 3.10.) Le Bas ve ark. (1986) tarafından ortaya koyulan diyagramda ayrıca bir değerlendirme yapılmıştır. Buna göre,

MK-T3 örneği MK-T1 ve MK-T2 ile yakın durarak traki-bazalt özelliğinde belirlenmiş, MK-T4 ise diyagramda<sup>1</sup> yine onlara çok yakın duran bazalt olarak gözlemlenmiştir. Feldspat içeriği bakımından zengin olan ve volkanik kayaç grubunda yer alan trakit; riyolit ve andezit arasında bir kimyasal kompozisyona sahiptir (Kubat, 2014). Bu karşılaştırma sonrası MK-T3 kodlu taşta belirlenen kalsiyum içeriğinin bazaltik kayaçlarda görünen karbonatlaşma şeklindeki ayrışma sonucu ortaya çıkabileceği öngörülmüştür (Erişiş ve ark., 2019).

**Çizelge 3.10.** PED-XRF ile belirlenen Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O ve SiO<sub>2</sub> değerleri.

	MK-T1	MK-T2	MK-T3	MK-T4
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	6,09	5,84	5,49	4,71
SiO <sub>2</sub>	48,53	46,15	48,08	49,83

### 3.2. Harçlar

Harç örneklerine agrega/bağlayıcı granülometrik analizi, ince kesit analizi, PED-XRF, XRD, FT-IR ve SEM-EDX analizleri uygulanmıştır.

Mor Kuryakos Manastırı'na ait harç örnekleri öncelikle asidik işlemde geçirilmiştir. Harç örneklerinde asidik işlem sonrası elde edilen verilere göre toplam bağlayıcı (TB) oranı %22,76- 61,31 arasında (ortalama %35,88) tespit edilirken, toplam agrega (TA) oranı %38,69-77,24 arasında (ortalama %64,12) belirlenmiştir (Çizelge 3.11 ve Şekil 3.33).

Harç örneklerinde asitle muamele işleminden sonra geriye kalan agregalar için elek analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, sistematik olarak 63 mikron ile 1000 mikron arasında farklı boyutlardaki 6 adet elek ile tane boyut dağılımları belirlenmiştir (Çizelge 3.10.). Harç örneklerinde <63µm boyutlu agrega oranı %3,29 - 30,82 arasında değişmektedir ve ortalama değer %11,52'dir. Harçların iri boyutlu (>1000µm) agrega içerikleri %13,64-%57,31 arasında değişmektedir ve ortalama değer %33,26'dır (Şekil 3.34).

MK-H1 ve MK-H2 kodlu harçlarda diğerlerine kıyasla iri tane içeriğinin daha yüksek olduğu ve MK-H3 ile MK-H4 kodlu harçlarda sırasıyla 63µm altı ve 125-500µm aralığında tane boyutuna sahip agregaların daha yoğun olduğu görülmektedir. MK-H5

<sup>1</sup> Diyagram ve ayrıntıları için: Le Bas ve ark., 1986.

kodlu harcın tane boyut dağılımı açısından MK-H4 ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir. MK-H3 kodlu örnekte belirgin olarak toplam agrega oranının düşük olması da göz önüne alınırsa harç örneklerindeki agrega boyutlarına göre üç farklı harç grubundan bahsedilebilir;

**Grup-H1: Toplam agrega oranı yüksek; MK-H1, MK-H2**

**Grup-H2: Toplam agrega oranı düşük; MK-H3**

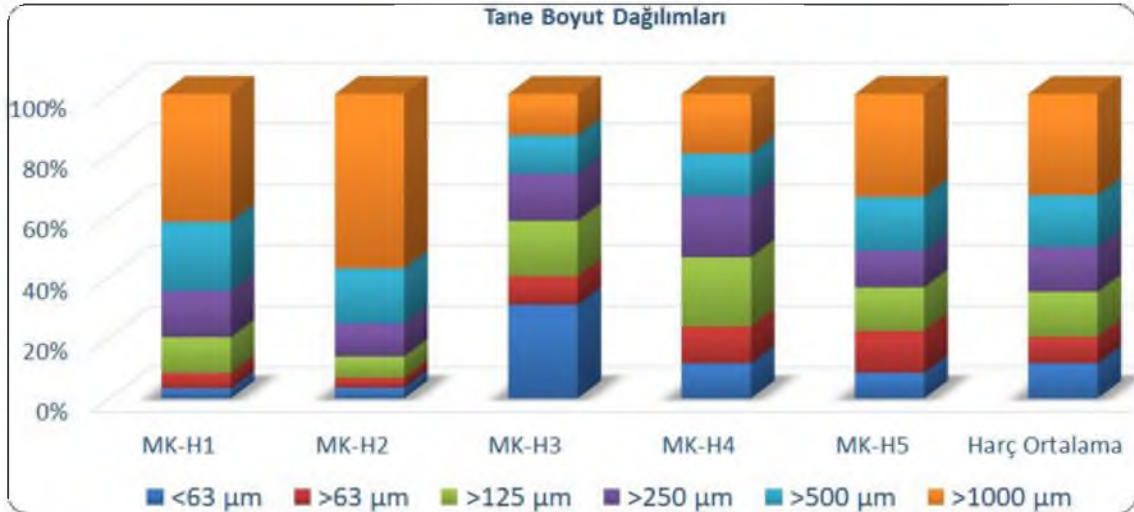
**Grup-H3: Toplam agrega ve bağlayıcı oranı birbirine yakın; MK-H4, MK-H5**

**Çizelge 3.11.** Mor Kuryakos Manastırı harç örnekleri agrega/bağlayıcı ve granülometrik analizleri.

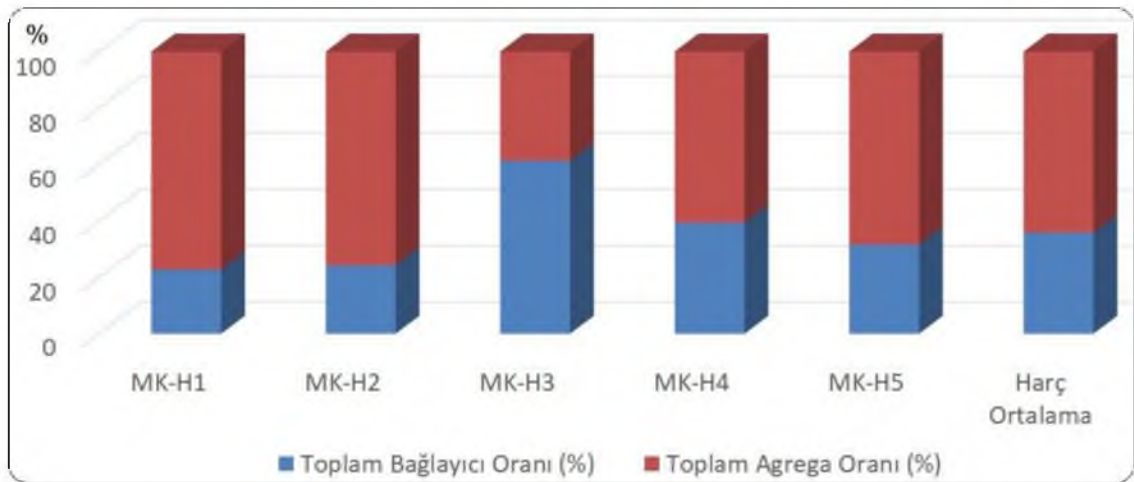
Harç Kodu	TB (%)*	TA (%)*	<63 µm	>63 µm	>125 µm	>250 µm	>500 µm	>1000 µm
<b>MK-H1</b>	22,76	77,24	3,29	5,11	11,74	15,26	22,62	41,97
<b>MK-H2</b>	24,33	75,67	3,56	3,22	7,00	10,79	18,12	57,31
<b>MK-H3</b>	61,31	38,69	30,82	9,34	18,18	15,43	12,58	13,64
<b>MK-H4</b>	39,34	60,66	11,50	12,15	22,76	20,08	13,93	19,59
<b>MK-H5</b>	31,65	68,35	8,44	13,79	14,28	12,03	17,65	33,80
<b>Harç Ort.</b>	<b>35,88</b>	<b>64,12</b>	<b>11,52</b>	<b>8,72</b>	<b>14,79</b>	<b>14,72</b>	<b>16,98</b>	<b>33,26</b>

(\*) TA: Toplam agrega oranı, TB: Toplam bağlayıcı oranı

Bu gruplandırmada Grup-H3'te yer alan MK-H4 ve MK-H5 kodlu örnekler toplam agrega oranları ile Grup-H1'e dahil edilebilir gibi gözükse de tane boyut dağılımı buna izin vermemektedir (Şekil 3.33, Şekil 3.34). Bu noktada, Grup-H1 ve Grup-H3'te yer alan örneklerin özellikle minimum (63µm) ve maksimum (1000µm) tane boyutu dağılımları arasındaki dalgalanmalar farklı tarzda hazırlanan harçların olduğunu akla getirmektedir. 63µm altı tane boyutundaki yoğunluk bir bakıma kil içeriğinin olabileceğine işaret edebilir. Bu durumda harcın bağlayıcı özelliğinin yüksek olduğu düşünülebilir. Diğer taraftan, normal şartlar altında bağlayıcılık özelliği bulunmayan veya bağlayıcılığı oldukça düşük olan silisyum ve alüminyum içerikli ya da silisli bazı minerallerin puzolanik aktivite sonucunda bağlayıcılık özelliği kazanabildiği ve oluşan reaksiyon ile suda çözünmeyen, dayanımı yüksek bağlayıcılar elde edilebildiği unutulmamalıdır (Akman, 2003).



Şekil 3.33. Harçlarda agrega granülometrisi.



Şekil 3.34. Harçlarda belirlenen toplam bağlayıcı ve agrega oranlarının dağılımı.

Polarize enerji saçınımlı X-Işını flüoresans (PED-XRF) analizi ile harç örneklerinin kimyasal içeriği belirlenerek aralarındaki benzerlik ve/veya farklılıklar anlaşılmasına çalışılmıştır. Buna göre harçlarda CaO içeriği %21,68-52,94 aralığında (ortalama %34,52), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %0,232-6,08 aralığında (ortalama %2,41), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %0,197-4,66 aralığında (ortalama %2,02), SiO<sub>2</sub> içeriği %1,39-30,27 aralığında (ortalama %14,23), MgO içeriği %0,471-6,21 aralığında (ortalama %2,21), SO<sub>3</sub> içeriği %0,586-43,94 aralığında (ortalama %17,19) ve K<sub>2</sub>O içeriği %0,325-2,07 aralığında (ortalama %1,15) değişmektedir (Çizelge 3.12). Yüksek CaO içeriğinin karbonatlı hammaddelere işaret ettiği görülmektedir.

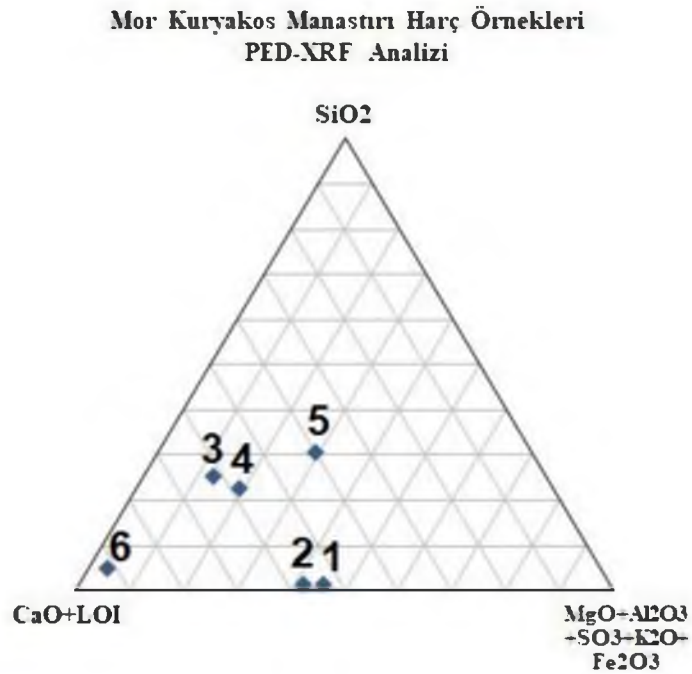
Çizelge 3.12. Mor Kuryakos Manastırı harç örneklerinin PED-XRF analizi sonuçları

Element	Birim	MK-H1	MK-H2	MK-H3	MK-H4	MK-H5	MK-H6	Harç Ort.
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,140	0,140	0,080	0,072	0,063	0,049	<b>0,091</b>
<b>MgO</b>	%	0,471	0,378	2,650	6,210	2,910	0,665	<b>2,210</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	%	0,232	0,254	2,470	4,150	6,080	1,280	<b>2,410</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	%	1,390	1,520	24,95	22,13	30,27	5,100	<b>14,23</b>
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	%	0,135	0,138	0,399	0,480	0,846	0,169	<b>0,361</b>
<b>SO<sub>3</sub></b>	%	43,94	39,70	3,010	2,330	13,55	0,586	<b>17,19</b>
<b>Cl</b>	%	0,510	0,418	1,780	1,500	0,022	0,016	<b>0,707</b>
<b>K<sub>2</sub>O</b>	%	0,489	0,772	2,070	1,780	1,490	0,325	<b>1,156</b>
<b>CaO</b>	%	33,07	30,68	21,68	39,30	29,42	52,94	<b>34,52</b>
<b>TiO<sub>2</sub></b>	%	0,207	0,177	0,317	0,560	0,652	0,087	<b>0,333</b>
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	%	0,003	0,002	0,011	0,016	0,016	0,002	<b>0,008</b>
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	%	0,004	0,001	0,009	0,007	0,011	0,002	<b>0,006</b>
<b>MnO</b>	%	0,006	0,004	0,042	0,073	0,081	0,014	<b>0,037</b>
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	%	0,197	0,199	2,300	4,160	4,660	0,617	<b>2,020</b>
<b>LOI*</b>	%	19,73	25,73	38,73	17,73	9,73	38,11	<b>24,96</b>
<b>Toplam</b>	%	<b>100,52</b>	<b>100,12</b>	<b>100,50</b>	<b>100,49</b>	<b>99,80</b>	<b>99,96</b>	<b>100,23</b>
<b>Co</b>	ppm	7,7	3,9	23,7	20,5	39,5	25,8	<b>20,2</b>
<b>Ni</b>	ppm	8	5,5	22,4	40,9	44	11,4	<b>22,0</b>
<b>Cu</b>	ppm	1	1	16,4	23,1	33	1,8	<b>12,7</b>
<b>Zn</b>	ppm	1,4	0,6	35,8	59,6	69	10,7	<b>29,5</b>
<b>Ga</b>	ppm	1,4	0,7	7,2	10,3	10,9	2,7	<b>5,5</b>
<b>Ge</b>	ppm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	<b>0,4</b>
<b>As</b>	ppm	0,4	0,4	3,3	3,9	4,4	0,4	<b>2,1</b>
<b>Se</b>	ppm	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	<b>0,3</b>
<b>Br</b>	ppm	3,8	3,5	17,9	9,8	4,6	4,7	<b>7,4</b>
<b>Rb</b>	ppm	4,8	5	19	34,5	35,1	5,5	<b>17,3</b>
<b>Sr</b>	ppm	3913	3746	550,2	214,9	985,9	468,5	<b>1646,4</b>
<b>Y</b>	ppm	0,5	0,5	6,7	15	14,8	0,4	<b>6,3</b>
<b>Zr</b>	ppm	23	38	73,1	116,9	131,8	10,8	<b>65,6</b>
<b>Nb</b>	ppm	3,1	3,3	3,3	6,3	8,8	3,7	<b>4,8</b>
<b>Mo</b>	ppm	3	3	2,8	6,1	3,2	3,1	<b>3,5</b>
<b>Cd</b>	ppm	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	1	<b>0,9</b>
<b>In</b>	ppm	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	<b>0,8</b>
<b>Sn</b>	ppm	1	1	1,8	2,4	4,8	1	<b>2,0</b>
<b>Sb</b>	ppm	0,8	0,9	0,9	0,8	1	1	<b>0,9</b>
<b>Te</b>	ppm	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	<b>1,2</b>
<b>I</b>	ppm	1,9	1,9	3	2,1	2,1	4,2	<b>2,5</b>
<b>Cs</b>	ppm	9,6	3,8	3,5	3,6	3,5	6,3	<b>5,1</b>
<b>Ba</b>	ppm	29,5	31,4	184	246,3	234,8	58,2	<b>130,7</b>
<b>La</b>	ppm	12,7	7,3	18,1	19,5	15,2	7,3	<b>13,4</b>
<b>Ce</b>	ppm	15	9,9	31,4	22	25,1	10	<b>18,9</b>
<b>Hf</b>	ppm	2,5	2,6	2,4	2,7	3,7	2,7	<b>2,8</b>
<b>Ta</b>	ppm	2,3	2,2	2,7	3,2	3,7	2,6	<b>2,8</b>
<b>W</b>	ppm	2,3	2,4	4,8	2,5	2,7	2,5	<b>2,9</b>
<b>Hg</b>	ppm	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	<b>0,8</b>
<b>Tl</b>	ppm	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	<b>0,8</b>
<b>Pb</b>	ppm	3,4	2,9	4,5	8	11	3,4	<b>5,5</b>
<b>Bi</b>	ppm	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	<b>0,6</b>
<b>Th</b>	ppm	0,8	0,5	0,9	4,4	4,1	0,7	<b>1,9</b>
<b>U</b>	ppm	8,6	10	10,6	8,2	8,3	10	<b>9,3</b>

\*LOI (Loss on Ignition): Yüksek sıcaklık fırınında 950°C'de kızdırma ile ağırlık kaybı.

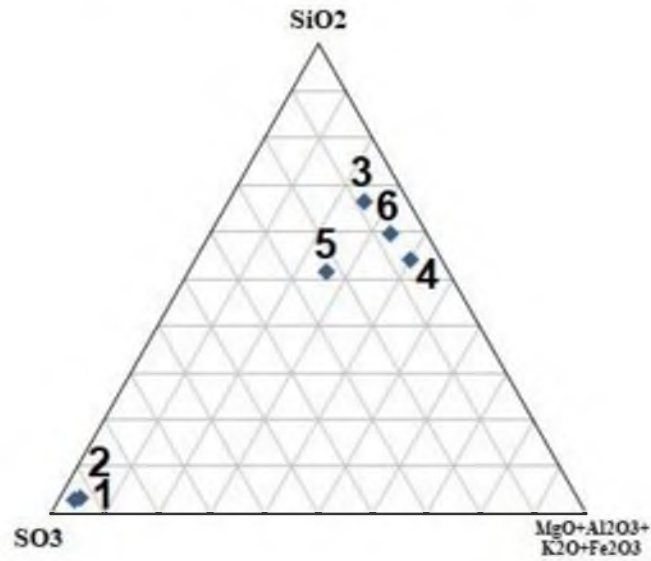
Harç örnekleri için PED-XRF değerlerine göre çizilen üçlü diyagramlarda (Şekil 3.35, 3.36, 3.37) MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 belirgin farklılıklar göstermiştir. Üçlü

diyagram şekillerindeki rakamlar (1-6) sırasıyla MK-H1/MK-H6 örneklerini temsil etmektedir. Buna göre, CaO + kızdırma kaybı ve CaO + kızdırma kaybı + SO<sub>3</sub> içeriklerinin SiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + MgO + K<sub>2</sub>O ile çizilen üçlü diyagramlarında MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 diğer harçlardan ayrılmıştır. Özellikle SiO<sub>2</sub> içerikleri yüksek olan bu üç örneğin (sırasıyla ağırlık %24,95 - % 22,13 - %30,27) bağlayıcılık özellikleri ve dayanımları bakımından diğerlerinden üstün olduğu söylenebilir. Daha önce bahsedilen puzolanik aktivitenin sağlanması için gerekli silisyum ihtivasının MK-H3, MK-H4 ve MK-H5'te fazlasıyla bulunması bu durumu açıklamaktadır (Akman, 2003). Aynı numunelerde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı da göreceli olarak diğerlerinden yüksektir (MKH-3; ağırlık % 2,47, MK-H4; ağırlık %4,15 ve MK-H5; ağırlık %6,08).



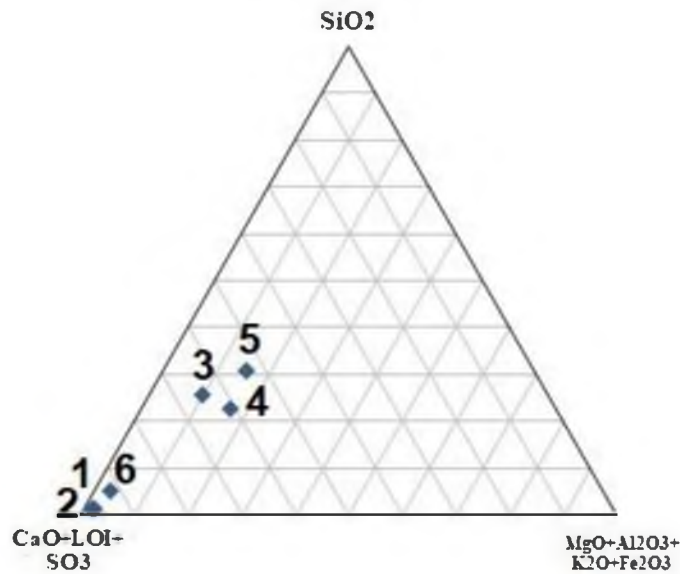
Şekil 3.35. Harç örnekleri üçlü diyagram-1.

Mor Kuryakos Manastırı Harç Örnekleri  
PED-XRF Analizi



Şekil 3.36. Harç örnekleri üçlü diyagram-2.

Mor Kuryakos Manastırı Harç Örnekleri  
PED-XRF Analizi



Şekil 3.37. Harç örnekleri üçlü diyagram-3.

