T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ERKEN DÖNEM OSMANLI YAPILARINDA KULLANILAN TRAKYA BÖLGESİ KÜFEKİ TAŞLARININ FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN SONUÇLARI ÜZERİNE BİR MODEL ÖNERİSİ

Gökhan UMAROĞULLARI

DOKTORA TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: YRD. DOÇ. DR. SEMİHA KARTAL

EDİRNE-2015

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. H. Burcu ÖZGÜVEN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımızca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL	
Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR	
Yrd. Doç. Dr. Murat TÜRKYILMAZ	
Yrd. Doç. Dr. İsmet OSMANOĞLU	
Yrd. Doç. Dr. Seyhan YARDIMLI	

Tarih: 25/02/2015

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK DOKTORA PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

25/02/2015

Gökhan UMAROĞULLARI

Tezin Cinsi : Doktora
Tezin Adı : Erken Dönem Osmanlı Yapılarında Kullanılan Trakya Bölgesi Küfeki Taşlarının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sonuçları Üzerine Bir Model Önerisi
Üniversite : Trakya Üniversitesi
Enstitü : Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı : Mimarlık

ÖZET

Bu çalışmada, Süloğlu (Edirne) yöresinden alınan midyeli küfeki taşının, yüzey özelliklerinin ve ayrışma derecelerinin malzemenin sağlamlığına olan etkileri ve Edirne örneğinde bazı yapılarda kullanım şekli gösterilmiştir.

Özellikle Trakya bölgesi ve Edirne'nin tarihi yapılarında kullanılan Süloğlu bölgesi taşlarının tüm yapısal özellikleri ele alınarak, malzemenin sağlamlığına olan etkileri ve kullanım yerlerini göstermeyi amaçlayan TS 699'daki deneyler yapılmştır.

Bu bağlamda Erken Dönem Edirne Yapılarından, Beylerbeyi Türbesi, Çakırağa Camii, Kasımpaşa Camii, Süleymanpaşa Camii, Saatli Medrese ile Pınarhisar ve Süloğlu Ocaklarından alınan Küfeki taşı numuneleri deneysel yöntemlerle analiz edilmiştir.

Analizler sonunda numune içindeki küre ve silindir biçimindeki boşluklar dikkate alınarak birim hücre modeli oluşturulmuş ve buna bağlı olarak dayanım boşluk ilişkisini tanımlayan bir matematiksel model geliştirilmiştir.

Yıl : 2015
Sayfa : 143
Anahtar Sözcükler : Süloğlu, Pınarhisar, küfeki, restorasyon, jeolojik-petrografik-fizikselmekanik-kimyasal özellikler, Edirne taş yapıları.

Thesis Type : Doctoral Thesis
Thesis Name : A Model Proposal on Results of Physical and Mechanical Properties of Trakia Region Küfeki Stone Used at Early Period Ottoman Buildings
University : Trakya University
Institute : Institute of Natural Sciences
Department : Architecture

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the material durability effects and segregation level of the Küfeki Stone came from Suloglu quarry and indicate the restoration usage at some Edirne historical buildings.

The experiments were carried out on the basis specified in TS- 699 in order to determine the material durability effects and segregation level and place of use of the Küfeki Stone came from Suloglu region, especially used at historical buildings of Edirne and Thrace region.

In this context, the Kufeki stone (early period Ottoman Building) which were taken from Beylerbeyi, Çakırağa mosque, Kasımpaşa mosque, Süleymanpaşa mosque, Saatli Medrese and Pınarhisar, Süloğlu quarries were analyzed with experimental methods.

At the and of analyses, considering spaces like sphere and cylinder form in sample, unit cell model was created and therefore a matematical model which was identified relationship between space and strenght was improved.

Year **:** 2015
Page **:** 143
Keywords **:** Suloglu, Pınarhisar, kufekı, restoration, geological-petrographical-physicalmechanical-chemical properties, Edirne Stone buildings.

ÖNSÖZ

Küfeki taşının ocaktan çıktığı andaki özellikleri yapılarda kullanıldığı yere göre zamanla değişime uğramaktadır. Yapı ömrü boyunca taş yüzeyi pek çok fiziksel ve kimyasal etkenle karşı karşıya kalmakta ve yüzeyi ile birlikte iç yapısında da bozulmalar meydana gelmektedir.

Bu çalışmanın amacı günümüzde aktif olarak işletilen Pınarhisar ve Süloğlu taş ocaklarından elde edilen ve yaygın olarak bölgedeki restorasyon çalışmalarında kullanılan küfeki taşının özelliklerinin tayin edilmesidir.

Çalışma kapsamında Edirne il merkezi sınırları içerisinde Erken Osmanlı Dönemi yapılarından beş örnek seçilerek Pınarhisar ve Süloğlu taş ocaklarından elde edilen taş numunelerinin zaman içerisindeki değişimlerinin karşılaştırılarak ortaya konulması amacıyla deneysel yöntemler kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Analizler sırasında kimyasal mineralojik ve petrografik deneyler Trakya üniversitesi Teknoloji araştırma merkezi (TUTAGEM) tarafından gerçekleştirilmiştir. Fiziksel ve mekanik deneyler özel bir laboratuvarda yapılmıştır.

Restorasyonu devam eden tarihi yapılardan numune alma konusunda yardımlarından dolayı Edirne Vakıflar Bölge Müdürlüğü`ne teşekkür ederim.

Çalışmalarımın her aşamasında yardımları ile bana yön veren değerli hocam; Yrd.Doç. Semiha KARTAL'a, katkılarından dolayı ve çalışmamın tamamlanmasında emeği geçen sayın Doç. Dr. Adnan ÇOLAK hocama ve jüri sırasındaki katkılarından dolayı sayın Yrd. Doç. Dr. İsmet OSMANOĞLU, Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR, Yrd. Doç. Dr. Seyhan YARDIMLI ve Yrd. Doç. Dr. Murat TÜRKYILMAZ'a, aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **ii**

ABSTRACT ..... **iii**

ÖNSÖZ ..... **iv**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **vi**

TABLO LİSTESİ ..... **xiii**

BÖLÜM 1. GİRİŞ **1**

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi **2**

1.2. Çalışmanın Kapsamı ve Yöntemi **3**

1.3. Literatür Çalışması **4**

BÖLÜM 2. KÜFEKİ TAŞI VE GENEL ÖZELLİKLERİ **8**

2.1. Küfeki Taşının Tanımı **11**

2.2. Küfeki Taşının Özellikleri **11**

2.2.1. Küfeki Taşının Kimyasal Özellikleri **12**

2.2.2. Küfeki Taşının Fiziksel Özellikleri **14**

2.3. Küfeki Taşının Kullanım Alanları **17**

BÖLÜM 3. YAPI TAŞLARINA (KÜFEKİ TAŞINA) UYGULANABİLECEK DENEYSEL YÖNTEMLER **20**

3.1. Yapı Taşlarına Uygulanan Fiziksel Deneyler **21**

3.2. Yapı Taşlarına Uygulanan Kimyasal Deneyler **23**

3.3. Yapı Taşlarına Uygulanan Mekanik Deneyler **24**

3.4. Yapı Taşlarına Uygulanan Mineralojik ve Petrografik Deneyler **26**

3.5. Analizlerde Kullanılan Cihazlar **28**

BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE ELDE EDİLEN BULGULAR ... **38**

4.1. Numune Alınan Yapılar ve Taş Ocakları **39**

4.1.1. Beylerbeyi Türbesi **40**

4.1.2. Süleymanpaşa Camii **41**

4.1.3. Çakırağa Camii **43**

4.1.4. Kasımpaşa Camii **45**

4.1.5. Saatli Medrese **47**

4.1.6. Süloğlu Taş Ocağı **49**

4.1.7. Pınarhisar Taş Ocağı **50**

4.2. Uygulanan Deneyler **50**
4.2.1. Fiziksel Özellik Deneyleri **51**
4.2.2. Kimyasal Özellik Deneyleri **68**
4.2.3. Mekanik Özellik Deneyleri **92**
4.2.4. Mineralojik ve Petrografik Özellik Deneyleri **108**
BÖLÜM 5. KÜFEKİ TAŞI NUMUNELERİ İÇİN BİRİM HÜCRE MODELİ VE DAYANIM BOŞLUK İLİŞKİSİ **124**
BÖLÜM 6. DEĞERLENDİRME **128**
BÖLÜM 7. SONUÇLAR **132**
EK 1. Edirne Vakıflar Bölge Müdürlüğü Numune Alma İzin Belgesi **135**
KAYNAKLAR **136**
ÖZGEÇMİŞ **143**

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No:	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 2.1.	Küfeki taşının pencere, kapı sövelerinde ve subasmanda kullanımı	18
Şekil 2.2.	Küfeki taşının zemin kaplaması ve portalde kullanımı	18
Şekil 2.3.	Küfeki taşının duvar örgülerinde ve köprülerde kullanımı	19
Şekil 2.4.	Küfeki taşının minarelerde ve çeşitli donatılarda kullanımı	19
Şekil 2.5.	Küfeki taşının cephe kaplaması ve kolonlarda kullanımı	19
Şekil 3.1.	Taş ocağında, laboratuarda ve yapıdaki taş testlerinin ana elemanları ve farklı seviyelerdeki tekniklerin kullanımı	20
Şekil 3.2.	Elektron mikroskobu SEM ile analiz çalışması.....	29
Şekil 3.3.	Stereo Mikroskopu ile analiz çalışması.....	30
Şekil 3.4.	ICPMS cihazı	30
Şekil 4.1.	Edirne İl Merkezinde örnek alınan yapıların konumu	39
Şekil 4.2.	Beylerbeyi Türbesi genel görünümü ve küfeki numunesi alınan yer	41
Şekil 4.3.	Süleymanpaşa Cami Giriş Cephesi ve numunenin alındığı yer	43
Şekil 4.4.	Çakırağa Cami Giriş Cephesi ve numunenin alındığı minaresi köşesi	45
Şekil 4.5.	Kasımpaşa Camii ve küfeki numunesi	47
Şekil 4.6.	Saatli Medrese Giriş Cephesi ve numunenin alındığı yer	49
Şekil 4.7.	Süloğlu Taş Ocağının Genel Görünümü	49
Şekil 4.8.	Taş ocağından taşların kesilip çıkarılma işlemi	50
Şekil 4.9.	Pınarhisar Taş Ocağından genel görünüm	50
Şekil 4.10.	Süleymanpaşa Camii birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri	52
Şekil 4.11.	Süleymanpaşa Camii ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği	53
Şekil 4.12.	Süleymanpaşa Camii ağırlıkça su emme oranları grafiği	53
Şekil 4.13.	Çakırağa Camii birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri	54
Şekil 4.14.	Çakırağa Camii ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği	55

Şekil 4.15. Çakırağa Camii ağırlıkça su emme oranları grafiği 55
Şekil 4.16. Saatli Medrese birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri 56
Şekil 4.17. Saatli Medrese ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği 56
Şekil 4.18. Saatli Medrese ağırlıkça su emme oranları grafiği 57
Şekil 4.19. Beylerbeyi Türbesi birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri 58
Şekil 4.20. Beylerbeyi Türbesi ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği 58
Şekil 4.21. Beylerbeyi Türbesi ağırlıkça su emme oranları grafiği 59
Şekil 4.22. Kasımpaşa Camii birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri 60
Şekil 4.23. Kasımpaşa Camii ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği 60
Şekil 4.24. Kasımpaşa Camii ağırlıkça su emme oranları grafiği 61
Şekil 4.25. Süloğlu Taş Ocağı birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri 62
Şekil 4.26. Süloğlu Taş Ocağı ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği 63
Şekil 4.27. Süloğlu Taş Ocağı ağırlıkça su emme oranları grafiği 63
Şekil 4.28. Pınarhisar Taş Ocağı birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri 64
Şekil 4.29. Pınarhisar Taş Ocağı ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği 64
Şekil 4.30. Pınarhisar Taş Ocağı ağırlıkça su emme oranları grafiği 65
Şekil 4.31. Ortalama su emme değerlerinin karşılaştırılması 66
Şekil 4.32. Ortalama Birim Ağırlık ve Birim Hacim Ağırlık Değişim Grafiği 67
Şekil 4.33. Ortalama Birim Hacim Ağırlık değerlerinin karşılaştırılması 67
Şekil 4.34. Süleymanpaşa Camii Mikroskop Numuneleri 69
Şekil 4.35. Süleymanpaşa Camii`nden alınan (örnek B) taşın XRD grafiği 70
Şekil 4.36. Süleymanpaşa Camii`nden alınan (örnek B) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri 70
Şekil 4.37. Süleymanpaşa Camisi`nden alınan (örnek B) taşın XRD grafiği Eser minerallerin yüzdeleri..... 71
Şekil 4.38. Çakırağa Camii'nden alınan Mikroskop Numuneleri 72
Şekil 4.39 Çakırağa Camii'inden alınan (örnek C) taşın XRD grafiği 73

Şekil 4.40. Çakırağa Camii'nden alınan (örnek C) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Kalsiyum ve Karbon) yüzdeleri 74
Şekil 4.41. Çakırağa Camii'sinden alınan (örnek C) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri 74
Şekil 4.42. Saatli Medrese Mikroskop Numuneleri 75
Şekil 4.43. Saatli Medrese`den alınan (örnek F) taşın XRD grafiği 76
Şekil 4.44. Saatli Medrese`den alınan (örnek F) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri 77
Şekil 4.45. Saatli Medrese`den alınan (örnek F) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri 77
Şekil 4.46. Beylerbeyi Türbesi Mikroskop Numuneleri 78
Şekil 4.47. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan (örnek H) taşın XRD grafiği 79
Şekil 4.48. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan (örnek H) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri 80
Şekil 4.49. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan (örnek H) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri 80
Şekil 4.50. Kasımpaşa Camii Mikroskop Numuneleri 81
Şekil 4.51. Kasımpaşa Camisi`nden alınan (örnek I) taşın XRD grafiği 82
Şekil 4.52. Kasımpaşa Camii`nden alınan (örnek I) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri 83
Şekil 4.53. Kasımpaşa Camii`nden alınan (örnek I) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri 83
Şekil 4.54. Süloğlu taş ocağı Mikroskop numuneleri 84
Şekil 4.55. Süloğlu taş ocağından alınan (örnek D) taşın XRD grafiği 85
Şekil 4.56. Süloğlu taş ocağından alınan (örnek D) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri 86
Şekil 4.57. Süloğlu taş ocağından alınan (örnek D) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri 86
Şekil 4.58. Pınarhisar taş ocağı Mikroskop numuneleri 87
Şekil 4.59. Pınarhisar taş ocağından alınan (örnek G) taşın XRD grafiği 88
Şekil 4.60. Pınarhisar taş ocağından alınan (örnek G) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri 88

Şekil 4.61. Pınarhisar taş ocağından alınan (örnek G) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri 89
Şekil 4.62. Küfeki taş numunelerinin XRD analizinde Oksijen oranları 90
Şekil 4.63. Küfeki taş numunelerinin XRD analizinde Kalsiyum oranları 90
Şekil 4.64. Küfeki taş numunelerinin XRD analizinde Karbon oranları 91
Şekil 4.65. Tek eksenli basınç deney düzeneği 92
Şekil 4.66. Süleymanpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler 93
Şekil 4.67. Süleymanpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler 93
Şekil 4.68. Süleymanpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği 94
Şekil 4.69. Süleymanpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği 94
Şekil 4.70. Çakırağa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler 95
Şekil 4.71. Çakırağa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler 95
Şekil 4.72. Çakırağa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği ... 96
Şekil 4.73. Çakırağa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği 97
Şekil 4.74. Saatli Medrese don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler 97
Şekil 4.75. Saatli Medrese don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler 98
Şekil 4.76. Saatli Medrese don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği 98
Şekil 4.77. Saatli Medrese don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği 99
Şekil 4.78. Beylerbeyi Türbesi don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler 100
Şekil 4.79. Beylerbeyi Türbesi don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler 100

Şekil 4.80. Beylerbeyi Türbesi don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği 101
Şekil 4.81. Beylerbeyi Türbesi don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği 101
Şekil 4.82. Kasımpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler 102
Şekil 4.83. Kasımpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler 102
Şekil 4.84. Kasımpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği 103
Şekil 4.85. Kasımpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği 104
Şekil 4.86. Süloğlu Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler 104
Şekil 4.87. Süloğlu Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler 105
Şekil 4.88. Süloğlu Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği 105
Şekil 4.89. Süloğlu Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği 106
Şekil 4.90. Pınarhisar Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler 106
Şekil 4.91. Pınarhisar Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler 107
Şekil 4.92. Pınarhisar Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği 107
Şekil 4.93. Pınarhisar Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği 108
Şekil 4.94. Küfeki Taşı mikroskop deneyi Numuneleri 109
Şekil 4.95. Süleymanpaşa Camii`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a)75x b)150x 110
Şekil 4.96. Süleymanpaşa Camii`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a)250x b)500x 110
Şekil 4.97. Süleymanpaşa Camii`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a)

750x b) 1000x 110
Şekil 4.98. Süleymanpaşa Camisi`nden alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x) 111
Şekil 4.99. Süleymanpaşa Camii numunesinin Optik Mikroskop görüntüsü a) 7x b) 16x c) 32x 111
Şekil 4.100. Çakırağa Camiinden alınan numunenin SEM görüntüsü a)150x b) 250x 112
Şekil 4.101. Çakırağa Camiinden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b)1000x 112
Şekil 4.102. Çakırağa Camiinden alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x) . 113
Şekil 4.103. Çakırağa Camii numunesinin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x 113
Şekil 4.104. Saatli Medrese`den alınan numunenin SEM görüntüsü a) 150x b) 250x 114
Şekil 4.105. Saatli Medrese`den alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b) 1000x 114
Şekil 4.106. Saatli Medrese`den alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x) ... 115
Şekil 4.107. Saatli Medrese`den alınan numunenin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x 115
Şekil 4.108. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 150x b) 250x 116
Şekil 4.109. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b) 1000x 116
Şekil 4.110. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x) 116
Şekil 4.111. Beylerbeyi Türbesi örneğinin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x 117
Şekil 4.112. Kasımpaşa Camii`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 150x b) 250x 118
Şekil 4.113. Kasımpaşa Camii`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b) 1000x 118

Şekil 4.114. Kasımpaşa Camisi`nden alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x) 118
Şekil 4.115. Kasımpaşa Camii örneğinin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x 119
Şekil 4.116. Süloğlu Taş Ocağı`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 150x b) 250x 119
Şekil 4.117. Süloğlu Taş Ocağı`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b) 1000x 120
Şekil 4.118. Süloğlu Taş Ocağı'ndan alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x) 120
Şekil 4.119. Süloğlu Taş Ocağı örneğinin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x 121
Şekil 4.120. Pınarhisar Taş Ocağı`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 150x b) 250x 121
Şekil 4.121. Pınarhisar Taş Ocağı`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b) 1000x 121
Şekil 4.122. Pınarhisar taş ocağından alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x) 122
Şekil 4.123. Pınarhisar Taş Ocağı örneğinin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x 122
Şekil 5.1. Birim Hücre Modeli 124
Şekil 5.2. Numunelerin dayanım ve porozite ilişkisi 127
Şekil 6.1. Numunelerin Oksijen-Karbon-Kalsiyum içerikleri 129
Şekil 6.2. Numunelerin basınç dayanımı ve su emme oranları karşılaştırması 130
Şekil 6.3. Numunelerin ortalama basınç dayanımlarının karşılaştırması 131
Şekil 6.4. Numunelerin ilk ağırlık ve su içirisindeki ağırlıklarının karşılaştırması 131

TABLO LİSTESİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 2.1.	Oluşum, çevre kayaçlarla ilişkisi, mineral bileşimi ve yapı özelliklerine göre sınıflandırma	9
Tablo 2.2.	Sedimanter Kayaçların Oluşlarına Sebep Olan Faktörlere Göre Sınıflandırma	10
Tablo 2.3.	Küfeki taşının fiziksel özellikleri	16
Tablo 2.4.	Kireçtaşının dış duvar kaplaması olarak kullanıldığında kimyasal yapısı ve fiziksel özellikleri	17
Tablo 3.1.	Yapı taşlarının kimyasal özellikleri	24
Tablo 3.2.	Yapı taşlarının basınç ve eğilmede çekme dayanım değerleri	26
Tablo 3.3.	Yüzey Analiz metodları	27
Tablo 3.4.	ICP-MS Laboratuvarında Ölçülen Elementler ve ICP-MS Saptama Sınırları	32
Tablo 4.1.	Beylerbeyi Türbesi Genel Özellikleri	40
Tablo 4.2.	Süleymanpaşa Camii Genel Özellikleri	42
Tablo 4.3.	Çakırağa Camii Genel Özellikleri	44
Tablo 4.4.	Kasımpaşa Camii Genel Özellikleri	46
Tablo 4.5.	Saatli Medrese Genel Özellikleri	48
Tablo 4.6.	Süleymanpaşa Camii Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri	52
Tablo 4.7.	Süleymanpaşa Camii porozite deney sonuçları	53
Tablo 4.8.	Çakırağa Camii Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri	54
Tablo 4.9.	Çakırağa Camii porozite deney sonuçları	55
Tablo 4.10.	Saatli Medrese Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri	56
Tablo 4.11.	Saatli Medrese porozite deney sonuçları	57
Tablo 4.12.	Beylerbeyi Türbesi Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri	58
Tablo 4.13.	Beylerbeyi Türbesi porozite deney sonuçları	59
Tablo 4.14.	Kasımpaşa Camii Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri..	60
Tablo 4.15.	Kasımpaşa Camii porozite deney sonuçları	61

Tablo 4.16. Süloğlu Taş Ocağı Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri 62
Tablo 4.17. Süloğlu Taş Ocağı porozite deney sonuçları 63
Tablo 4.18. Pınarhisar Taş Ocağı Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri 64
Tablo 4.19. Pınarhisar Taş Ocağı porozite deney sonuçları 65
Tablo 4.20. Süleymanpaşa Camii XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri 69
Tablo 4.21. Çakırağa Camii XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri 72
Tablo 4.22. Saatli Medrese XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri 75
Tablo 4.23. Beylerbeyi Türbesi XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri.. 78
Tablo 4.24. Kasımpaşa Camii XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri.... 81
Tablo 4.25. Süloğlu Taş Ocağı XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri... 84
Tablo 4.26. Pınarhisar Taş Ocağı XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri 87
Tablo 4.27. Süleymanpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları 93
Tablo 4.28. Çakırağa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları.. 96
Tablo 4.29. Saatli Medrese don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları... 98
Tablo 4.30. Beylerbeyi Türbesi don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları 100
Tablo 4.31. Kasımpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları 103
Tablo 4.32. Süloğlu Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları 105
Tablo 4.33. Pınarhisar Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları 107
Tablo 5.1. Numunelerin deneysel ve teorik deneylerdeki dayanım ve porozite değerleri 126
Tablo 6.1. Numunelerin Kalker Oranları 128

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Bilinen en eski yapı malzemelerinden biri olan taş, tarihsel çağlar boyunca insan ile bütünleşen bir malzeme olmuştur. Eski çağlardan beri, kalıcı binaların yapımlarında tercih edilen, sağlamlığın ve güvenin simgesi olan taş, şekil ve işlev değiştirerek devamlı kullanılmış ve kullanılmaya devam edilmektedir. Taşın eski çağlarda, hiçbir bağlayıcı sisteme ihtiyaç duymadan ayakta durabilen bir yapıya olanak sağlaması, onu diğer malzemelere göre üstün kılmıştır.

Tarih boyunca insanoğlu tarafından yapılarda ve anıtlarda güzelliği ve dayanıklılığı nedeniyle kullanılan taş, günümüzde de inşaat, kaplama, döşeme, heykelcilik, mezar taşı yapımı, mıcır, porselen ve cam sanayi, optik sanayi ve süs eşyası yapımında kullanılarak önemini korumayı başarmıştır. Taş yapı, tasarım ve sanat malzemesi olarak, gücün, prestijin, essizliğin, ölümsüzlüğün ve estetiğin farklı coğrafya ve farklı dönemlerde sembolü olmuştur.

Taş malzeme doğal ve yapay taş olarak iki şekilde incelenebilir. Doğal taşlar yer kürenin üst kısmındaki tabakadan çıkarılan, kristal iç yapılı ve inorganik esaslı malzemelerdir. Doğal yapı taşı, natürelliğinin yanı sıra dayanıklı, eşsiz, estetik bir malzeme oluşu ve erişilebilirliği ile de yapı tasarımında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [1]. Buna paralel olarak gelişen doğal taş sektörü de Türkiye ve Dünya genelinde önemli bir pazar elde etmiş durumdadır.

Yapının ana öğesi olan yapı taşları geniş bir kullanım alanına sahiptir. Taşıyıcı özelliği, zamanın etkilerine karşı direnci ve dayanıklılığı nedeniyle kemer tonoz gibi açıklıkların geçilmesinde, kolonlarda, taşıyıcı duvarlarda taşıyıcı yapı malzemesi olarak, aşınmaya karsı direnci nedeniyle yer döşemelerinde tercih edilmektedir. Günümüzde taş, temel bir yapı malzemesi olarak kullanılmasından çok yüzey kaplama malzemesi olarak, betonarme veya çelik iskelet sistemlerde ve döşemelerde kullanımı yaygınlaşmıştır. Taşa özelliğini kazandıran doğal nitelikleri olan güzellik, kalıcılık ve

değiştirilebilirliği sayesinde taşın kullanımı artmıştır. Ayrıca ısı iletkenliği ve ısı depolama kapasitesinin yüksek bir malzeme olması nedeniyle ısıl konfor açısından uygun bir malzeme olan taşın yangın dayanımı da yüksektir. Özellikle Türkiye'de de her yöreye özgün taş bulunabilmesinden dolayı "yerel" malzeme kullanımına da olanak sağlamaktadır.

Doğal taş çeşitlerinden granit gibi sert taşlar çoğunlukla sütunlarda, mermer eşiklerde, basamaklarda, sövelerde, zemin kaplamalarında kullanılırken çalışmada ele alınan küfeki gibi kalker esaslı taşlar ise dini yapıların hemen hemen her yerinde kullanılmıştır.

Küfeki taşı Roma ve Bizans dönemine kadar uzanan bir geçmişe sahip, "İstanbul taşı" olarak bilinen, topraktan çıkarıldığı anda yumuşak olduğu için kolayca işlenebilen bir taştır. En önemli özelliği hava ile temas ettiğinde havadaki karbondioksiti bünyesine alarak sertlik ve mukavemeti artan ve yaklaşık 2000-2500 yıl ayakta kalabilen bir taştır. Küfeki taşı aynı zamanda yapı fiziği açısından da değerlendirildiğinde içerisindeki boşluklu yapısı nedeniyle ısı iletkenliği ve buhar geçirgenlik direnci düşük bir yapı malzemesidir.

Trakya bölgesinde sıklıkla kullanılan küfeki taşı, yöresel ocaklarının varlığı ile taşın işlenme kolaylığı, sağlamlığı, renk ve doku olarak geçmişte kullanılan malzemeye yakınlığı nedeniyle tercih edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında kalker esaslı yapı taşlarından olan küfeki taşının geçmişte ve günümüzdeki kullanımını deneysel yöntemler kullanılarak karşılaştırmak hedeflenmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde mimariye şekil vermiş ve ana malzeme özelliğini korumuş olan küfeki taşı; kolay işlenme, estetik, klimatik ve mukavemet gibi özelliklerinin yüksek olması nedeniyle günümüzde de sıklıkla kullanılmaya devam etmektedir. Bunun yanı sıra Trakya bölgesinde hala uygun taş ocaklarının bulunması, restorasyon çalışmalarında deforme olan orijinal taşın yerine aynı formda bir taşın kullanılabilme olanağının olması bu çalışmanın önemini vurgulamaktadır.

Küfeki taşının ocaktan çıktığı andaki özellikleri yapılarda kullanıldığı yere göre zamanla değişime uğramaktadır. Yapı ömrü boyunca taş yüzeyi pek çok fiziksel ve

kimyasal etkenle karşı karşıya kalmakta ve yüzeyi ile birlikte iç yapısında da bozulmalar meydana gelmektedir.

Bu çalışmanın amacı günümüzde aktif olarak işletilen Pınarhisar ve Süloğlu taş ocaklarından elde edilen ve yaygın olarak bölgedeki restorasyon çalışmalarında kullanılan küfeki taşının özelliklerinin tayin edilmesidir. Ayrıca çalışmada yaklaşık 400 yıl öncesinde inşa edilmiş olan tarihi yapılardan alınan numuneler ile ocaktan alınan numunelerin fiziksel, kimyasal, mekanik, mineralojik ve petrografik özellikleri karşılaştırılmıştır. Yapı taşları ile ilgili yapılan bu tür çalışmalarla bu bozulma etkenlerinin azaltılması ve yapı ömrünün uzatılması mümkün olabilecektir.

Tarihi yapılarda kullanılan taş malzemenin bozulma ve deforme olma nedenleri genellikle taşın iç yapısına, mekanik aşınmalara, su ve neme, atmosferik şartlar ve hava kirliliğine bağlı oluşurken kullanıcıların da malzeme üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır. Bu bağlamda pek çok etkene bağlı olarak ortaya çıkan bozulmalarla yapıların önemli derecede hasar görmesi ve bazı durumlarda yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalınmaktadır. Kültürün korunmasında en önemli değer olan tarihi yapıların korunması hem ulusal hem de kişisel hedef olmalıdır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı ve Yöntemi

Yapı taşları yapıda kullanıldıkları yere göre farklı özellilere sahip olmalıdır. Küfeki taşı yalnız örgü ve dışta cephe kaplama malzemesi olarak değil, iç mekanda, duvarlarda, taşıyıcı öğelerde, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, portal ve mihraplarda, parmaklıklarda da kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında Edirne il merkezi sınırları içerisinde Erken Osmanlı Dönemi yapılarından beş örnek seçilmiştir. Seçilen örnekler özellikle restorasyon aşamasında olan ve yapı taşlarındaki bozulmalar nedeniyle günümüz teknikleri ve bölgesel taş ocaklarından sağlanan küfeki taşı ile onarımların gerçekleştirildiği yapılardır. Bu yapılardan elde edilen taş numuneleri ile bölgede yaygın olarak kullanılan Pınarhisar ve Süloğlu taş ocaklarından elde edilen taş numunelerinin zaman içerisindeki değişimlerinin karşılaştırılarak ortaya konulması amacıyla bazı analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Tarihi yapılarda kullanılacak taş malzemenin özelliklerinin belirlenmesinde pek çok analiz yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler gözlem ve deneysel olarak

değerlendirilmektedir. Yapı taşlarına uygulanacak deneysel yöntemler TS 699 kapsamında tanımlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında da bu standart esas alınarak fiziksel, kimyasal, mekanik, mineralojik ve petrografik olmak üzere çeşitli deneysel yöntemler uygulanmıştır.

Uygulanan deneysel yöntemler sonucunda elde edilen veriler yardımıyla, Erken Osmanlı Döneminde kullanılmış olan küfeki taşının günümüzde restorasyon çalışmaları sırasında aktif durumdaki ocaklardan elde edilerek değiştirildiğinde sağlanması beklenen performansı değerlendirilmiştir. Ayrıca hem aynı döneme ait tarihi yapılardan alınan numunelerin kendi aralarında karşılaştırılarak değerlendirilmiş aynı zamanda iki farklı taş ocağından elde edilen küfeki taşının da kendi aralarında karşılaştırılması yapılmıştır.

Son olarak küfeki taşını temsil eden numuneler içindeki küre ve silindir biçimindeki boşluklar dikkate alınarak birim hücre modeli oluşturulmuş ve buna bağlı olarak dayanım boşluk ilişkisini tanımlayan bir matematiksel model geliştirilmiştir.

1.3. Literatür Çalışması

Küfeki taşı ve yapı taşlarına uygulanan deneysel yöntemlerle ilgili yapılan literatür taramasında yararlanılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Bradley, F., (1998) kitabında yapının iç ve dış mekan kullanımında taşın seçimini etkileyen faktörleri anlatmaktadır. Mermer, granit, quartz ve tüm diğer taşlar için bir taş terminolojisini, sınıflandırmasını, teknik karakterlerini, estetik yaklaşımlarını, elde edilebilirliğini ve uygulamalarını incelemiş, taşları renklerine ve türlerine göre sınıflandırılmıştır [2].

Turgut, S. vd, (1983) çalışmalarında, Istranca Masifi üzerinde yaklaşık 100-150 metre kalınlıkta olan Soğucak Formasyonu, havzanın derin kısımlarında 200-300 metre kalınlığa eriştiğini ve bu formasyondaki kalınlık değişmelerinin yeraltındaki fasiyes dağılımını da etkilediğini kalınlık haritasında göstermişlerdir. Buna göre derin zonlardaki kalın soğucak kireç taşları Istranca Dağları'na paralel olarak KB-GD istikametinde çökelmişlerdir. Havzada genel olarak Tersiyer sedimanter istifinin konglomera, kumtaşı, şeyl, marn, killi kireçtaşı, tüf gibi klastikler ile resifal ve derin denizel kireçtaşlarından oluştuğunu ve Havza merkezinde sedimanter istifin kalınlığının yaklaşık olarak 8000-9000 metreye kadar ulaştığını belirtmişlerdir [3].

Matovic Vesna B., (2000) çalışmasında Belgrad-Bele Vode köyünden ve Grza nehrinden alınan ortaçağdan beri çoğunlukla yapı taşı olarak kullanılan kumtaşlarından söz etmiştir. Bu taşların Lazarica Kilisesi, Manasija Manastırı, San Marco Kilisesi gibi yeni binalarda kullanıldığı ve zamanla kumtaşı bloklarında çeşitli oranlarda ve şekillerde bozulmalar gözlendiği belirtilmiştir. Çalışmada sözü geçen bölümlerdeki kum taşlarının çürüme sebepleri, petrografilerine ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değerlendirilmiştir [4].

Küçükkaya G, vd., (2005) çalışmalarında, günümüzde var olmayan 3 farklı kireç taşı ocağından alınan kireçtaşı gibi tarihi yapı taşı örneklerinin kimyasal ve petrografik analizlerinden söz etmişlerdir. İstanbul'daki Osmanlı ve Bizans'a ait olan tarihi eserlerde kullanılan kireçtaşı, tüf ve traverten gibi taşların yapısını, özelliklerini ve karakterini incelemişlerdir [5].

Özpınar Y, vd, (1999) çalışmalarında Uşak kuzeyindeki aglomeraların ve Sandıklı çevresindeki tüflerin jeolojik, petrografik ve petrokimyasal incelemesini yapmış, bunların teknolojik özelliklerini araştırılmışlardır. Aglomera ve tüflerin petrografik ve petrokimyasal özellikleri göz önüne alındığında tras olarak kullanılabilecek olduklarını belirtmişlerdir. Aglomeraların "Küfeki Taşı" olarak da adlandırıldığını ve sütlü kahve renkli türlerde zeolitleşme izlenmesine karşın, gerek boşluk alanlar ve gerekse de kil minerale dönüşümün daha az olmasından dolayı bölgedeki diğer tüf ve aglomeratara göre dayanımlarının %75 daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir [6].

Dal M., (2008) doktora tezinde, Vize-Pınarhisar (Kırklareli) yöresindeki Soğucak formasyonu kalkerlerinin; jeolojik, mineralojik, fiziksel, mekanik, teknolojik, kimyasal özellikleri belirlenerek restorasyonda kullanılabilirliği ve uygunluğunu araştırmıştır. Vize dolaylarındaki tarihi eserlerin restorasyonları sırasında örnekler alarak yapı taşlarının ve ocak taşlarının tüm içyapı özelliklerini incelemiştir. Özellikle Trakya bölgesi ve İstanbul'un tarihi yapılarında yoğun olarak kullanılan Pınarhisar ve Vize bölgesi yapı taşlarının yapısal özelliklerini ele alarak restorasyonlarda kullanılabilirliğini amaçlayan TS 699'daki deneyler yapmıştır [7].

Erguvanlı, K., ve Ahunbay, Z., (1989) çalışmalarında, Sinan'ın eserlerinde kullandığı küfeki taşının kaba işlenmiş nitelikten, kesme taş ve zengin bezemeli düzeye kadar kademelenmesini göstermişlerdir. Küfeki taşının yalnız örgü ve dış cephe

kaplama malzemesi olarak değil, iç mekanda, duvarlarda, taşıyıcı öğelerde, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, portal ve mihraplarda, parmaklıklarda da kullanıldığını vurgulamışlardır [8].

Ahunbay, Z., (1988) kitabında, Mimar Sinan'ın en çok kullandığı taş olan Küfeki yapıların dış duvarlarında, gövde örgüsü ve dış kaplama olarak, iç mekanlarda iç duvar malzemesi ve döşeme kaplaması olarak, taşıyıcı ayaklarda, kemer, portal ve mihraplarda, parmaklıklarda olmak üzere eleman ve bileşen düzeyinde geniş bir kullanım yelpazesine sahip olduğunu göstermiştir [9].

Arıoğlu, N., (2003) çalışmasında, Mimar Sinan'ın malzeme seçimindeki yaklaşımlarını algılayabilmek, küfeki taşının kullanım yerlerini ve seçim nedenlerini irdelemek ve Sinan'ın İstanbul'daki eserlerinde kullandığı küfeki taşının çekme dayanımlarını belirlemek amacıyla deneysel bir çalışma yapmıştır [10].

Langella, A., (2000) çalışmasında, üç gözenekli volkanik taş üzerindeki bozulmayı araştırmıştır. Taşları eskitme deneylerine sokmuştur. İtalya-Campania bölgesinin çevresel ve iklimsel karakterini anlamak için bu testler yapılmıştır. Islaklık-kuruma ve tuz kristalleşmesi testleri yapılmıştır. SEM gözlemleri taneler arası ilişkileri görmede önemli rol oynamıştır. Neapolitan sarı tüf taşının sağlamlığının düşük olduğu sonucuna varılmıştır [11].

Dessandier, D., (2000) çalışmasında, zayıftan iyiye doğru sağlamlığı değişen 5 tüf örneği üzerinde çalışmıştır. Laboratuvardaki minerolojik ve petrofiziksel tanımlamadan sonra numuneler hızlandırılmış eskitme deneylerine sokulmuştur. Tüfün sağlamlığı üzerindeki mikro stüktürel özellikler ve minerolojik kompozisyonun etkisi çalışılmıştır. X-Işın Diffraktometresi her tüf taşının mineral birleşiminin tanımlanmasında kullanılmıştır. FT-IR ve Optik Mikroskopta bu deneylerde kullanılmıştır [12].

Cristina Patemo M., ve Elena Charolai A., (2000) çalışmalarında, Manila yakınlarındaki Mayamot Dağı ocağından alınan numuneler üzerinde sağlamlaştırma testleri yapmışlardır. İşlenmiş ve işlenmemiş tüf taşları üzerinde donma-kuruma döngüsü araştırılmıştır. 3 adet 5x5x5cm olan numuneler üzerinde IR analizleri ve SEM çalışmaları yapılmıştır [13].

Braga, S., (2000) çalışmasında, Azor adalarından alınan volkanik taşların yüzyıllar boyunca yapıların cephelerinde kullanıldığını vurgulamaktadır. Seçilen

yapılardaki bozulma mekanizması araştırılmıştır. Minerolojik, petrografik ve kimyasal teknikler kullanılarak taşlar araştırılmaya sokulmuştur. Burada Optik Mikroskop, XRD, EMPA ve XRF-WDS aletleri ile analizler yapılmıştır. Taşların çok gözenekli olmasından dolayı yüksek geçirimlilik olduğu ortaya çıkmıştır [14].

Theoulakis, P., (2000) çalışmasında, Atina akrapolisindeki taşlar üzerinde taşın bozulma mekanizmasını araştırmıştır. Burada Optik Mikroskop, XRD, SEM-EDX aletleri ile analizler yapılmıştır. 4 farklı taş (beyaz sert taş, fosilli bir taş, yumuşak bir kireçtaşı ve sert kumtaşı) bu analizler için seçilmiştir. Gözeneklilik, ultrasonik hızlanma, mekanik kuvvet ve su emme değerleri araştırılmıştır [15].

Thomachot, C., ve Jeannette, D., (2000) çalışmalarında, Strasburg kathedralinden alınan üzeri siyah bir kabuk ile kaplı, 2 farklı kumtaşı üzerinde araştırma yapmışlardır. Sarı ve pembe taşlardaki gözeneklilik araştırılmıştır. Daha düşük civa gözenekliliği, daha düşük ve zayıf kapiler emme, yavaş kuruma, kabuk boyunca daha düşük yapışma görülmüştür. RX, SEM analizlerinden yararlanılmıştır [16].

Ercoli, L., vd., (2012) çalışmalarında, lazer tarayıcı kullanarak kireç taşındaki bozulmayı araştırmışlardır. Yapılan testlerin genelde taşa zarar verdiğini fakat NDT tekniklerinin zararsız olduklarını göstermeye çalışmışlardır. Bu amaçla Sicilya-Palermo`daki Jung sarayının iki ana giriş kolonu üzerinde çalışmışlarıdır. Optik mikroskop, STA analizleri, Mikroraman spektoskopisi, ve XRD analizleri yapılarak çalışılmıştır [17].

Mutluhan A., ve Aydın O., (2010) çalışmalarında, hızlandırılmış eskitme testleri kullanarak sarı traverten taşının uzun soluklu dayanım değerlendirmesi üzerine çalışmışlardır (Kuruma-donma, kuru-ıslak ve tuz kristallenmesi). 5x5x5cm numuneler üzerinde minerolojik yapı incelemesi için SEM, kristal safhaları için SEM-EDS, minerolojik yapısı için ise XRD kullanılmıştır [18].

Çelik, M., vd., (2013) çalışmalarında, tek eksenli basınç dayanımı (UCS), bükülgen dayanım ve donma-çözülme etkisi gibi, su emme işleminin Ayazini Tüf taşı dayanımı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Afyon ilinde çok kullanılan Tüf taşının ana elementleri için XRF, minerolojik ve petrografik özellikleri için ise XRD ve SEM kullanılmıştır [19].

BÖLÜM 2

KÜFEKİ TAŞI VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Yerkabuğundan çıkarılıp, yapı işlerinde çeşitli amaçlarla, değişik şekil ve kalınlıkta kullanılan doğal taşlara yapıtaşı adı verilmektedir [20]. Yer kabuğunu meydana getiren külteler magmatik, tortul (sedimanter) ve metamorfik olmak üzere üç kısımda toplanmaktadır. Bunların oluş ve bulunuş şekillerini, bileşimlerini, ayrışma, değişme, kristalleşme ve sınıflandırılmalarını, fizikokimyasal ve jeokimyasal özelliklerini petroloji ilmi inceler. Kültelerin doku ve bileşimlerine göre sistematik olarak sınıflandırılmaları ile de petrografi ilmi uğraşır [21]. Tablo 2.1.'de yerkabuğunu meydana getiren taşların oluşum, mineral bileşimleri, yapı ve doku özellikleri ile çevre kayaçlarla ilişkisi görülmektedir.

Mineral veya organik maddelerden ibaret parçacıkların su, rüzgar, dalga ve buzullarla taşınıp, deniz, göl, akarsu içinde veya karalarda üst üste birikmesine tortulaşma, çökelme veya sedimantasyon denir. Tortul kültelerin bir kısmı kimyasal yolla, bir kısmı da organizmalarla meydana gelir. Bu külteler genellikle kalın veya ince tabakalar halinde bulunur. Bundan dolayı bu kültelere tabakalı tortul külteler de denir. [22].

Yeryüzünün yaklaşık olarak %70 kadarı sedimanter kayaçlarla kaplıdır. Bunlar çoğunlukla çakıl taşı, (conglomera), kumtaşı (sandstone), silttaşı (siltstone), kireçtaşı (limestone), şeyl (shale) ve görece daha az miktarlarda tuz oluşumları (salt deposits), demir taşı (ironstone), kömür (coal) ve çörtenden (chert) oluşmaktadır**.**

Karışık Sedimanter Kayaçlar (Organik tortul) canlı organizmaların kimyasal faaliyetleri iskelet, kabuk veya diğer parçalarının bir araya gelmesi sonucu oluşmuş kültelerdir. Bunların oluşumunda organizmaların çok miktarda olması ve gelişmeleri için uygun şartların bulunması gerekir. Organik tortular, okyanusların, sığ denizlerin ve

göllerin dibinde oluşur. Kalkerler, radyolarit ve diyatomitler, çeşitli kömürler, fosforitler çeşitleridir [23].

Tablo 2.1. Oluşum, çevre kayaçlarla ilişkisi, mineral bileşimi ve yapı özelliklerine göre sınıflandırma [21].

	MAGMATİK	**TORTUL (SEDİMANTER)**	**METAMORFİK**
OLUŞUM	Magmatizma olayları ile oluşurlar. Magmanın yer içinde soğumasıyla derinlik, yerkabuğunun yarık ve çatlaklarında soğumasıyla yarı derinlik, yüzeyde soğumasıyla yüzey kayaçları oluşur.	Ayrışma, Taşınma, Çökelme Ve Diyajenez Sonucu Oluşurlar	Her Üç Kaya Grubunun Yüksek T/P Ve Kimyasal Eriyiklerin Etkisiyle Katı Halde Başkalaşımı Sonucu Oluşurlar
ÇEVRE KAYAÇLARLA İLİŞKİSİ	Yan kayaçları keserek onlarla uyumsuz dokunaklar oluştururlar ve yan kayaçlarda pişirme etkisi oluştururlar	Farklı tipteki tortul kayaçlar birbirleriyle geçişli dokunaklar oluşturabilirler.	Kayacı oluşturan Metamorfizmanın cinsine ve derecesine bağlı olarak kuşaklar veya haleler görülür.
MİNERAL BİLEŞİMİ	Kayaç yapıcı silikat minerallerinden oluşurlar; olivin, piroksen, mika, amfibol, feldspat, feldspatoid ve silis grubu mineraller yaygın olarak bulunur.	Kuvars, kalsit,aragonit, kil mineralleri, evaporitler, glokonit vb minerallerden oluşurlar.	Kalsit, amfibol, andalusit, koordiyerit, disten, granat, epidot, gloukofan, vollastonit, mikalar, kuvars, feldspatlar, grafit vb minerallerden oluşurlar.
YAPI VE DOKU ÖZELLİKLERİ	Masif ve çatlaklı yapılar ile fanaritik, porfiritik, afanitik ve camsal dokular gözlenir. Fosil bulunmaz.	Çökelmeyi karakterize eden sedimanter yapılar (Boylanma, derecelenme, dalga izleri, çamur çatlakları, laminalanma, tabakalanma vb.) gösterirler. Fosil bulundururlar. Klastik ve klastik olmayan dokular gözlenir.	Kayacı oluşturan kristallerde ve tanelerde basınç yönüne dik yönde uzanımlar görülür. Şistozite, foliasyon ve lineasyon gibi özellikler gösterirler. Genellikle fosil içermezler, var olan fosillerin de basınç ve sıcaklığın etkisiyle şekilleri değişmiştir. Granoblastik, porfiroblastik ve lepidoblastik dokular gözlenir.

Sedimanter kayaçlar, oluşumlarına sebep olan faktörlere bağlı olarak ayrıntılı olarak incelenmiştir. Sedimanter kayaçların oluşlarına sebep olan faktörlere göre sınıflandırması Tablo 2.2.'de görülmektedir.

Tablo 2.2. Sedimanter Kayaçların Oluşlarına Sebep Olan Faktörlere Göre Sınıflandırma [7].

	ÖZELLİK	AYRIK	YAPIŞIK
AYRIK	>20cm 20-2cm 2-0,2cm	Blok İri çakıl Çakıl	Konglomera ve Breş
	2-0,2mm 0,2-0,02mm	Kaba kum İnce kum	Kumtaşı: Kalker ve Silisli, Grovak(mikalı), Arkoz(feldispatlı), Kuvarsit(silisli). Çimento: Silisli, Kalkerli, Killi, Demirli, Jipsli, Glokonili.
	0,02-0,002mm <0,002mm	Silt Kil	Silttaşı Kiltaşı
ORGANİK	Kalkerli	Kavkı Mercan Alg Globijerin	Kavkılı marn Mercanlı marn Kalkerler: Alglı Krinoidli Foreminiferli
	Silisli	Radiolaria Diyatome Sünger spikülleri	Radiolarit Diyatomit
	Karbonlu	Çiçeksiz ve çiçekli bitkiler	Turb, Linyit, Maden kömürü
	Demirli	Bataklık demiri	
	Fosfatlı	Guana Kemikler	Fosforit Kemik breşi
KİMYASAL	Kalkerli	Eriyiklerden çökelmiş CaCO3 Çökelme veya başkasının yerini alma ile meydana gelen CaMg(CO3)2	Kalkerler: Oolitik, Dolomitik, Tebeşir, Traverten, Dikit, Sarkıt. Dolomit: Magnezyumlu kalker
	Silisli	Silis Jeli	Çakmaktaşı, Jasp, Çört.
	Demirli	Fe2O3 hidrozol	Demirli killer
	Tuz	Tuz gölü birikintileri	Alçıtaşı, Anhidrit, Na ve K Tuzları, Nitratlar.

Bileşiminde % 90'dan fazla $CaCO_3$ bulunan kültelere genel olarak *kalker* denir. Bileşiminde az olarak $MgCO_3$ de bulunabilir. Kalkerlerin içindeki kalsiyum karbonat çok zaman şekilsizdir. İçinde kuvars tanecikleri, kil mineralleri, feldspat parçacıkları, pirit kristalleri, organik maddeler de bulunabilir. Bu zaman külteye *gremsi kalker, marnlı kalker* vs. ismi verilir.

Kalkerlerin üzerine asit dökülünce köpürür ve som olmayan gevşek cinsleri parmak arasında kırılabilir. Kalkerler çakı ile çizilir, sertlikleri 3'tür. Dokularına göre de konsantrik yapıya sahip olup, çok küçük yuvarlak (balık yumurtası gibi) taneciklerinden ibaret olanlara *oolittik kalker*, taneleri büyük bezelye kadarsa pizolitli kalker denir. Kalkerlerin su emmesi, aşınması ve basınca karşı direnci dokularına göre değişir, sıkı ve kompakt olanlarının basınç direnci 2000 kg/cm^2 'dir [23].

Kalkerlerin içinde bazen de kil bulunur. Bu zaman tremolit ve bileşiminde kalsiyum bulunan grenalar değme metamorfizması ile meydana gelir. Bu çeşit kültelere kalk-silikat hornfels denir [24].

Küfeki, Sedimanter bir taştır. Trakya Bölgesinden çıkan taşların çoğuna bu isim verilmektedir.

2.1. Küfeki Taşının Tanımı

Küfeki taşı, Roma ve Bizans döneminde kullanılmaya başlanan; Osmanlı'nın, özellikle de Mimar Sinan'ın elinde zirveye ulaşan, Dünya'da "İstanbul taşı", Osmanlı'da ise "Bakırköy Taşı" olarak bilinen ve 2 bin 2 bin 500 yıl gibi uzun bir zaman ayakta kalabilen bir taştır.