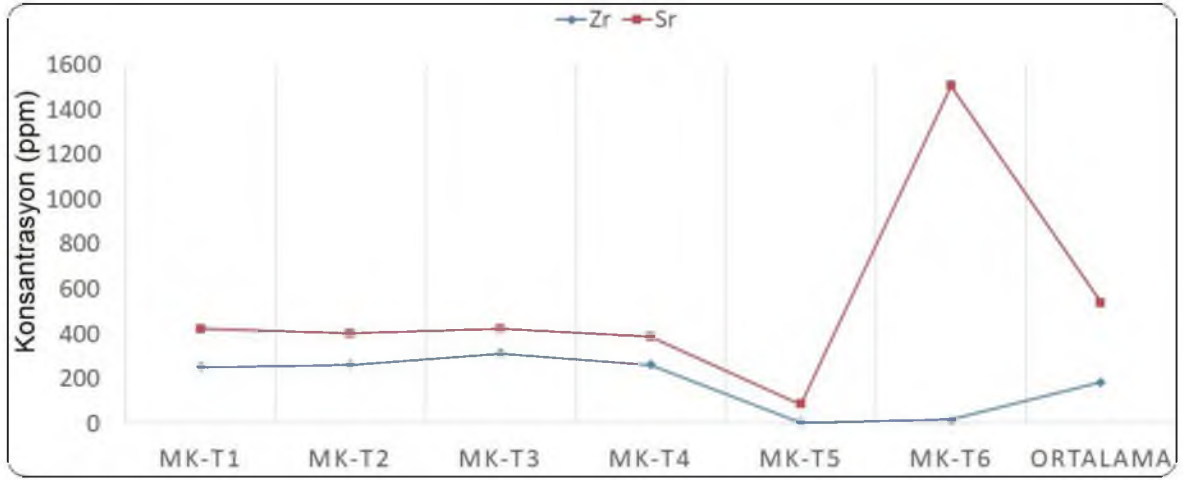
Tane boyut dağılımına göre üç gruba ayrılan harçlar kimyasal kompozisyon bakımından da bu gruplandırmayı teyit edici sonuçlar sunmuştur. MK-H1 ve MK-H2 için  $\text{SO}_3$  miktarı yüksek saptanırken (sırasıyla ağırlık %43,94 ve %39,70), MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 için  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  miktarları yüksek seviyelerde belirlenmiştir. MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 için ayrıca MgO içeriğinin de göreceli olarak yüksek olması

dolomit ihtivasına işaret edebilir. Magnezyum kilden kaynaklı olarak da gelebilecekken, kil içeriğine işaret eden  $Al_2O_3$  miktarının bunun için yeterli olmadığı öngörülmüştür (özellikle MK-H3 için). Tüm numunelerde CaO miktarının yüksek olduğu, ancak MK-H6 kodlu numunede tüm örnek setine göre bu içeriğin daha da fazla olduğu tespit edilmiştir (MK-H6; CaO: ağı. %52,94). MK-H6 harcının buna bağlı olarak üçlü diyagramlarda yer değiştirdiği gözlemlenmiştir. CaO +  $SO_3$  + Kızdırma Kaybı diyagramında (Şekil 3.37) MK-H1 ve MK-H2 harçlarına yakın olan MK-H6,  $SO_3$  diyagramında (Şekil 3.36) MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 harçlarına yakın bir konum almıştır. CaO + Kızdırma Kaybı diyagramında ise MK-H6 harcı diğer tüm örneklerden belirgin biçimde ayrılmıştır (Şekil 3.35).

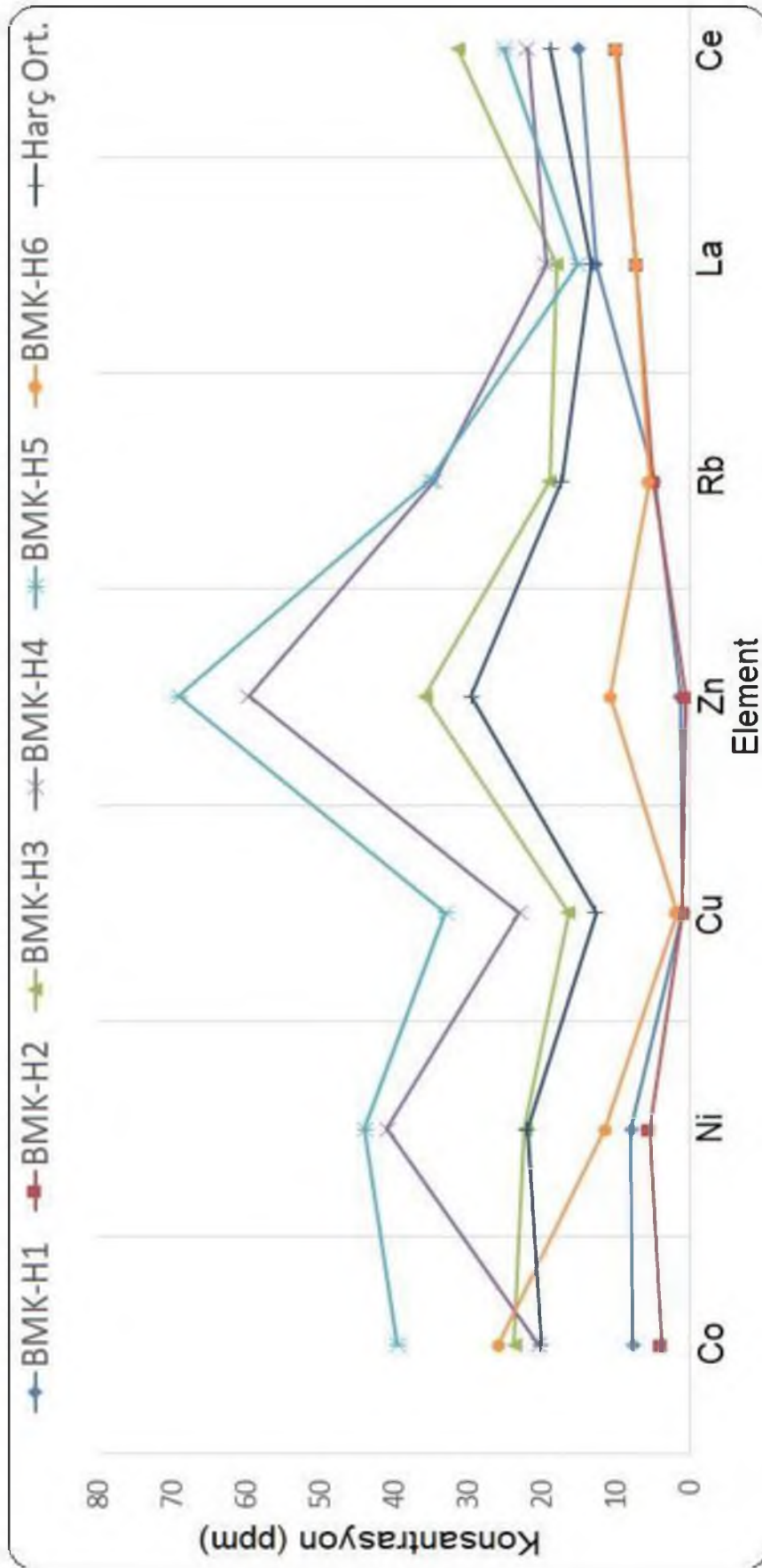
Sonuç olarak, harçların kimyasal kompozisyonlarına göre farklı gruplara ayrıldığı ve bu grupların granülometrik analizde belirlenen gruplarla paralel olduğu söylenebilir. Buna göre, MK-H1 ve MK-H2 CaO içeriklerinin yanı sıra yüksek  $SO_3$  miktarları ile aynı grupta yer almıştır. Toplam agrega içeriği düşük olan MK-H3 örneği ise toplam agrega ve bağlayıcı oranları birbirine yakın olan ve yüksek  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , MgO ve  $Fe_2O_3$  içeren MK-H4 ve MK-H5 ile kimyasal kompozisyon bağlamında yakınlık göstermiştir.  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , MgO ve  $Fe_2O_3$  ihtivaları ile MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 için puzolanik özelliği olan harçlar ifadesi kullanılabilir (Velosa ve Veiga 2002). Yetersiz boyutundan dolayı granülometrik analizi yapılamayan MK-H6 set içerisindeki en yüksek CaO içeriği ile farklı bir harç kompozisyonuna işaret etmiştir.

Harçların eser element içerikleri üzerinden bir değerlendirme yapabilmek amacıyla 10-30 ppm, 3-10 ppm ve 0,1-3 ppm aralığında ortalama değerlere sahip elementler ile karşılaştırma yapılmış ve numunelerdeki ortalama element seviyeleri de dikkate alınmıştır. Aralarında çok fazla fark bulunmayan elementler bir arada toplanarak grafiklerin daha anlaşılır olması sağlanmıştır. Oluşturulan grafiklerde sadece ortalama değerleri diğerlerine kıyasla belirgin biçimde yüksek olan Sr (1646,4 ppm), Zr (65,6 ppm) ve Ba (130,7 ppm) dahil edilmemiş olup, Sr-Zr için ayrı bir diyagram çizilmiştir (Şekil 3.38). Eser element içeriklerini gösteren grafikler incelendiğinde (Şekil 3.39, 3.40, 3.41), oksit ihtivalarının ortaya koyduğu benzerlik ve farklılıkların burada da görüldüğü söylenebilir. 10-30 ppm aralığındaki elementler ile oluşturulan grafiğin yer aldığı Şekil 3.39'da MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 örnekleri ile diğerlerinin grafikteki ortalama değer eğrisi ile birbirinden belirgin biçimde ayrıldığı göze çarpmaktadır. Daha düşük seviyelerdeki element içerikleri (3-10 ppm ve 0,1-3 ppm) ile

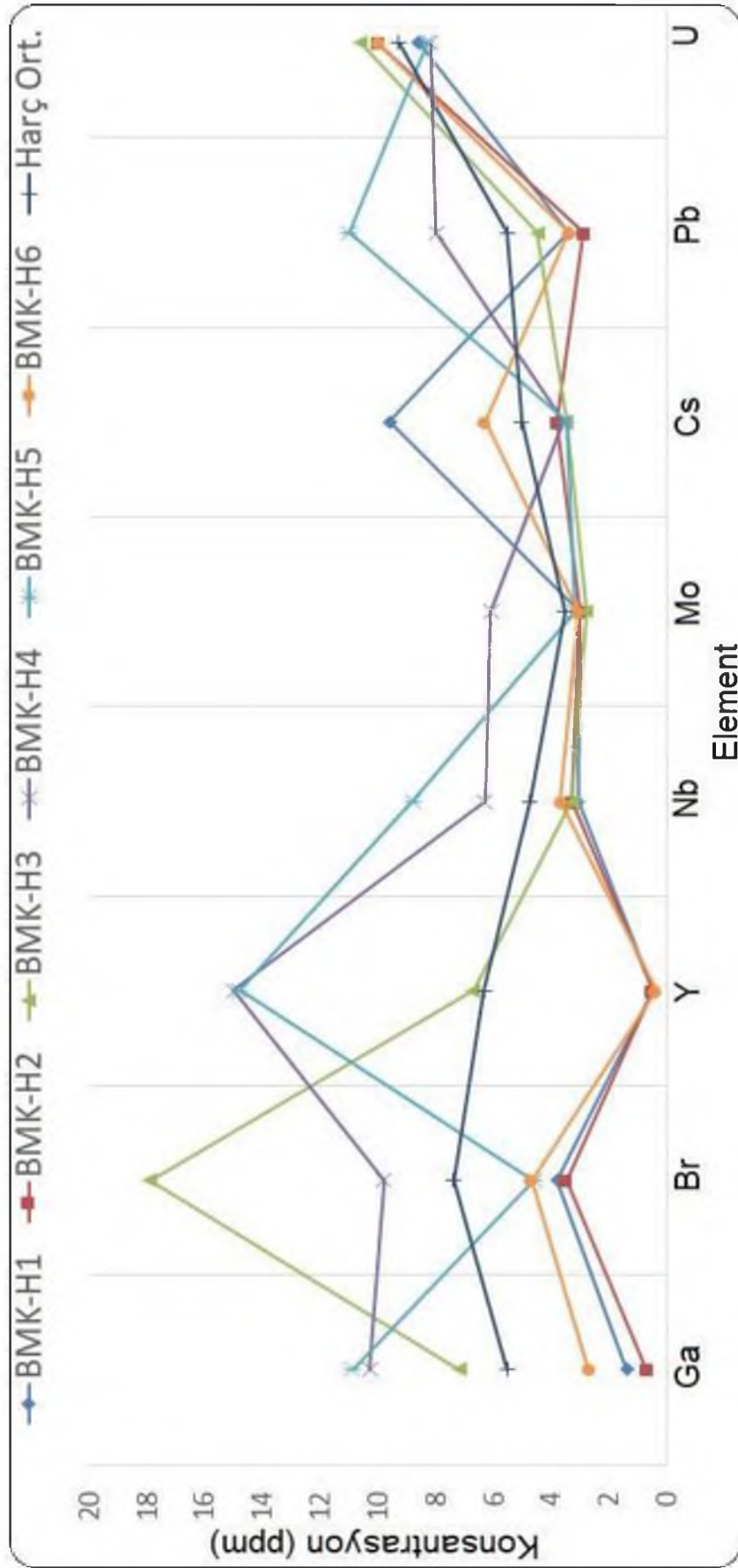
oluşturulan diğer grafiklerde bu durumun bazı çakışmalar dışında devam ettiği söylenebilir. 10 ppm seviyesi altındaki elementlerden ziyade, daha belirgin seviyelerdeki eser elementler üzerinden karşılaştırma yapmanın daha yol gösterici bilgiler sunduğu öngörülmektedir. Buna göre, kimyasal kompozisyon bakımından harçların gerek oksit gerek eser element içeriği bakımından gösterdiği farklılıklar XRF tekniği ile ortaya koyulmuştur.



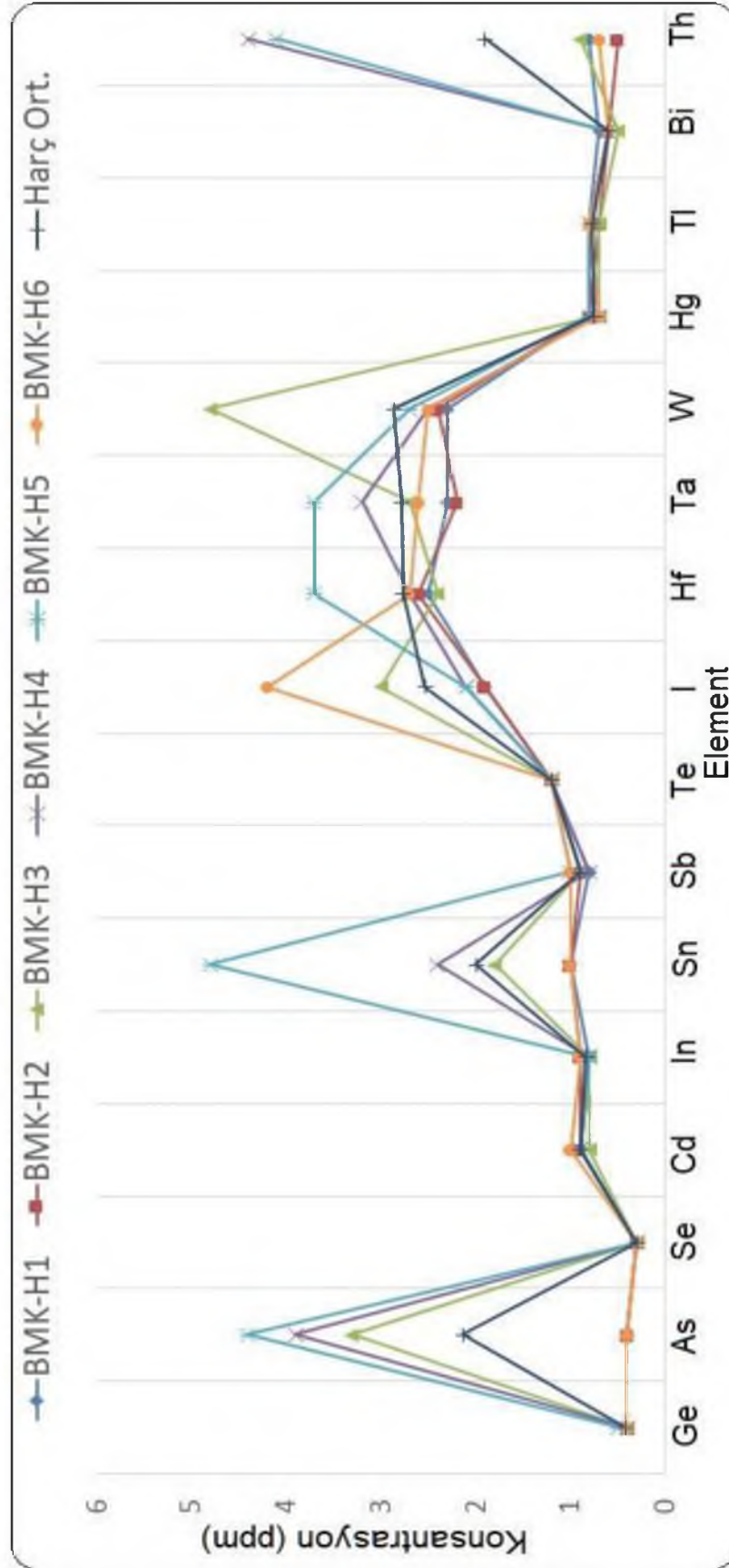
Şekil 3.38. Harçlarda Sr ve Zr elementlerinin dağılımı.



Şekil 3.39. Harçlarda ortalama 10-30 ppm aralığındaki elementlerin dağılımı.



Şekil 3.40. Harçlarda ortalama 3-10 ppm aralığındaki elementlerin dağılımı.



Şekil 3.41. Harçlarda ortalama 0,1-3 ppm aralığındaki elementlerin dağılımı.

Harçlar için literatürde “çimentolanma indeksi” veya “çimentolaşma indeksi” olarak anılan ve asitte çözünen kısmın bazlarda çözünen kısma oranı olarak tanımlanan “Cementation Index (CI)” değerlerine de bakılmıştır (Boynton, 1980; Akyol ve Yılmaz, 2020).

Kireç içerikli harçlar agrega içeriği ve türüne bağlı olarak yağlı kireç (harç) veya hidrolik kireç (harç) olarak sınıflandırılmaktadır. Toplam agrega içeriğinin düşük olduğu yağlı harçlarda CaO miktarı yüksek seyretmekteyken, toplam agrega içeriğinin yüksek olduğu hidrolik harçlarda CaO miktarı düşüktür. CaO miktarının düşük olduğu harçların kimyasal bileşiminde silisyum, alüminyum ve demir miktarları göreceli olarak daha yüksek seviyelerdedir (Akyol ve Yılmaz, 2020).

Mor Kuryakos Manastırı’ndan alınan harç örneklerinde CI değerleri 0,13-2,95 arasında (ortalama 1,31) değişmektedir (Çizelge 3.13). Buna göre, CI değeri yüksek olan ve doğal çimento (DÇ) yada doğal çimento/çimento (DÇ/Ç) türüne tekabül eden indekslere sahip olan MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 kodlu harçların yüksek dayanımlı olduğu, CI değeri düşük olan ve yağlı kireç (YK) veya zayıf hidrolik kireç (ZHK) özelliği gösteren harçların düşük dayanımlı olduğu öngörülmüştür (MK-H1 ve MK-H2: YK; MK-H6: ZHK) (Akyol ve ark., 2015).

**Çizelge 3.13.** Mor Kuryakos Manastırı harç örneklerinde Cementation Index (CI) verileri

Harç kodu	CI	Kireç Türü*
MK-H1	0,13	YK
MK-H2	0,15	YK
MK-H3	2,95	DÇ/Ç
MK-H4	1,47	DÇ
MK-H5	2,87	DÇ/Ç
MK-H6	0,30	ZHK
<b>Harç Ort.</b>	<b>0,99</b>	<b>HK</b>

\*YK: Yağlı Kireç, DÇ: Doğal Çimento, Ç: Çimento, ZHK: Zayıf Hidrolik Kireç, HK: Hidrolik Kireç.

Harç örnekleri için ayrıca petrografik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.14’te verilmiştir. Harçların polarize mikroskop görüntüleri Şekil 42 – 44’te verilmiştir.