Kullanımı gibi ismi de (Küfeki ya da Köfeki) eskilere dayanır. Kökeni yeni Yunanca kufaki "ponza taşı veya talk" sözcüğünden alıntıdır. Eski Yunanca koupholithos "bir tür hafif ve süngersi taş" sözcüğüyle eş kökenlidir. Bu sözcük eski yunanca kouphos "kof, hafif" sözcüğünden türemiştir. Günümüzde çabuk kırılan taş, sünger taş, gevrek, yumuşak, kof anlamlarına gelmektedir.

İstanbul camilerinin ve birçok tarihi mimarinin beyaz taş malzemesi olan Bakırköy küfekisi, artık Bakırköy'ün ve birçok küfeki taşı çıkan yerin yerleşim merkezi olması ve ocakların kapanması nedeni ile bulunamamaktadır. Günümüzde bu çoklukta olmasa da İstanbul çevresinde hala ocaklar mevcut. Trakya bölgesinin küfeki ihtiyacı ise artık çoğunlukla yakın ocaklardan sağlanmaktadır [25].

2.2. Küfeki Taşının Özellikleri

Küfeki taşının Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde mimaride ana malzemelerden biri olması, yataklarının yakın çevrelerde olması, ağırlığının diğer taşlara oranla az olması, ocaktan çıkarma ve nakliye kolaylığı, ekonomiklik ve zaman tasarrufu sağlamış olması, ocaktan çıktığında nispeten yumuşak olması ve kolay şekil alması nedeniyle yüksek üretim hızına sahip olunması, istenilen boyutta işlenebilmesi, ayrıca oyma yapılabilmesi birçok alanda kullanılmasına olanak sağlaması nedenlerine bağlıdır. Bunların yanısıra modüler eleman oluşturma kolaylığı, kullanım çeşitliliği,

uzun zaman ayakta kalma özelliği (2 bin-2 bin 500 yıl), harçla (Horasan harcıyla ve diğer harçlarla) kimyasal üniformluk göstermesi, aderansın kenetlenmenin yerinde sağlanması ve daha birçok kolaylık taşı ön plana çıkarmıştır [25].

Küfeki taşının özelliklerini kimyasal ve fiziksel özellikleri olarak iki alt başlık halinde incelemek mümkündür.

2.2.1. Küfeki Taşının Kimyasal Özellikleri

Küfeki taşı üst Miyosen (Sarmasian) dönemi formasyonudur. Matris yapısı çok büyük oranda $CaCO_3$ (%93-100)`dan oluşmaktadır, bol kavkılı, boşluklu kripto-kristalli bir kireçtaşıdır. Mactra, Melanopsis, Helix kavkıları ve Krinoid parçaları içermektedir [26]. İçerdiği kavkılar nedeni ile doğal bir kompozit malzemedir. Kayaç doğada masif, çatlaksız ve yönlenmemiş bir yapıda bulunur. Yapıda esas olarak küfeki taşının iki farklı düzey oluşumları kullanılmıştır. Alt düzeyleri bol fosil kavkılı ve iri daneli olan formasyonun, üst düzeyleri daha az kavkılı ve killi-kumludur. Sinan yapılarında da çoğunlukla "alt düzey formasyonu" kireçtaşını kullanılmıştır [27].

Küfeki taşının bileşenleri; Malzemelerin mineroloik kompozisyonu, malzemenin çimento içeriğini gösteren kalsit ve opal boyutları ile ilgili olarak, malzemenin sağlamlığı hakkında açık bir etkiye sahiptir. Açıktır ki daha sağlam yüzeyler kalsit ve/veya opal bakımından zengin olanlardır. Malzemenin bünyesinde çimento gibi bağlayıcı olarak rol oynayan bu maddeler gözenekliliği ve mekanik sağlamlığı üzerinde önemli olmaktadırlar. Bunun tam tersi olarak klastik malzemeler ise (quartz, kil ve mika), sağlamlık üzerinde olumsuz bir durum yaratırlar. Klastik malzemelerin zenginliği onun çimento bakımından fakir olduğunun göstergesidir.

Karbonat kayaçların en temel elementleri Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Karbon (C) ve Oksijendir (O). Bu elementlerin dışında, Si, Al, K, Na gibi bir çok element kalsiyum veya magnezyumla yer değiştirir durumda bulunsalar da, bunlar genelde önemsiz miktarlardadırlar (<%01). Ayrıca B, Be, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Ga, Ge ve Li gibi elementler eser miktarlarda bulunabilirler. Bu elementlerin miktarı sadece kayacın mineralojisi ile değil ortamda bulunan organizmaların (fosillerin) tipi ve miktarına bağlıdır. Bazı fosiller belli elementleri iskelet yapımında kullanırlar.

Dolayısıyla bu tip fosillerin kayaç içersindeki miktarı ilgili elementin kayaç içersindeki konsantrasyonunu da belirlemiş olur [7].

Kireçtaşları monomineralik (tek tip mineralli) olup egemen olarak kalsitten olusurlar. Kireç taşlarını oluşturan elementler temel olarak dört gruba ayrılırlar. 1) Karbonat parçaları, 2) Kavkı parçaları, 3) Mikrokristalin kalsit (mikrit) ve 4) Çimento (spari kalsit).

Karbonat parçaları önceden var olan veya aynı havzada çökelmekte olan kısmen kayaçlasmış kireçtaşlarının kimyasal ve fiziksel olarak kara veya deniz alanlarda parçalanıp ortama taşınması sonucu oluşmuş kırıntılarıdır. Kavkılar kireçtaşlarında mikro fosiller veya makrofosiller tüm veya parçalanmış olarak bulunabilirler. Kavkılar kireçtaşlarında en yaygın bulunan allokemlerdirler ve bazen kayacın tamamını veya bir kısmını oluştururlar. Mikrokristalen Kalsit (Mikrit), Güncel ve eski kireçtaşlarında kum veya silt büyüklügündeki karbonatın yanında, daha ince taneboylu kalsit kristalleride bolca bulunmaktadır. Karbonat çamurları, içlerinde ayrıca kil, çok küçük boyutlu kuvars, feldspar ve organik madde içerebilirler. Mikroskop altında gri, koyu gri, kahve rengi tonlarında yarı saydam görünüştedir. Mikroskop altında spari kalsitten ve diğer kalsit kristallerinden çok küçük boyutları sebebi ile çok kolay ayrılabilirler. Folk (1959) mikro kristalen kalsit ismini kısaltıp mikrit olarak adlandırılmasını önermiş ve günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mikrit karbonat kayaçların bazen hamurunu bazende tamamını oluşturur. Sparit (Çimento), Bazı kireçtasları 0.02-0.1mm büyüklüğünde beyaz, çok açık renkli kristal kalsit içerirler. Bu tip kalsitler sparit veya spari kalsit olarak adlandırılırlar. Mikritlerden büyüklükleri parlak görünüşleri ile allokemlerden ise beli bir iç yapıları olmaması ile ayrılırlar.

Bir çok kireçtaşında oluşan boşlukların alt kısımları sedimantasyon sırasında çökelmiş kireç çamuru ve üst yarısı ise spari kalsit tarafından doldurulurlar. Evaporit tanımı buharlaşmaya bağlı olarak sudan doğrudan çökelen malzemelerin hepsini kapsar.

Karbonatların dokuya bağlı sınıflandırılması (Folk 1962)na göre Küfeki taşındaki karbonat çamurlu hamur % 1-10 arası fosilli mikrit içermektedir[7].

Kalsit: kimyasal formülü $CaCO_3$, Kristal tane boyutu 1 mm-10 cm arasında olan kireçtaşının yapıtaşı olan bir mineraldir. Mohs sertlik çizelgesine göre sertliği 3 ve özgül ağırlığı 20°C'da 2,7 gr/cm^3 ve çözünürlüğü 25 °C'da 0,0015 gr/cm^3 H_2O olup romboeder yüzeylerine göre güzel dilinimleri vardır. İçlerinde yönlü muskovit ve kuvars içerir [28].

Kuvars: Heksagonal sisemde kristallenmiş, SiO2 formülü ile ifade edilen bir mineraldir. Inklüzyonlar (kapanım halinde) halinde mika, manyetit, hematit gibi mineraller içerebilir. Sahada farklı türdeki karbonatlı kayaçlar içinde az miktarda, serbest taneler halinde görülür. Çoğunlukla ince tanelidir. Tane boyutu 0,01 -0,2 mm arasında değişir.

Dolomit: Olağan bir kaya yapıcı mineraldir. Çalışılan sahalarda kireçtaşlarının yapısında değişen oranda bulunur. Genelde tektonik hatlara yakın alanlardan alınan kayaç örneklerinde gözlenmiştir. Çoğunlukla eş tanelidir. Belirgin bir ayrışma göstermez. Aderansı iyi, kalsitlerle bir arada kristallenmiştir. Büyük çoğunlukla ikincildir. Herhangi bir yabancı mineral içermez.

Feldispat: Genel olarak kayaç yapıcı minerallerin en sık görülenidir. Kayaçlar içinde ya alkali feldspat yada plajoklaslar halindedir. Kireçtaşları içinde hemen hemen tamamiyle plajoklaslar halindedir.. Kırık düzlemleri ve kenar zonlarında kuvars ve muskovit büyümeleri gözlenir. Feldspatlar ince-orta tanelidir ve yer yer önemli oranda ayrışmışlardır. Ayrışma sonucu serisit, kil gibi mineraller gelişmiştir.

Opak mineraller: Bölge taşlarında farklı şekil ve boyutlarda, demir oksit bileşiminde taneler oluştururlar. Kireçtaşları ve kumtaşlarında en yaygın demir oksit minerallerini manyetit, hematit ve limonit oluşturur. Hematit ve limonit zaman zaman kayaç yapısındaki kılcal çatlaklar içinde dolgular halindedir. Manyetitler belirgin şekilde kumtaşlarının yapısındadır. Bu tür manyetitler çoğunlukla ince (0,02 mm) tanelidir.

Kil: Çapları 0,005 mm den küçük ince taneli sedimanlardır. Kireçtaşlarında bulunması alterasyonu (tahrip, bozunma) arttırmaktadır. Kireçtaşlarının bünyesinde değişen oranlarda yeralır. Mineralojik bileşimdeki oranı nadiren % 5'i geçer. Kumtaşlarında, daha iri tanelerin arasını dolduran matriksi oluşturur. Kil dolgulu matriks, zaman zaman demir oksitlerce de boyanmıştır. Çalışılan sahada feldspatların ayrışmasından da kil oluşumu gelişmiştir [29].

2.2.2. Küfeki Taşının Fiziksel Özellikleri

Organik tortul taş olan Küfeki, kalker, silis ve fosil (istiridye ve midye gibi) çökeltilerinden oluşmuştur. Açık bej, açık sarı, gri tonlarda, ince taneli ve kumlu görünümde, fosilli, boşluklu ve kristalli, kompakt bir taştır. Ocaktan çıkmadan önce

yumuşaktır. Bu yüzden işlenmesi çok kolaydır. Daha sonra havadaki karbondioksit gazını alarak sertleşir. Bu sertleşme uzun süre devam eder. Yıllar geçtikçe betona nispetle mukavemeti daha da artar ve ömrü 2 bin 500 yıla kadar ulaşır.

Taş, beton gibi ocaktan çıkarıldıktan sonra kullanıldığı süreye kadar geçen zaman içinde havadaki CO_2 ile tepkimeye girerek karbonatlaşma sonucunda tüm mekanik büyüklüklerinin çok belirgin ölçüde artmasıdır. Başka bir anlatımla, küfeki taşının zaman içindeki mekanik büyüklükleri (basınç, çekme, kayma dayanımları) artarken, yapısındaki boşluklar azalmakta ve dış ajanlara (su, gaz emisyonları, vb) karşı dayanıklılığı artmaktadır [8].

Küfeki taşının çekme, basınç, kayma mukavemetleri geçen süre içinde artarken oluşumundaki porlar azalmakta ve su, gaz emisyonları ve harici tesirlere karşı direnci artmaktadır. Su içinde bulunması da özelliklerini değiştirmez. Bu da köprülerde, su kemerlerinde, maskemlerde, çeşmelerde v.s. yerlerde kullanılmasını sağlamıştır. Yapısında su mevcuttur, bu suyun bir bölümü uçarken bir bölümü de dış çeperlerden içeriye doğru zamanla gelişen kalınlıkta karbonatlaşmanın sonucunda oluşan katman içinde hapsolmaktadır. Bünyede suyun varlığı dinamik yükler altında yapının taşıma gücüne önemli ilave katkı getirmektedir. Depreme de dayanıklı olan küfeki, üç eksenli gerilme altında (deprem yüklemesi) etkin bir sünek davranış gösterir.

Küfeki taşı atmosfer koşullarında bekletildiğinde bünyesine CO_2 alarak hızlı karbonatlaşma süreci ile boşluklarının bir bölümü kalsiyum bikarbonat $Ca(HCO_3)_2$ ile dolar, porozitesi azalıp dayanımı ve birim hacim ağırlığı artarken, su emmesi de azalır. Söz konusu "karbonatlaşma" sonucunda basınç dayanımındaki artışın gelişimi beton ile büyük benzerlik göstermektedir. Beton ile arasındaki en önemli farklılık betonun t=0 anında f=0 olması, küfeki taşının ise t=0 anında f= f0 gibi bir ilk dayanıma sahip olmasıdır. Bol kavkılı küfeki taşı numuneleri üzerinde yapılan deneylerde ocaktan çıktıktan 30 gün sonraki dayanımların fb ≈ 45 MPa olduğu gözlenmiştir. Yapılan deneylerde bulunan mekanik büyüklükler (Basınç dayanımı, Schmidt çekici ölçümleri, ultra ses hız ölçümleri ve basınç dayanımı ile çekme dayanımı arasında çıkartılan istatistiksel bağıntılar) ile ilgili ayrıntılı bilgi [30], [31] kaynağından temin edilebilir.

Basınç dayanımı/çekme dayanımı oranı 11-12 olarak belirlenmiştir [31]. Bu değer, enerji yutma kapasitesi yüksek, başka bir deyişle sünek malzeme yapısını işaret

etmektedir. Elastik modül/basınç dayanımı ≈ 720 bulunmuştur [8]. Bu değer beton malzemesine ait değer ile iyi bir uyum içindedir.

Yapısında bulunan suyun bir bölümü uçarken bir bölümü de dış çeperlerden içeriye doğru zamanla gelişen kalınlıkta karbonatlaşmanın sonucunda oluşan katman içinde hapsolmaktadır. Bünyede suyun varlığı dinamik yükler altında yapının taşıma gücüne, önemli ilave katkı getirmektedir [32].

Mevcut kavkılar gelişigüzel, başka bir deyişle üç boyutlu olarak yönlenmiştir ve boy/çap oranları genellikle büyüktür. Bu özelliği ile tipik bir "lifli kompozit malzeme" özelliği taşımaktadır. Dolayısı ile "bol kavkılı" küfeki taşlarının üç eksenli gerilme altında (deprem yüklemesi) etkin bir sünek davranış göstereceği söylenebilir. Kavkıların küfeki taşının zaman içindeki dayanıklılığı açısından matrisin bozulmasını engellemesi yönünde önemli etkisi mevcuttur.

Bağımsız boşluklu bir yapısı mevcuttur ve 0.1μm'dan küçük boşlukların az olduğu türü dış etkilerden (sıcaklık değişimleri, ıslanma-kuruma, donma-çözülme, endüstriyel emisyonlar, deniz tuzları vb.) daha az etkilenmektedir.

Matris ve kavkı $CaCO_3$ esaslı olduğundan kavkı-matris ara yüzeyinde mükemmel bir kimyasal yapışma mevcuttur. Doğada masif, çatlaksız ve yönlenmemiş yapıda bulunması nedeni ile kaya kütlesinde boyut etkisi mevcut değildir, diğer bir anlatımla kayacın yerinde basınç dayanımı ile laboratuvar basınç dayanımı birbirine eşittir. Küfeki taşının fiziksel özellikleri Tablo 2.3.'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 2.3. Küfeki taşının fiziksel özellikleri[8].

Ocaktan ilk çıktığında boşluklu, birim hacim ağırlığı	$\gamma \approx 2.2$ t/m3
Özgül ağırlığı	$\rho \approx 2.5$
Porozitesi	p ≈ %12-13
Su emmesi	w ≈ % 5
(Ağırlıkça) ve basınç dayanımı	f ≈ f0= 20-30 MPa
30 gün sonraki dayanımı	fb ≈ 45 MPa
Basınç dayanımı/çekme dayanımı oranı	11-12
Elastik modül/basınç dayanımı	≈ 720

Kireçtaşının dış duvar kaplaması olarak kullanıldığında kimyasal yapısı ve fiziksel özellikleri Tablo 2.4'de verilmiştir.

Tablo 2.4. Kireçtaşının dış duvar kaplaması olarak kullanıldığında kimyasal yapısı ve fiziksel özellikleri [33].

Kireçtaşının kimyasal yapısı:	CaO % 54.68, MgO %0.68,CO2 43.12, Al2O3 %0.52, Fe2O3 %0.18, SiO2 ve çözünmeyen tuzlar % 0.76
Renk	beyaz, kırmızı, yeşil, gri, siyah
Sertlik	3-4 Mohs
Doku	mat
Birim hacim ağırlık	2.40-2.70 gr/cm3
Porozite oranı	%0.5-2
Ağırlıkça su emme oranı	%0.2-0.6
Şişme ve büzülme değeri	0.09-0.16 mm/m
Gazlara vb. maddelere dayanıklılık	Bazı derecelerde etkilenir
Radyasyona karşı yüzeysel emicilik katsayısı	Açık renk 0.2-0.3 Koyu renk: 0.9-1.0
Isı genleşme katsayısı	2.4-9x10-6 K-1
100 o C ısı farkında ısı genleşmesi	0.70 mm/m
Isı iletkenlik katsayısı	2.3 W/mK
Basınç dayanımı	800-1800 kgf/cm2
Darbe dayanımı	en az 6 kgf.cm/cm2
Eğilmede çekme dayanımı	en az 30-150 kgf.cm/cm2
Elastisite modülü	340000-380000 kg /cm2
Ortalama aşınma dayanımı	15-40 cm3/50 cm2(en fazla15cm3/50 cm2)

2.3. Küfeki Taşının Kullanım Alanları

Küfeki taşının yapısal içeriğine bağlı özellikleri nedeni ile yapıların iç ve dış tüm mekanlarında geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Sadece dış cephe malzemesi olarak değil, kolay işlenmesi nedeniyle kesme taş ve yoğun bezemeli düzeye kadar değişik ve zengin bir kullanım alanı bulmuştur. Küfeki taşı dahili mekânlarda, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, sütunlarda, sövelerde, cumbalarda, harpuştalarda, şöminelerde, bahçe düzenlemesinde, rölyeflerde, taç kapılarda, portal, mihrap ve minberlerde, kuş evi, çörten, sadaka taşı gibi estetik, sanat ve zarafet gerektiren eserlerde de çokça kullanılmıştır [25].

Mimar Sinan İstanbul'un genel görünümünü etkileyen Şehzade, Süleymaniye, Mihrimah Sultan Külliyelerini, Osmanlı döneminde Bakırköy çevresinde çıkarılan küfeki taşının yoğun ve homojen tabakalarından hazırlanan bloklarla inşa etmiştir [34].

Mimar Sinan'ın İstanbul ve civarında inşa ettiği camilerde en yaygın kullandığı taş türü Küfeki taşı (kısaca Maktralı kireç taşı olarak da bilinir) olup Osmanlı

İmparatorluğu döneminde Bakırköy, Safraköy, Sazlıbosna, Haznedar, Yenibosna civarındaki Küfeki taş ocaklarının işletildiği bilinmektedir.

Küfeki taşları kaba işlenmiş nitelikten, kesme taş ve zengin bezemeli düzeye kadar kademelenme göstermektedir. Küfeki taşı yalnız örgü ve dışta cephe kaplama malzemesi olarak değil, iç mekânda, duvarlarda, taşıyıcı öğelerde, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, portal ve mihraplarda, parmaklıklarda da kullanılmıştır [8].

Bir külliye içinde işlevsel açıdan en önemli yapı olan caminin beden duvarları ve ayaklar kesme taş olarak, diğer cephelerde ise taş-tuğla almaşık veya düzgün derzli kaba yonu örgülü olarak kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarının yanı sıra süslemede de özellikle iki renklilikte etkinliği güçlendirmek için kemer taşı olarak işlenmiştir [9].

Mimar Sinan'ın eserleri konusunda sayısız incelemeler yapılmıştır. Mimar Sinan'ın en yaygın olarak kullandığı küfeki taşının fiziksel ve mekanik büyüklükleri üzerine yerli literatürde sınırlı sayıda İncelemenin olduğunu gözlenmektedir [8], [35], [31], [36]. Buna karşın küfeki taşının zaman boyutu içindeki davranışını inceleyen çalışmalar ise sınırlıdır [36].



Şekil 2.1. Küfeki taşının pencere, kapı sövelerinde ve subasmanda kullanımı



Şekil 2.2. Küfeki taşının zemin kaplaması ve portalde kullanımı




Şekil 2.3. Küfeki taşının duvar örgülerinde ve köprülerde kullanımı




Şekil 2.4. Küfeki taşının minarelerde ve çeşitli donatılarda kullanımı

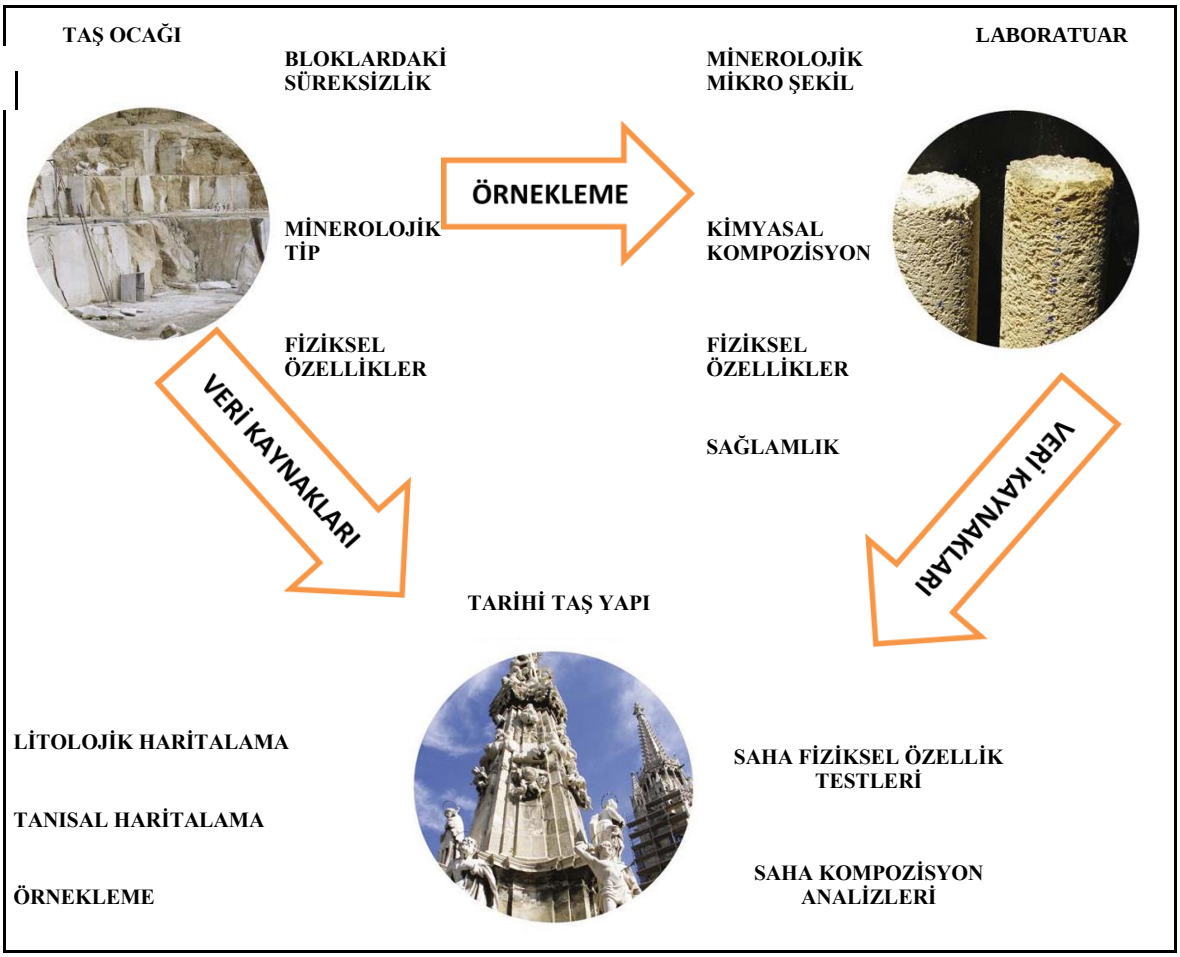



Şekil 2.5. Küfeki taşının cephe kaplaması ve kolonlarda kullanımı[37].

BÖLÜM 3

YAPI TAŞLARINA (KÜFEKİ TAŞINA) UYGULANABİLECEK DENEYSEL YÖNTEMLER

Farklı tür ve özelliklere sahip olan yapı taşları, günümüzde tarihi eserlerin restorasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. Taşların yapılarda kullanıldığı yerlere göre farklı nitelikleri sağlamaları gerekmektedir. Bu amaçla taşların karakteristiklerinin araştırılması ve incelenmesi, tarihi yapıların onarım ve restorasyonunda kullanılabilirliğinin denetlenmesi adına önemlidir. Bu bağlamda yapılan analizler deneysel ve gözlemsel yöntemlerle sağlanmalıdır. Taş ocaktan çıktığı andan itibaren farklı deneysel yöntemlerle incelenmektedir. Bu incelemeler Şekil 3.1.'de görülmektedir.



Şekil 3.1. Taş ocağında, laboratuarda ve yapıdaki taş testlerinin ana elemanları ve farklı seviyelerdeki tekniklerin kullanımı

Taşın ocaktan ilk çıktığı andaki ile kullanım sürecindeki göstermiş olduğu fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri farklılık göstermektedir. Ocaktan ilk çıktığında boşluklu, birim hacim ağırlığı $\gamma \approx 2.2$ t/m$_3$, özgül ağırlığı $\rho \approx 2.5$, porozitesi $p \approx$ %12-13, su emmesi $w \approx$ % 5 (ağırlıkça) ve basınç dayanımı $f \approx f_0$= 20-30 MPa olan (15 cm küp) küfeki taşı atmosfer koşullarında bekletildiğinde bünyesine CO_2 alarak hızlı karbonatlaşma süreci ile boşluklarının bir bölümü kalsiyum bikarbonat $Ca(HCO_3)_2$ ile dolar, porozitesi azalıp dayanımı ve birim hacim ağırlığı artarken, su emmesi de azalmaktadır [30], [31].

Taş özelliklerinin değişimini saha ve laboratuar analizleri ile test etmek mümkündür. Saha testleri, az zararlı veya zararsız olan testlerdir. Laboratuar analizleri çoğunlukla taşa zarara veren geniş çapta bir test ölçeğine sahiptir. Taşın petrografik, mineralojik ve kimyasal kompozisyonu ve fiziksel özelliklerini test etmek en önemli başlıklardır. Bütün bu analizlerin ana amaçları taş tiplerini analiz etmek ve var olan koşullarını anlamak ve doğal taşların uzun soluklu davranış bilgilerini sağlamaktır. Testlerin diğer bir amacı ise, taşı gerektiğinde en uygun diğer bir malzeme ile değiştirmek ve korumaktır [38].

Taşların uzun soluklu davranışlarını değerlendirmek için test sonuçlarını ve kaynaklarının uygun şekilde kullanımı önemlidir. Saha ve laboratuar analizlerinin iyi bir karışımı, taşın çatısı ve tipi hakkında doğru bilgiler verir. Taşın sağlamlığını etkileyen fiziksel özellikleri çevre verilerine bağlı olarak çeşitli dış etkiler tarafından belirlenir. [39].

Tarihi yapılarda kullanılacak taş malzemenin özelliklerinin belirlenmesinde pek çok analiz yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler gözlem ve deneysel olarak değerlendirilmektedir. Yapı taşlarına uygulanacak deneysel yöntemler TS 699 kapsamında tanımlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında da bu standart esas alınarak fiziksel, kimyasal, mekanik, mineralojik ve petrografik olmak üzere çeşitli deneysel yöntemler uygulanmıştır.

3.1. Yapı Taşlarına Uygulanan Fiziksel Deneyler

Yapı taşlarına Sertlik, Birim Hacim Ağırlık, Özgül Ağırlık, Atmosfer Basıncında Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme, Doluluk Oranı (Kompasite), Porozite (Gözeneklilik Derecesi) gibi fiziksel deneyler uygulanmaktadır.

Birim hacim ağırlık, malzemenin boşlukları da içinde olmak üzere birim hacminin ağırlığıdır. Malzemenin içindeki boşluklar çıkarıldıktan sonraki ağırlığına özgül ağırlık

(yoğunluk) denir. Bir taşın birim ağırlığı boşluklarından dolayı daima özgül ağırlığından küçüktür. Kaplama olarak kullanılan doğal taşlarda TS 1910'a göre birim hacim ağırlığın 2,55 g/cm^3'ten küçük olmaması gerekmektedir. Yapı taşlarında mikro düzeyde de olsa boşluklar vardır. Bu boşlukların bazıları dışa açık, bazıları ise kapalıdır. Açık ve kılcal boşluklar su emme ve geçirimlilik yönünden önemlidir. Bu boşluklar yapı taşının birim ağırlığını, su emmeyi, geçirimliliği, dona dayanıklılığı, mukavemeti, ısı ve ses yalıtımını önemli derecede etkiler. Taşların yapıda kullanılabilmesi için birim hacim ağırlığı 2.55 g/cm^3'ten küçük olmamalıdır. Doğal taşların özgül ağırlığı ortalama olarak 2.7 g/cm^3 olup, gözenekli taşlarda daha da azdır [40].

Özgül ağırlık, birim hacimdeki cismin ağırlığının 4°C'deki aynı hacmin saf suyun ağırlığına oranıdır. Özgul ağırlık değeri birimsiz bir büyüklüktür. Ham kayacın özgül ağırlığı hesaplanırken, toplam hacim göz önüne alınmalıdır. Kayaç içinde varsa delikler ve gözenekler dikkate alınmaz. Kayacın özgül ağırlığı, mineral bileşimiyle yani dolayısı ile minerolojik yapısıyla doğru orantılıdır. Değişmez kütleye kadar kurutulmuş taşın, boşlukları hariç olmak üzere birim hacminin kütlesidir. Hesaplanan özgül ağırlık değeri, TS 2513'e gore 2,55 g/cm^3'den küçük olmamalıdır. Bu değer granit icin 2,90 g/cm^3, serpantin icin ise 2,25 g/cm^3'den küçük olmamalıdır. Taşın içerdiği özgül ağırlık miktarı arttıkça, ekonomik değeri de artmaktadır. Bütün tortul yapı taş cinslerinin özgül ağırlıkları, standartlara uygun olarak 2,55 g/cm^3'ten büyüktür.

Ağırlıkca su emme oranı, kayacın herhangi bir basınç altında olmaksızın, ne kadar su emebileceği ifade eden bir değerdir. Bu değer aynı zamanda kayacın donmaya karşı dayanıklılığının da göstergesidir. Kayalarda su emme miktarı, ağırlıkça ve hacimce belirlenmektedir. Ağırlıkça su emme; kayadaki su ağırlığının, kuru ağırlığa oranıdır [41]. Bu özellik, basınç altında olmaksızın kayacın ne oranda su alabileceğini gösterir. Su emme yeteneği taşın kompakt olup olmamasına göre değişir [42]. Genellikle su emme çok ise porozite fazla, boşluk ve çatlaklar çok, ayrışma miktarı yüksek demektir. Buna karşılık su emmenin az olması, basınç direnci, elastisite modülü gibi mekanik özelliklerin büyük olduğunu göstermektedir.

Standartlarda belirtilen su emme oranı ile ilgili alt sınır değerler, yapılan deneyler ve deney sonucunda uygulanan formüllerin sonuçlarına uygun olmalıdır. Ayrıca TS 1910'a (Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar) göre doğal taşların atmosfer basıncında

ağırlıkça su emme değeri %1,8 den büyük olmamalıdır. Bu değer granit ve diyabazlar için % 0,75, serpantinler için %2, mermer için %0,4 den küçük olmalıdır [61].

Porozite, birim hacimdeki taşın içerdiği boşluktur. Doğal taşlar boşluklu malzemelerdir ve porozitenin büyük olması taşın fazla miktarda boşluk içermesi demektir. Boşluk doluluk oranı arttıkça malzemenin basınç mukavemetinde düşme, ısı yutuculuk değerinde artma görülür. Taşın porozitesi ve gözenek boyutu dağılımı hasarlar karşısındaki davranışları belirleyen önemli bir faktördür [43]. Malzeme boşluğunun devamlılığı halinde su ve buhar geçirimliliği değeride artar. Porozitesi büyük olan taşlar kolaylıkla ve fazla miktarda su emer. Dolayısıyla donmaya karşıda dayanıksızlaşır. Doğal yapı taşlarında su emme değeri >%1.8 olmalıdır [44].

Porozite, kayaç içinde bulunan gözeneklerin toplam hacminin, tüm kayaç hacmine oranı olarak tanımlanmaktadır. Porozite değeri, kayacın basınç dayanımı ve su emme yeteneği ile birinci derecede ilişkilidir. Bu değerin yüksek olması belirtilen özellikleri negatif yönde etkilemekle beraber, kayacın atmosferik şartlara olan dayanımını da azaltmakta, kayacın ekonomikliğinin düşmesine neden olmaktadır. Genellikle iyi kalite olarak kabul edilen doğal taşların porozitesi %0,0002-%0,5 arasında değişmektedir. Boşlukların artması kayacın dayanıklılığını azaltmaktadır. Bu nedenle mümkün olduğu kadar ince kristalli taşlar tercih edilmektedir.

3.2. Yapı Taşlarına Uygulanan Kimyasal Deneyler

Tuzların kristalizasyonu, taş bozulmaları içerisinde en yaygın ve tahrip edici olanlarından birisidir. Suda eriyebilen tuzlar, su ile taşınarak veya herhangi bir yolla taşın gözeneklerine ve çatlaklarına ulaşarak buharlaşmaktadır. Buharlaşma sonucunda tuz, taşın yüzeyi ile kılcal çatlaklarında birikmektedir. Tuzların kristallenmesi sonucu taşın yüzeyinde oluşan bu kristalizasyona çiçeklenme adı verilmektedir. Kristallenme esnasında taş içerisindeki gerilmeler artar, gözle görülemeyen çatlaklar (fissür) oluşur ve taş buralardan ayrışır [45].

Yapı taşları su ile temas halinde olduğunda, su basınçlı olmasa dahi, kılcallıkla ince boşluklar vasıtasıyla suyu bünyelerine çekerek emmektedirler. Suyun yüzey geriliminden doğan bu çekim yatay, eğik veya düşey olarak yukarı doğru, yerçekimi kuvvetine karşı olmaktadır. Bunun en belirgin örneği, zemindeki rutubetin duvarlarda

yukarı doğru yükselmesidir [46]. Tuzların etkisiyle oluşan bozulmada iki adet mekanizma gerçekleşir. Bunlar; hidratasyon ve dehidratasyon sırasında meydana gelen büzülme ve genleşme süreçleri ile kristalizasyon basıncıdır. Bu süreçlerde, taş zararlı bir etkiyle karşı karşıya kalmakta ve taşın bünyesi olumsuz yönde etkilenmektedir [7]. Su veya nemin, taş bünyesindeki kuru kısımlara doğru sürekli hareketi ve daha sonra buharlaşması sonucu taş bünyesinde erimiş tuzları bırakması, duvarlarda lekelenmelere ve çiçeklenmelere neden olmaktadır. Bu olaya daha çok atmosferik koşullara maruz kalan gözenekli yapı taşlarının yüzeylerinde rastlanmaktadır [47].

Taşların kimyasal özellikleri, onların fiziksel özelliklerini yönlendiren, kimyasal bileşimi ve çözünme kabiliyetidir. Bu özellikler taşın cinsine göre değişir. Taşların kimyasal bileşimi, değişik yöntemlerle saptanmaktadır. Bu yöntemlerin başlıcaları; yaş kimya analizleri, spektrofotometrik yöntemler, Atomik Absorpsiyon Spektrometri (AAS), X-ray floresan analizleridir. (Tablo 3.1)

Tablo 3.1. Yapı taşlarının kimyasal özellikleri [7].

Kristal yapıları
Major element içerikleri (%)
Minor element içerikleri (%)
İz element içerikleri (%)
Alkali reaktivitesi
Asitlerde çözünürlükleri
Kimyasal reaksiyonlarla renk değişimleri

Kimyasal bileşim, kayaçların içindeki elementlerin oksit değerinin ve iz elementlerin toplam ifadesidir. Kimyasal bileşim kayaçların fiziksel özelliklerini denetler. Tortul kayaçlarda MgO ve Fe_2O_3 oranlarının yüksek olması çoğu zaman kayaca daha kırılgan ve daha koyu bir renk verir. Örneğin; SiO_2 oranı arttıkça kayaç sertleşir. MgO oranı arttıkça kırılganlaşır. Fe_2O_3 oranı arttıkça rengi koyulaşır. Bunların dışında tortul kökenli sert taşlar üzerinde, Na_2O, $A1_2O_3$ ve K_2O analizlerinin de yapılması, onları diğerlerine göre ayıran başka bir özelliktir.

3.3. Yapı Taşlarına Uygulanan Mekanik Deneyler

Bir malzemenin, uygulanan kuvvetlere karşı gösterdiği tepki mekanik davranış olarak tanımlanır. Bu davranış farklı yükler ve zorlamalar karşısında gösterdiği şekil

değiştirmesinin ölçümü ile hesaplanmaktadır. Malzeme önce şekil değiştirirken zorlamanın devam etmesi durumunda dayanımını kaybederek kırılabilir. Malzemelerin mekanik davranışları incelenirken homojen ve sürekli ortam koşulları hazırlanır. Dış kuvvetlerin denge halinde malzeme içinde oluşturduğu iç kuvvetlerin büyüklüğü denge kuralları yardımı ile bulunur. Davranışlar incelenirken parça boyutlarından soyutlamak için kuvvet yerine "kuvvet şiddeti" anlamına gelen "gerilme", boyutlarda oluşan değişmeler yerine "şekil değiştirme" göz önüne alınır.

Gerilme birim alana etkiyen kuvvet, şekil değiştirme oranı da birim boydaki değişimdir [48].

• Malzemenin Mekanik Davranışı: Gerilme, şekil değiştirme, elastisite modülü, mukavemet kavramları, çekme deneyi, eğme düzeyi, sertlik deneyi ile yapılır.

• Malzemelerin Şekil Değiştirmesi: Elastik ve plastik şekil değiştirme mekanizmaları, şekil değiştirmeye etkiyen etkenler, mukavemet attırıcı yöntemler ile anlaşılır.

• Kırılma: Gevrek kırılma ve bunlara etkiyen parametreler, çarpma deneyi ile yapılır.

• Yorulma: Tekrarlı yük altında kırılma, yorulma deneyleri, yorulma mukavemetine etkiyen etkenler ile irdelenir [48].

Doğal taşlarda bilinmesi istenilen mekanik özellikler; tek eksenli basınç dayanımı iki şekilde incelenir; don öncesi ve don sonrası tek eksenli basınç direnci, eğilme direnci, çekme direnci, darbe dayanımı, ortalama aşınma (Bohme) dayanımı yapıda kullanılan yapı taşlarında öncelikli istenen mekanik parametrelerdir.

Bu çalışma kapsamında tarihi eserlerden numune alınması söz konusu olduğundan yapılara zarar verilmemesi adına numune boyutları ve sayısı sınırlı tutularak tek eksenli basınç deneyi uygulanarak mekanik özelliklerinin tayini araştırılmıştır.

Tek eksenli basınç dayanımı, belirli boyutlardaki kayaçların belirli ve farklı doğrultularda etkileyen gerilmeler karşısında davranışları ve kırılmaya karşı göstermiş oldukları direnç karakteristikleri olarak tanımlanabilir. Kayaçların basınç direncine, mineral bileşimi, su içeriği, ayrışma derecesi, süreksizlikler ile tabaka yüzeylerine dik ve paralel gelen gerilmeler direk olarak etki etmektedir. Süreksizlik yüzeyine dik doğrultudaki mukavemet, paralel doğrultuda hesaplanan mukavemetten daha fazladır. Bu parametrelerin dışında litoloji, homojenlik, ayrışma derecesi ve çimentolaşma gibi

özellikler de dayanıma etki eden önemli jeolojik parametrelerdir. Tek eksenli basınç dayanımı, belirli boyutlardaki taşların tek eksende etkiyen gerilmeler karşısında davranışları ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç özelliğidir [42].

Doğal taşların basınca karşı dayanım değerleri, standartlarda da belirtildiği gibi, doğal taşın kullanılacağı yere göre farklılık gösterir. Doğal taşlar kullanım yerine göre; döşeme, zemin, merdiven basamağı vb. yük taşıyıcı mekanların dışında, dekorasyon, süs eşyası ve duvar kaplamalarında kullanılan türlerine göre iki farklı değer almaktadır. Burada yük taşıyıcı olarak kullanılacakların mukavemet değerleri, diğerlerine kıyasla daha yüksek olmalıdır. Doğal yapıtaşlarının basınç mukavemeti değeri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Yapı taşlarının basınç ve eğilmede çekme dayanım değerleri[7].

Taş türü	**Basınç dayanımı (kgf/cm^2)**	**Eğilmede çekme dayanımı (kgf/cm^2)**
Kalker, traverten	300	30
Dolomit, bazalt	500	40
Silis bağlayıcılı kumtaşı, grovak	800	60
Granit, siyenit, diyorit, diyabaz, andezit	1200	75
Diğer tortul metamorfik taşlar	500	50
Diğer püskürük taşlar	1400	80

3.4. Yapı Taşlarına Uygulanan Mineralojik ve Petrografik Deneyler

Yerkabuğu çeşitli ve değişik maddelerden (mineral, kayaç ve madenlerden) meydana gelmiştir. Mineraloji ve petroloji yerkabuğunu oluşturan bu kayaç ve minerallerin oluşlarından, sınıflandırılmalarından, taşlaşmalarından, ayrışmasından ve her türlü özelliğini araştıran bilim dalıdır [24].

Taşlar, bir veya birkaç mineralin bileşiminden oluşmuşlardır. Genel olarak kimyasal bileşimlerinin yanında, bileşenlerin biraraya geliş biçimi, oluşumları sırasında veya sonrasında kazandıkları yapı ve değişimleri yansıtan petrografik özelliklerine daynılarak tanımlanabilir ve ayırt edilebilir. Yani mineraller, taşların aynı özelliği gösteren, ayrılabilir parçalarıdır. Bir taşın karakteristik özellikleri (renk, dayanımı, sertlik, yoğunluk vb.) büyük oranda kendisini oluşturan minerallerin özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle, taşlar üzerine yapılan çalışmalarda, mineralojik ve petrografik çalışmalar önem kazanmıştır [47].

Taşlarda renk, sertlik, gözeneklilik, tane boyutu ve ilişkisi gibi özellikler bir büyüteç (lup) kullanılarak tespit edilebilir. Makro incelemeler aynı zamanda çıplak gözle tespit edilebilen özelliklerdir. Makroskobik olarak incelenen kayaçların içermiş oldukları gözeneklerin tipi, yüzdesi, dağılımı, morfolojisi ve geometrisi gibi özelliklerin saptanması vakumlu ortamda mavi boyalı reçine ile doyurulması sureti ile yapılabilir. Bu şekildeki kayaç boyama ile mikro çatlakların belirlenmesi porozite ve permabilite arasındaki ilişkilerin saptanması mümkün olmaktadır.

Mikro incelemeler özel olarak geliştirilmiş optik mikroskoplar kullanılarak yapılmaktadır. Ayrıca elektronik ve optik sistemlerin birlikte kullanılması ile yüksek büyültmelerde görüntülerin elde edildiği işlem ve analizler yapılabilen elektron mikroskobu geliştirilmiştir. X-ışınları difraksiyonu yöntemi de mikro incelemelerde yaygınca başvurulan yöntemlerden biridir. Mikro çalışmalarda kayacın ince kesiti yada parlatma yüzeyi hazırlatılarak mineralojik ve petrografik çalışmalar yapılmaktadır. Çalışma kapsamında da hem tarihi eserlerden hem de Süloğlu ve Pınarhisar ocaklarından elde edilen numunelerin irlenmesinde polarizan mikroskop, elektro mikroskop ve XRD (X-ray difraction) yöntemleri kullanılmıştır.

Yüzey analizlerinde kullanılan analiz teknikleri Tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Yüzey Analiz metodları [49].

Bilimsel Araştırmalar																			
Analitik metotlar										Yapısal Metotlar									
Yapısal Bütünlük		Yapısal Davranışlar				Morfoloji				Mikro morfoloji	Kristal analizleri	Bileşik analizleri	İyon analizleri	Element analizleri					
Ses ötesi	Radyografi	Akustik emisyon	Lazer interferometre	Madde çeşidi ölçücü	Sonlu elemanlar yöntemi	Reflektrografi	Özel fonografik teknikler	Endoskopi	Fotogrametri	**SEM**	**X-ışını difraksiyonu**	İnfrared spektroskopisi	İyon kromatografisi	**ICPMS**	Atomik Absorpsiyon spektroskopisi	Parçacık X-ışın emisyonları	X-ışın flüoresanı	Nötron hareketli analizler	

Yüzey analizleri için elektron spektroskopisi (ESCA) ve belki de en çok kullanılan analiz tekniği olan X-ışını foto elektron spektroskopisidir. Bu hem uygulamalı analizlerde ve hem de basit yüzey bilimindeki sayısız problem çözümünde oldukça etkilidir.

İkincil İyon Kütle Spektroskopisi (SIMS) verilerin kütlesi dolayısıyla oldukça etkili bir tekniktir. ESCA ile beraber kullanılıp endüstri problemlerinin çözümünde etkilidir.

Düşük Enerjili İyon Dağılımı (LEIS) ve Rutherford Dağılımı (RBS) eleman kompozisyonu ve yüzey yapısı alanında oldukça etkilidir.

Titreşim Spektroskopisi, bileşiklerin analiz ve tanımlandırılmasında kimyada çok kullanılır. Yüzey ve yüzey molekülleri alanında çok fazla varyasyonları bulunur.

Düşük Enerjili Elektron Yayılımı (LEED) yüzey analizlerinde önemli bir tekniktir, düşük seviyeli yüzey yapılarında değerlidir.

Son yıllarda yüzey analizlerindeki gelişler birlikte, Tünel Tarama Mikroskopisi (STM) ve Atomik Kuvvet Mikroskopisi (AFM). Metal yüzeylerin atomik çözünürlükteki görünüşleri esasına dayanır.

Bir çok yüzey analizinde çözüm uygun tekniğin kullanılmasıdır. Genellikle birden çok teknik gerekmektedir. Bu tez çalışması kapsamında küfeki taşının erken dönem eserlerinden alınan numuneler ile ocaktan alınmış numunelerin mekanik deneylerden basınç etkisi altındaki davranışlarını tek eksenli basınç deneyi ile yüzey analizlerini karşılaştırmak amaçlanarak, mineralojik ve petrografik deneylerden mikroskop analizleri, XRD ve SEM ve fiziksel özelliklerinin tayininde ise su emme ve porozite deneyleri yapılarak değerlendirilmiştir [49].

3.5. Analizlerde Kullanılan Cihazlar

Deneylerde SEM, XRD, Stereo Mikroskop ve ICPMS aletleri kullanılmıştır.

Zeiss EVO®LS 10 model Elektron Mikroskobu (SEM-TEM-EDX) dijital bilgisayar kontrolü ile çalışmaktadır. Madde analizi ve yaşam bilimlerindeki kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak için evrimleşmiştir. EDX X-Ray analiz spektometrelerine sahiptir. Kalitatif element analizi yapabilmektedir. SE ve BSE dedektörler ile 37x-1.000.000x arası büyütme kapasitesine sahiptir. EDX ünitesi yardımı ile kimyasal analiz yapabilir [50].



Şekil 3.2. Elektron mikroskobu SEM ile analiz çalışması

X--Işınımı Kırınım yöntemi (XRD), her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanır. Her bir kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristali tanımlar. X-Işını Kırınım analiz metodu, analiz sırasında numuneyi tahrip etmez ve çok az miktardaki numunelerin dahi analizlerinin yapılmasını sağlar. Çalışma prensibi olarak, örneğe X-Işını göndererek kırılma ve dağılma verileri toplaması söylenebilir. Kayaç ve mineral numuneleri çelik havanda kırıldıktan sonra agat havanda iyice öğütülüp toz haline getirilir.

X–ısınları toz kırınım metoduyla elde edilen profillerin yorumlanması ilkesine dayanan analizler neticesinde su bilgiler sağlanabilir:

_ Numuneyi oluşturan bilinmeyen kristalin fazing nitel mineralojisi.

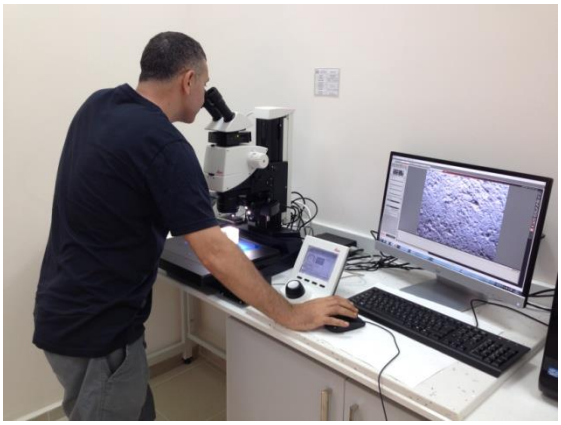
_ Karışım halindeki kristalin fazların nitel mineralojisi.

_ Kristalin materyalin kristalinite özellikleri (düzenli, düzensiz).

_ Kristal birim hücre parametrelerinin tespiti.

_ Kristallerin termal genleşme katsayıları [50].

Leica M205C Stereo Misroskobu, incelenen örnekleri çok yüksek büyütme oranlarında, netlik kaybı olmadan göstermekte ve yüksek kalitede görüntü almaktadır. Tamamen motorizedir ve her mikronda Z ekseninde çektiği yüzlerce fotoğrafı netlik bilgisine göre birleştirerek 3 boyutlu görüntü elde etmektedir. Alan, çizgisel, vektörel, yüzeysel, açısal ölçümler yapabilmektedir. Ayrıca paralel uzaklık, daire yarıçapı, poligonal alan ölçümleri gibi ileri çalışmalar da yapabilmektedir [50].



Şekil 3.3. Stereo Mikroskopu ile analiz çalışması

ICPMS (İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma Kütle Spektrometresi) ile analiz edilmek istenen örnekteki elementler 1CP de iyonlaştrıldıktan sonra kütle spektroskopisıne gönderilirler ve burada kütle/yük (m/z) oranlanna göre ayrılarak ölçülürler. ICP-MS direk olarak çözeltide iz element derişimlerinin belirlenmesinde uygundur ve çalışma aralığı diğer yöntemlere oranla oldukça geniştir. Sistem şu anda 30 farklı element için ng/kg, limitlerinde tam kantitatif analiz sonucu vermekte, toplamda 60 farklı element için ise semi-kantitatif sonuç verilebilmektedir.