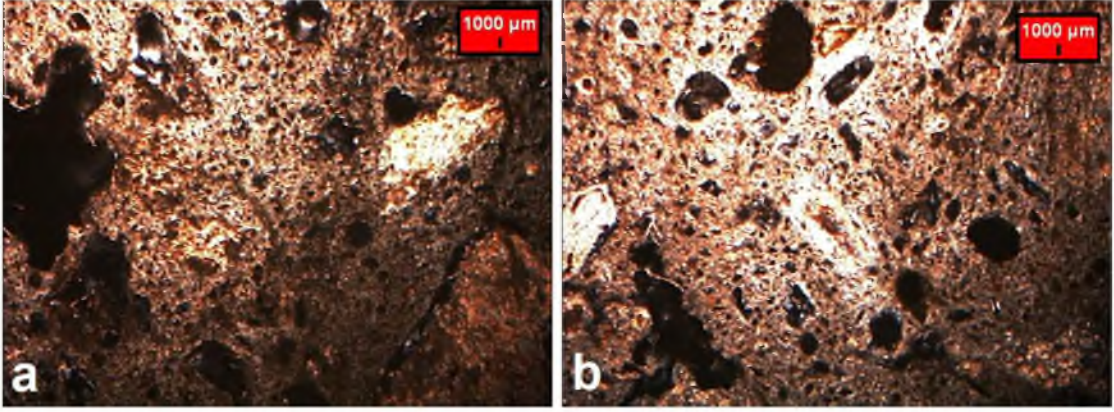
**Çizelge 3.14.** Mor Kuryakos Manastırı harç örneklerinin petrografik özellikleri

Harç Kodu	MTB (%)	MTA (%)	Matriks Bağlayıcı İçeriği (%)				Matriks Agregası İçeriği		
			Kireç	Kil	Çm	Alçı	Kayaç & Mineraller*	TK (%)	Org
<b>MK-H1</b> <b>MK-H2</b>	35	65	-	45	55?	40	Q,C,Ç,Pl,Kt,Sr,B,Op	-	-
<b>MK-H3</b>	65	35	70	30	-	35	Q,Ç,K,Op	-	-
<b>MK-H4</b> <b>MK-H5</b>	15	85	85	15	-	5	Q,Ç,Pl,Op	2	-
<b>MK-H6</b>	20	80	100	-	-	5	Q,K,C,Ks,Op	-	-

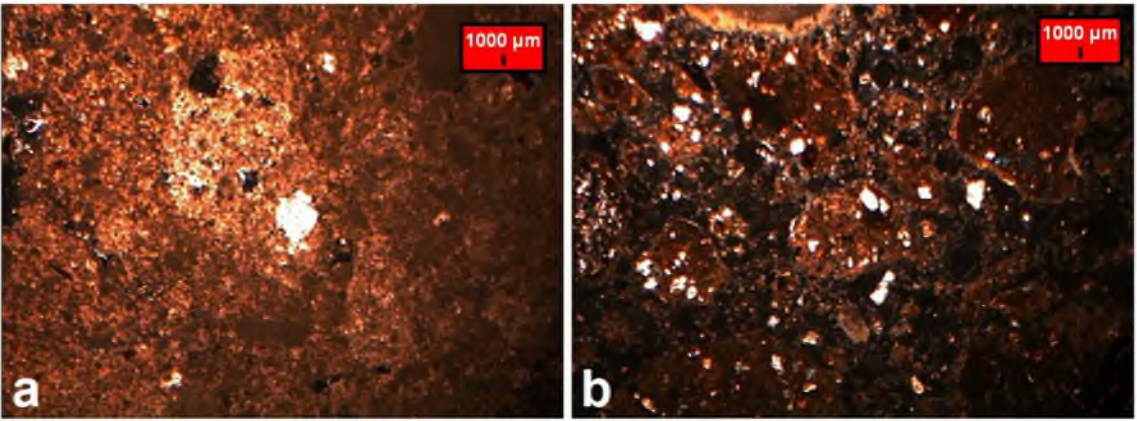
(\*) B: Bazalt, C: Kalsit, Ç: Çört, Çm: Çimento, K: Kireçtaşı, Ks: Kalsedon, Kt: Kilitaşı, MTA: Matriks Toplam Agregası Oranı, MTB: Matriks Toplam Bağlayıcı Oranı, Op: Opak Mineraller, Org: Organik İçerik, Pl: Plajiyoklas, Sr: Serizit, Q: Kuvars, TK: Tuğla Kırığı Parçaları

Harçların petrografik özelliklerine göre ayrıldıkları gruplara bakıldığında yine benzer biçimde MK-H1 ve MK-H2 örneklerinin, ayrıca MK-H4 ve MK-H5 örneklerinin ayrı gruplar oluşturduğu görülmektedir. MK-H3 örneğinde en yüksek matriks bağlayıcı oranı tespit edilirken, MK-H6 örneğinde tekil bir şekilde kireç içeriğinin olduğu belirlenmiştir. MK-H1, MK-H2 ve MK-H3 örneklerinde yüksek oranda alçı tespit edilmiştir. MK-H4 ve MK-H5 örneğinde diğerlerinden farklı olarak tuğla kırığı ihtivasının tespit edilmesi bu harçlarda çok büyük ihtimalle yapay puzolan kullanımına işaret etmektedir (Lea, 1940). Bu varsayım MK-H4 ve MK-H5 harçlarının çimentolanma dereceleri (Cementation Index; CI) ve bu derecelerin işaret ettiği doğal çimento/çimento türü ile uyumludur. MK-H1 ve MK-H2 örneklerinde matriks bağlayıcı içeriği net olarak tespit edilememekle birlikte bağlayıcının %45 kil ve %55 çimento benzeri olabileceği öngörülmüştür.

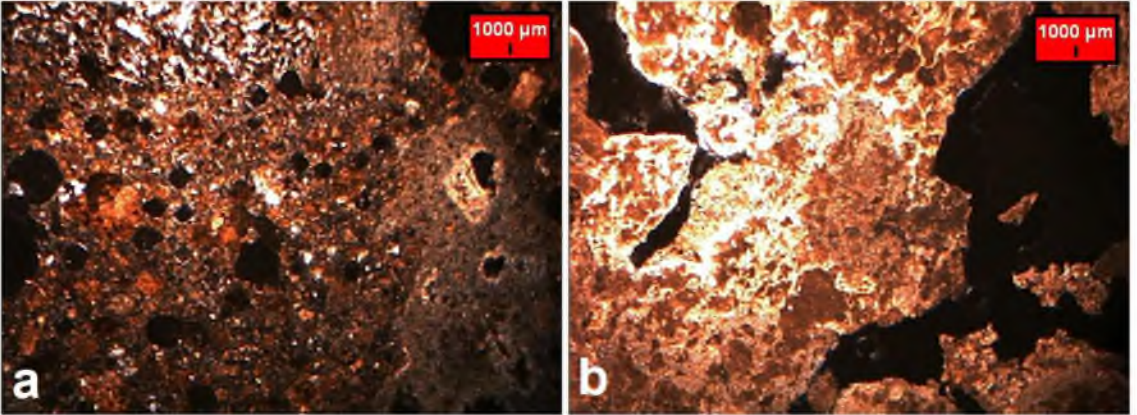
Polarize mikroskop görüntülerinde MK-H1 ve MK-H2 harçlarında yüksek agregası oranına paralel olarak, değişen boyutlarda gözenekler tespit edilmiş ve hamur yapısı bakımından benzer oldukları ortaya konmuştur. MK-H3 harcında toplam agregası oranının düşük olmasından dolayı bünyede poroziteli bir yapıya rastlanmamıştır. MK-H4 ve MK-H5 harçlarının polarize mikroskop görüntülerinde benzer hamur yapısında oldukları ve yer yer puzolanik malzemeye işaret eden farklı boyut ve renklerde ihtivaları içerdikleri gözlemlenmiştir. MK-H6 harcının diğer harçlara ait polarize mikroskop görüntülerinden belirgin biçimde ayrılan bir hamur yapısında olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, görüntüler harçları hamur yapısı bakımından ayırt etmiş ve daha önceki gruplamaları teyit etmiştir.



Şekil 3.42. (a) MK-H1 ve (b) MK-H2 polarize mikroskop görüntüsü.

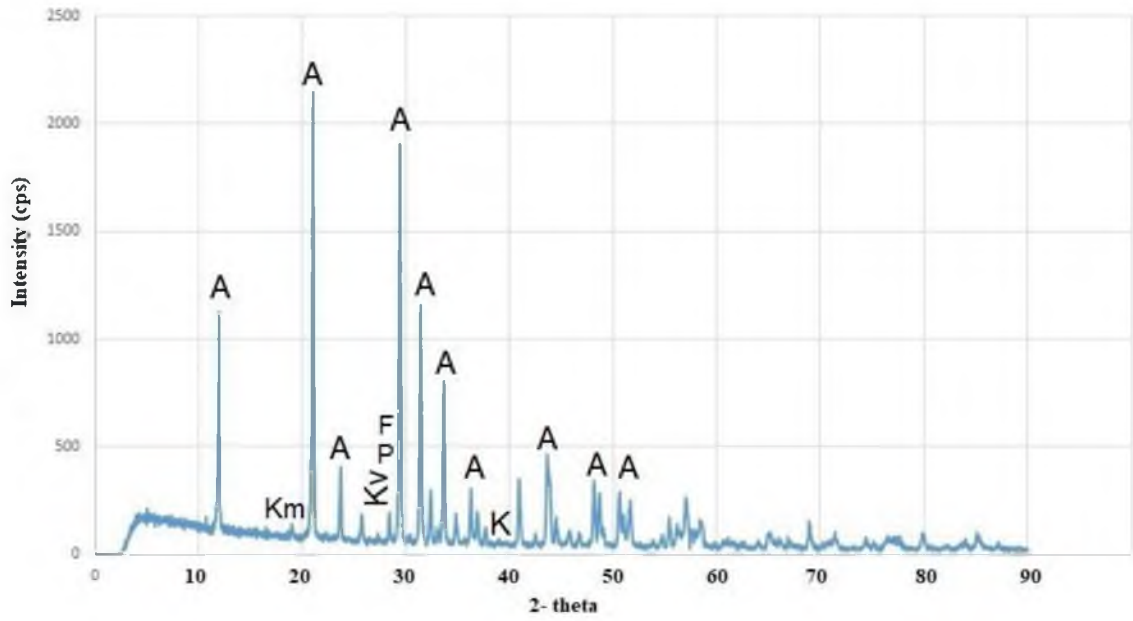


Şekil 3.43. (a) MK-H3 ve (b) MK-H4 polarize mikroskop görüntüsü.

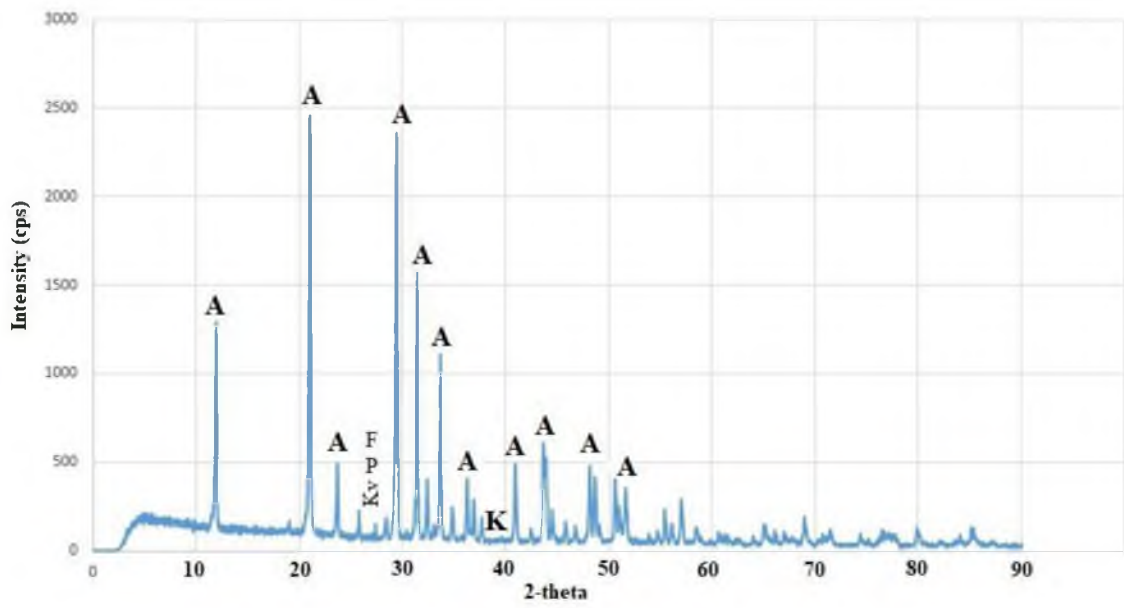


Şekil 3.44. (a) MK-H5 ve (b) MK-H6 polarize mikroskop görüntüsü.

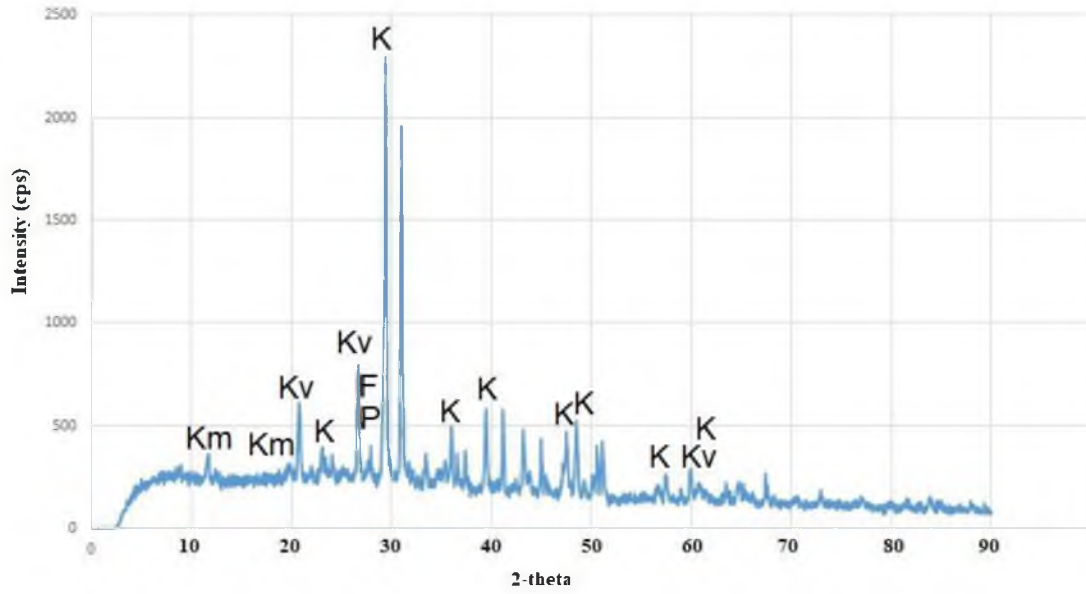
Harçların mineral/faz içeriklerinin belirlendiği XRD analiz sonuçları sırasıyla Şekil 3.45- Şekil 3.50'de verilmiştir (A: Alçı, F: Feldspat, K: Kalsit, Km: Kil minerali Kv: Kuvars, P: Plajiyoklaz).



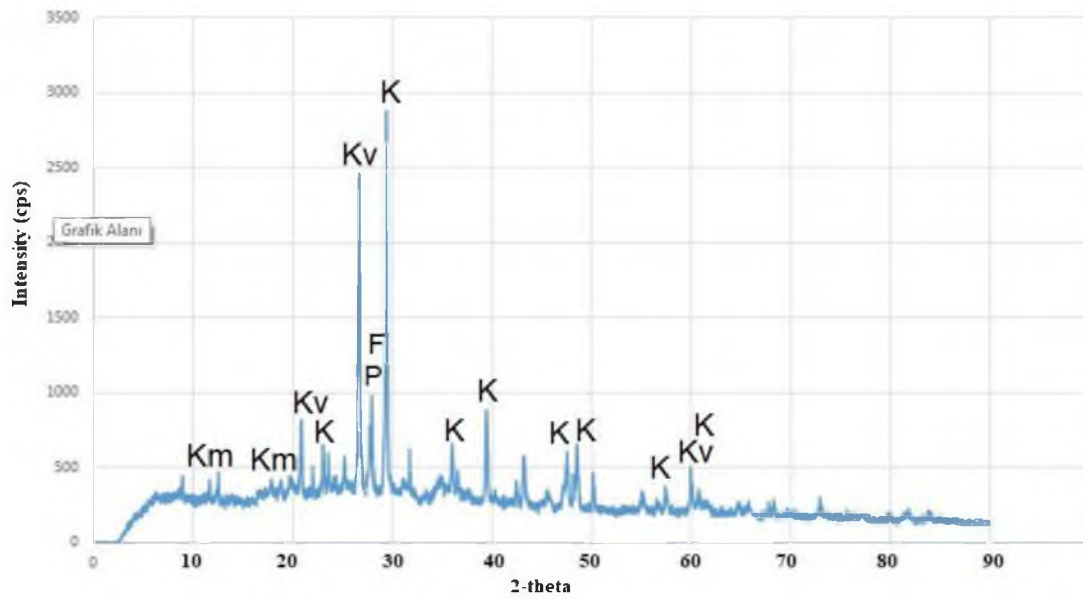
Şekil 3.45. MK-H1 XRD spektrumu.



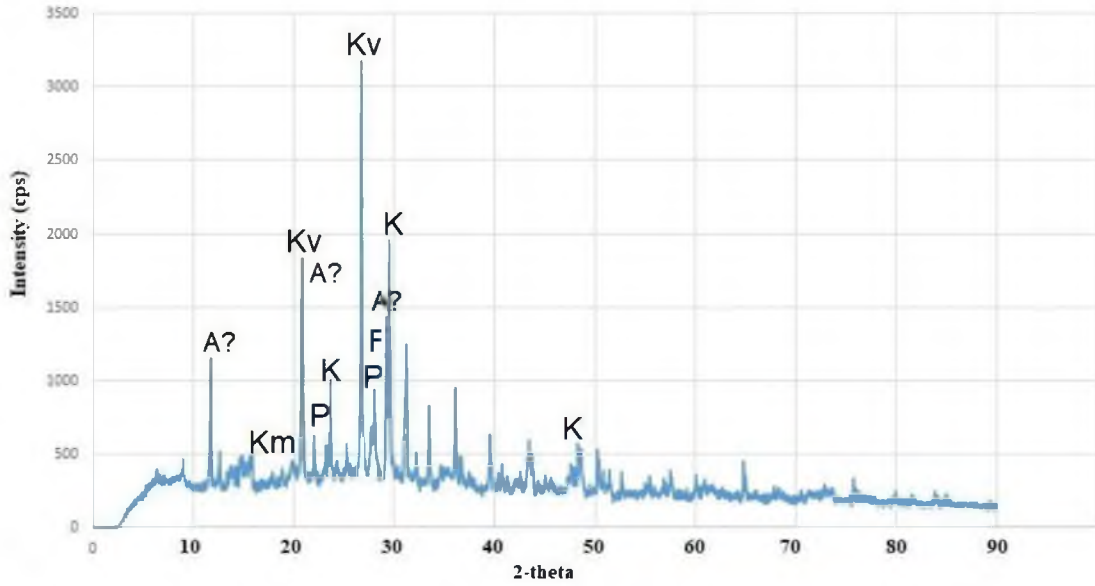
Şekil 3.46. MK-H2 XRD spektrumu.



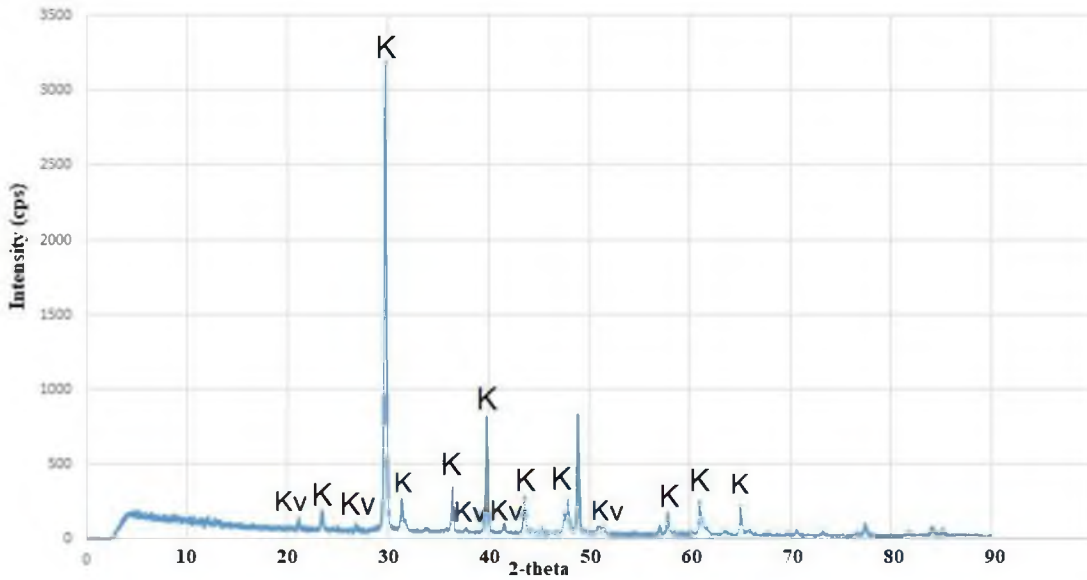
Şekil 3.47. MK-H3 XRD spektrumu.



Şekil 3.48. MK-H4 XRD spektrumu.



Şekil 3.49. MK-H5 XRD spektrumu.



Şekil 3.50. MK-H6 XRD spektrumu.

XRD analizi ile minerallerin kristal formlarından veriler alınarak sonuçlar tayin edilmektedir. Minerallerin doğada farklı kristal formlarında bulunduğu bilinmektedir. Bu kristalografik yapılar X-ışını ile karşılaştığında kırılma ve yansıma değerleri farklı olacağından dolayı karakterizasyon sürecinde bir ayırım yapmak mümkündür. Arkeometrik çalışmalarda uygulanan XRD analizlerinde elde edilen spektrumların değerlendirilmesinde XRF ve petrografi verileri yol gösterici olmaktadır. Bu bağlamda, bazı çakışma gösteren mineral spektrumları bu şekilde ayırt edilebilmektedir. Yine de

bazı piklerin tam olarak içeriğini belirlemek amacıyla (özellikle kil mineralleri için) bu tekniği üstün bir şekilde kullanan uzmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut çalışmada XRD yöntemi ile harçlarda belirlenen mineraller başlıca kalsiyum içerikli minerallerdir (kalsit, alçı gibi). Ayrıca kuvars, feldspat/plajiyoklaz ve kil mineralleri değişen X-ışını şiddetlerinde gözlemlenmiştir.

MK-H1 ve MK-H2 harçlarındaki yüksek SO<sub>3</sub> (sırasıyla %43,94 ve 39,70) ve CaO (sırasıyla %33,07 ve 30,68) içeriğinin bir sonucu olarak bu örneklerin XRD spektrumlarında alçı (belirgin bir biçimde) ve kalsit (düşük şiddette) gözlemlenmiştir. Kuvars ve feldspat/plajiyoklazların X-ışını şiddetleri bu örneklerde düşüktür. Kil minerallerine ait olduğu öngörülen piklerin de iz seviyede olduğu görülmektedir. SiO<sub>2</sub> ve CaO içerikleri yüksek olan MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 harçlarında kuvars ve kalsit belirgin biçimde görülürken feldspat/plajiyoklaz X-ışını şiddetleri düşük, kil minerali pikleri de iz seviyede belirlenmiştir. MK-H3 örneğinde kalsit baskın mineral iken, MK-H4 numunesinde kalsit ve kuvars piklerinin yakın X-ışını şiddetlerinde olduğu ve MK-H5 harcında kuvarsın baskın bir şekilde spektrumda yer aldığı görülmektedir. Puzolanik aktivite açısından bakıldığında MK-H4 ve MK-H5 örneklerinin bu anlamda diğerlerinden daha aktif olduğu söylenebilir (Akman, 2003). MK-H3 harcında baskın olan kalsit piki ve nispeten daha düşük seviyelerdeki kuvars piki bu örneğin MK-H4 ve MK-H5 kadar puzolanik özellik göstermeyeceğini akla getirmektedir. Yine de bu üç örnek mineralojik içerik bakımından yakın durmakta ve MK-H1 ile MK-H2 örneklerinden belirgin biçimde ayrılmaktadır. Diğer taraftan, MK-H5 harcında yaklaşık 11, 21 ve 29,50 2-theta değerlerindeki piklerin alçı içeriğine işaret edebileceği ve 21-29,50 piklerinin sırasıyla kuvars ve kalsit ile çakışma gösterdiği düşünülebilir. Aynı örneğin PED-XRF analizinde yüksek kalsiyum oksidin yanında SO<sub>3</sub> içeriğinin %13,55 seviyesinde bulunması alçıtaşının MK-H5'te yer alabileceğini akla getirmektedir. Son olarak, MK-H6 kodlu harç örneğinin XRD spektrumunda baskın olarak kalsit içeriği belirlenmiş ve bu örnekte kuvars piki çok düşük seviyede görülmüştür.

XRD analizi harçları aşağıdaki gibi gruplara ayırmıştır;

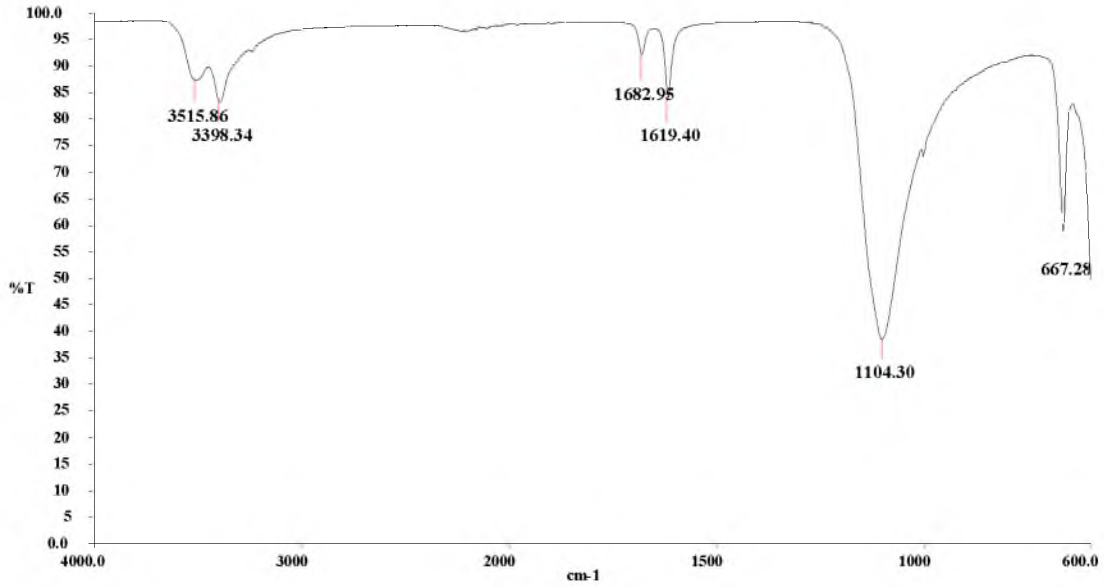
**Grup-X1:** Baskın olarak alçı içeren harçlar; MK-H1 ve MK-H2

**Grup-X2:** Kalsit ve Kuvars içeren harçlar; MK-H3, MK-H4 ve MK-H5

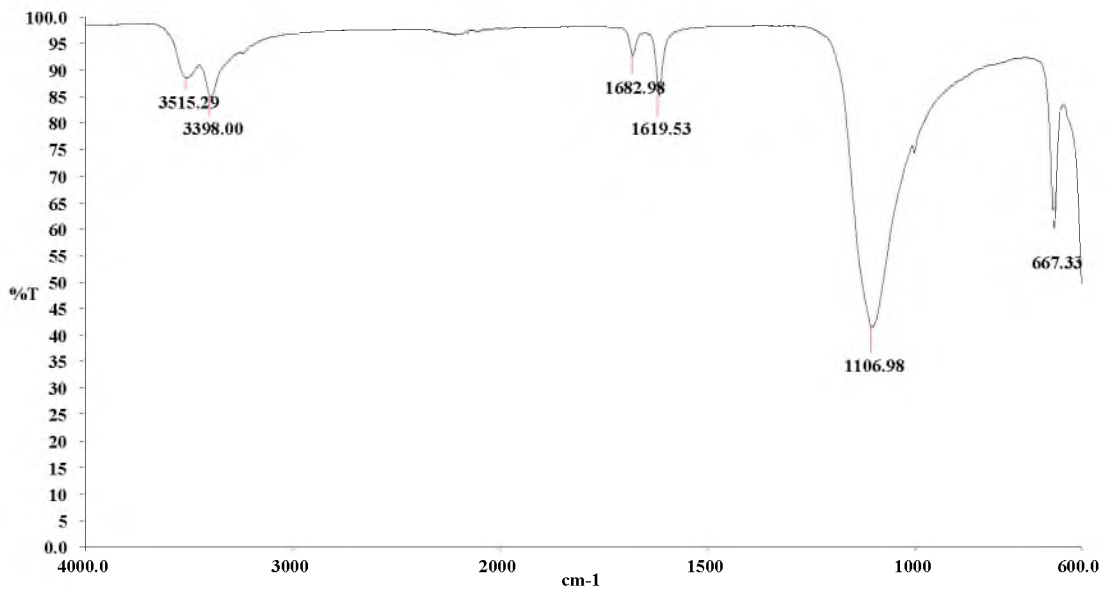
**Grup-X3:** Baskın olarak kalsit içeren harçlar; MK-H6

Bu sınıflandırmada, MK-H5 örneği muhtemel alçıtaşı içeriği ile Grup-X2'de ayrıca bir alt grup oluşturabilir. Böyle bir durumda alçı-kireç karışımı bir harçtan bahsedilebilir.

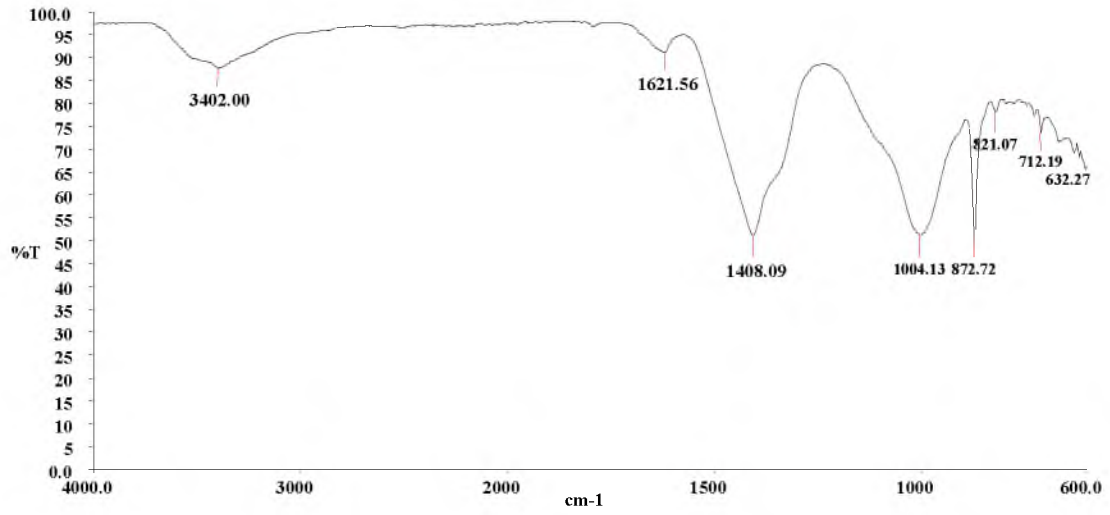
Bu ihtimali aydınlatabilmek için FTIR sonuçlarına bakılabilir. Harçlara uygulanan FT-IR analizinde elde edilen spektrumlar Şekil 3.51-Şekil 3.56'da verilmiştir.



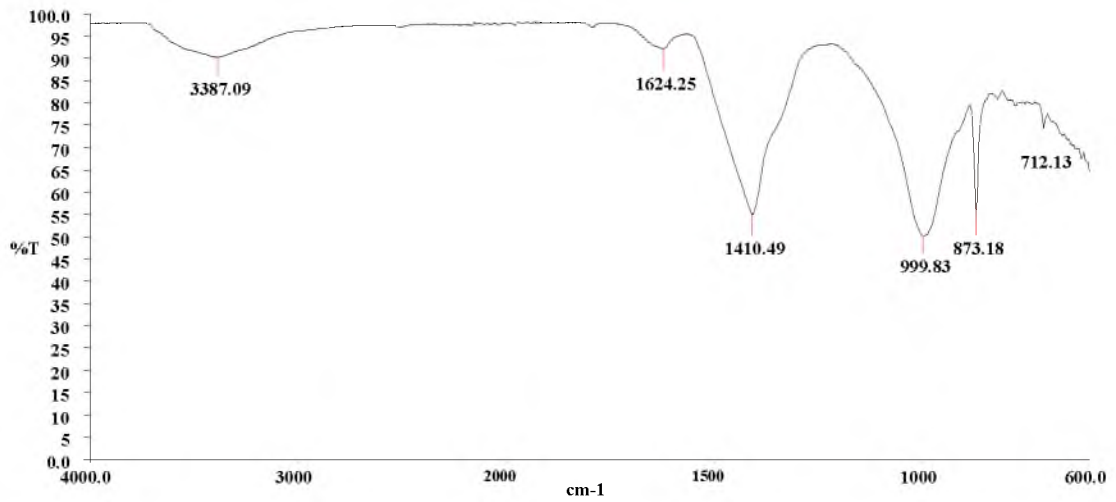
Şekil 3.51. MK-H1 FTIR spektrumu.



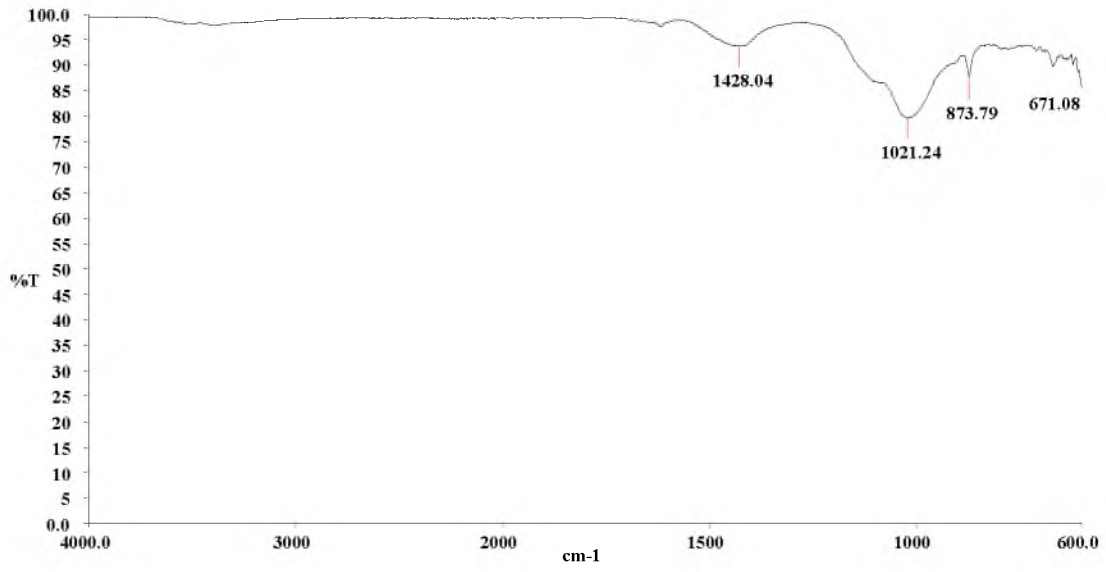
Şekil 3.52. MK-H2 FTIR spektrumu.



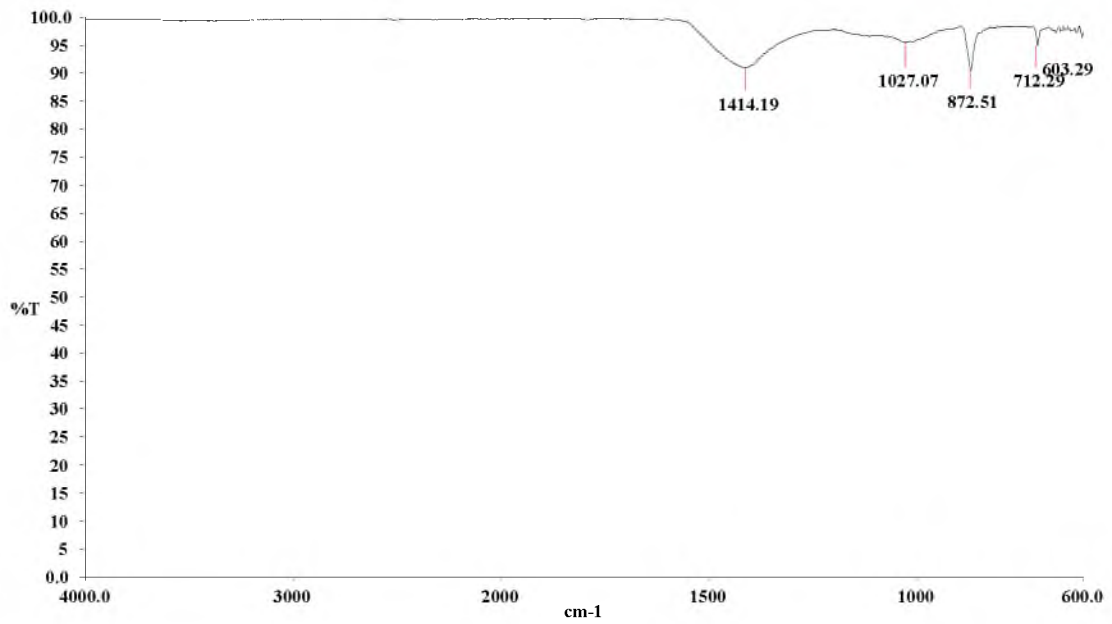
Şekil 3.53. MK-H3 FTIR spektrumu.



Şekil 3.54. MK-H4 FTIR spektrumu.



Şekil 3.55. MK-H5 FTIR spektrumu.



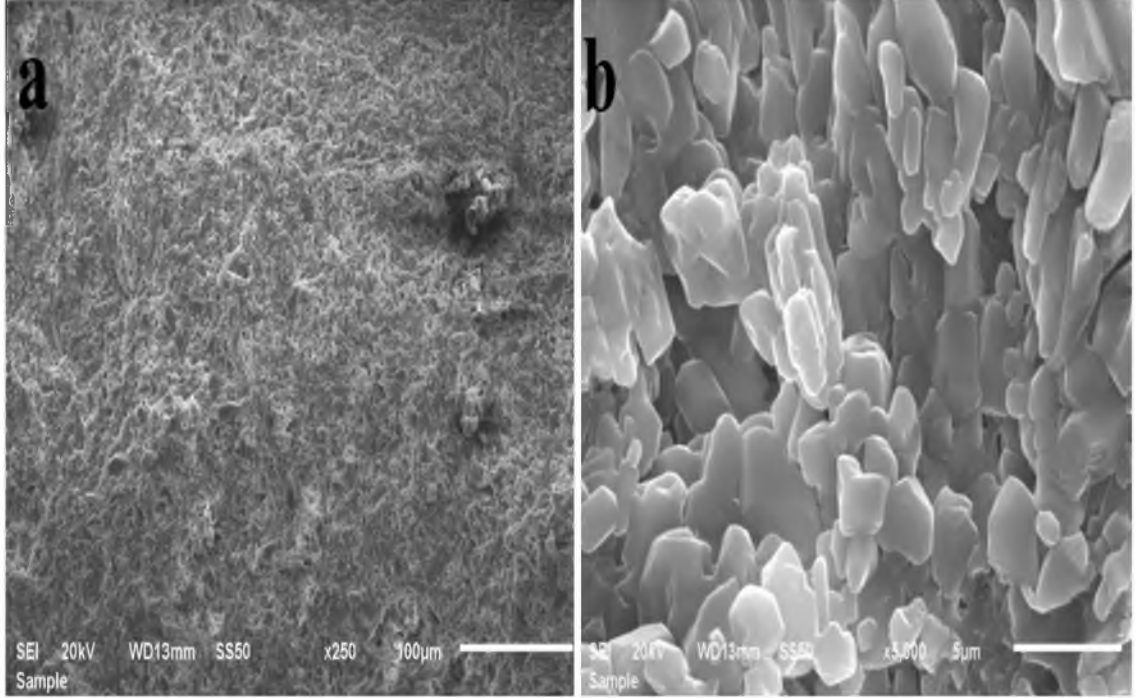
Şekil 3.56. MK-H6 FTIR spektrumu.

FTIR spektrumlarında gözlemlenen  $3515\text{ cm}^{-1}$ ,  $3402\text{ cm}^{-1}$ ,  $3398\text{ cm}^{-1}$  ve  $3387\text{ cm}^{-1}$  O-H gerilim bantları ile ilişkilendirilmiş olup, bu bantlara ek olarak  $1619\text{ cm}^{-1}$  ve  $1682\text{ cm}^{-1}$  ikili bantlarını içeren MK-H1 ve MK-H2 kodlu numunelerde bu bantların alçıtaşına işaret ettiği belirlenmiştir (Brunello ve ark., 2019). MK-H3 ve MK-H4 örneklerindeki sırasıyla  $1621\text{ cm}^{-1}$  ve  $1624\text{ cm}^{-1}$  bantları ise su moleküllerindeki H-O-H esneme bantlarına dayandırılmıştır (Palanivel ve Velraj, 2007).  $1619\text{ cm}^{-1}$  ile  $1682\text{ cm}^{-1}$  aralığındaki bantların numuneler için farklı yorumlanmasının nedeni alçıtaşının karakteristik bantlarına yakın değerlerin yalnızca MK-H1 ve MK-H2 harçlarına ait spektrumlarda bir arada yer almasıdır ( $3515\text{ cm}^{-1}$ ,  $3398\text{ cm}^{-1}$ ,  $1682\text{ cm}^{-1}$ ,  $1619\text{ cm}^{-1}$ ,  $1104\text{ cm}^{-1}$ ,  $1106\text{ cm}^{-1}$ ,  $667\text{ cm}^{-1}$ ) (Sekhaneh ve ark., 2020).

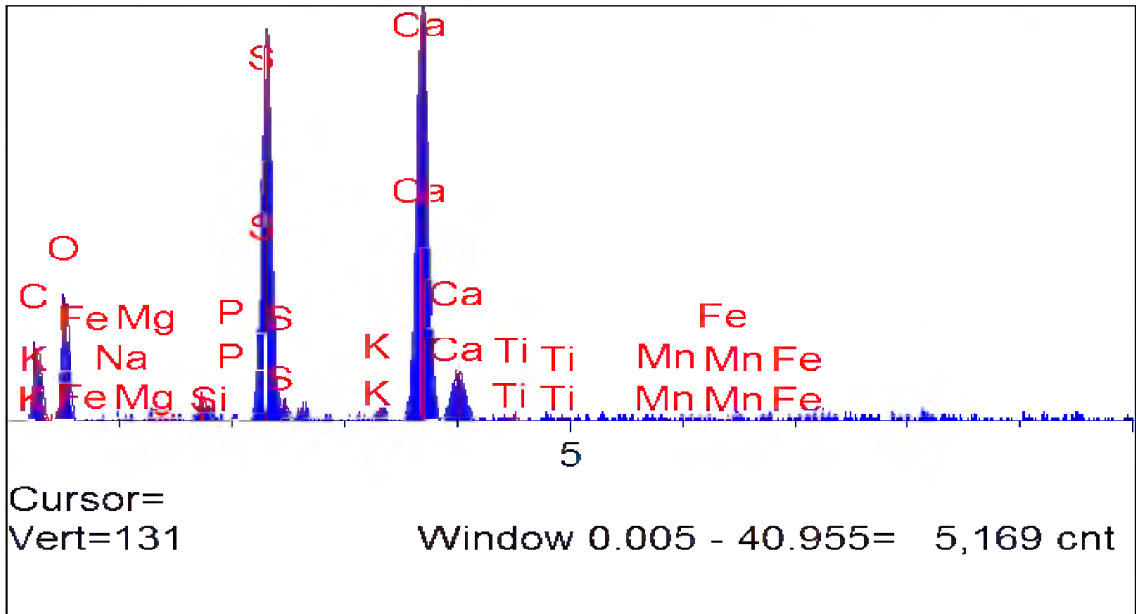
MK-H5 kodlu numune için PED-XRF analizinde belirlenen %13,55  $\text{SO}_3$  ve %29,49 CaO içeriğine bağlı olarak bu numunenin FTIR spektrumunda belirlenen ve bir miktar da olsa alçıtaşı ihtivasının olabileceğine işaret eden  $671\text{ cm}^{-1}$ 'deki asimetric  $\text{SO}_4^{2-}$  esneme bandı (Anbalagan ve ark., 2009; Sekhaneh ve ark., 2020) tek başına bu ihtimali desteklemeyebilir, zira alçıtaşının varlığı için bazı diğer karakteristik bantların da spektrumda yer alması beklenir. MK-H5 harcının FTIR spektrumuna bakıldığında (Şekil 3.55), alçı içeriğinin belirgin biçimde görüldüğü MK-H1 ve MK-H2 numunelerindeki gibi karakteristik ikili bantların ( $3387\text{-}3515\text{ cm}^{-1}$  ve  $1619\text{-}1682\text{ cm}^{-1}$  bant çiftlerinin) MK-H5'te belirgin olmadığı ve/veya ihmal edilebilir şiddette spektruma etki ettikleri göze çarpmaktadır (Brunello ve ark., 2019; Anbalagan ve ark., 2009; Sekhaneh ve ark., 2020). Bu durum MK-H5 harcında az veya iz miktarda alçı olabileceğini gösterebilir.