ICP-MS cihazı kan, idrar, tüm dokular, fauna, flora örnekleri, maden, metal ve toprak örneklerinde, ayrıca gıdalar, yemler, ambalaj ürünlerinde metal analizleri yapılmaktadır.



Şekil 3.4. ICPMS cihazı

ICP-MS analiz tekniğinin en önemli aşamalarından biri örnek hazırlama aşamasıdır. Çözelti ICP-MS analiz tekniği uygulandığından, katı örneklerin analiz aşaması öncesi çözelti haline getirilmesi gerekmektedir. Katı örneğin türüne (jeolojik, çevresel, biyolojik vb.) ve analiz edilmesi istenilen elementlere göre farklı örnek

hazırlama metotları uygulanmaktadır. Katı örneklerin çözelti haline getirilmesi CEM marka Mars 5 modelli mikrodalgada sisteminde yüksek basınca dayanıklı teflon kaplar içerisinde yapılmaktadır. Eritiş işleminde yüksek saflıktaki asitlerden (HNO3, HCl, HF, HClO4 vb.) hazırlanmış asit kokteylleri kullanılmaktadır. Hazırlanan asit kokteylleri analite ve metoda göre değişmektedir.

Analize tabii tutulacak sıvı örnekteki bazı maddeler cihaza zarar vermemesi acısından belirli sınır değerlerin altında olması tercih edilir. Sıvı örneklerdeki toplam çözünmüş katı madde miktarı (TDS) % 0,1 in, organik madde içeriğide %2' nin altında olmalıdır. Örnekler ayrıca askıda katı partiküller içermemelidir. Analiz edilecek bu tür örneklerin bir kısmı mutlaka 0.45 mikronluk filtreden geçirilmelidir. Filtrasyon gerektiren ve TDS > %0,1 olan sıvı örneklerde ilave işlemler yapılarak ücrete tabi tutulur. Matris etkisini ortadan kaldırmak için örnekler ile standartların aynı asit çözeltisi (tipik olarak %2 HNO3) içerisinde hazırlanması önemlidir. Nitrik asit çözeltisi, supra pur % 65'lık nitrik asitten 18,3 M ohm ultra saf su içerisinde günlük olarak hazırlanmaktadır. ICP-MS ölçüm aralığı ppb-ppt aralığında olduğundan, daha konsantre analitlerin bu ölçüm aralığına getirilmesi için seyreltme yapmak gerekmektedir[50].

Çözelti ICP-MS tekniğinde katı örneğin çözelti haline getirilmesi, analiz maliyetini arttıran ve zaman alan bir işlemdir. Üniversitelerden analiz talep eden araştırmacıların eğer varsa kendi imkan ve kabiliyetleri ile bu işlemi gerçekleştirmeleri önerilir. ICP-MS ile gerçekleştirilen niceliksel analizde pek çok element için ölçüm sınırı ppb (mikrogram/kilogram) ve altı düzeydedir. Uygun koşullarda ppt (nanogram/kilogram) düzeyindeki derişimler de güvenilir biçimde belirlenebilir. Niceliksel analizlerde element derişimleri yüksek saflıkta "NIST Traceable" kalibrasyon standartları kullanılarak belirlenir. Bu ölçümlerde doğruluk ölçülen değerin +/- %5'i dolayındadır. Niteliksel analizlerde örnek bileşiminde yer alan elementler kesin biçimde saptanırlar. Kalibrasyon standardı bulunmayan elementler için derişim değerleri yarı-niceliksel olarak belirlenebilir. Bu ölçümlerde doğruluk ölçülen değerin +/- % 30'u dolayındadır.

ICP-MS ile 80'e yakın elementin derişimi belirlenebilmektedir. HÜ-ICP-MS laboratuvarının mevcut kalibrasyon standartları ile niceliksel olarak ölçülebilen element sayısı rutin uygulamada 68'dir. Derişimi yarı-niceliksel olarak belirlenen elementlerle birlikte bu sayı 79 elementi kapsayacak şekilde genişletilebilmektedir. Genel olaral, İçsel Standard elementlerinden 3 ile 5 adedi niceliksel analiz kapsamı dışında tutulmaktadır.

Tablo 3.4. ICP-MS Laboratuvarında Ölçülen Elementler ve ICP-MS Saptama Sınırları

Atom No	Element	Sembol	(pikogram/gram)	Atom No	Element	Sembol	(pikogram/gram)
1	Hidrojen	H		48	Kadmiyum	Cd	2
2	Helyum	He		49	İndiyum	In	0.5
3	Lityum	Li	2	50	Kalay	Sn	1
4	Berilyum	Be	3	51	Antimon	Sb	0.5
5	Bor	B	500	52	Tellüryum	Te	0.1
6	Karbon	C		53	İyot	I	2,000
7	Azot	N		54	Ksenon	Xe	
8	Oksijen	O		55	Seryum	Cs	0.1
9	Flor	F		56	Baryum	Ba	2
10	Neon	Ne		57	Lantan	La	0.1
11	Sodyum	Na	500	58	Seryum	Ce	1
12	Magnezyum	Mg	100	59	Praseodmiyum	Pr	0.1
13	Alüminyum	Al	300	60	Neodmiyum	Nd	0.1
14	Silis	Si	1,000	61	Prometyum	Pm	0.5
15	Fosfor	P	500	62	Samaryum	Sm	0.5
16	Sülfür	S	500	63	Europyum	Eu	0.01
17	Klor	Cl		64	Gadolinyum	Gd	0.1
18	Argon	Ar		65	Terbiyum	Tb	0.01
19	Potasyum	K	200	66	Diyosporyum	Dy	0.1
20	Kalsiyum	Ca	500	67	Holmium	Ho	0.1
21	Skandiyum	Sc	0.5	68	Erbiyum	Er	0.1
22	Titanyum	Ti	50	69	Tulyum	Tm	0.1
23	Vanadyum	V	1	70	Yterbiyum	Yb	0.01
24	Krom	Cr	3	71	Lutesyum	Lu	0.01
25	Manganez	Mn	30	72	Hafniyum	Hf	0.05
26	Demir	Fe	50	73	Tantal	Ta	0.01
27	Kobalt	Co	3	74	Tungsten	W	1
28	Nikel	Ni	30	75	Rhenyum	Re	1
29	Bakır	Cu	20	76	Osmiyum	Os	1
30	Çinko	Zn	100	77	İridyum	Ir	1
31	Galyum	Ga	2	78	Platin	Pt	0.01
32	Germanyum	Ge	10	79	Altın	Au	300
33	Arsenic	As	25	80	Civa	Hg	50
34	Selenyum	Se	10	81	Talyum	Tl	0.05
35	Brom	Br	2,000	82	Kurşun	Pb	10
36	Kripton	Kr		83	Bizmut	Bi	0.5
37	Rubidyum	Rb	1	84	Polonyum	Po	
38	Stronsiyum	Sr	5	85	Astatin	At	2,000
39	Ytriyum	Y	0.1	86	Radon	Rn	
40	Zirconyum	Zr	1	87	Fransiyum	Fr	
41	Niyobyum	Nb	0.001	88	Radyum	Ra	1
42	Molibden	Mo	2	89	Aktinyum	Ac	
43	Teknesyum	Tc	0.1	90	Toryum	Th	0.01

Çalışma kapsamında yapılan deneylerin dışındaki analiz yöntemleri de kısaca şöyle sıralanabilir:

Termogravimetrik Analiz (TGA)

Kirli taşlardaki kil ve diğer minerallerin kimliklerinin bulunmasında kullanılır. Isıtma altında türlerin ağırlık kaybı oranlarının meydana çıkarılması üstüne kurulan böylece su moleküllerinin kristalleşme kayıplarını, ayrışma kayıplarının oranlarını (örneğin karbonatlar), ayrışma veya yanmayla organik safhanın kaybedilmesi konularında değerlendirme kolaylığı sağlayan bir yöntemdir.

İnfrared Spektroskopisi (FT-IR), Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometresi (GC-MS)

Organik safhanın karakterize edilmesi için en çok kullanılan yöntemlerdir. Örnekler önce toza bulanır ve sonra KBr ile kimlik belirlemek üzere yoğun bir şekil alabilmesi için karıştırılır. Her örnek sonra FTIR spektrometresi ile kristal ve amorf maddelerin kimliklerinin belirlenmesi için analiz edilir. Infrared spektroskopisi, geleneksel olarak önemli bir analitik yöntemdir. Uygulama, organik ve inorganik moleküllerin tanınmasında kullanılır. Sayısal ölçmelerin yapıldığı uygulamalarda vardır. Bu çok zengin fakat karışık infrared spektraya bağlı olarak verilen dalga boyunda emilmeden daha fazla üst üste gelmeyi içermektedir. [51].

Parça Ölçüsü ve Şekil Analizi

Galai CIS-1 lazer temelli sistemini kullanarak, 0.5 μm – 1200 μm.arasında, madde şekli ve ölçüsünün analizi yapılır. Madde ölçü analizi, farklı histogramları, integral grafikleri, ölçü tabloları, alanları ve bazı anlardaki hacimleri, ortalama sertliği ve konsantrasyonlarını içerir. Madde şekil analizi, ölçülerdeki gibi, hızlıca taranan örneklerdeki toplanma, bulaşma ve özel madde hazırlama gözlemlerini ve sonra belirli şekil özelliklerinin detaylı ölçülerini verir.

İyon Kromatografisi (IC)

İyonik türlerin analizi (SO42-, Cl-, NO3- vb. flüorür, klorür, bromür, nitrat, nitrit, fosfat, sülfat, lityum, potasyum, sodyum, kalsiyum ve magnezyumu ölçmek için ve kirlenmiş taştaki tuz oranlarını bulmak için çok kullanılır. Yüzeyde eriyebilir tuzlar iki değişik yolla örneklenir;

a. Tuzlar, deiyonize su ile beraber kâğıt hamurunun kullanılmasıyla yüzeyin değişik parçalarından toplanır ve 48 boyunca kurumaya bırakılır. Her kuruyan hamur cepheden alınır, 5x10 cm(50cm2)'lik düzenli kısımlara kesilir ve sonra 200 ml deiyonize suda çözülür. Su filtrelenir ve solüsyon iyonik kromagrafi kullanarak, klorür, sülfat ve nitratların sayısal değerlerinin bulunması için analiz edilir.

b. Siyah kirli kabuk ve depolanan örnekleri alınır ve örnek madde öğütülerek, deiyonize sulu tozla karıştırılarak, iyonik kromatografi kullanarak, eriyebilir tuzların varlığı analiz edilir. [51].

Enerji Işık Ayırımı Spektroskopisi (EDS)

Elektron akımları tarafından uyarıldıklarında örnek maddenin yüzeyi tarafından emilen X–ışınlarını analiz eden SEM tekniğine benzeyen bir yöntemdir. X–ışınları tarafından emilen enerji, her kimyasal elemanda, örnek madde yüzeyinin nitelik ve nicelik analizlerinden sonuç çıkaracak şekilde özeldir.

X-ışın Flüoresanı (XRF)

En küçük, en büyük elementleri en yüksek hassaslıkta analiz etmeyi sağlar. Periyodik tabloda karbondan elementlerin hepsini XRF ile bazılarını milyonda bir hassaslıkta (0.0001%) analiz edebilir. XRF çok değerli analitik bir alettir.

X-ışın flüoresanı bir kimyasal analiz tekniğidir. Ölçüler maddeye zarar verici değildir ve genelde bütün nesne, bir bir ölçmek yerine, tamamıyla analiz edilebilir. Teknik nesnenin yüzeyinde X-ışınını amaçlamayı içerir ve bu akım 2 mm çaptadır.

Nesne içinde bulunan her eleman değişik enerjilerde X-ışını üretir. Bu ışınlar fark edilir ve yeğinlik spektrumu olarak sunulur. Piklerin pozisyonu hangi elementlerin olduğunu ve pik yükseklikleri her elementin ne miktarda olduğunu anlatmaktadır.

Radar Tarama İmkânları Kullanarak Yapılan Analizler

Değişik şekilli metalik elementlerin sınıflandırılması ve tanımlanması (çivi ve demir çubuklar vb.), korumalı-örtülü maddelerin kirlenmelerinin sınıflandırılması, dışarıdan gözle görülebilecek, dâhili kırılmaların sınıflandırılması, taşa zayıfça yapışmış flasterlerin kimliklerinin belirlenmesi, püsküllü parçaların yapışma ve kalınlıklarının araştırılması, taş bloklarının koruması hakkında bilgi edinme gibi konularda yararlanılır. Saldırgan kirlilik hareketlerin mümkün olduğunca sınırlandırılmasında, yapının değerli kısımlarında korumada alanındaki bilgilerin sağlanmasında, alınması gereken gerekli ölçülere karar verilmesinde oldukça yararlıdır. Zararsız diğer tekniklerle karşılaştırıldığında, jeoradar çok ilginç bir potansiyel gösterir. Sonik tomografi ile karşılaştırıldığında, özellikle çok zor yapılarda jeoradar çok yönlü ve etkilidir. Jeoradar görüntüleme, genelde GPR (Ground Probing Radar), yüzey boyunca hareket eden anten anlamında, çalışılan nesnelerin yüzeyine elektromanyetik dalgalar gönderme şeklinde çalışır. Anten, geri yansıtılan sinyalleri alır. GPR tekniği birçok uygulamada kullanılır.

Termografik Tekniklerle Yapılan Analizler

Termografi, maddeden emilen infrared radyasyonun ölçülerek, madde yüzeyindeki termal görüntünün meydana getirilmesiyle elde edilen bir yöntemdir. Bir kaç cm derinliğe kadar olan bilgiler toplanır. Mimari ile ilgili restorasyonlarda, bazı problemler, yapısal elemanları (gizli çatlaklar, plasterlerin ayrılması, metal kenetler, nemden oluşan artıklar) kapsayabilir.

Termal görüntüyle, bu gibi yerler, yüzeyin ya da maddenin esas incelenen termal alanından farklı şekilde, duruma bağlı olarak daha soğuk ya da sıcak olarak belirlenir. Yüzeydeki termal değerlerdeki farklılıklar, araştırmacılara taşı içeren çeşitli maddelerin teknolojik davranışlarını anlatan sonuçlar verirler.

En geniş anlamda askeri alanda gece görüşünü gerektiren bölümlerde yararlanılmaktadır. Amerika'da termografiden inşaat mühendisliğinde, taşıyıcıların kontrolünde yararlanılmaktadır. Bunun yanında tıpta da kullanılmaktadır. Bu yüzden, yüzeylerdeki sıcaklık farklılıklarından çatlakları ve su geçişi olan yerleri kolaylıkla bulunabilir. Son bir kaç yıldan beri bu metottan kırsal alandaki ve tarihi yapılardaki taşıyıcıların anlaşılmasında yararlanılmaktadır.

Kullanma prensipleri, farklı özellikli maddelerin (taş, tuğla, metal elemanlar) ısıtma ve soğutma periyotları boyunca, termal (infrared) radyasyon emilimi üzerine özel bir önem verme ilkesine dayanır. [51].

Ultrason Tekniklerle Yapılan Analizler

Ultrason ismi, frekans aralığı 15 Khz ile 100 MHz arasında olan akustik dalgalara verilmiştir, fakat pratik uygulamalarda sadece 22 Khz ile 10-20 MHz arası kullanılmaktadır. Ultrasonun yayılması diğer bütün basınçlı dalgalarda olduğu gibi düzgün bir hat boyunca meydana gelir.

Ultrasonik metotların direk ve endirekt olarak beraber kullanımı, taşın hem yüzeyinde hem de içinde çürümesinin farklı boyutlarını daha doğru ölçme imkânı vermiştir. Yani bu metot, basit mikroskobik göstergelerin kullanımının ötesinde giden bir yoldur.

Tomografik Tekniklerle Yapılan Analizler

Taş korumacılığındaki tomografi, ona zarar vermeden dahili bozulmalarının yerinde gözlenmesi ile yapılır. Bu gözlemler fiziksel görünüşler ile elde edilir. Bunlar maddeye zarar vermeyen yöntemlerle elde edilir. P-dalgaları, X-ışınları, elektromanyetik dalgalar, elektrik akımları, termal dalgalar taş içinde gezindikten sonra tomografik algoritmalar elde edilir.

Fiziksel görünüş, fiziksel özellikler kullanılarak değişik değerlerin çıkarıldığı eksik renk haritalarıdır. Fakat tomografi taşın içini gösteren küçük jeolojik bir harita değildir, fiziksel özelliğinin 2D veya 3D haritalarıdır.

Taşlar homojen olmayan malzemelerdir ve taş boyunca hareket eden fiziksel sinyaller devam eden kırılmalara uğrayacaktır, yani izlediği yolda sapmalar olacaktır. Tomografide, tomografik algoritimler çözülmesi gereken bir problemlerdir.

Bununla beraber tomografi, çalışılan taşın içi boyunca ultrasonik dalgaların hızındaki değişikliklerin haritasını sağlayacaktır. Daha sonra bu değerler petrografik olarak değerlendirilecek ve dahili çatlaklar, iklimden oluşan kirlilik vb. konularda sonuçlar elde edilecektir.

Önce nesne civarında bir sinyal üretici koyulur. Taşın bir ucundan diğer ucuna bu sinyaller gönderilir. Sinyallerin diğer uca ulaşma zamanları bulunur. Her gönderilen sinyalin ulaşma zamanı ayrı ayrı işaretlenir ve bunlar toplanır.

Radyografi

Radyografik teknikler hastanelerde kullanılan tekniklere benzer. Arkeolojik çalışmalarda kullanılır. Malzemelerin içini görünür hale getirir. Özellikle müzelerde kullanılan zararsız bir tekniktir. Herhangi bir malzemenin yerinden taşınmasına gerek yoktur. İnce kâğıt yaprağının içindeki su yolarının resimlerini çıkartır. Objelerin neden yapıldığını, içindeki çatlak veya kırıkları, korozyon bölgelerini çıkartır.

Radyasyon bir malzemenin içine girdiğinde, bir film görüntüsü üretecek şekilde bir kısmı emilir, bir kısmı dağılır ve bir kısmı da objenin içinden geçer. Obje içinden geçen radyasyon miktarı, radyasyon enerjisini, kompozisyonu ve objenin kalınlığını da içeren birkaç faktöre bağlıdır. Yani, malzemenin içyapısını, tanımlanan kırıkları, ekleri, iç yolları vb. görmek mümkündür. [51].

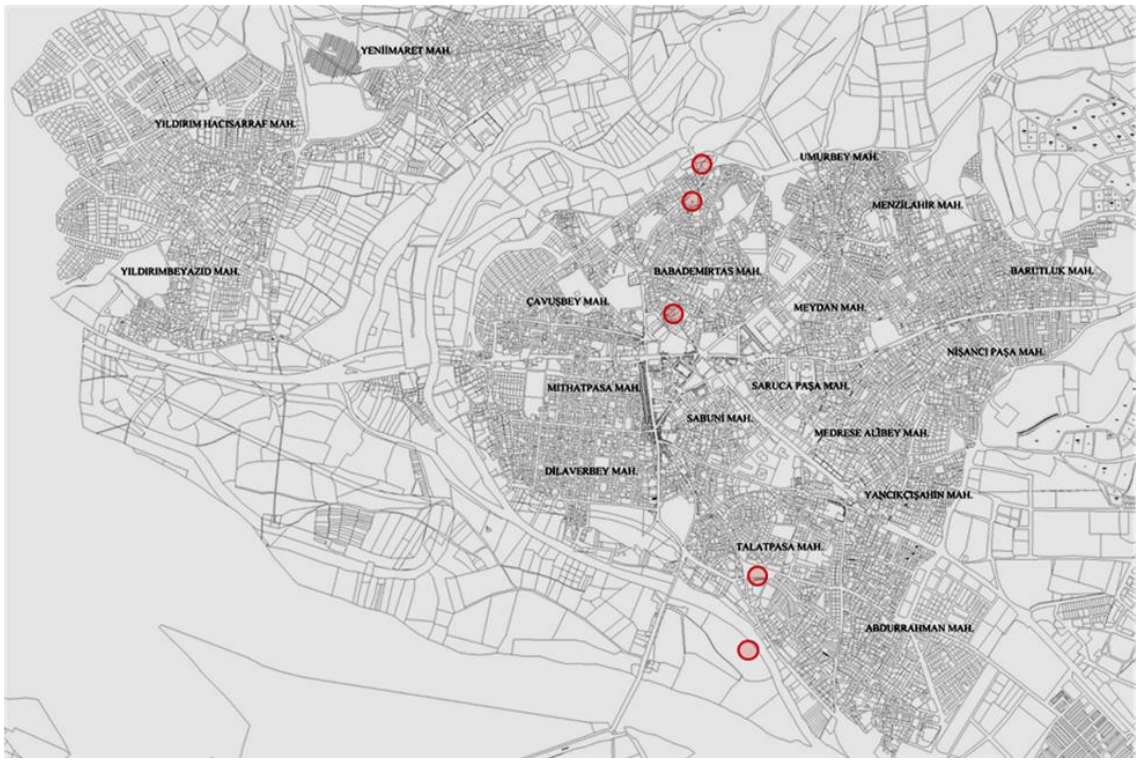
BÖLÜM 4.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE ELDE EDİLEN BULGULAR

Tez çalışmasının uygulama aşamasında öncelikle alan olarak Edirne il merkezi seçilmiştir. Trakya bölgesindeki küfeki taşının sağlanabildiği aktif haldeki ocaklara yakın olması ve Osmanlı tarihinde önemli bir yeri olması dolayısıyla tarihi yapılarındaki zenginlik Edirne il merkezinin çalışma alanı olarak seçilmesinde önemli rol oynamıştır.

Çalışma kapsamında tarihi eserlerde kullanılan küfeki taşının özelliklerinin belirlenmesi ve restorasyonlarda bu taşın yerine kullanılmakta olan ocaktan elde edilmiş yeni taşlarla değiştirildiğinde aynı özellikleri gösterip göstermediğinin irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla seçilecek tarihi yapıların belirli bir döneme ait olması karşılaştırmaların yapılabilmesinde eşdeğerlik sağlayacaktır. Bu nedenle Erken Osmanlı Dönemi olarak tanımlanan (1299-1451) 15. yy. da başlayıp, 16. yy. başlarına kadar devam eden zaman aralığını kapsayan dönem çalışmaya esas alınmıştır. Öncelikle bu döneme ait yapılar araştırılmış ve yapılardan taş numuneleri alınması için gerekli çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında Edirne Vakıflar ve Bölge Müdürlüğü'nden izin talebinde bulunularak, restorasyonu devam eden yapılardan numune alma izni sağlanmıştır.

Yapı taşlarına uygulanacak deneyler TS 699 "Doğal yapı taşları - İnceleme ve laboratuvar deney yöntemleri" standardı kapsamında tanımlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında da fiziksel, kimyasal, mekanik ve petrografik olmak üzere dört başlık altında yapılan deneylerden mekanik deneyler dışındaki deneyler bu standart kapsamında gerçekleştirilmiştir. Mekanik deneylerde ise tarihi yapılardan karot tekniği ile ve incelemeye esas olacak şekilde en az 3 numune almak yapıya zarar vereceğinden numune boyutları diğer deneylerde değerlendirildiği gibi 5x5x5 boyutlarında alınarak mekanik deneyler yapılmıştır. Karşılaştırmaların eşdeğerliğini sağlayabilmek için ocaktan alınan taşlarda da aynı ölçülere uyulmuştur. Her bir deney için 3'er numune alınarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Seçilen yapıların kent içindeki konumları harita üzerinde gösterilmiştir. (Şekil 4.1.)



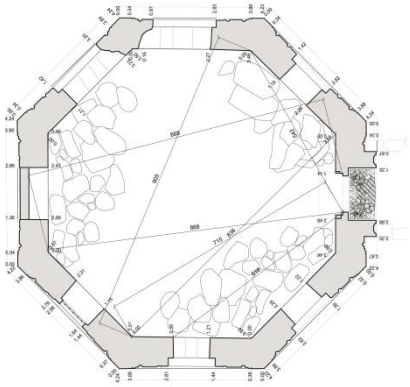
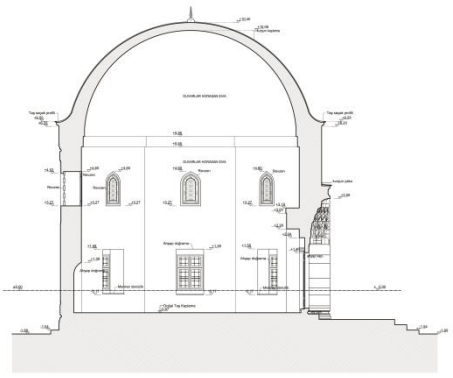
Şekil 4.1. Edirne İl Merkezinde örnek alınan yapıların konumu

4.1. Numune Alınan Yapılar ve Taş Ocakları

Bu bölümde uygulama örneği olarak seçilen Erken Osmanlı Dönemi'ne ait beş yapının genel özellikleri açıklanmıştır. Erken Dönem Edirne Yapılarından 5 yapı küfeki taşının geçmişte ve restorasyon uygulamalarındaki kullanımı bağlamında, yapı örnekleri üzerinde detaylı bir biçimde incelenmiştir. Seçilen yapılar Edirne kent merkezinde yer alan tarihi yapılar olup, öncelikle yapıların konumu, tarihçesi, mimari özellikleri, yapım ve malzeme özellikleri gibi nitelikleri sıralanarak küfeki taşının kullanıldığı yerler belirtilmiştir.