FTIR spektrumlarında kalsite işaret eden bant değerleri  $712\text{ cm}^{-1}$ ,  $872\text{ cm}^{-1}$ ,  $873\text{ cm}^{-1}$ ,  $1408\text{ cm}^{-1}$ ,  $1410\text{ cm}^{-1}$ ,  $1414\text{ cm}^{-1}$  ve  $1428\text{ cm}^{-1}$  olmuştur (Brunello ve ark., 2019; Nakamoto, 1970). Sırasıyla MK-H3, MK-H4, MK-H5 ve MK-H6'da saptanan  $1004\text{ cm}^{-1}$ ,  $999\text{ cm}^{-1}$ ,  $1021\text{ cm}^{-1}$  ve  $1027\text{ cm}^{-1}$  bantları silisyum içerikli birden fazla mineralin bant değeri ile çakışmaktadır (albit, illit, oligoklaz, mikroklin, ortoklaz) (Palanivel ve Velraj, 2007; Nakamoto, 1970). Bu nedenle net bir mineral ile ilişkilendirme yapılmamıştır. Fakat muhtemel minerallerin silisyum içeriği bu örneklerdeki yüksek  $\text{SiO}_2$  ihtivası ile örtüşmektedir.

Çalışma kapsamında imkânlar dâhilinde 1 adet temsili harç numunesi (MK-H1) taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji saçınımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) ile incelenmiştir (Şekil 3.57-3.58, Çizelge 3.15).



Şekil 3.57. MK-H1 SEM görüntüsü (a) x250 büyütme, (b) x5000 büyütme.



Şekil 3.58. MK-H1 kodlu numuneden alınan EDX spektrumu.

**Çizelge 3.15.** MK-H1 kodlu numune EDX spektrumunda belirlenen elementler (ağ. %).

Elt,	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc
C	Ka	5,87	1,123	23,266
O	Ka	9,22	1,171	35,303
Na	Ka	0,39	0,440	0,317
Mg	Ka	0,45	0,522	0,238
Al	Ka	0,25	0,563	0,108
Si	Ka	2,26	0,788	0,833
P	Ka	0,19	0,540	0,068
S	Ka	42,41	2,480	14,591
Cl	Ka	1,20	0,783	0,492
K	Ka	1,02	0,642	0,413
Ca	Ka	54,14	2,741	23,398
Ti	Ka	0,46	0,421	0,266
Mn	Ka	0,28	0,403	0,217
Fe	Ka	0,58	0,571	0,490
<i>Total</i>				<i>100,000</i>

Mikro yapı üzerinde gerçekleştirilen EDX taramasının PED-XRF verileri ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. PED-XRF analizinde yüksek miktarda belirlenen SO<sub>3</sub> ve CaO ihtivaları EDX taramasında da belirgin biçimde saptanmıştır. MK-H1 örneğinin x5000 büyütme SEM görüntüsüne bakıldığında yapıda iğne ve/veya ağ benzeri bir dokunun olmadığı ve buna bağlı olarak da puzolanik aktive sonucu ortaya çıkması beklenen C-S-H (kalsiyum-silikat-hidrat) veya C-A-H (kalsiyum-alümina-hidrat) kristallerinin oluşmadığı tespit edilmiştir. Bu durum PED-XRF analizi verilerine göre SiO<sub>2</sub> (%1,39) ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%0,232) içeriği oldukça düşük olan ve bu yüzden puzolanik aktivitesinin oldukça sınırlı olduğu öngörülen MK-H1 harcı için beklenen bir sonuç olarak değerlendirilebilir.

### 3.3. SIVALAR

Sıva örneklerine agrega/bağlayıcı granülometrik analiz, ince kesit analizi, PED-XRF, XRD, FT-IR, SEM-EDX ve TG-DTA analizleri uygulanmıştır.

Numuneler öncelikle asidik işlemde geçirilmiştir. Sonrasında örneklerin toplam agrega ve toplam bağlayıcı oranları saptanmıştır (Çizelge 3.16.). Buna göre toplam bağlayıcı oranı (TB) %93,30-95,44 arasında (ortalama %94,45), toplam agrega oranı (TA) %4,56-6,70 arasında (ortalama 5,55) tespit edilmiştir (Çizelge 3.16.).

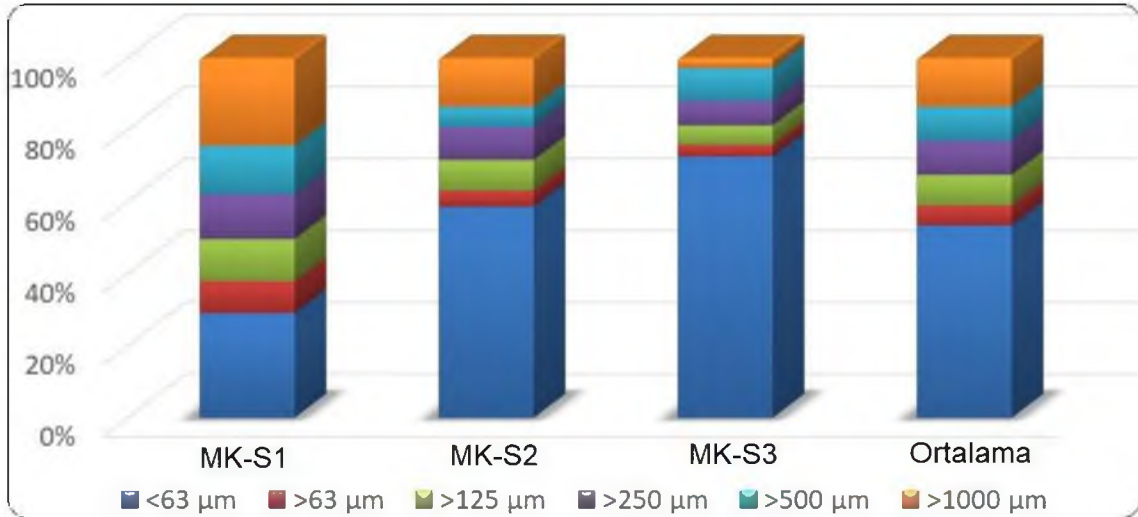
**Çizelge 3.16.** Mor Kuryakos Manastırı sıva örnekleri agrega/bağlayıcı ve granülometrik analizleri

Örnek	TB (%)*	TA (%)*	<63 $\mu\text{m}$	>63 $\mu\text{m}$	>125 $\mu\text{m}$	>250 $\mu\text{m}$	>500 $\mu\text{m}$	>1000 $\mu\text{m}$
<b>MK-S1</b>	93,30	6,70	29,14	8,81	11,72	12,49	13,48	24,35
<b>MK-S2</b>	94,62	5,38	58,67	4,53	8,47	9,15	5,63	13,53
<b>MK-S3</b>	95,44	4,56	72,69	3,22	5,40	6,79	9,13	2,77
<b>Ortalama</b>	<b>94,45</b>	<b>5,55</b>	<b>53,50</b>	<b>5,52</b>	<b>8,53</b>	<b>9,48</b>	<b>9,42</b>	<b>13,55</b>

Sıvalardaki tane boyut dağılımına bakıldığında (Şekil 3.59.), tüm örneklerde 63  $\mu\text{m}$  altı tanelerin çoğunlukta olduğu ve bu boyutlu tanelerin yoğun miktarda MK-S3 örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Ortalama değer üzerinden bakıldığında MK-S1 örneğinin tane boyut dağılımı bakımından diğerlerinden ayrıldığı görülmektedir. Özellikle 1000  $\mu\text{m}$  üstü boyuttaki tane içeriği ön plana çıkmaktadır. Ayrıca bu örnekte >63  $\mu\text{m}$ , >125  $\mu\text{m}$ , >250  $\mu\text{m}$  ve >500  $\mu\text{m}$  boyutlu tanelerin yoğunluğu diğer örneklere kıyasla daha yüksek seviyede saptanmıştır. Bu sonuçlara göre, yapıdan alınan sıvalarda tane boyut dağılımına göre iki tipte sıva kullanıldığı söylenebilir;

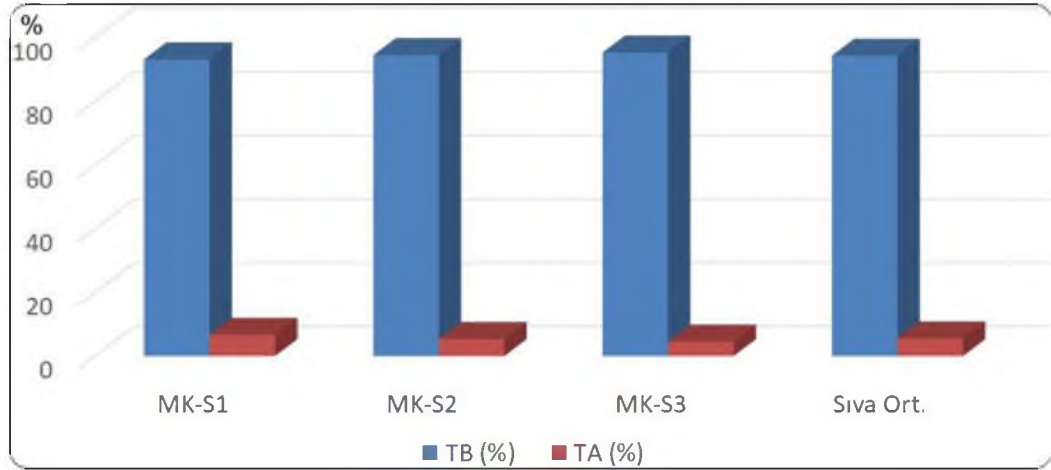
**Grup-S1:** Orta ve iri tane boyutlu; **MK-S1**

**Grup-S2:** Çoğunlukla ince tane boyutlu; **MK-S2 ve MK-S3.**



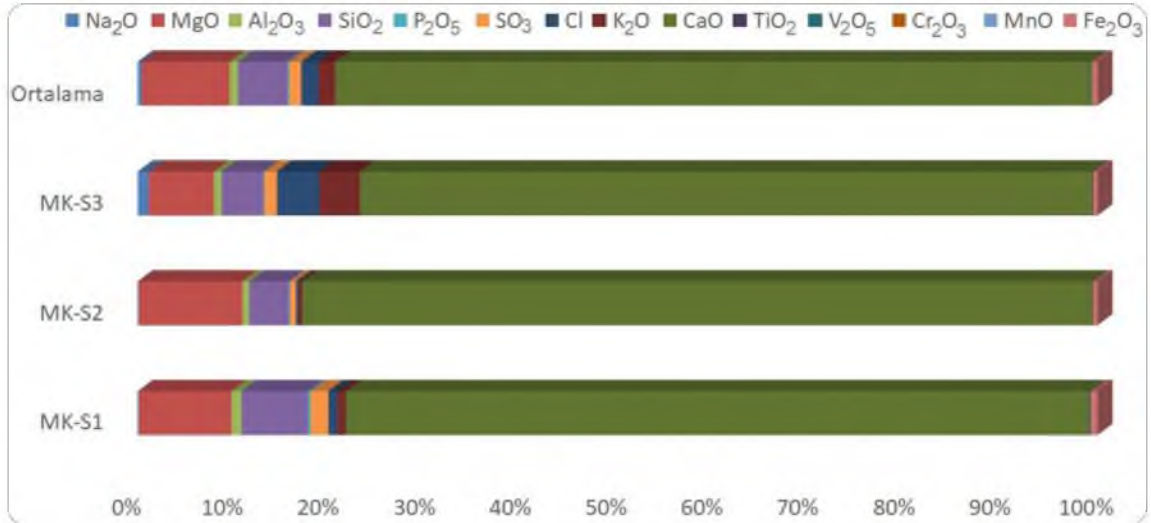
**Şekil 3.59.** Sıva örneklerinde tane boyut dağılımı.

Sıvalardaki toplam bağlayıcı ve toplam agrega oranlarına bakıldığında (Şekil 3.60) MK-S1 örneğinde belirlenen orta iri tane boyutlu hamur yapısının bir yansıması olarak bu örnekte diğerlerine kıyasla daha yüksek toplam agrega oranı belirlenmiştir. Yine de, örneklerdeki toplam bağlayıcı oranlarının birbirine çok yakın olması sıvaların agrega ve bağlayıcı içerik bakımından benzerlik gösterdiğini akla getirmektedir.



Şekil 3.60. Sıvalarda toplam bağlayıcı ve agrega oranları.

Sıvaların kimyasal kompozisyonları Polarize Enerji Saçınımlı X-Işını Flüoresans (PED-XRF) spektrometresi ile belirlenmiştir (Çizelge 3.17). Buna göre, sıvalarda belirgin biçimde CaO (%40,13 – 47,72) ve ikincil olarak MgO (%3,59-6,28) ile SiO<sub>2</sub> (%2,30 – 4,04) içeriklerinin olduğu gözlemlenmiştir. Oksit (%) ve eser element (ppm) içerikleri bakımından sıvaların çoğunlukla benzer karakterde olduğu söylenebilir. Şekil 3.61'de sıvalarda belirlenen oksit içeriklerinin dağılımı verilmiştir. Bu dağılıma göre örneklerin ortalama oksit değerlerine yakın içeriklere sahip olduğu belirlenmiştir.



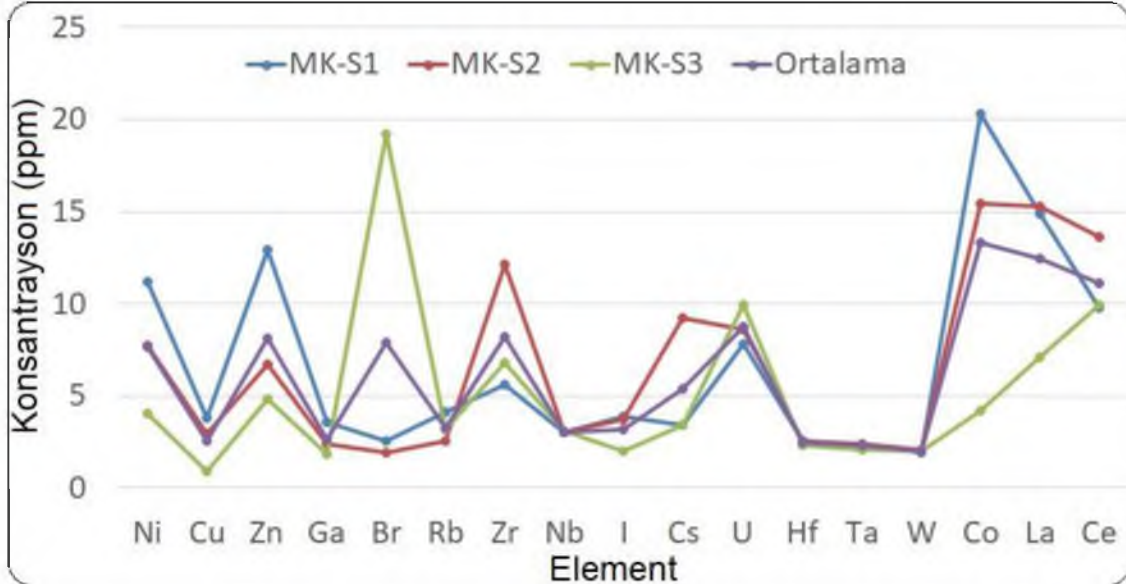
Şekil 3.61. Sıvalarda belirlenen oksit içeriklerinin dağılımı.

**Çizelge 3.17.** Mor Kuryakos Manastırı sıva örneklerinin PED-XRF analizi sonuçları

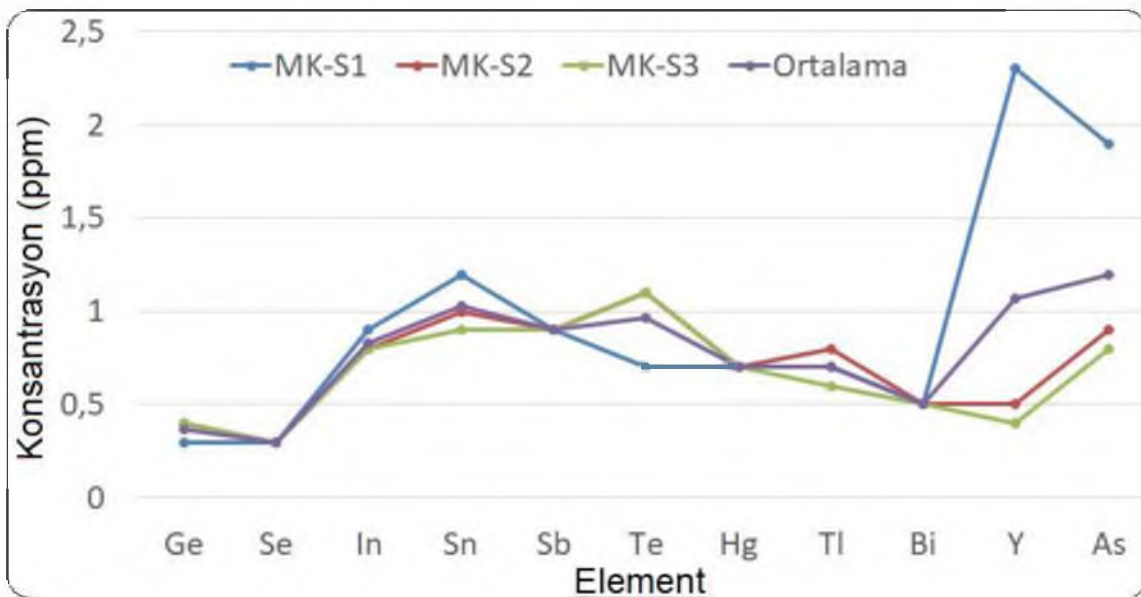
Oksit/Element	Birim	BMK-S1	BMK-S2	BMK-S3	Sıva Ort.
Na <sub>2</sub> O	%	0,059	0,046	0,590	0,232
MgO	%	5,65	6,28	3,59	5,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,616	0,423	0,425	0,488
SiO <sub>2</sub>	%	4,04	2,38	2,30	2,91
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,157	0,071	0,041	0,090
SO <sub>3</sub>	%	1,08	0,369	0,692	0,714
Cl	%	0,544	0,144	2,315	1,00
K <sub>2</sub> O	%	0,522	0,223	2,230	0,992
CaO	%	45,26	47,72	40,13	44,37
TiO <sub>2</sub>	%	0,056	0,036	0,037	0,043
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,009	0,001	0,008	0,006
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,004	0,003	0,002	0,003
MnO	%	0,011	0,007	0,007	0,008
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,415	0,279	0,246	0,313
LOI	%	41,63	41,53	47,43	43,53
Toplam	%	100,06	99,51	100,03	99,87
Co	ppm	20,3	15,4	4,2	13,3
Ni	ppm	11,2	7,7	4	7,6
Cu	ppm	3,8	2,9	0,9	2,5
Zn	ppm	12,9	6,7	4,8	8,1
Ga	ppm	3,6	2,4	1,8	2,6
Ge	ppm	0,3	0,4	0,4	0,4
As	ppm	1,9	0,9	0,8	1,2
Se	ppm	0,3	0,3	0,3	0,3
Br	ppm	2,5	1,9	19,2	7,9
Rb	ppm	4,1	2,5	3,2	3,3
Sr	ppm	173	138,1	380,2	230,4
Y	ppm	2,3	0,5	0,4	1,1
Zr	ppm	5,6	12,1	6,8	8,2
Nb	ppm	3	3	3,1	3,0
Mo	ppm	3,1	3,1	5,9	4,0
Cd	ppm	0,9	0,9	0,9	0,9
In	ppm	0,9	0,8	0,8	0,8
Sn	ppm	1,2	1	0,9	1,0
Sb	ppm	0,9	0,9	0,9	0,9
Te	ppm	0,7	1,1	1,1	1,0
I	ppm	3,9	3,7	2	3,2
Cs	ppm	3,4	9,2	3,4	5,3
Ba	ppm	53,6	43,2	37,5	44,8
La	ppm	14,9	15,3	7,1	12,4
Ce	ppm	9,8	13,6	9,9	11,1
Hf	ppm	2,5	2,5	2,3	2,4
Ta	ppm	2,3	2,4	2,1	2,3
W	ppm	1,9	2,1	2	2,0
Hg	ppm	0,7	0,7	0,7	0,7
Tl	ppm	0,7	0,8	0,6	0,7
Pb	ppm	2,2	1,2	0,9	1,4
Bi	ppm	0,5	0,5	0,5	0,5
Th	ppm	1,4	0,6	1,5	1,2
U	ppm	7,8	8,6	9,9	8,8

Sıvalardaki oksit içeriklerine ek olarak eser elementlerin dağılımına bakılmış ve karşılaştırma yapabilmek için ortalaması 0,1-1,5 ppm ve 2-15 ppm aralığında olan elementler için ayrı ayrı diyagramlar çizilmiştir (Şekil 3.62 ve Şekil 3.63). Ortalama

değerleri diğer örneklere göre oldukça yüksek olan ve sırasıyla 44,8 ile 230,4 ppm seviyesinde ortalama değerlere sahip olan Ba ve Sr elementleri diyagrama dahil edilmemiştir. Şekillere bakıldığında eser element ihtivası olarak da sıvaların çoğunlukla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

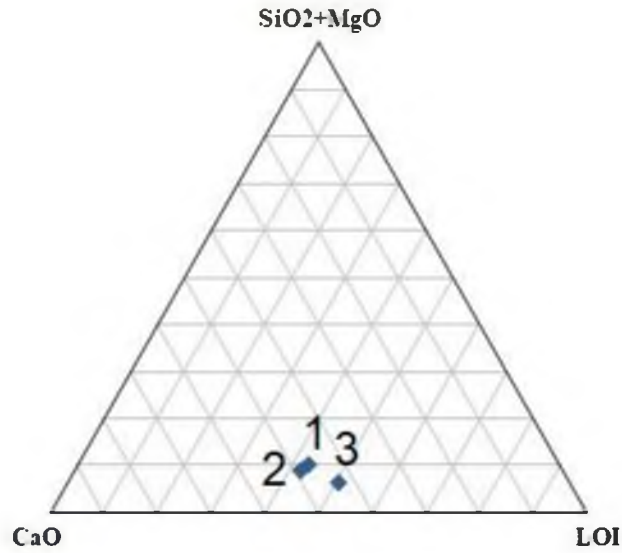


Şekil 3.62. Sıvalarda ortalaması 2-15 ppm aralığında olan elementlerin dağılımı.



Şekil 3.63. Sıvalarda ortalaması 0,1-1,5 ppm aralığında olan elementlerin dağılımı.

Tüm sıva örneklerinde ağırlıkça %1'den yüksek miktarda tespit edilen CaO, SiO<sub>2</sub> ve MgO ile üçlü diyagram çizilmiş ve karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 3.64; 1/3: MK-S1/MK-S3). Bu diyagramda da sıvaların kompozisyon bakımından yakın olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3.64. CaO, SiO<sub>2</sub>+MgO, LOI içeriklerine göre sıvaların üçlü diyagramda dağılımı.

Mor Kuryakos Manastırına ait sıva örneklerinin CI (Cementation Index) değerlerinin 0,13-0,23 arasında (ortalama 0,17) arasında değiştiği ve tüm örneklerin yağlı kireç (YK) özelliği taşıdığı belirlenmiştir (Çizelge 3.18). Bu durum sıvaların hidrolik özelliğinin zayıf olduğuna işaret etmektedir (Akyol ve ark., 2015).

Çizelge 3.18. Mor Kuryakos Manastırı sıva örneklerinde Cementation Index (CI) verileri

Harç kodu	CI	Kireç Türü*
MK-S1	0,23	YK
MK-S2	0,13	YK
MK-S3	0,16	YK
<b>Sıva Ortalama</b>	<b>0,17</b>	YK

\*YK: Yağlı Kireç

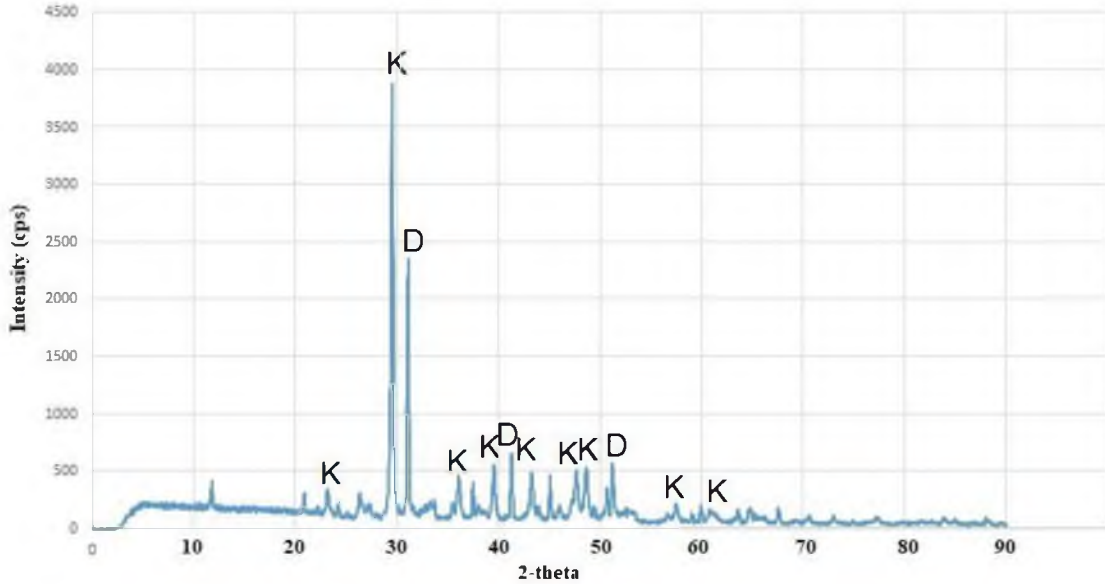
Sıvaların petrografik incelemesi bağlayıcıların kireç/alçı karışımı olduğunu ve kirecin baskın bir şekilde malzemede yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 3.19). PED-XRF analizinde SO<sub>3</sub> miktarının düşük çıkması bu durumu açıklamaktadır. Sıvalarda kil, çimento, organik madde ve tuğla kırığı ihtivasına rastlanmamıştır. Tüm sıvalarda kuvars, çört ve opak mineraller gözlemlenmiş olup MK-S1 ve MK-S3 numunelerinde kalsit da saptanmıştır. MK-S2 örneğinde ise diğerlerinden farklı olarak kireçtaşı, kiltası ve bazalt tespit edilmiştir. Tane boyut dağılımında MK-S2 ve MK-S3 birbirine çok yakın dururken petrografik analizde MK-S1 ve MK-S3 daha yakın belirlenmiştir. Kimyasal kompozisyon açısından sıvaların kendi aralarında oldukça uyumlu olmaları örneklerin benzer içerikleri farklı tane boyutlarında içerdiğine işaret etmiştir.

Çizelge 3.19. Mor Kuryakos Manastırı sıva örneklerinin petrografik özellikleri

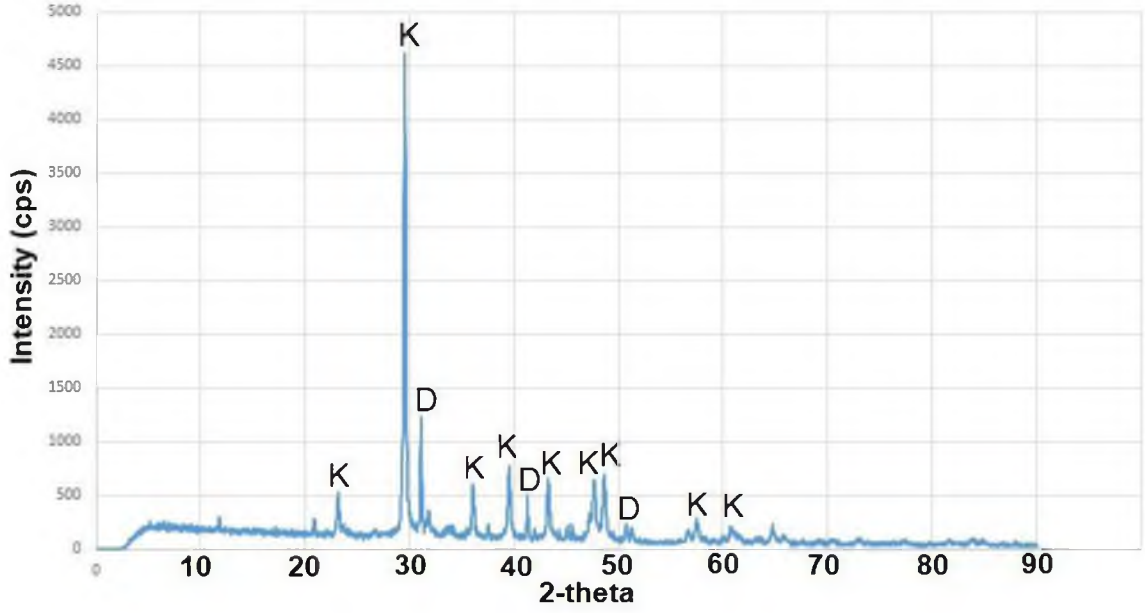
Sıva Örnekler	MTB (%)	MTA (%)	Matriks Bağlayıcı İçeriği (%100)				Matriks Agregası İçeriği (%100)		
			Kireç	Kil	Çm	Alçı	Kayaç & Mineraller*	TK	Org
MK-S1	70	30	65	-	-	35	Q,C,Ç,Op	-	-
MK-S2	65	35	85	-	-	15	Q,K,Ç,Kt,B,Op	-	-
MK-S3	55	45	75	-	-	25	Q,C,Ç,Op	-	-

(\*) B: Bazalt, C: Kalsit, Ç: Çört, Çm: Çimento, K: Kireçtaşı, Kt: Kilitaşı, MTA: Matriks Toplam Agregası Oranı, MTB: Matriks Toplam Bağlayıcı Oranı, Op: Opak Mineraller, Org: Organik İçerik, Q: Kuvars, TK: Tuğla Kırığı Parçaları

Petrografik incelemeye ek olarak MK-S2 ve MK-S3 için XRD taraması gerçekleştirilmiştir. Sıvaların XRD spektrumları Şekil 3.65-Şekil 3.66'da verilmiştir (K: kalsit, D: dolomit). Kimyasal ve petrografik içeriklerine bağlı olarak XRD incelemelerinde sıvalar için baskın biçimde kalsit ve daha düşük X-ışını şiddetlerinde dolomit tespit edilmiştir. PED-XRF verilerindeki MgO ve CaO miktarları ile uyumlu mineralojik içeriklere işaret eden XRD analizi spektrumlarında daha az MgO içeren MK-S3'te dolomit daha düşük seviyelerde belirlenmiştir.

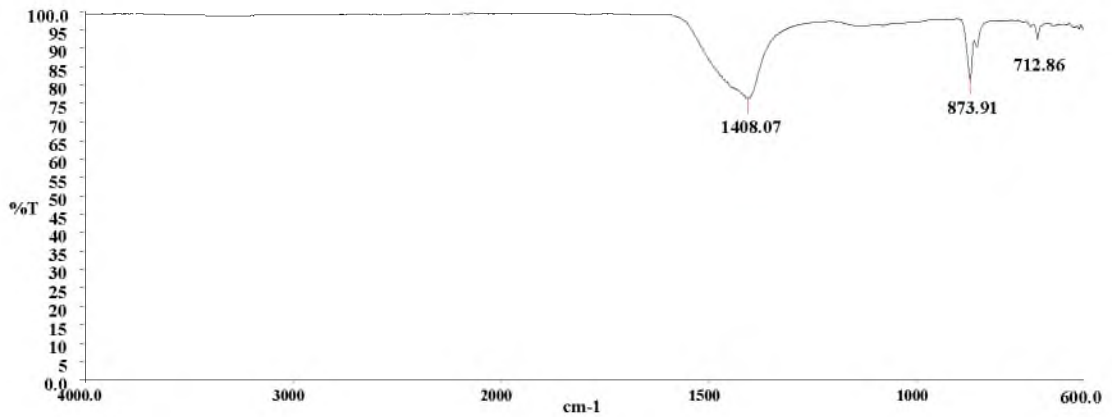


Şekil 3.65. MK-S2 XRD spektrumu.

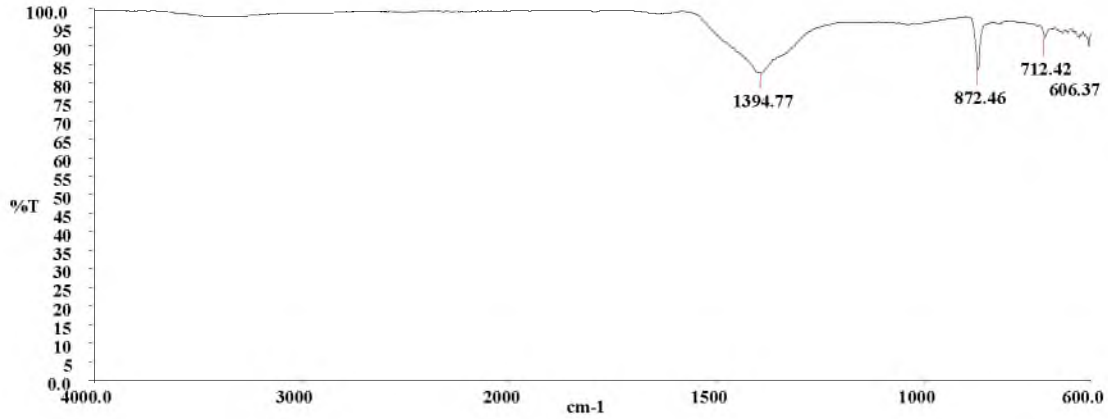


Şekil 3.66. MK-S3 XRD spektrumu.

XRD taramaları yapılan MK-S2 ve MK-S3 sıvaları FTIR tekniği ile de incelenmiştir. Sıvalara ait FTIR spektrumları Şekil 3.67-Şekil 3.68’de verilmiştir. Sıvalardaki kalsiyum karbonatlı bileşenlere bağlı olarak FTIR analizinde bu içeriğe işaret eden ve çoğunlukla kalsite ait olan  $1394\text{ cm}^{-1}$ ,  $1408\text{ cm}^{-1}$ ,  $872\text{ cm}^{-1}$ ,  $873\text{ cm}^{-1}$  ve  $712\text{ cm}^{-1}$  bantları belirlenmiştir (Jordá ve ark., 2015; Brunello ve ark., 2019; Nakamoto, 1970).

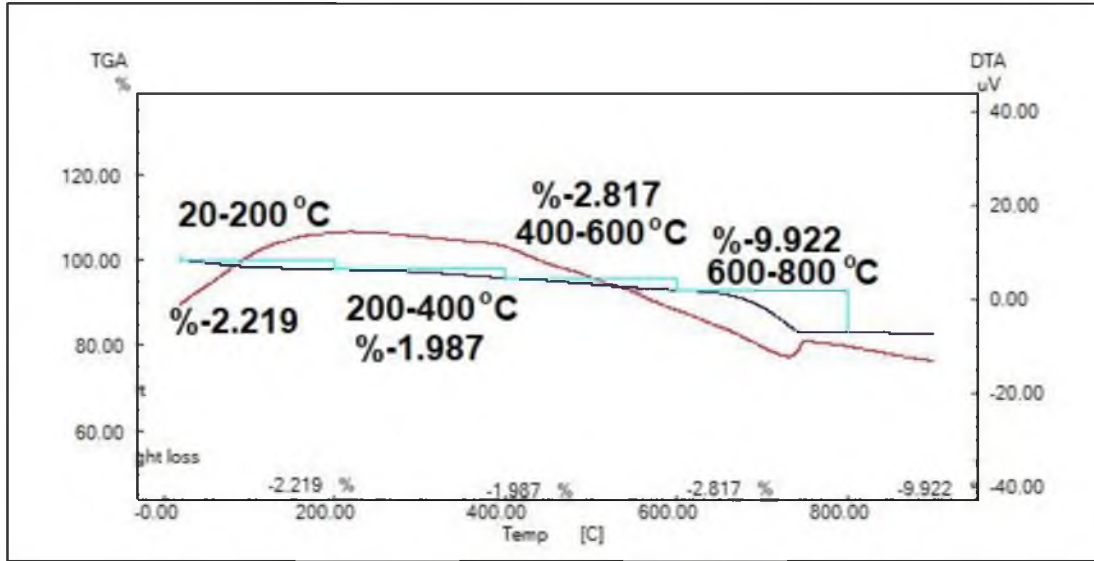


Şekil 3.67. MK-S2 FTIR spektrumu.



Şekil 3.68. MK-S3 FTIR spektrumu.

Temsili olarak sıva örneklerinden MK-S2 için TG-DTA analizi gerçekleştirilmiştir. Numuneye ait TG-DTA eğrileri Şekil 3.69’da verilmiştir. Örnekte en belirgin etki 600-800°C’deki endotermik etki ve bu etkiye bağlı olarak oluşan ağırlık kaybıdır. Oda sıcaklığından başlayarak yapılan analizde 20-200°C aralığında % 2.219, 200-400°C aralığında %1.987, 400-600°C aralığında %2.817 ve 600-800°C aralığında %9.922 ağırlık kaybı kaydedilmiştir. DTA analizini ifade eden kırmızı eğri incelendiğinde en belirgin değişimin kalsitin bozunma aralığı olan 600-800°C’de meydana geldiği görülmektedir ve bu aralıktaki ağırlık kaybı değeri de kalsitin bozunma reaksiyonu sonucu meydana gelen yüzdelik değişimi ifade etmektedir (Palanivel ve Kumar, 2011; Fabbri ve ark., 2014).



Şekil 3.69. MK-S2 TG-DTA eğrisi.

### 3.4. TOPRAK ÖRNEK

Yapıdaki taş duvar üst örtüsünden alınan toprak örneği için iletkenlik analizi (suda çözünebilir tuzlar), petrografi, PED-XRF, XRD, FTIR ve TG-DTA analizi uygulanmıştır. Toprağın karakterize edilmesindeki en önemli amaç içerik bakımından yerel toprağın kimyasal ve mineralojik içeriği hakkında bilgi edinmektir.

Toprak örneğinin suda çözünen tuz içeriği ve pH değerleri kondaktometrik analizlerle belirlenmiştir. Toprak örneğinin pH değeri zayıf bazik ortam şartlarını yansıtır şekilde 9,39 ve toplam tuz içeriği %2,03 olarak tespit edilmiştir. Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) oranı 0,050 olarak belirlenmiş olup toprak bünyesinde nitrat ve fosfat esaslı içeriğe rastlanmamıştır (Çizelge 3.20.).

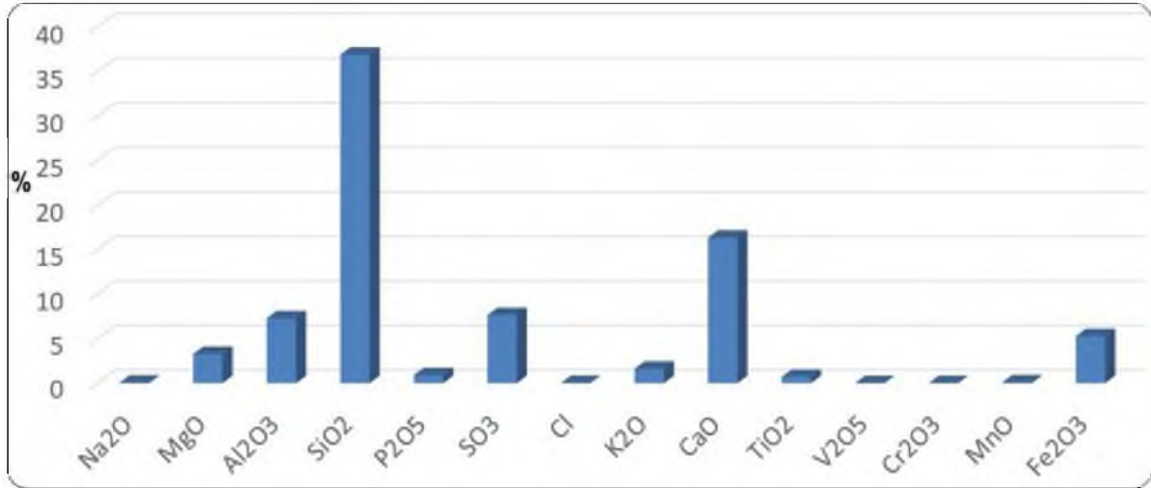
Çizelge 3.20. Mor Kuryakos Manastırı toprak örneği tuz türü, pH ve toplam tuz miktarı (SS) testleri

Örnek	Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ )	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )	Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )	pH	SS (%)
MK-D1	0,050	-	-	9,39	2,03

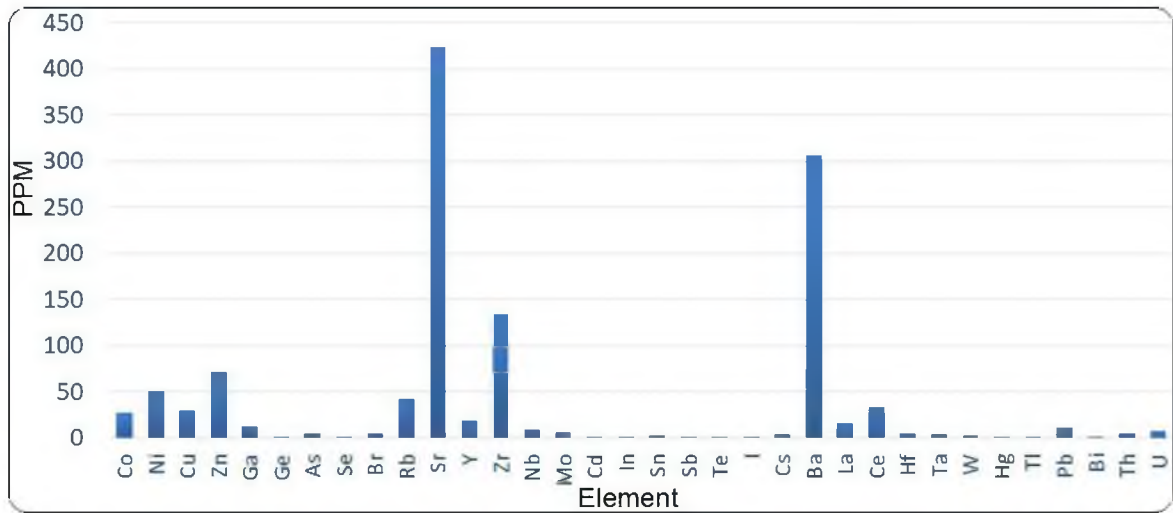
Toprak örneğinin kimyasal kompozisyonu PED-XRF ile belirlenmiştir (Çizelge 3.21, Şekil 3.70 ve Şekil 3.71). Buna göre toprakta %36,87  $\text{SiO}_2$ , %16,34  $\text{CaO}$ , %7,28  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , %5,29  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , %3,27  $\text{MgO}$ , %7,65  $\text{SO}_3$  belirlenmiştir. Ayrıca az miktarda  $\text{Na}_2\text{O}$  (%0,057),  $\text{K}_2\text{O}$  (%1,61),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (%0,903),  $\text{Cl}^-$  (%0,030),  $\text{TiO}_2$  (%0,703),  $\text{V}_2\text{O}_5$  (%0,020),  $\text{Cr}_2\text{O}_5$  (%0,011) ve  $\text{MnO}$  (%0,094) tespit edilmiştir. Topraktaki oksit içerikleri dağılımına bakıldığında kalkerli bir topraktan bahsedilebilir (özellikle  $\text{CaO}$  miktarına bağlı olarak; %16,34).