4.1.1. Beylerbeyi Türbesi:

Tablo 4.1. Beylerbeyi Türbesi Genel Özellikleri

BEYLERBEYİ TÜRBESİ	
İnşa Tarihi: 1429	**Pafta:** 50L-IVc
Yaptıranı: Yusuf Paşa	**Ada:** 161
Mimarı: Bilinmiyor	**Parsel:** 17-18
Envanter No: A 121	**Maliki:** Beylerbeyi Vakfı **Günümüz Sahibi:** Vakıflar Genel Müdürlüğü
Tescil Kararı: E.K.T.V.K. Kurulu'nun 04.07.2003 tarih ve 7697 nolu kararı	**Adres:** Kuşçudoğan mah. Mihrimihran sok. Merkez/EDİRNE
Kent içi Konum:	
	
Yapıya ait çizimler:	
 **PLAN**  **KESİT** [53]	

Cami bahçesinin alt kısmında yer alan hazire ortasında sekizen planlı bir türbedir. Düzgün kesme taşlarda yapılmıştır. Cepheler silme kuşaklarla çerçeve içine alınmıştır. İki katlı olarak düzenlenmiş cephelerde bir alt birde üst pencere açılmıştır. Aynı aksta olan türbe kapısı cepheden dışa taşkın durumdadır [52].

Türbenin giriş kapısı sivri kemerli olup, etrafı dikdörtgen bir çerçeve ile sınırlıdır. Alt ve üst kot olmak üzere iki sıra penceresi vardır. Pencere düzeni giriş kapısının olduğu duvar ile mihrabın olduğu duvar dışında aynı düzende devam eder. Mihrabın solunda kalan iki duvarda pencere söveleri yıkıldığından pencere yerleri tespit edilememektedir. Diğer duvarlarda ise pencere açıklıkları bellidir. Zemin kottaki pencereler düz atılı olup, sağır sivri kemer ile çevrelenmiştir. Üst kot pencereleri ya tamamen ya da yarı kotuna kadar yıkık olduğundan üst atkı formu hakkında bir tespitte bulunulamamıştır. Türbenin üst örtüsü yıkılmıştır. Ancak Edirne türbeleri incelendiğinde üst örtünün kubbe olma ihtimali yüksektir.

Dış cephesi kesme taş olan yapının iç duvarları almaşıktır. İç duvarlarının horasan harçlı sıvasının çoğu dökülmüştür. Yapı içinde çok fazla bitkilenme vardır. Üst örtüsü olmadığından yağmur ve kar direk içeriye girmekte, kalan bölümleri olumsuz etkilemektedir. Taş yüzeylerinde organizma oluşumları görülür. Taştaki kirlenmeler kabuklaşmıştır.

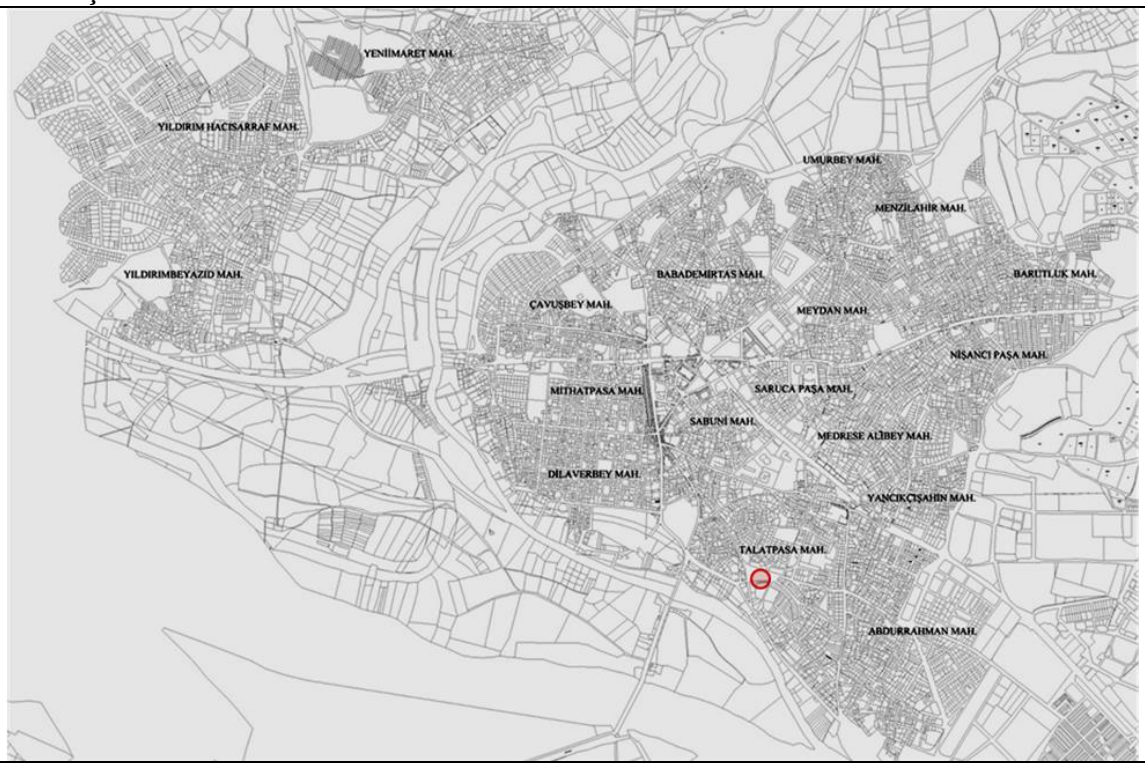
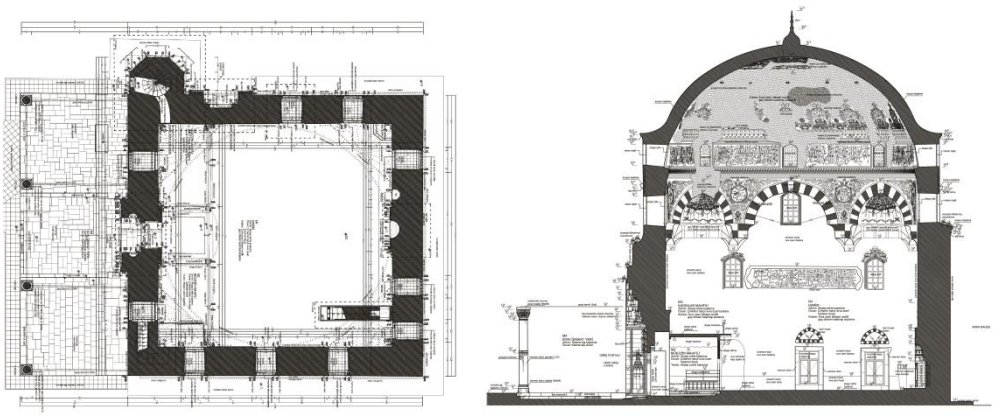


Şekil 4.2. Beylerbeyi Türbesi genel görünümü ve küfeki numunesi alınan yer [37]

4.1.2. Süleymanpaşa Camii:

Süleyman Paşa camisi, Erken Osmanlı dini mimarisinde önemli bir yer teşkil ettiği görülmektedir. Bu dönemde kentte yapılan pek çok camide olduğu üzere, "Tek Kubbeli Cami" plan tipolojisine uygun şekilde inşa edilmiştir.

Tablo 4.2. Süleymanpaşa Camii Genel Özellikleri

SÜLEYMANPAŞA CAMİİ	
İnşa Tarihi: 1493	**Pafta:** 50L-IIIa
Yaptıranı: Süleyman Paşa	**Ada:** 509
Mimarı: Bilinmiyor	**Parsel:** 13-38
Envanter No: A 53	**Maliki:** Süleyman Paşa Vakfı **Günümüz Sahibi:** Vakıflar Genel Müdürlüğü
Tescil Kararı: E.K.T.V.K. Kurulu'nun 04.07.2003 tarih ve 7697 nolu kararı	**Adres:** Abdurrahman mah. Tekirdağ cad. Merkez/EDİRNE
Kent içi Konum:	
	
Yapıya ait çizimler:	
	
PLAN **KESİT** [53]	

Cami kareye yakın ölçülerde bir harim bölümü ve yapının kuzeyinde yer alan dikdörtgen boyutlarda üç birimli son cemaat yerinden oluşan bir mekânsal örgütlenmeye sahiptir. Caminin kuzey ve doğu cephelerinde yer alan iki girişi bulunmaktadır.

Mekanın ölçüleri 18.86m.x6.85m. dir. Üç birimli son cemaat yerinin ortadaki bölümü giriş kısmıdır ve diğer bölümlere nazaran 0.36m. daha alt kottadır. Orta bölüm kareye yakın ölçülerdedir. Yanlardaki diğer iki bölüm ise dikdörtgen formdadır. Zemini kesme taş ile döşenmiştir [54].

İçte bir büyük, dışta üç küçük kubbesi vardır. Kare planlı caminin doğu duvarının kuzey ucunda bir minare yer almaktadır. Kuzeyindeki üç birimli son cemaat yerinin üst örtüsü yıkıktır. Biri kuzey cephesinin ortasında, diğeri ise doğu cephesinin kuzeyinde yer alan iki taç kapısı bulunmaktadır. Bayezid Camii üslubunda kesme taştan yaptırılmış yüksek, tek kubbeli bir camidir. Zarif bir minaresi, dört sütun üzerine üç kubbeli bir son cemaat yeri vardır. Köşelere gelen sütun başlıkları baklavalı, diğer ikisi stalaktitlidir [54],[55].

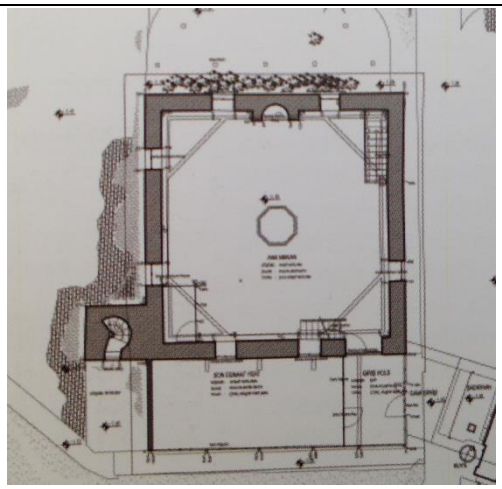
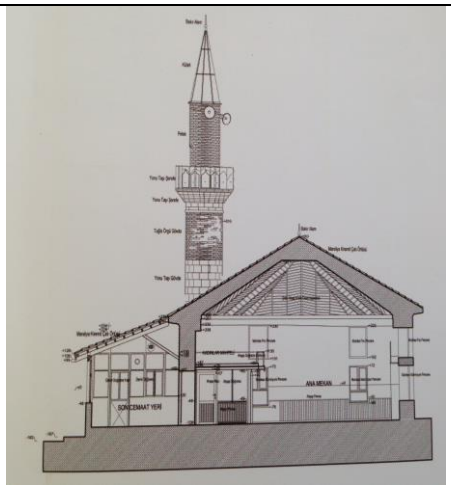


Şekil 4.3. Süleymanpaşa Cami Giriş Cephesi ve numunenin alındığı yer

4.1.3. Çakır Ağa Camii

Beylerbeyi Camii Caddesinden Saraçhanebaşı Köprüsüne giden çarşı yolunun doğu tarafında kâin ve üç tarafı dükkanlar ve han bahçesiyle sınırlı bir bahçenin köşesinde bulunan, çatısı kiremit döşeli, bir minareli bir mesciddir. Banisi pek çok hayır sahibi ve Fâtih Sultan Mehmed Han asrı ileri gelenlerinden Çakır Ağa olup, 857 (M. 1453) tarihinde inşa olunmuştur. İçerisinde namaz kılınmaktadır [56].

Tablo 4.3. Çakırağa Camii Genel Özellikleri

<table>
<tr><td colspan="2">ÇAKIRAĞA CAMİİ</td></tr>
<tr><td>İnşa Tarihi: 1453</td><td>Pafta: 51L-IVc</td></tr>
<tr><td>Yaptıranı: Çakır Ağa</td><td>Ada: 288</td></tr>
<tr><td>Mimarı: Bilinmiyor</td><td>Parsel: 7</td></tr>
<tr><td>Envanter No: A 125</td><td>Maliki:
Günümüz Sahibi: Vakıflar Genel Müdürlüğü</td></tr>
<tr><td>Tescil Kararı: E.K.T.V.K. Kurulu'nun 04.07.2003 tarih ve 7697 nolu kararı</td><td>Adres: Kiremitçiler mah. Hükümet cad. Merkez/EDİRNE</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kent içi Konum:</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Yapıya ait çizimler:</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
PLAN KESİT [57].</td></tr>
</table>

Kare planlı caminin kuzey köşesinde bir minaresi vardır. Üzeri kiremit kaplı çatı ile örtülüdür. Minare hariç özgün bir unsuru kalmamıştır. Kare kesitli almaşık kaide ve köşeleri mukarnaslı pahlı kesme taş pabuç üzerine oturan silindirik gövdenin alt yarısı kesme taş, üst yarısı tuğladır. Petek kısmı da tuğla örgülüdür. Minarenin üzeri kurşun kaplı külahla örtülüdür[57].



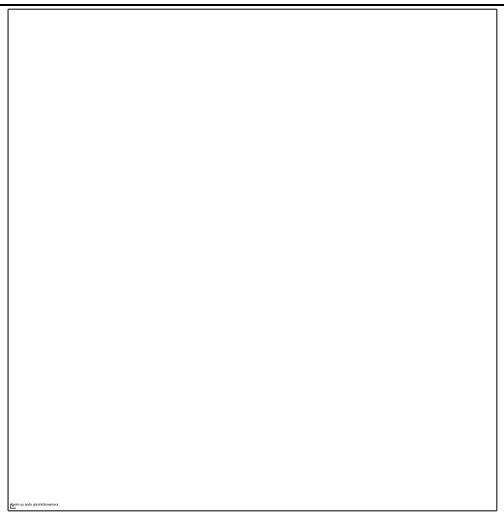
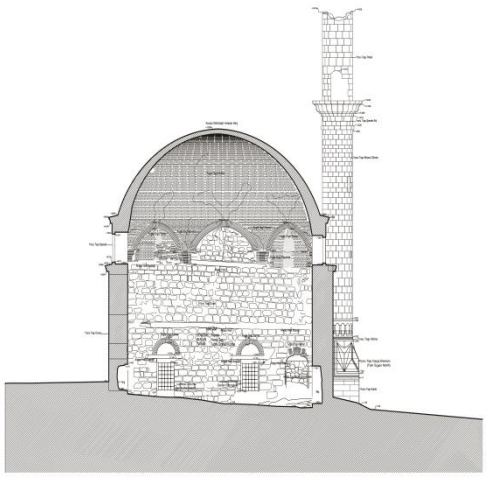
Şekil 4.4. Çakırağa Cami Giriş Cephesi ve numunenin alındığı minaresi köşesi[37].

4.1.4. Kasım Paşa Camii:

Kirişhane Semti'nde Kasım Paşa-yı Velî Mahallesi'nde Tunca Nehri sahilinde İkinci Sultan Murad Han ile Fatih Sultan Mehmed Han vezirlerinden Rumeli Beylerbeyisi Kasım Paşa-yı Velî Vakfı'ndandır. Caddeden Tunca'ya kadar uzanan geniş bir kabristanın nehre yakın bir noktasında inşa olunan caminin nehir sahilinde rıhtımları ve nehir vasıtalarına inip binmeye yarayan on dört basamaklı büyük merdivenler vardır. 1326 (M.1908) depreminde minaresinin kaval kısmının yıkılmasıyla yeniden yapılmıştır. Bir kubbe ve bir minarelidir. Dıştan ahşap direklere dayanan kiremit döşeli çatılı bir sundurması vardır[56].

Harim duvarları ve minare, düzgün kesme taşlarla inşa edilmiştir. Kasnakta ise, düzgün kesme taş ve tuğlanın dönüşümlü olarak kullanıldığı görülmektedir. Kuzey cephede, toprak seviyesi oldukça yükselmiş durumdadır. Bu nedenle son cemaat yerinin sekileri zorlukla seçilebilmektedir. Cephe duvarının üst kesiminde, halen görülebilen izler, burada ahşap çatılı bir son cemaat yerinin bulunduğuna işaret etmektedir[58].

Tablo 4.4. Kasımpaşa Camii Genel Özellikleri

<table>
<tr><td colspan="2">KASIMPAŞA CAMİİ</td></tr>
<tr><td>İnşa Tarihi: 1479</td><td>Pafta: 50L-IIId</td></tr>
<tr><td>Yaptıranı: Kasım Paşa</td><td>Ada: 576</td></tr>
<tr><td>Mimarı: Bilinmiyor</td><td>Parsel: 1</td></tr>
<tr><td>Envanter No: A 38</td><td>Maliki:
Günümüz Sahibi: Vakıflar Genel Müdürlüğü</td></tr>
<tr><td>Tescil Kararı: E.K.T.V.K. Kurulu'nun 04.07.2003 tarih ve 7697 nolu kararı</td><td>Adres: Kiremitçiler mah. Hükümet cad. Merkez/EDİRNE</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kent içi Konum:</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Yapıya ait çizimler:</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
PLAN KESİT [59].</td></tr>
</table>

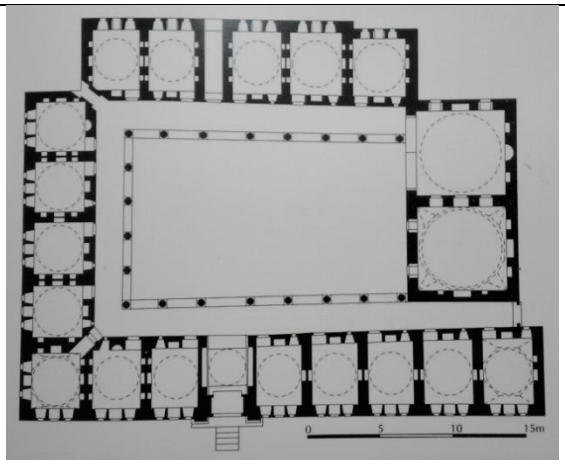


Şekil 4.5. Kasımpaşa Camii ve küfeki numunesi [37].

4.1.5. Saatli Medrese

Medrese revaklı avlu etrafında 17 hücreden ve biri açık biri kapalı olmak üzere iki dershaneden meydana gelmektedir. Ana girişi güney yönünde olmak üzere doğu ve kuzeyde de girişi bulunmaktadır. 18 küçük, 3 büyük kubbe ile örtülüdür. Kubbeler kurşun kaplıdır. Her kubbenin önünde renkli kesme taş ile yapılmış bacası bulunmaktadır. Ana giriş basık kemerli olarak renkli taşlarla yapılmıştır. Revakların mermer sütunlara uzunlamasına tonozlarla oturduğu kaynaklarda belirtilmektedir. Odalarda birer ocak bulunmaktadır ve herbirinde biri iç avluya biri sokağa bakan iki pencere görülmektedir. Pencereler dikdörtgen formlu olup basık kemerlidir 169].

Tablo 4.5. Saatli Medrese Genel Özellikleri

<table>
<tr><td colspan="2">SAATLİ MEDRESE</td></tr>
<tr><td>İnşa Tarihi:</td><td>Pafta: 50L-Ib</td></tr>
<tr><td>Yaptıranı: II. Murat</td><td>Ada: 249</td></tr>
<tr><td>Mimarı: Bilinmiyor</td><td>Parsel: 31</td></tr>
<tr><td>Envanter No: A 109</td><td>Maliki:
Günümüz Sahibi: Vakıflar Genel Müdürlüğü</td></tr>
<tr><td>Tescil Kararı: E.K.T.V.K. Kurulu'nun 04.07.2003 tarih ve 7697 nolu kararı</td><td>Adres: Bababademirtaş mah. Hükümet cad. Merkez/EDİRNE</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kent içi Konum:</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Yapıya ait çizimler:</td></tr>
<tr><td colspan="2">

PLAN [57].</td></tr>
</table>



Şekil 4.6. Saatli Medrese Giriş Cephesi ve numunenin alındığı yer[37].

4.1.6. Süloğlu Taş Ocağı

Edirne ilinin kuzeydoğusunda yeralan ve Kırklareli iline sınırı olan Süloğlu ilçesi, 250 km² yüzölçümündedir ve nüfusu 12.000 kişi civarındadır. Doğusunda Kırklareli, batısında Edirne, Güneyinde Havsa, kuzeyinde Lalapaşa ile çevrilidir. Bölgeye özgü ve başta Selimiye Camii olmak üzere birçok tarihi yapıda kullanılmış olan ve Mimar Sinan taşı olarak da bilinen eosen bazlı ‘‘doğal taşın’’ (musselstone) üretimi ve dağıtımı da yapılmaktadır

Süloğlu taş ocağı kasabanının kuzey çıkışında yer almaktadır. Burada taş bloklar, diğer ocaklardaki kadar zarar vermeden kesilip çıkarılmaktadır. Burada çoğu ocakta kullanılan dinamit yöntemi kesinlikle kullanılmamaktadır. Bu şekilde taş bloklar daha uzun sürede kesilmesine rağmen yöre halkını rahatsız etmeyecek şekilde üretim yapılmaktadır.



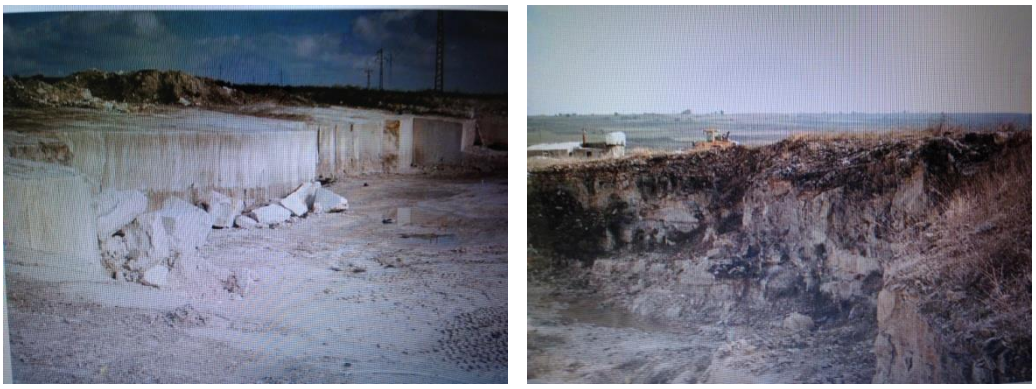
Şekil 4.7. Süloğlu Taş Ocağının Genel Görünümü [37].



Şekil 4.8. Taş ocağından taşların kesilip çıkarılma işlemi[37].

4.1.7. Pınarhisar Taş Ocağı

Pınarhisar, Türkiye'de Trakya Bolgesinde, Kırklareli'nin 35 km. doğusunda, doğusunda Vize İlçesi, batısında Kırklareli ili, güneyinde Lüleburgaz İlçesi, Kuzeyinde ise Demirköy İlçesi bulunmaktadır. İlçenin yüzölçümü 581 Km2 dir. 10000 nüfuslu bir ilçedir. (Şekil 1.1). Pınarhisar, eski İstanbul Yolu üzerinde, Lüleburgaz-Kırklareli yol kavşağındadır. İlçenin kuzey kesimleri 500-600 metreyi bulan tepeler ve kayalıklarla şekillenmiştir



Şekil 4.9. Pınarhisar Taş Ocağından genel görünüm.

4.2. Uygulanan Deneyler

Bu çalışmada, seçilmiş olan Erken Dönem Osmanlı yapılarından deney numuneleri alınmıştır. Alınan taş örnekleri restorasyonu devam eden yapılardan ve taş ocaklarındandır. Bu yapılar Çakırağa, Süleymanpaşa, Kasımpaşa Camileri, Saatli

Medrese, Beylerbeyi Türbesi ile Süloğlu ve Pınarhisar ocaklarıdır. Bu örnek taşlar 5x5x5 ebatlarında 3 adet olacak şekilde kestirilmiştir.

Kestirilen bu taşların Trakya Universitesi TUTAGEM malzeme laboratuvarında SEM ve Optik Mikroskop ile detaylı fotoğraf çekimleri yapılmış ICMPS ve XRD ile de detaylı element analizleri yapılmıştır.

SEM analizi için numunelerden küçük bir parça alınarak, ICMPS ve XRD için numune içlerinden parçalar çıkarılıp toz haline getirilerek, Optik Mikroskop için ise numuler bozulmadan analizleri yapılmıştır.

Bütün numuneler aşağıdaki gibi kodlanmıştır:

Süloğlu Ocak Taşı (D), Pınarhisar Ocak Taşı (G), Süleymanpaşa Camii (B), Çakırağa Camii (C), Saatli Medrese (F), Beylerbeyi Türbesi (H), Kasımpaşa Camii (I)

Süloğlu Ocak Taşı	**D**
Pınarhisar Ocak Taşı	**G**
Süleymanpaşa Camii	**B**
Çakırağa Camii	**C**
Saatli Medrese	**F**
Beylerbeyi Türbesi	**H**
Kasımpaşa Camii	**I**

4.2.1. Fiziksel Özellik Deneyleri:

Küfeki taşının fiziksel özelliklerinin analiz edilmesinde atmosfer basıncı altında hacimce su emme ve porozite deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerle elde edilen veriler standartta belirtilen hesap metodları ile hesaplanarak sonuçları değerlendirilmiştir.

Porozite birim hacimdeki taşın içerdiği boşluktur. Doğal taşlar boşluklu malzemelerdir ve porozitenin büyük olması taşın fazla miktarda boşluk içermesi demektir. Boşluk doluluk oranı arttıkça malzemenin basınç mukavemetinde düşme, ısı yutuculuk değerinde artma görülür. Taşın porozitesi ve gözenek boyutu dağılımı hasarlar karşısındaki davranışları belirleyen önemli bir faktördür [43].

Malzeme boşluğunun devamlılığı halinde su ve buhar geçirimliliği değerice artar. Porozitesi büyük olan taşlar kolaylıkla ve fazla miktarda su emer. Değerin yüksek olması taşın dayanımını da azaltmakta, kayacın ekonomikliğinin düşmesine neden olmaktadır. Genellikle iyi kalite olarak kabul edilen doğal taşların porozitesi %0,0002-

%0,5 arasında değişmektedir. Boşlukları artması kayacın dayanıklılığını azaltmaktadır. Bu nedenle mümkün olduğu kadar ince kristalli taşlar tercih edilmektedir. TS 699'a göre gözeneklilik derecesi % 2'den küçük olmalıdır.