Çizelge 3.21. Mor Kuryakos Manastırı toprak ve sıva örneklerinin PED-XRF analizi sonuçları

Element	Birim	MK-D1
Na <sub>2</sub> O	%	0,057
MgO	%	3,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	7,28
SiO <sub>2</sub>	%	36,87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,903
SO <sub>3</sub>	%	7,65
Cl	%	0,030
K <sub>2</sub> O	%	1,61
CaO	%	16,34
TiO <sub>2</sub>	%	0,703
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,020
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,011
MnO	%	0,094
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	5,29
LOI*	%	19,43
Co	ppm	27,9
Ni	ppm	50,7
Cu	ppm	29,5
Zn	ppm	72
Ga	ppm	12,9
Ge	ppm	1
As	ppm	5,3
Se	ppm	0,3
Br	ppm	5,2
Rb	ppm	42
Sr	ppm	424,2
Y	ppm	19,1
Zr	ppm	134,8
Nb	ppm	9
Mo	ppm	6,6
Cd	ppm	0,9
In	ppm	0,8
Sn	ppm	3,2
Sb	ppm	0,9
Te	ppm	1,2
I	ppm	2,1
Cs	ppm	3,6
Ba	ppm	306,7
La	ppm	16,5
Ce	ppm	33,8
Hf	ppm	4,8
Ta	ppm	3,5
W	ppm	2,6
Hg	ppm	0,7
Tl	ppm	0,9
Pb	ppm	11,1
Bi	ppm	0,5
Th	ppm	5,1
U	ppm	8,3

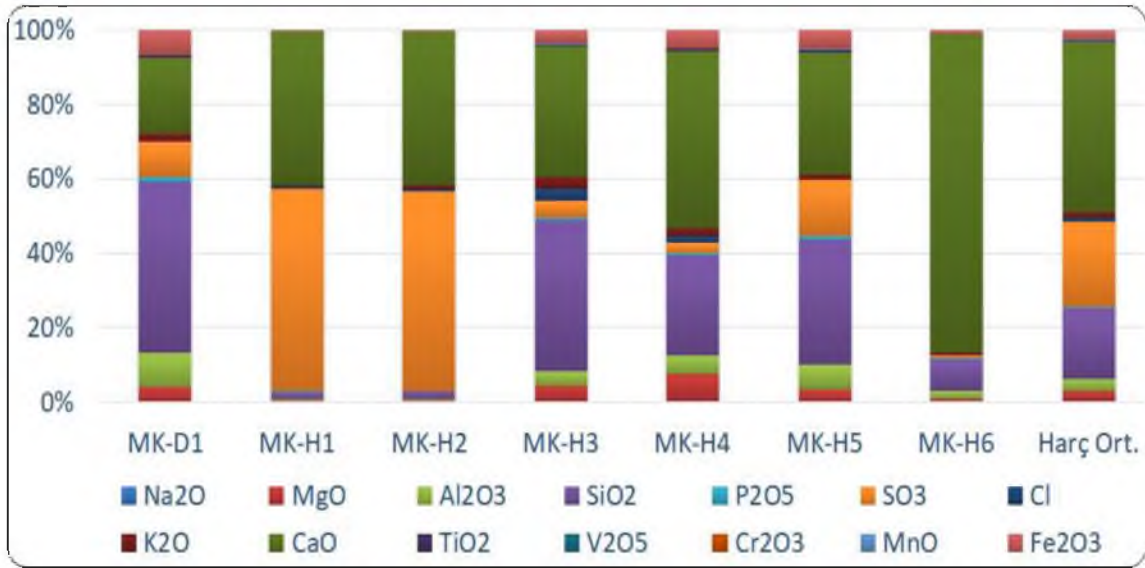


Şekil 3.70. Toprak örneğinde oksit dağılımları (PED-XRF).

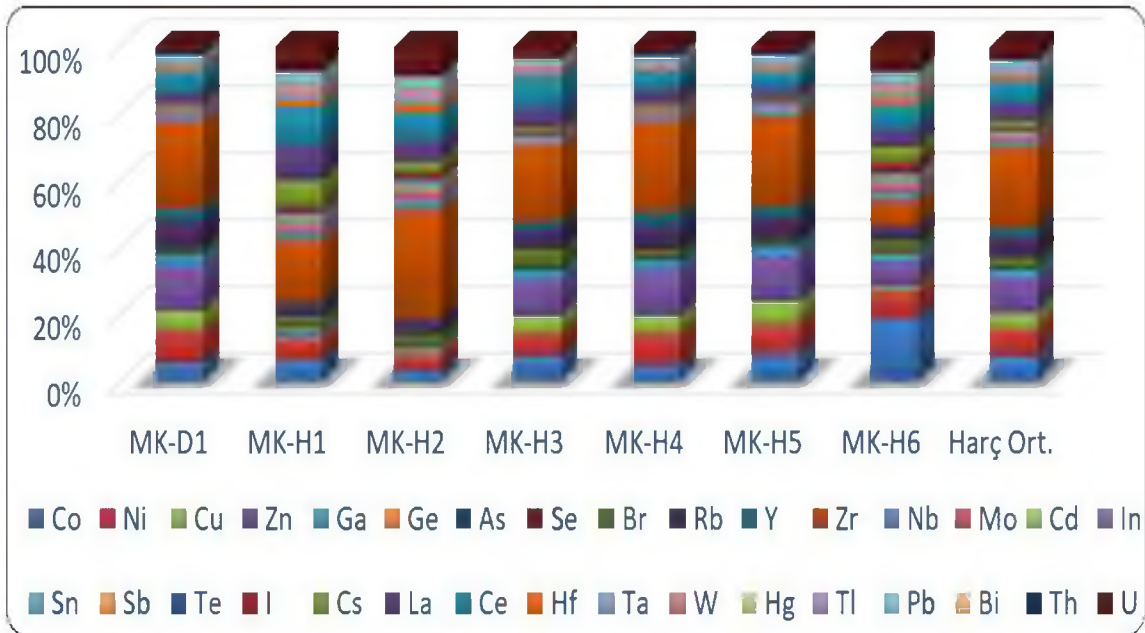


Şekil 3.71. Toprak örneğinde eser element dağılımı (PED-XRF).

Büyük olasılıkla yerel olduğu düşünülen örnekteki yüksek kalsiyum içeriği yapı elemanları ile benzer olarak toprağın da kireçli bir karakterde olduğuna ve özellikle petrografi ve XRD analizlerinde kile rastlanan MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 harçlarında katkı olarak kullanılabilir özellikte olduğuna işaret etmiştir. Bu örneklerin petrografik incelemelerinde sırasıyla %30, %15 ve %15 oranlarında kil içeriği tespit edilmiş, ayrıca yine aynı örneklerin XRD spektrumlarında kalsiyumlu bileşenlerin yanında düşük şiddette de olsa kil mineralleri gözlemlenmiştir. Toprak numunesinin harçlar ile kimyasal kompozisyon bakımından yapılan karşılaştırmasında yine MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 harçlarının toprak örneği ile paralel özellikte olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.72 ve Şekil 3.73).

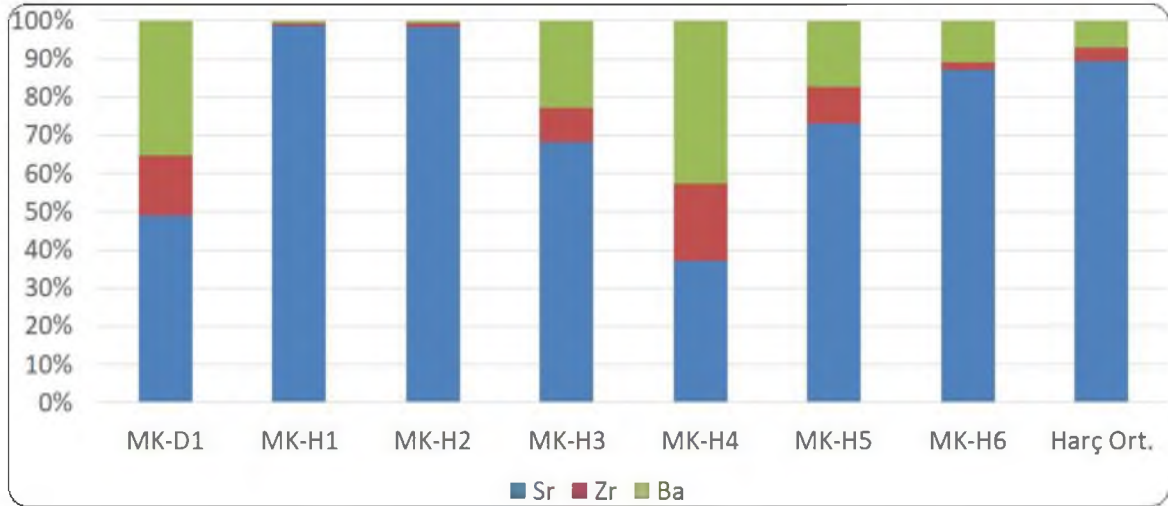


Şekil 3.72. Toprak ve harçlarda oksit dağılımları (PED-XRF).



Şekil 3.73. Toprak ve harçlarda iz element dağılımları (PED-XRF).

Eser elementler içerisinde diğerlerinden belirgin biçimde daha yüksek seviyelerde olan Sr, Zr ve Ba için ayrı görünürlüğü artırmak amacıyla ayrı bir grafik çizilmiştir (Şekil 3.74). Burada da yine MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 örnekleri toprak numunesine yakın bir duruş sergilemiştir.



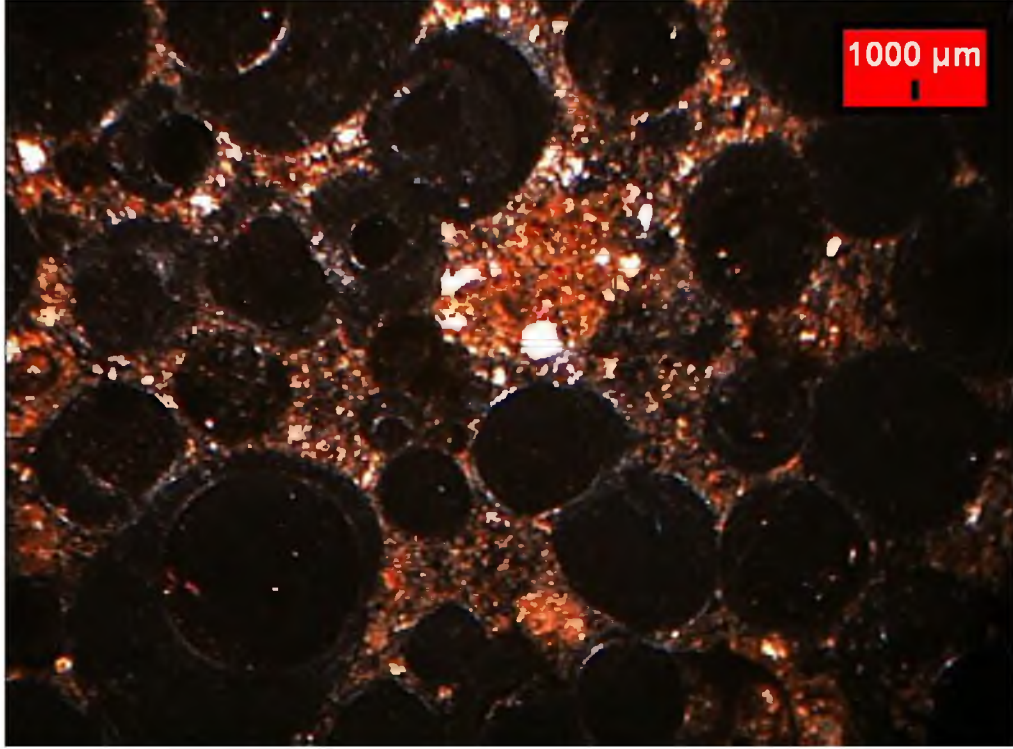
Şekil 3.74. Toprak ve harçlarda Sr, Zr ve Ba dağılımları (PED-XRF).

Optik mikroskop incelemelerine göre Mor Kuryakos Manastırı üst örtü toprak örneğinde ana bağlayıcının kil olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.22). Kayaç ve mineral grubunda kuvars, kalsit, çört, bazalt, kalsedon, radyolarit ve opak mineraller belirlenmiştir. Toprakta PED-XRF ile %16,34 olarak belirlenen CaO içeriği ve petrografide saptanan kalsit ihtivasi marnlı kil oluşumuna işaret edebilir. Toplam bağlayıcı ve agrega oranları sırasıyla %40 ve %60 olarak belirlenmiştir. Toprak örneğe ait optik mikroskop görüntüsü Şekil 3.75 'de verilmiştir.

Çizelge 3.22. Mor Kuryakos Manastırı toprak örneğinin petrografik özellikleri

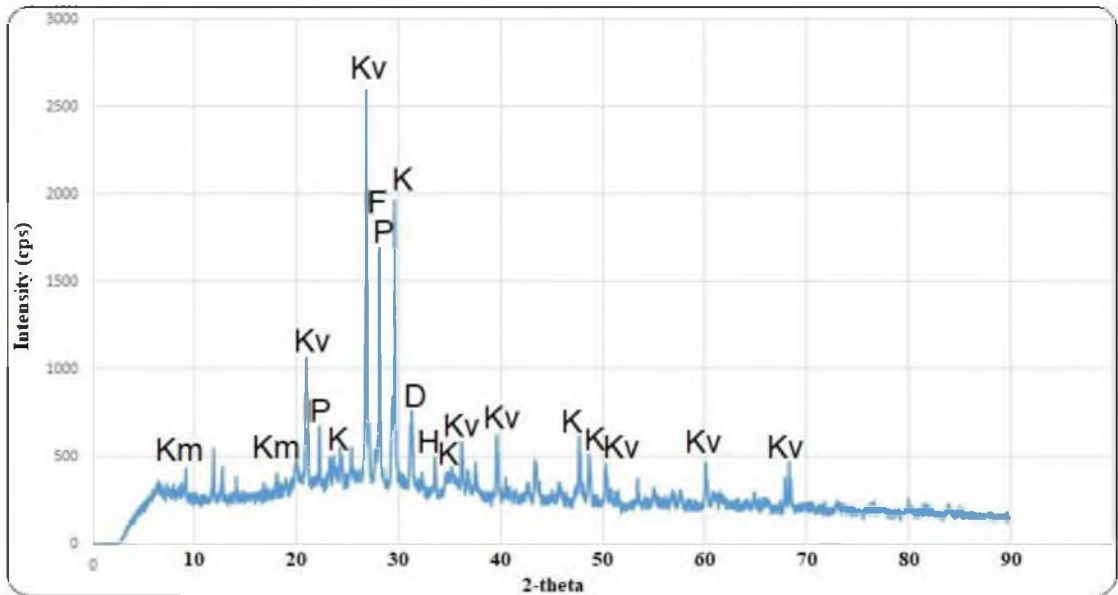
Toprak Örnek	MTB (%)	MTA (%)	Matriks Bağlayıcı İçeriği (%100)				Matriks Agrega İçeriği (%100)		
			Kireç	Kil	Çm	Alçı	Kayaç & Mineraller*	TK	Org
MK-D1	40	60	-	100	-	-	100 (Q,C,Ç,B,Ks,R,Op)	-	-

(\*) B: Bazalt, C: Kalsit, Ç: Çört, Çm: Çimento, Ks: Kalsedon, MTA: Matriks Toplam Agrega Oranı, MTB: Matriks Toplam Bağlayıcı Oranı, Op: Opak Mineraller, Org: Organik İçerik, R: Radyolarit, Q: Kuvars, TK: Tuğla Kırığı Parçaları



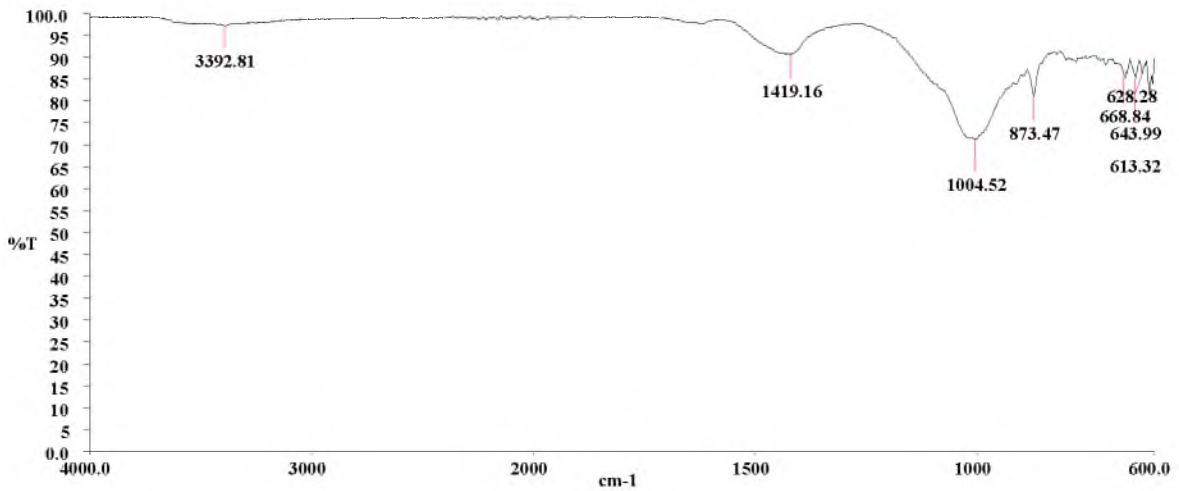
Şekil 3.75. Toprak örneğinin ince kesit görüntüsü.

Toprak numunesinin mineral/faz içeriğini belirlemek amacıyla XRD analizi uygulanmıştır. Elde edilen spektrum Şekil 3.76'de verilmiştir (D: dolomit, F: feldspat, H: hematit, K: kalsit, Kv: kuvars, P: plajiyoklaz).



Şekil 3.76. MK D-1 kodlu toprak örneği ait XRD paterni.

Mor Kuryakos Manastırı üst örtüsünden alınan toprak numuneye yapılan XRD analizi sonucunda majör mineral kuvars olurken, tespit edilen diğer belirgin mineraller kalsit ve feldspat/plajiyoklaz olmuştur. Ayrıca, düşük şiddette dolomit, kil mineralleri ve hematit tespit edilmiştir. XRD spektrumundaki  $\sim 29,50$  2-theta değerinde kalsit piki ile paralel biçimde fakat daha düşük şiddette gözlemlenen pikin alçıtaşına işaret edebileceği düşünülmektedir. Alçıtaşının diğer karakteristik pikleri olan  $\sim 12$  ve  $\sim 21$  2-theta değerlerine bakıldığında  $\sim 21$  2-thetada kuvars ile bir çakışma olabileceği düşünülebilir. Toprak örneğin PED-XRF analizinde CaO ile birlikte  $\text{SO}_3$  içeriğinin de göreceli olarak yüksek olması alçıtaşının toprakta yer alabileceğini göstermektedir. Diğer taraftan  $\text{SO}_3$  ihtivasının bir safsızlık olarak da bünyede bulunabileceği unutulmamalıdır. Bunu yorumlayabilmek için toprak örneğinin FTIR incelemesi yapılmıştır (Şekil 3.77).

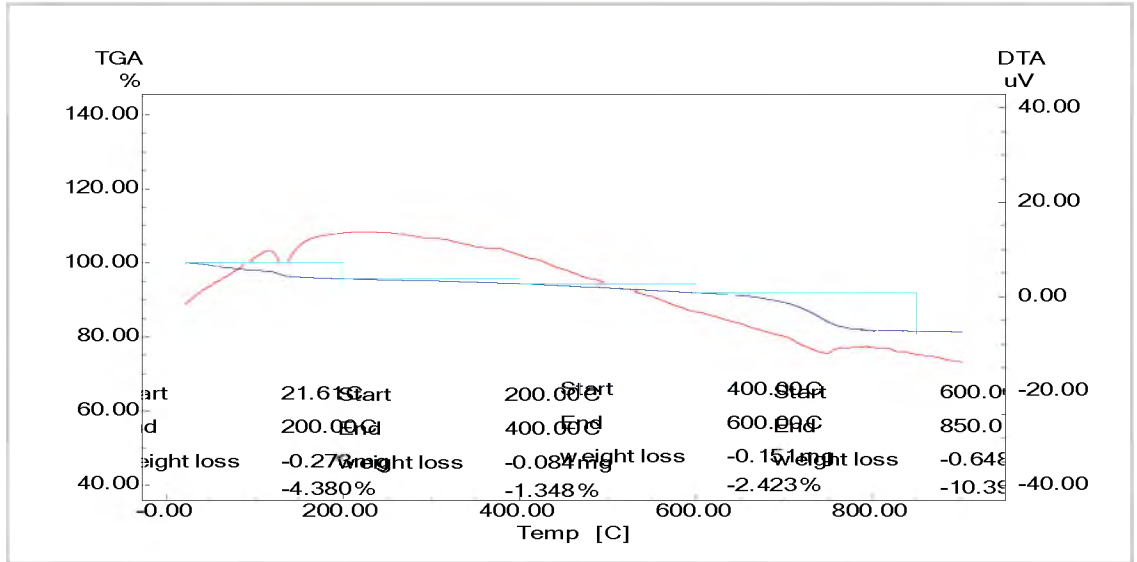


Şekil 3.77. MK-D1 toprak örneği FTIR spektrumu.

Yapılan FTIR analizinde  $3392 \text{ cm}^{-1}$ 'de alçıtaşına (O-H gerilim bandı) işaret edebilecek, fakat ihmal edilebilir seviyede olan bir bant gözlemlenmiştir (Brunello ve ark., 2019). Bunun dışında örnekte alçıtaşı ile ilişkili olabilecek yalnızca  $668 \text{ cm}^{-1}$  bandı bulunmaktadır (asimetrik  $\text{SO}_4^{2-}$  esneme bandı) (Anbalagan ve ark., 2009; Sekhaneh ve ark., 2020). Ancak, alçıtaşına işaret eden karakteristik ikili bantların ( $3387\text{-}3515 \text{ cm}^{-1}$  ve  $1619\text{-}1682 \text{ cm}^{-1}$ ) örnekte tespit edilmemesinden dolayı alçıtaşının kesin olarak varlığından bahsetmek mümkün gözükmemektedir (Brunello ve ark., 2019; Anbalagan

ve ark., 2009; Sekhaneh ve ark., 2020). Bu durum bir bakıma PED-XRF analizindeki  $SO_3$  içeriği ve XRD analizindeki muhtemel alçıtaşı piklerinin toprağa safsızlık olarak müdahil olduğuna işaret etmektedir. Toprak örneğin FTIR spektrumunda tespit edilen  $1419\text{ cm}^{-1}$  ve  $873\text{ cm}^{-1}$  bantları kalsit varlığını göstermektedir (Brunello ve ark., 2019; Nakamoto, 1970). Örnekteki  $1004\text{ cm}^{-1}$  bandı silisyum içerikli mineraller ile ilişkilidir (kil, feldspat, plajiyoklaz vb.).