5x5x5 ölçülerindeki numuneler porozite deneyi için doygun hale gelinceye kadar su dolu havuzda bekletilmiş ve tartılmıştır. En sonunda ne kadar su emdiği ölçülmüştür.

Süleymanpaşa Camii



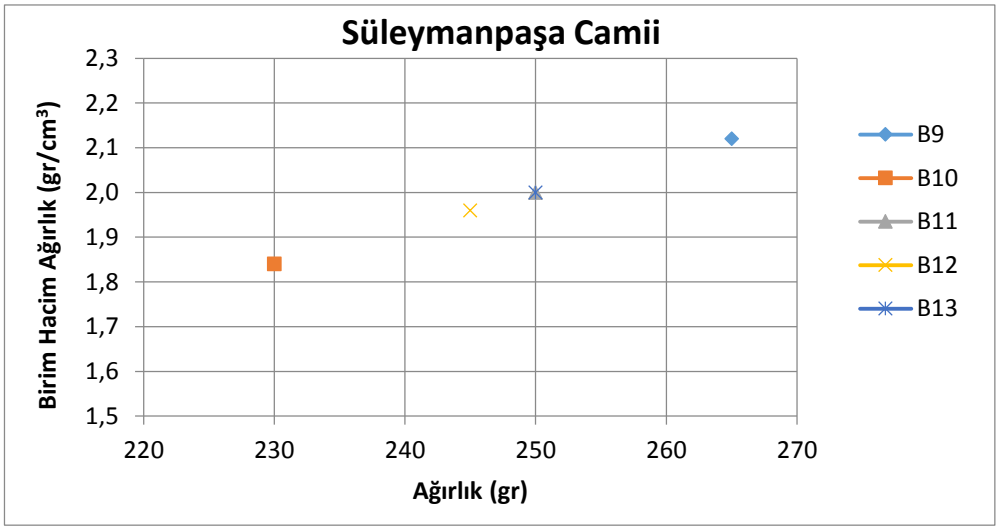
Şekil 4.10. Süleymanpaşa Camii birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri

Tablo 4.6. Süleymanpaşa Camii Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri

Numune Kodu	Atmosfer Basıncı Altında Ağırlıkça Su Emme (As)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)
B9	6,04	2,12
B10	9,57	1,84
B11	8,40	2
B12	9,39	1,96
B13	7,20	2

TS 699'a göre taşların birim hacim ağırlığı 2.40-2.70 gr/cm^3, Ağırlıkça su emme oranı ise %0.2-0.6 olmalıdır. Kabuklu, midyeli Küfeki taşının kabul edilen birim hacim ağırlığı 2.2 t/m^3, Ağırlıkça su emme oranı ise % 5 olmalıdır.

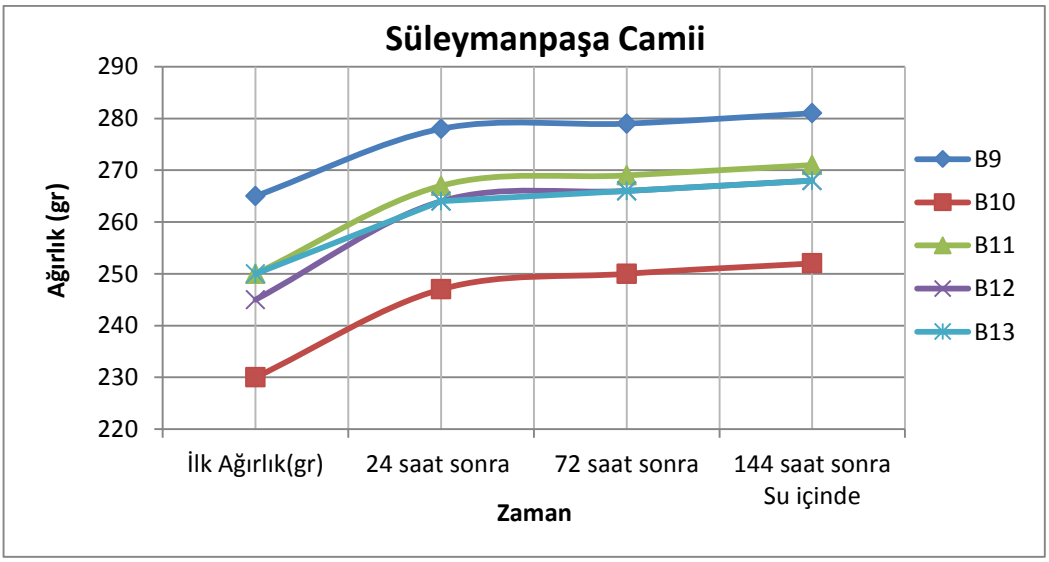
Tablo 4.6'ya bakıldığında Süleymanpaşa Camii'nden alınan numune taşların birim hacim ağırlığı olarak uygun bir taş olduğunu ve ağırlıkça su emme oranı olarak da uygun olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.11. Süleymanpaşa Camii ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği

Tablo 4.7. Süleymanpaşa Camii porozite deney sonuçları

Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi							
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**İlk Ağırlık(gr)**	**24 saat sonra**	**72 saat sonra**	**144 saat sonra Su içinde**	**Ortalama Su Emme %**
Süleymanpaşa Cami	B9	5x5x5	265	278	279	281	9.12
	B10	5x5x5	230	247	250	252	
	B11	5x5x5	250	267	269	271	
	B12	5x5x5	245	264	266	268	
	B13	5x5x5	250	264	266	268	

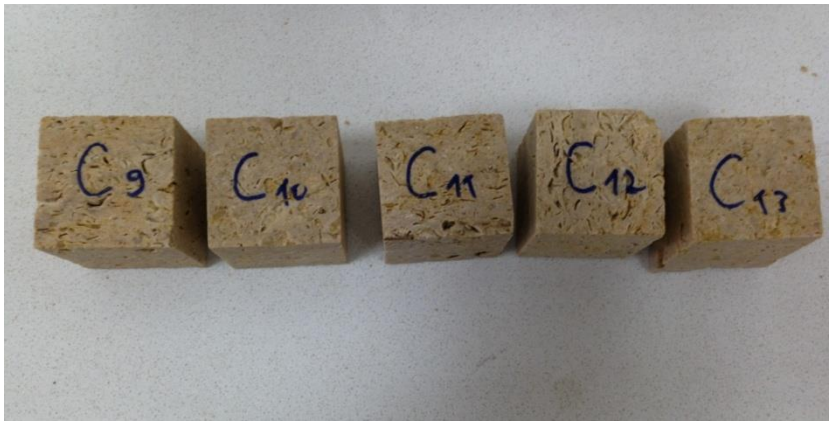


Şekil 4.12. Süleymanpaşa Camii ağırlıkça su emme oranları grafiği

TS 699'a göre taşların porozitesi % 2'den küçük olmalıdır. Kabuklu, midyeli Küfeki taşının kabul edilen porozitesi ise ortalama % 12-13 olmaktadır.

Süleymanpaşa Camiinden alınan numune taşlar, zaman içerisinde yük altında kalmış ve dış şartlardan da etkilenmiş olmalarına rağmen, gözeneklilik derecesi % 9,12 ile uygun bir taş olduğunu göstermektedir.

Çakırağa Cami



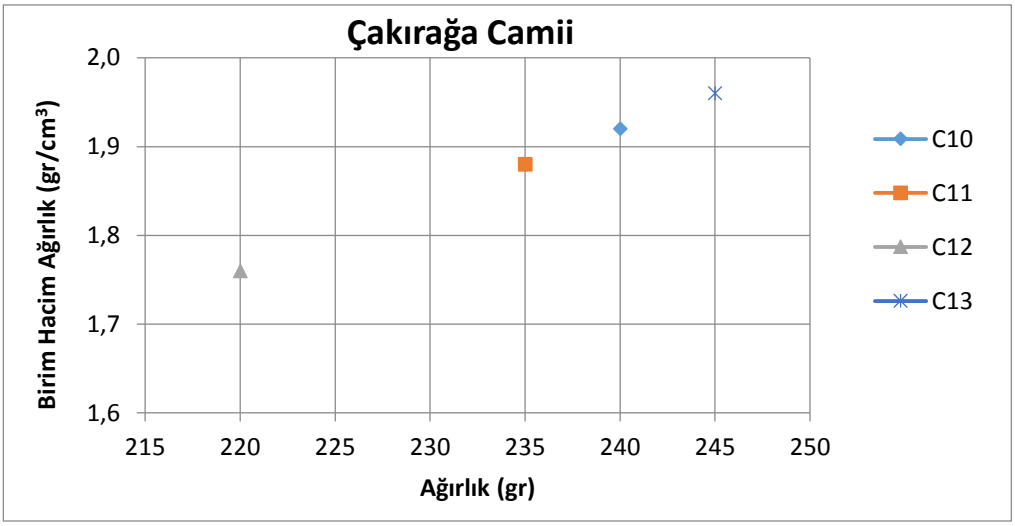
Şekil 4.13. Çakırağa Camii birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri

Tablo 4.8. Çakırağa Camii Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri

Numune Kodu	Atmosfer Basıncı Altında Ağırlıkça Su Emme (As)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)
C10	6,67	1,92
C11	8,09	1,88
C12	10,45	1,76
C13	6,12	1,96

Tablo 4.8'e göre Çakırağa Camiinden alınan numune taşların birim hacim ağırlığı olarak uygun bir taş olduğunu ve ağırlıkça su emme oranı olarak da uygun olmadığını göstermektedir.

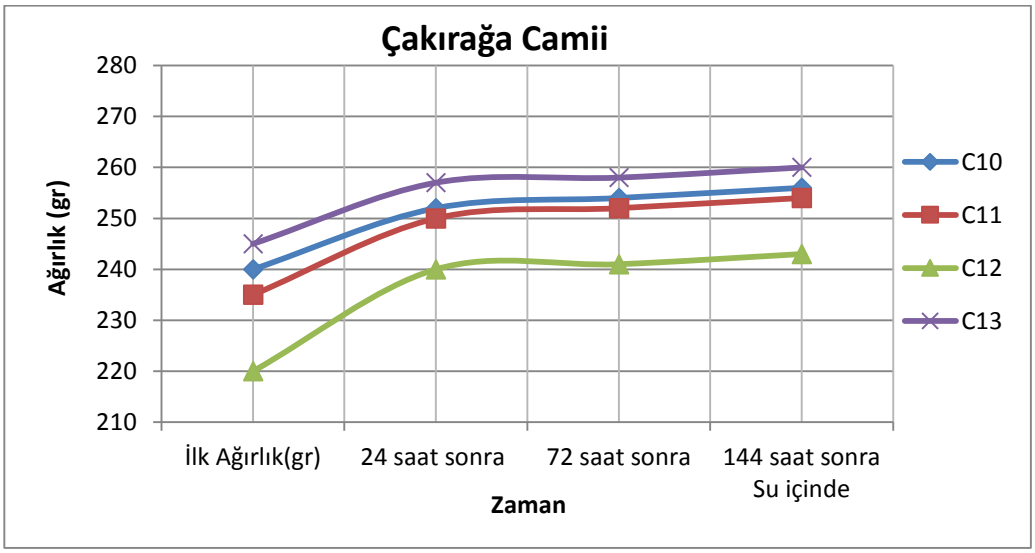
Çakırağa Camii numunesinin gözeneklilik derecesi % 8,40 ile uygundur.



Şekil 4.14. Çakırağa Camii ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği

Tablo 4.9. Çakırağa Camii porozite deney sonuçları

Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi							
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**İlk Ağırlık(gr)**	**24 saat sonra**	**72 saat sonra**	**144 saat sonra Su içinde**	**Ortalama Su Emme %**
Çakırağa Camii	C10	5x5x5	240	252	254	256	8.40
	C11	5x5x5	235	250	252	254	
	C12	5x5x5	220	240	241	243	
	C13	5x5x5	245	257	258	260	
	C14	5x5x5	-	-	-	-	



Şekil 4.15. Çakırağa Camii ağırlıkça su emme oranları grafiği

Saatli Medrese

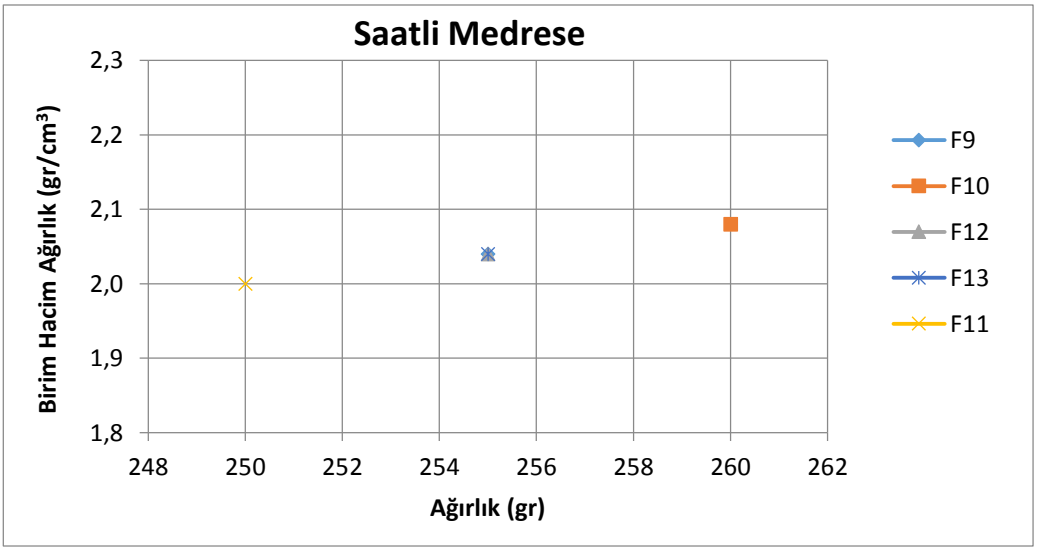


Şekil 4.16. Saatli Medrese birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri

Tablo 4.10. Saatli Medrese Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri

Numune Kodu	Atmosfer Basıncı Altında Ağırlıkça Su Emme (As)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)
F9	8,24	2,04
F10	7,31	2,08
F11	7,20	2
F12	5,10	2,04
F13	6,27	2,04

Tablo 4.10'a göre Saatli Medreseden alınan numune taşların birim hacim ağırlığı olarak uygun bir taş olduğunu ve ağırlıkça su emme oranı olarak da uygun olmadığını göstermektedir.

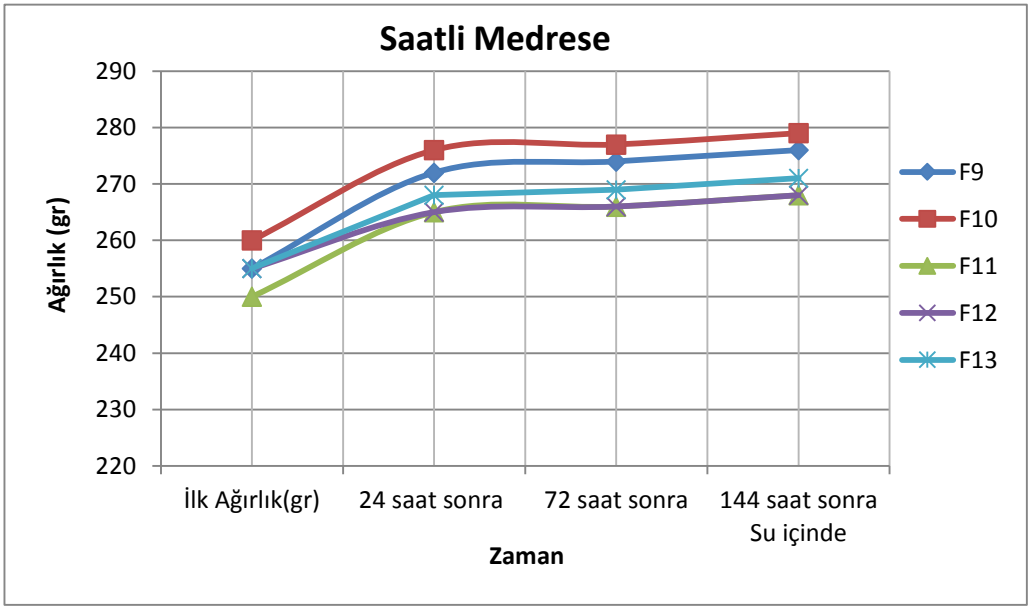


Şekil 4.17. Saatli Medrese ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği

Tablo 4.11. Saatli Medrese porozite deney sonuçları

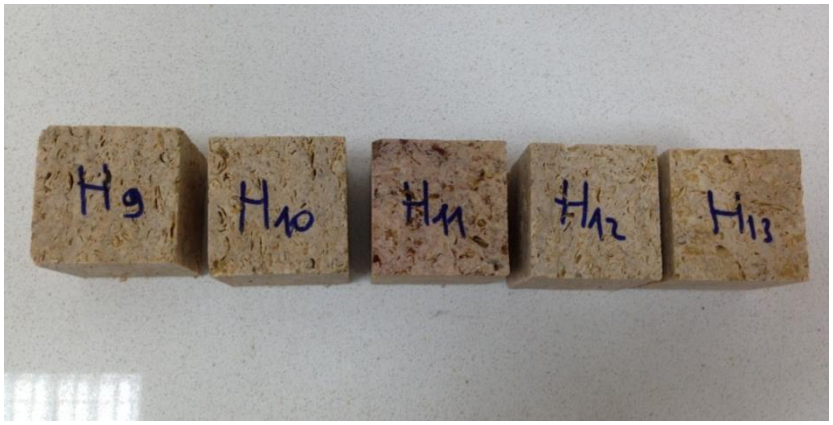
Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi							
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**İlk Ağırlık(gr)**	**24 saat sonra**	**72 saat sonra**	**144 saat sonra Su içinde**	**Ortalama Su Emme %**
Saatli Medrese	F9	5x5x5	255	272	274	276	7.69
	F10	5x5x5	260	276	277	279	
	F11	5x5x5	250	265	266	268	
	F12	5x5x5	255	265	266	268	
	F13	5x5x5	255	268	269	271	

Saatli Medreseden alınan numunenin gözeneklilik derecesi % 7,69 ile uygundur.



Şekil 4.18. Saatli Medrese ağırlıkça su emme oranları grafiği

Beylerbeyi Türbesi

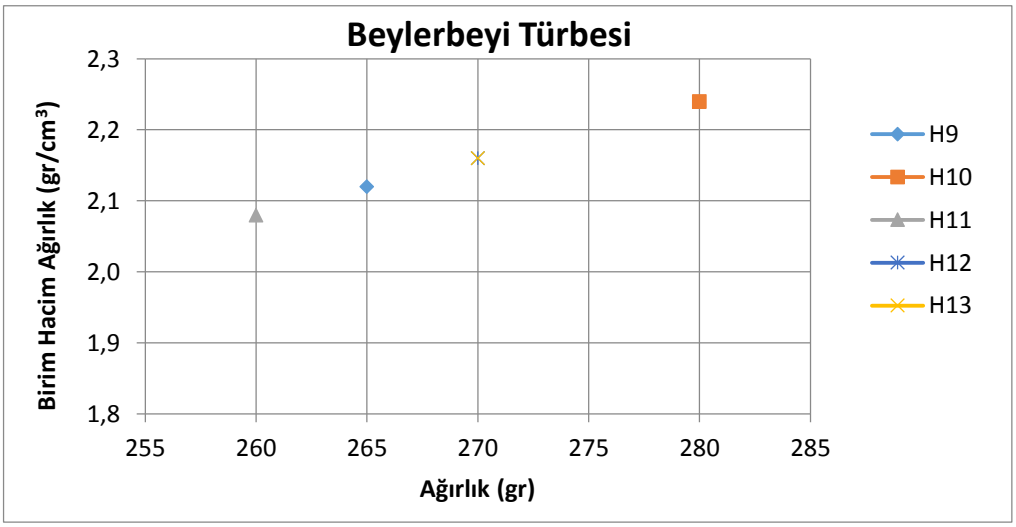


Şekil 4.19. Beylerbeyi Türbesi birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri

Tablo 4.12. Beylerbeyi Türbesi Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri

Numune Kodu	Atmosfer Basıncı Altında Ağırlıkça Su Emme (As)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)
H9	6,04	2,12
H10	4,29	2,24
H11	6,54	2,08
H12	4,81	2,16
H13	5,56	2,16

Tablo 4.12'ye göre . Beylerbeyi Türbesinden alınan numune taşların birim hacim ağırlığı olarak uygun bir taş olduğunu ve ağırlıkça su emme oranı olarak da ortalamaya yakın olarak uygun olduğunu göstermektedir.

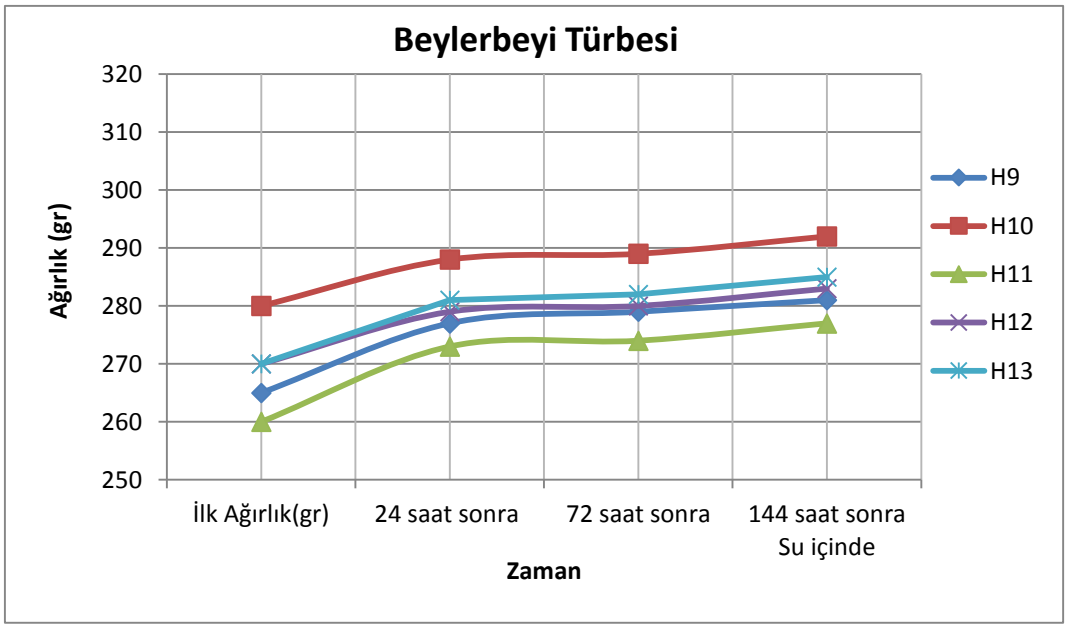


Şekil 4.20. Beylerbeyi Türbesi ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği

Tablo 4.13. Beylerbeyi Türbesi porozite deney sonuçları

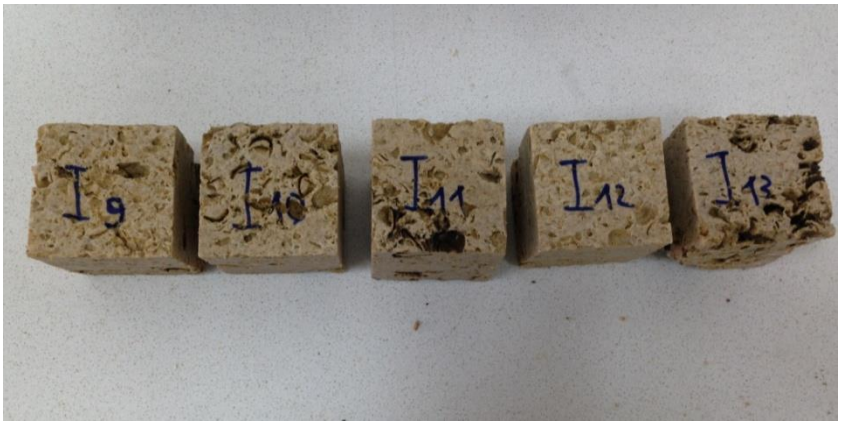
Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi							
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**İlk Ağırlık(gr)**	**24 saat sonra**	**72 saat sonra**	**144 saat sonra Su içinde**	**Ortalama Su Emme %**
Beylerbeyi Türbesi	H9	5x5x5	265	277	279	281	6.04
	H10	5x5x5	280	288	289	292	
	H11	5x5x5	260	273	274	277	
	H12	5x5x5	270	279	280	283	
	H13	5x5x5	270	281	282	285	

Beylerbeyi Türbesinden alınan numunenin gözeneklilik derecesi % 6,04 ile uygundur.