Toprak örnekteki kalsit içeriği tamamlayıcı bir teknik olarak çalışmada yer alan TG-DTA analizi ile de ortaya koyulmuştur (Şekil 3.78). Toprak örneğin DTA eğrisinde  $750\text{-}800^\circ\text{C}$ 'de belirgin bir endotermik etki ve bu etki ile ilişki olarak TG eğrisinde yüksek oranda ağırlık kaybına (%10,396) işaret eden bir hareket olduğu tespit edilmiştir.  $750\text{-}800^\circ\text{C}$ 'deki bu (endotermik) değişimler kalsitin bozunma reaksiyonuna bağlı olarak meydana gelmiş ve dolayısıyla kalsit varlığına işaret etmiştir (Palanivel ve Kumar, 2011; Fabbri ve ark., 2014). DTA eğrisinde  $\sim 150^\circ\text{C}$ 'de gözlemlenen endotermik etki ve buna bağlı oluşan ağırlık kaybı (%4,380) fiziksel veya higroskopik su ile ilişkilidir (Maritan ve ark., 2006; Palanivel ve Kumar, 2011; Fabbri ve ark., 2014).



Şekil 3.78. MK-D1 toprak örneği TG-DTA sonucu.

#### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada Mor Kuryakos Manastırı'ndan alınan temsili taş, toprak, sıva ve harç örneklerine çeşitli arkeometrik analizler uygulanarak değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bu amaçla, örnekler birim ağırlık, birim hacim ağırlık, gözeneklilik, su emme, suda çözünebilir tuz testleri, agrega/bağlayıcı granülometrik analizi, ince kesit analizi, PED-XRF, XRD, FTIR, SEM-EDX ve TG-DTA analizleri ile karakterize edilmiştir. Çalışmanın amacı manastırın yapı elemanları için kapsamlı bir arkeometrik veri tabanı oluşturmak ve böylelikle koruma-onarım ve/veya restorasyon müdahalelerinde uygun malzeme ve yöntemlerin seçilmesine ışık tutmaktır. Elde edilen sonuçların bu anlamda yol gösterici bilgiler sunduğu öngörülmektedir.

Temsili taş numuneler için uygulanan ileri analiz teknikleri ile elde edilen sonuçlar yapıda esas olarak iki farklı taş grubunun yer aldığını (bazalt kökenli ve kireçtaşı kökenli) ve alt gruplanma da hesaba katıldığında manastırda üç farklı tipte taşın yapı elemanı olarak kullanıldığını göstermiştir. Bölgesel ölçekte jeolojik oluşumlar dikkate alındığında, manastırda kullanılan taşların yerel ve/veya bölgesel karakterli olduğu, dolayısıyla da yapının yapı malzemeleri bağlamında yerel bir karakterde inşa edildiği söylenebilir. Bu noktada, malzeme çeşitliliğinin manastırın daha önceki restorasyon işlemleri ile de ilişkili olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Manastır'ın doğu cephesi taş kapısından alınan taş örnekleri aynı grupta yer alırken, 2. kat eyvanının farklı cephelerden alınan örneklerin (MK-T4; doğu cephesi ve MK-T5; güney cephesi) birbirinden farklı karakterde olduğu görülmüştür. Bu sonuç eyvanın yapımı sırasında farklı cephelerinde farklı türlerde taş kullanıldığına veya bu cephelerden birinin restore edilmiş ve bu işlem sırasında farklı bir taşın kullanılmış olabileceğine işaret etmiştir. Manastır ana giriş kapısından alınan taş örneğinin diğerlerinden belirgin biçimde farklı çıkması yapının bu bölümünde bilinçli bir şekilde farklı türde taş kullanımını akla getirmektedir. Ana giriş kapısı dış cephesinin farklı yerlerinden alınan harç örneklerinin spot testler, kimyasal ve mineralojik analizler sonrasında aynı karakterde olduğu belirlenmiştir. Bu veriler doğrultusunda bir bakıma ana giriş kapısındaki taş örgünün tek tipte bir bağlayıcı harç ile örüldüğüne işaret etmiştir.

Harç örneklerin analiz sonuçlarına bakıldığında tane boyu, XRF, çimentolanma indeksi, petrografi ve XRD verilerine göre MK-H1 ve MK-H2 harçlarının hepsinde benzer karakterde olduğu ve dolayısıyla her zaman aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 harçlarının çoğunlukla birbirine paralel özellikler gösterdiği ve MK-H6 harcının diğerlerinden farklı karakterde olduğu tespit edilmiştir. Mezar odasından alınan MK-H5 ve MK-H6 örneklerinin belirgin biçimde farklı özellikte olması yapının aynı mekânında farklı harçların uygulandığına işaret etmiştir. Bu sonuçlara göre, yapıda içerik bakımından farklı harçların kullanıldığı ortaya çıkmıştır. İçeriği benzer olan bazı harçlarda ise tane boyut dağılımının benzer olmaması harçlarda farklı hammadde kaynağı ve/veya değişik hazırlanma aşamalarına işaret etmiştir.

Sıva örnekleri için yapılan incelemelerde MK-S2 ve MK-S3 örneklerinin tane boyut dağılımı bakımından birbirine çok yakın durduğu, petrografik analizde ise MK-S1 ve MK-S3 örneklerinin daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Kimyasal kompozisyon açısından sıvaların kendi aralarında oldukça uyumlu olmaları örneklerin benzer hammaddeleri farklı tane boyutlarında içerdiğine işaret etmiştir. Kimyasal kompozisyonlardaki uyumluluğa paralel olarak yalnızca temsili örneklere uygulanan XRD, FTIR ve TG-DTA analizlerinde elde edilen sonuçlar sıvalarda karbonatlı hammaddelerin bulunduğunu açık bir şekilde ortaya koymuştur ve sıvanın kireç ağırlıklı olduğu öngörülmüştür.

Yapıdaki taş duvar üzerindeki toprak örtüsü içerik bakımından yerel toprağın kimyasal ve mineralojik içeriği hakkında bilgi edinmek amacıyla karakterize edilmiştir. Örnekteki yüksek kalsiyum içeriği yapı elemanları ile benzer olarak toprağın da kireçli bir karakterde olduğuna ve özellikle petrografi ve XRD analizlerinde kile rastlanan MK-H3, MK-H4 ve MK-H5 harçlarında katkı olarak kullanılabilir yapıda olduğuna işaret etmiştir. Optik mikroskop incelemelerine göre toprak örneğinde ana bağlayıcının kil olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, PED-XRF ile %16,34 olarak belirlenen CaO içeriği ve petrografide saptanan kalsit ihtivası marnlı kil oluşumunu akla getirmiştir. XRD analizinde toprakta majör mineral olarak kuvars belirlenmiş, tespit edilen diğer belirgin mineraller ise kalsit ve feldspat/plajiyoklaz olmuştur. Ayrıca, düşük şiddette dolomit, kil mineralleri ve hematit tespit edilmiştir. XRD spektrumundaki muhtemel alçıtaşı piklerinin yorumlanması için yapılan FTIR incelemesinde alçıtaşına işaret eden

karakteristik bantların örnekte görülmemesinden dolayı alçıtaşının kesin olarak varlığından bahsetmenin mümkün olmadığı ortaya koyulmuştur. Bu çıkarım bir bakıma PED-XRF analizindeki SO<sub>3</sub> içeriğinin ve XRD analizindeki muhtemel alçıtaşı piklerinin topraktaki safsızlıklarla ilişkili olduğuna işaret etmiştir.

Bu çalışma ile Mor Kuryakos Manastırı yapı malzemeleri için detaylı bir arkeometrik inceleme yapılmış ve yapı için kapsamlı bir arkeometrik veri tabanı oluşturulmuştur. Yapı için ilerleyen dönemlerde koruma-onarım işlemlerinin olması durumunda elde edilen sonuçların yol gösterici ve belirleyici olacağı öngörülmektedir. Bu çalışma ile ayrıca harç, sıva, taş ve toprak malzemeler için uygulanan test ve analizler bağlamında literatüre katkı sağlanmıştır. Spot testlere ek olarak çoklu ileri analitik analiz tekniklerinin kullanılması basit testlerin yorumlanması ve özellikle nihai değerlendirme yapılması aşamasında karşılaştırmalı olarak malzemeler için daha kapsamlı bir tartışma yapılmasına olanak sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

- Aksoy Işık, R. ve Korkut, T., 2019, Mor Kuryakos (Dera Qira) Manastırının Mimari Açından Bir Durum Değerlendirmesi, *Kadim Akademi*, 3 (2), 46-47.
- Akman, M.S., 2003, Yapı malzemelerinin tarihsel gelişimi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 426, 30-36.
- Akyol A.A., 2019, Sivrihisar Ulu Cami Yapı Malzeme Analizleri, *Akdeniz Sanat Dergisi*, 13, 40.
- Akyol, A.A., Yılmaz, M., 2020, Hasankeyf Er Rızk Camii minaresi yapı malzemelerinin arkeometrik analizleri, TÜBA-AR 26, 159-175.
- Akyol, A.A., Held, W., Kadioğlu, Y.K., 2015, Tarsus Donuktaş Tapınağı harçlarında arkeometrik çalışmalar, 30. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Yayınları, *İsmail Aygül Matbaacılık*, Ankara, 83-102.
- Ana Britannica Genel Kültür Ansiklopedisi, 1994, *Ana Yayıncılık. A.Ş.*
- Anbalagan, G., Mukundakumari, S., Sakthi Murugesan, K., Gunasekaran, S., 2009, Infrared, optical absorption, and EPR spectroscopic studies on natural gypsum, *Vibrational Spectroscopy*, 50 (2), 226-230.
- Aslan, G., 2019, Mozaikli Villa (Tripolis-Denizli) Mekan Duvarlarında Kullanılan Harçların Arkeometrik Yöntemlerle İncelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), *Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Anabilim Dalı*, Denizli.
- Aydın M., Tetiker S. ve Tanrıkulu H., 2019, Şanlıurfa-Hacı Yedigâr Camii Restorasyon Amaçlı Yapı Malzemelerinin Arkeometrik Özelliklerinin İncelenmesi , *Tüba-Ar*, 24/2019, 239.
- Bell, G., 1982, The Churches and Monasteries of the Tur'abdın, London: *The Pindar Press*, 135.
- Boynton, R.S., 1980, Chemistry and Technology of Lime and Limestone, 2nd ed, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Brunello, V., Corti, C., Sansonetti, A., Tedeschi, C., Rampazzi, L. 2019, Non-invasive FTIR study of mortar model samples: comparison among innovative and traditional techniques, *The European Physical Journal Plus*, 134, 270.
- Catalina G., Carmen P. 2003, Ancient covering plaster mortars from several convents and Islamic and Gothic palaces in Palma de Mallorca (Spain)., *Analytical characterisation, Journal of Cultural Heritage*, Vol 4 No 4, 291-298

- Charola, A.E., Dupas, M., Shery, R.P., Freund, G.G., 1984, Characterization of Ancient Mortars, Chemical and Instrumental Methods, Proceedings of the International Symposium on Scientific Methodologies Applied to Works of Art, Florence, 28-33.
- Chen, J., H.-P. Blume, L. Beyer. 2000, Weathering of Rocks Induced by Lichen Colonization - A Review, *Catena* 39, 121-146.
- Chiac, T.D. and Penkale, B., 1984, Methods of Investigation for Mortars from the Ancient and Early-Medieval Buildings, , 7th Triennial Meeting, *ICOM Committee for Conservation, Copenhagen*, 10-14 September, 84.10.5-84.10.7.
- Cliver, E.B., 1974, Test for the Analysis of Mortars Samples, *Bulletin of the Association for Preservation Technology*, Vol 6 No 1, 1974, 68-73.
- Çorapçioğlu, K., 1983, Doğal taş kagir yapılarda taş ayrışmasının nedenleri ve maktralı kalkerler üzerine bir araştırma, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Demirtaş G., 2020, Konya-Türbeönü Tescilli Kerpiç Yapılarının Restorasyonunda Kullanılacak Uygun Harç Tayini, (Doktora Tezi), *Konya Teknik Üniversitesi*, Konya.
- De Luca R., Ontiveros M.A.C., Miriello D., Pecci A., Le Pera E., Bloise A. and Crisci G.M., 2013, Archaeometric study of mortars and plasters from the Roman City of Pollentia Mallorca - Balearic Islands, *Periodioco di Mineralogia*, 82-3, 353-379.
- Dirican, T., 2019, Kırşehir-Kaman, Yassihöyük Erken Tunç Çağı Yapı Malzemelerinde Arkeometrik Analizler Ve Korunma Sorunları, (Yüksek Lisans Tezi), *Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü*, Ankara.
- Dupas, M., 1981, L'analyse des Mortiers et Enduits des Peintures Murales et des Batiments Ancients, Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings, *ICCROM*, (Rome), 281-95.
- Dursun, H., Dizdar, M.Y., Kırıştioğlu, Ş., Özcan, İ., Hamurkar, Y., 2008, Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat, *Tarım ve*

*Köyüşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.*

- Erguvanlı, K., 1955, Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları, İTÜ Yayını, İstanbul.
- Erişiş, S., Tuğrul, A., Yılmaz, M., Er, S. 2019, Bazaltik kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerinin akustik emisyon üzerindeki etkilerinin araştırılması, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 43, 1-22.
- Fabbri, B., Gualtieri, S., Shoval, S., 2014, The presence of calcite in archeological ceramics, *Journal Of The European Ceramic Society*, 34, 1899-1911.
- Freire, M. T., Silva, A. S., Veiga, M. R., Brito J., 2014, The history of Portuguese interior plaster coatings: a mineralogical survey using XRD, *Archaeometry Magazine*, vol.57, no:1 147-165.
- Genestar, C., Pons, C., 2003, Ancient covering plaster mortars from several convents and Islamic and Gothic palaces in Palma de Mallorca (Spain). Analytical characterisation, *journal of cultural heritage*, vol.4, no:4 291-298.
- Gulotta, D., M. Bertoldi, S. Bortolotto, P. Fermo, A. Piazzalunga, L. Toniolo., 2013, The Angera stone: a challenging conservation issue in the polluted environment of Milan (Italy), *Environ Earth Sci.* 69: 1085–1094.
- Güleç, A., A. Ersen, 1998, Characterization of Ancient Mortars: Evaluation of Simple and Sophisticated Methods, *Journal of Architectural Conservation*, vol.4, no:1, March, .56-67
- Güleç A., 1992, Bazı Tarihi Anıt Harç ve Sıvalarının İncelenmesi, *Yayınlanmamış Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güleç A., 2013, Fatih Camii ve I. Mahmut Kütüphanesi Harç ve Sıvalarının Karakterizasyonu, *Restorasyon Yıllığı*, 142.
- Işık Ö., 2010, Konya Şerafeddin Camisi Yakınındaki Türbenin Tuğla Duvar Malzemesinin Arkeometrik Yönden Araştırılması, (Yüksek Lisans Tezi), *Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Anabilim Dalı*, Adana.
- Jedrzejewska, H., 1960, Old Mortars in Poland : A New Method of Investigation, *Studies in Conservation* , Vol 5 No 4, 132-38.

- Jedrzejewska, H., 1967, Investigation of Ancient Mortars, *Archaeological Chemistry, University of Pennsylvania Press, Philadelphia*, 147-66.
- Jedrzejewska, H., 1982, Ancient Mortars as Criterion in Analysis of Old Architecture, Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings, *ICCROM, Rome*, 311-29.
- Jordá, J.D., Jordán, M.M., Ibanco-Cañete, R., Montero, M.A., Reyes-Labarta, J.A., Sánchez, A., Cerdán, M. 2015. Mineralogical analysis of ceramic tiles by FTIR: A quantitative attempt. *Appl. Clay Sci.* 115, 1-8.
- Koralay, T., Duman, B., Kadioğlu, Y.K. ve Akyol, A.A., 2016, Tarihi Harç ve Sıva Örneklerinin Çoklu Analitik Yöntemler Kullanılarak İncelenmesi: Tripolis (Yenice/Denizli) Örneği, *31. Arkeometri Sonuçları Toplantısı Bildiri Kitabı*, 6
- Kozlu, H.H., 2010, Kayseri Yöresindeki Tarihi Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçlarının Özellikleri, (Doktora Tezi), *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Kubat, L., 2014, Geçmişten günümüze doğal taşlar ve Isparta Gönen trakitinin seramik bünyelerde kullanımı, Sanatta Yeterlilik Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Sanat ve Tasarım, Isparta.
- La Russa M.F., Ruffolo S. A, Ricca M., Rovella N., Comite V., Buergo M.A., Crisci G.M and Barca D., 2015, Archaeometric approach for the study of mortars from the underwater archaeological site of Baia (Naples) Italy: Preliminary results, *Periodico di Mineralogia*, 84-3A, 553-567.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986, A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram. *Journal of Petrology*, 27, 745-750.
- Lea, F.M., 1940, Investigations on Puzzolanas. *Building Research, Technical Papers*, 27, 1-63.
- Maritan, L., Nodari, L., Mazzoli, C., Milano, A., Russo, U., 2006, Influence of firing conditions on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter, *Applied Clay Science (31)*, 1–15.

- Metin, D., 2020, Aspendos Tarihi Yapılarında Kullanılan Harçları ve Tuğlaların Özellikleri, (Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya.
- Nakamoto, K., 1970, Infrared spectra of inorganic and coordination compounds, 2nd edition, Wiley-Interscience, London.
- Öcal Ali D., Dal M., 2012, Doğal Taşlardaki Bozunmalar, *Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi*, İstanbul.
- Palanivel, R., Velraj, G., 2007, FTIR and FT-Raman spectroscopic studies of fired clay artifacts recently excavated in Tamilnadu, India, *Indian Journal of Pure and Applied Physics* 45, 501-508.
- Palanivel, R., Kumar, U.R., 2011, Thermal and spectroscopic analysis of ancient potteries, *Rom. Journ. Phys.*, Vol. 56, Nos. 1–2, P. 195–208, Bucharest.
- Pekmezci, I.P., 2012, Çukurova Bölgesindeki (Kilikya) Bazı Tarihi Yapılarda Kullanılan Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçları İçin Öneriler, (Doktora Tezi), *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi*, İstanbul.
- Ravisankar, R., Kiruba, S., Naseerutheen, A., Chandrasekaran, A., Raja Annamalai, G., Seran, M. and Balaji, P.D., 2011, Estimation of the firing temperature of archaeological pottery excavated from Thiruverkadu, Tamilnadu, India by FT-IR spectroscopy, *Archives of Physics Research*, , 2 (4):108-114.
- Sekhaneh, W.A., Shiyyab, A., Arinat, M., Gharaibeh, N., 2020, Use of FTIR and thermogravimetric analysis of ancient mortar from the church of the cross in Gerasa (Jordan) for conservation purposes, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 20 (3), 159-174.
- Shugar, A. N. ve Mass J. L., 2012, Handheld XRF for Art and Archaeology, *Studies in Archaeological Sciences* 3, Leuven University Press.
- Stewart, J. And Moore, J., 1981, Chemical Techniques of Historic Mortar Analysis, Mortars, Cements, and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings, *ICCROM*, (Rome), .193-310.
- Şawoçe, J., 2001, *Jan Beth Nsibin Dergisi*, 60.

- Şimşek, M., 2008, Batman Mor Kuryakos Manastırı'nın Dünü ve Bugünü, *Batman: I. Uluslararası Batman ve Çevresi Tarihi ve Kültür Sempozyumu*, 440.
- Torraca, G., 1982, Porous Building Materials, ICCROM, Rome.
- TS 3530 EN 933-1/Nisan (1999). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini - Eleme Metodu.
- Uysal T. ve Yurt V. (2015), 24. Müze Kurtarma Kazıları Sempozyumu ve I. Uluslararası Müzecilik Çalıştayı (Şanlıurfa), 509.
- Uysal, T. ve Yurt, S. (2014), *Batman İli, Mor Kuryakos Manastırı*, 22. Müze Kurtarma Kazıları Sempozyumu (Adana), 270.
- Üner Osman F., 2018 Mor Kuryakos Manastırı ve Bozulma Nedenleri, (Yüksek Lisans Tezi), *Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı*, Batman.
- Wessman, L., 1997, Studies on the Frost Resistance of Natural Stone, Lund University, Lund Institute of Technology, Licentiate Thesis, Division of Building Materials, Sweden.
- Velosa, A.L. and Veiga, R., 2002, Use of additivated lime mortars for old building rehabilitation adapted testing methods.9DBMC-2002, 174:1-7.
- Zakar, L. ve Eyüpgiller, K.K., 2018, Mimari Restorasyon – Koruma Teknik ve Yöntemleri, *Ömür Matbaacılık*, İstanbul.
- WEB KAYNAK 1-6
- Web Kaynak-1 ( <http://batmankulturenvanteri.org>) (Erişim Tarihi: 10.05.2020)
- Web Kaynak-2 ([http://www.arasikackm.com/m/batman-besiri\\_batman-bicakci-koy](http://www.arasikackm.com/m/batman-besiri_batman-bicakci-koy)) (Erişim Tarihi: 25.02.2020)
- Web Kaynak-3 A: ruff.info (Erişim Tarihi: 24.04.2021)
- Web Kaynak-4 MTA resmi internet sitesi, (Erişim Tarihi: 24.04.2021) ([http://www.mta.gov.tr/v2.0/turkiye\\_maden/il\\_maden/pdf\\_2010/mardin.pdf](http://www.mta.gov.tr/v2.0/turkiye_maden/il_maden/pdf_2010/mardin.pdf))
- Web Kaynak-5 MTA resmi internet sitesi, (Erişim Tarihi: 24.04.2021) ([http://www.mta.gov.tr/v2.0/turkiye\\_maden/il\\_maden/pdf\\_2010/batman.pdf](http://www.mta.gov.tr/v2.0/turkiye_maden/il_maden/pdf_2010/batman.pdf))
- Web Kaynak-6 MTA resmi internet sitesi, (Erişim Tarihi: 24.04.2021) ([http://www.mta.gov.tr/v2.0/turkiye\\_maden/il\\_maden/pdf\\_2010/diyarbakir.pdf](http://www.mta.gov.tr/v2.0/turkiye_maden/il_maden/pdf_2010/diyarbakir.pdf))