Şekil 4.21. Beylerbeyi Türbesi ağırlıkça su emme oranları grafiği

Kasımpaşa Camii



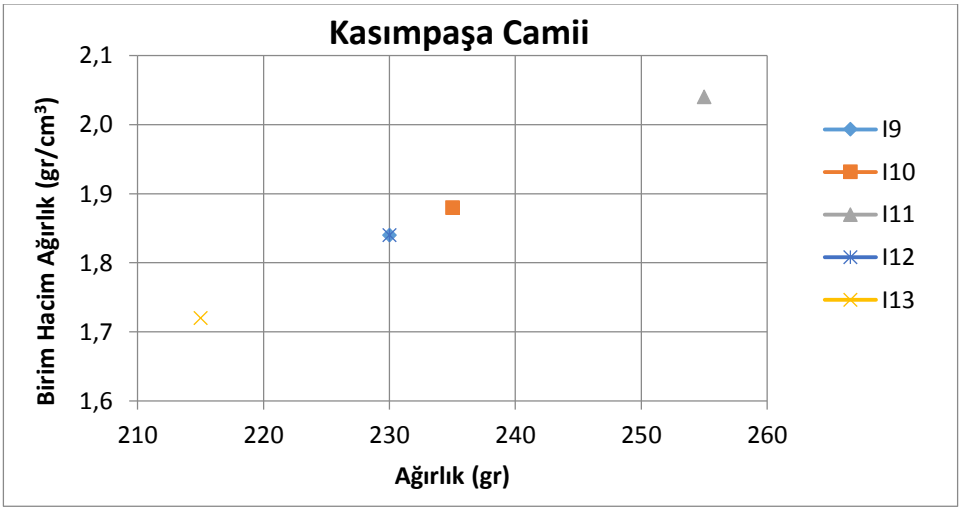
Şekil 4.22. Kasımpaşa Camii birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri

Tablo 4.14. Kasımpaşa Camii Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri

Numune Kodu	Atmosfer Basıncı Altında Ağırlıkça Su Emme (As)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)
I9	10,00	1,84
I10	9,79	1,88
I11	7,84	2,04
I12	9,13	1,84
I13	12,09	1,72

.

Tablo 4.14'e göre Kasımpaşa Camisinden alınan numune taşların birim hacim ağırlığı olarak uygun bir taş olduğunu ve ağırlıkça su emme oranı olarak da uygun olmadığını göstermektedir.

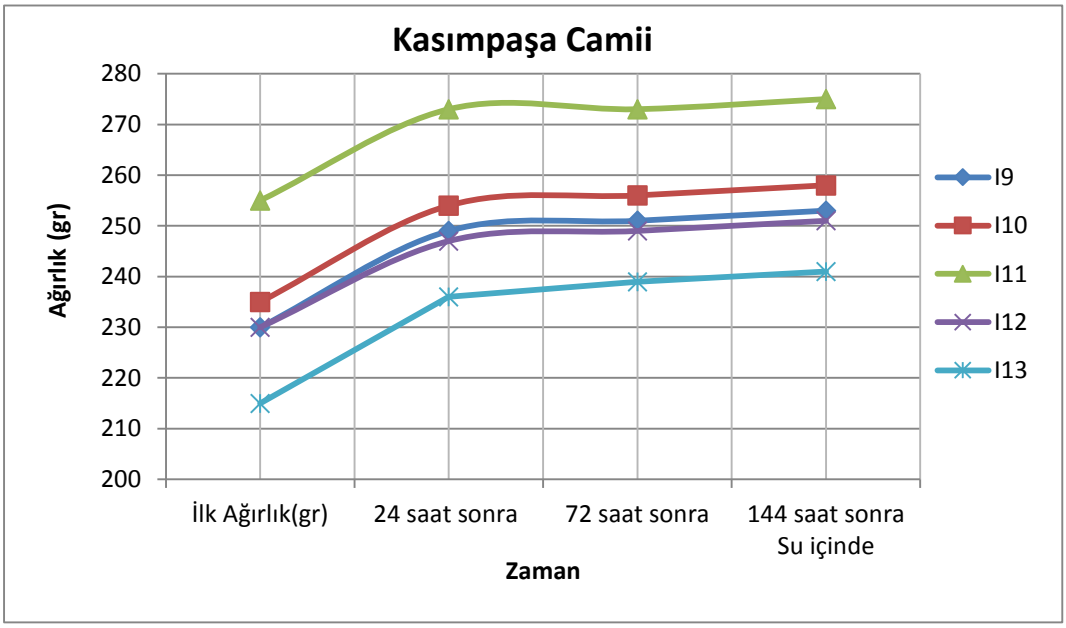


Şekil 4.23. Kasımpaşa Camii ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği

Tablo 4.15. Kasımpaşa Camii porozite deney sonuçları

Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi							
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**İlk Ağırlık(gr)**	**24 saat sonra**	**72 saat sonra**	**144 saat sonra Su içinde**	**Ortalama Su Emme %**
Kasımpaşa Camii	I9	5x5x5	230	249	251	253	10.63
	I10	5x5x5	235	254	256	258	
	I11	5x5x5	255	273	273	275	
	I12	5x5x5	230	247	249	251	
	I13	5x5x5	215	236	239	241	

Kasımpaşa Camisinden alınan numunenin gözeneklilik derecesi % 10.63 ile sınırlara yakın olmasına rağmen uygundur.



Şekil 4.24. Kasımpaşa Camii ağırlıkça su emme oranları grafiği

Süloğlu Taş Ocağı



Şekil 4.25. Süloğlu Taş Ocağı birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri

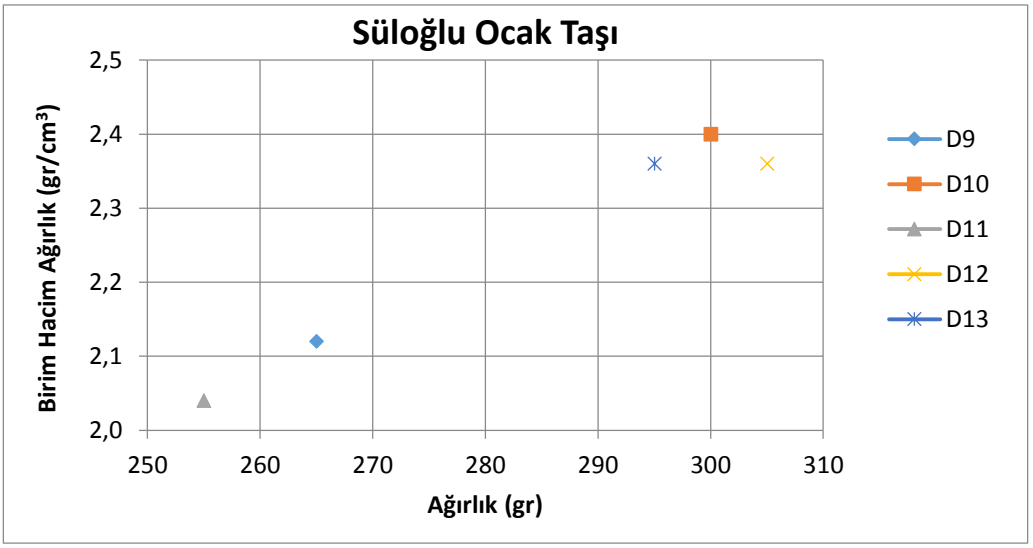
Tablo 4.16. Süloğlu Taş Ocağı Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri

Numune Kodu	Atmosfer Basıncı Altında Ağırlıkça Su Emme (As)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)
D9	3,40	2,12
D10	2,33	2,4
D11	4,31	2,04
D12	2,62	2,44
D13	3,73	2,36

TS 699'a göre taşların birim hacim ağırlığı 2.40-2.70 gr/cm3, Ağırlıkça su emme oranı ise %0.2-0.6 olmalıdır. Kabuklu, midyeli Küfeki taşının kabul edilen birim hacim ağırlığı 2.2 t/m3, Ağırlıkça su emme oranı ise % 5 olmaktadır.

Tablo 4.16'ya göre Süloğlu Taş Ocağından alınan numune taşların birim hacim ağırlığı olarak ortalamaya yakın olarak uygun bir taş olduğunu ve ağırlıkça su emme oranı olarak da uygun olduğunu göstermektedir.

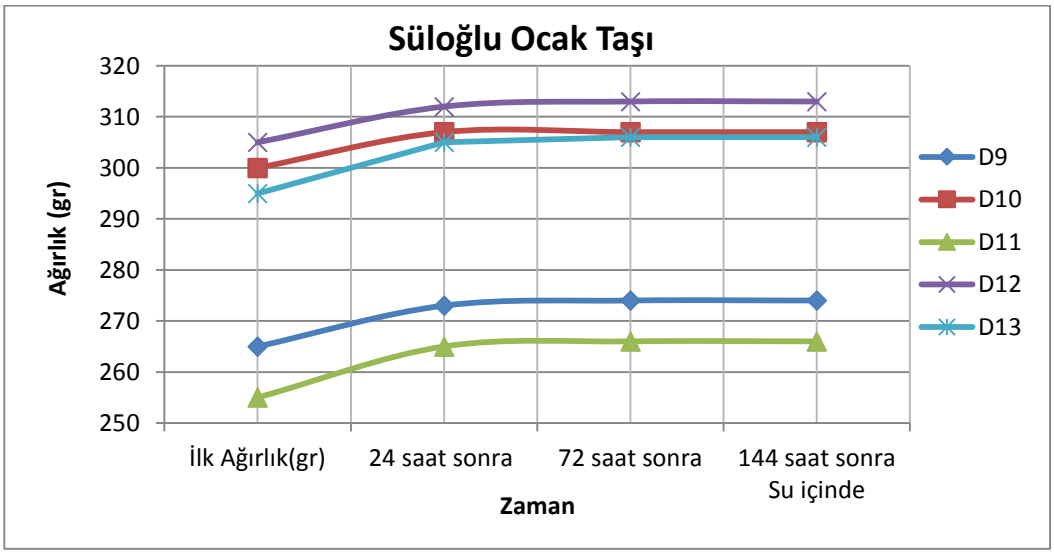
Süloğlu Taş Ocağından alınan numunenin gözeneklilik derecesi % 3.81 ile oldukça düşük olarak uygundur.



Şekil 4.26. Süloğlu Taş Ocağı ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği

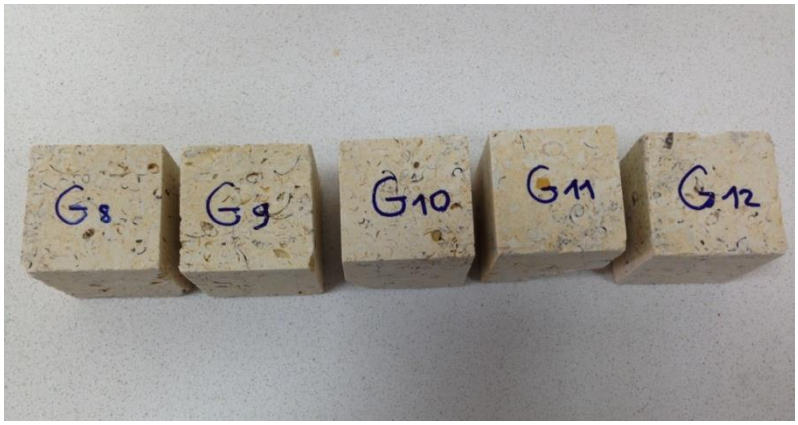
Tablo 4.17. Süloğlu Taş Ocağı porozite deney sonuçları

Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi							
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**İlk Ağırlık(gr)**	**24 saat sonra**	**72 saat sonra**	**144 saat sonra Su içinde**	**Ortalama Su Emme %**
Süloğlu Ocak Taşı	D9	5x5x5	265	273	274	274	3.81
	D10	5x5x5	300	307	307	307	
	D11	5x5x5	255	265	266	266	
	D12	5x5x5	305	312	313	313	
	D13	5x5x5	295	305	306	306	



Şekil 4.27. Süloğlu Taş Ocağı ağırlıkça su emme oranları grafiği

Pınarhisar Taş Ocağı

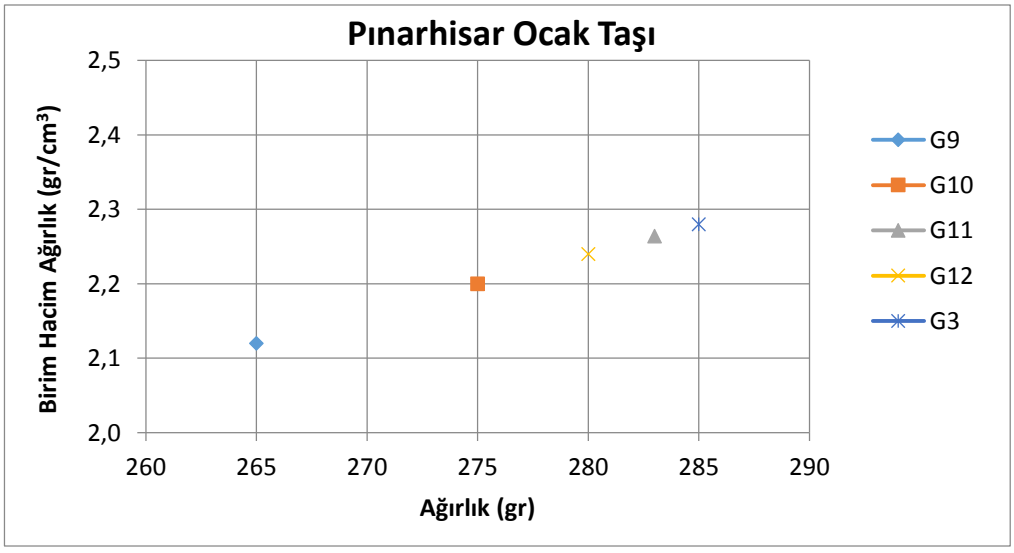


Şekil 4.28. Pınarhisar Taş Ocağı birim hacim ağırlık ve su emme deney numuneleri

Tablo 4.18. Pınarhisar Taş Ocağı Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Değerleri

Numune Kodu	Atmosfer Basıncı Altında Ağırlıkça Su Emme (As)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)
G9	9,81	2,12
G10	6,55	2,2
G11	6,71	2,264
G12	5,36	2,24
G3	5,26	2,28

Tablo 4.18'e göre Pınarhisar Taş Ocağından alınan numune taşların birim hacim ağırlığı olarak uygun bir taş olduğunu ve ağırlıkça su emme oranı olarak da ortalamaya yakın olarak uygun olduğunu söyleyebiliriz.

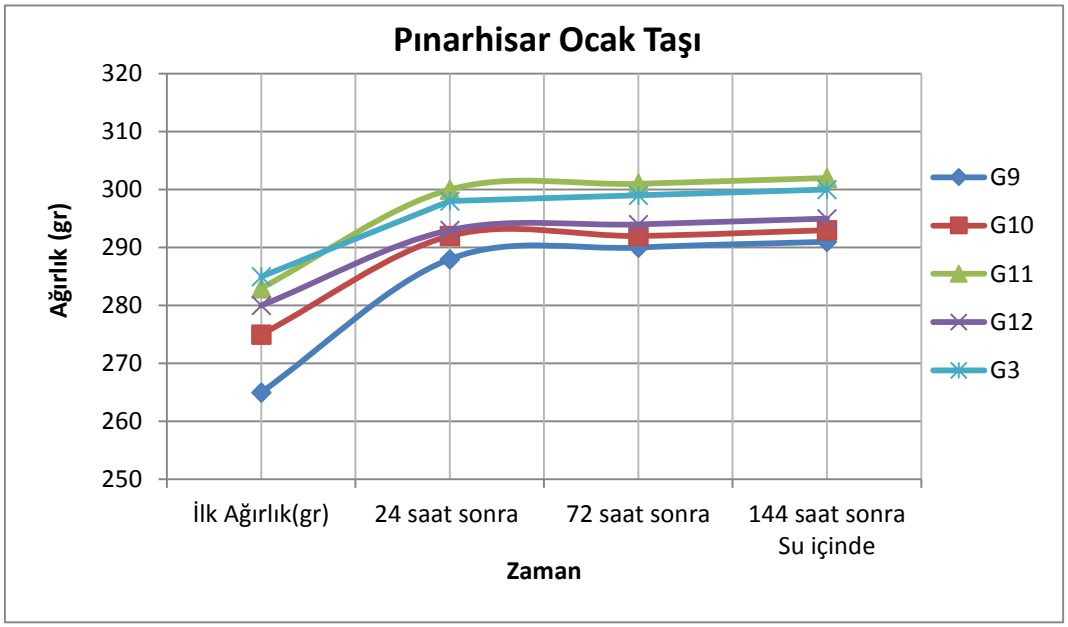


Şekil 4.29. Pınarhisar Taş Ocağı ağırlık-birim hacim ağırlık grafiği

Tablo 4.19. Pınarhisar Taş Ocağı porozite deney sonuçları

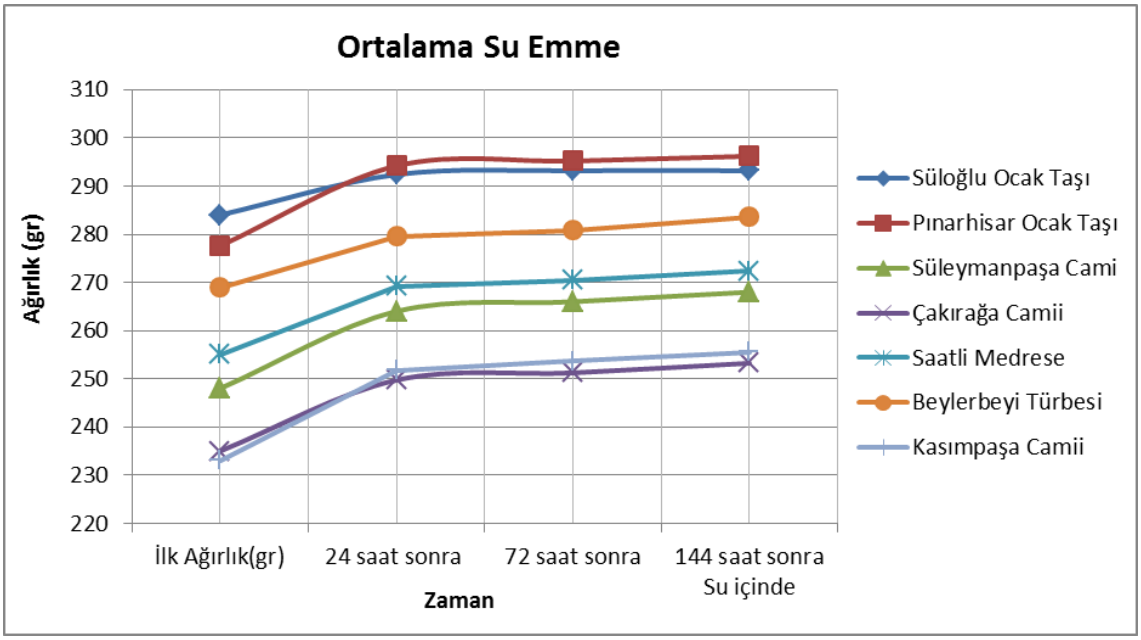
Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi							
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**İlk Ağırlık(gr)**	**24 saat sonra**	**72 saat sonra**	**144 saat sonra Su içinde**	**Ortalama Su Emme %**
Pınarhisar Ocak Taşı	G9	5x5x5	265	288	290	291	7.69
	G10	5x5x5	275	292	292	293	
	G11	5x5x5	283	300	301	302	
	G12	5x5x5	280	293	294	295	
	G3	5x5x5	285	298	299	300	

Pınarhisar Taş Ocağından alınan numunenin gözeneklilik derecesi % 7.69 ile uygundur.



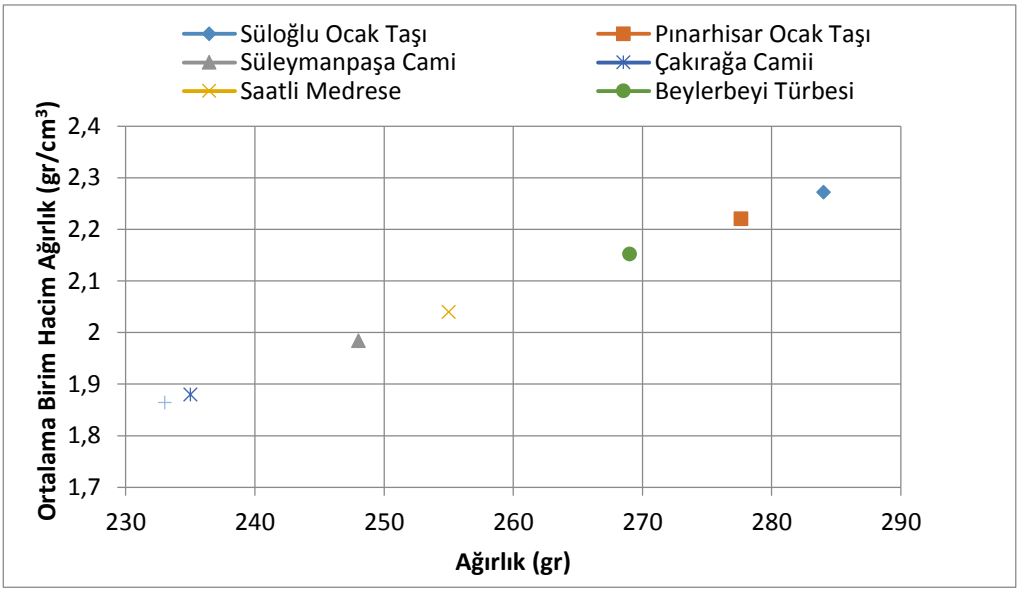
Şekil 4.30. Pınarhisar Taş Ocağı ağırlıkça su emme oranları grafiği

Alınan tüm numunelerin ortalama su emme değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 4.31).



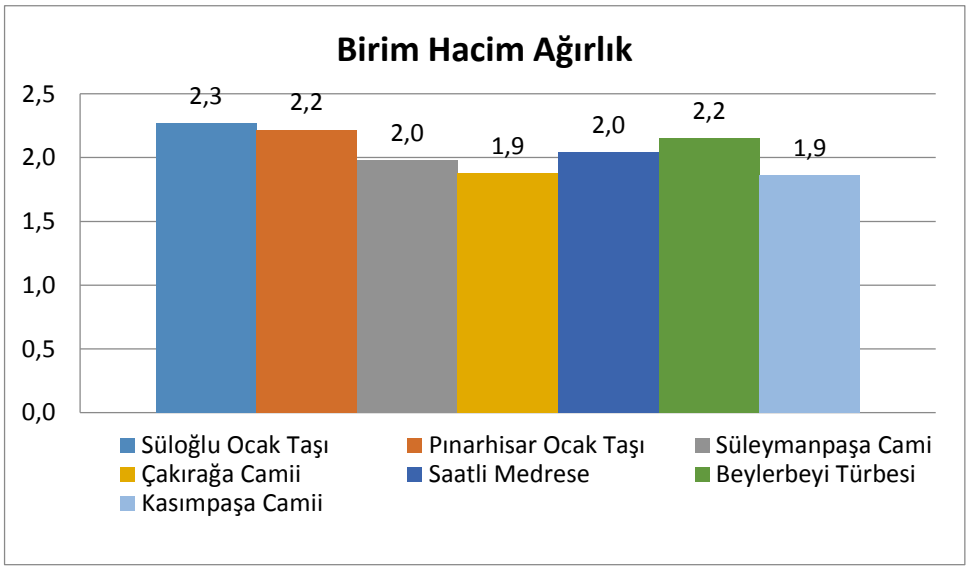
Şekil 4.31. Ortalama su emme değerlerinin karşılaştırılması

Ortalama su emme değerleri karşılaştırıldığında en düşük su emme oranının % 3,14 ile Süloğlu taş ocağından alınan numune olduğu görülmektedir. Bunu % 5,15 ile Beylerbeyi numunesi ve % 6,28 ile Pınarhisar Taş ocağından alınan numune izlemektedir. En çok su emme ise % 8.84 ile Kasımpaşa camii numunesinde görülmektedir. Ocaklardan alınan numunlerin diğer numunelere göre daha az su emdiği görülmektedir. Buda diğer taşların zaman içerinde hem yük altında hemde çeşitli dış etkiler altında kalmaktan nispeten deforme olduklarını göstermektedir. Bozulmaya uğrayan bu taşlar daha gözenekli hale gelmişler ve daha fazla su emme kapasitesine ulaşmışlarıdr. Bu da taşın donma çözülme döngüsünde daha çabuk deforme olmasına etki etmektedir.



Şekil 4.32. Ortalama Birim Ağırlık ve Birim Hacim Ağırlık Değişim Grafiği

Ağırlığı daha fazla olan numunenin birim hacim ağırlığı da buna bağlı olarak daha fazla çıkmaktadır. Ağırlık ve birim hacim ağırlık arasında bir korelasyon olduğu da görülmektedir. Süloğlu ve Pınarhisar ocak numunelerinin ağırlık ve birim hacim ağırlık ortalamalarının en yüksek olduğu buna karşın Çakırağa ve Kasımpaşa numunelerinin ortalamalarının en düşük olduğu görülmektedir. Düşük çıkan taşlar hem daha çok su emmekte hem de daha düşük yükler altında kırılmaktadır. Bu da numunelerin daha zayıf olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.33. Ortalama Birim Hacim Ağırlık değerlerinin karşılaştırılması

Ortalama birim hacim ağırlık değerlerine bakıldığında Süloğlu ve Pınarhisar ocak taşlarının en yüksek çıktığı izlenmektedir. Çakırağa ve Kasımpaşa numunelerinin de en düşük çıktığı görülmektedir. Daha kullanılmamış olan ocak taşlarının daha yüksek değerler vermesi beklenen bir sonuçtur.

4.2.2. Kimyasal Özellik Deneyleri:

Taşların özelliklerinin belirlenmesinde fiziksel özelliklerini yönlendiren kimyasal bileşimidir. Kimyasal bileşimin saptanmasında farklı analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında X-ray floresan analizleri (XRD) yapılarak uygulama olarak seçilen numunelerin elementel analizi yapılmıştır. Aşağıda sırasıyla tarihi yapılardan ve taş ocaklarından alınan numunelerin deney sonuçları değerlendirilmiştir.

Numuneler XRD analizleri için cihaza yerleştirilecek forma getirilmiştir ve 250 kat büyütülerek analizleri yapılmıştır. Kimyasal analiz çalışmalarında örneklerin analize hazırlanması önemli adımlardan biridir. Taş numunelerin hazırlık aşaması aşağıda açıklanmıştır.

ICP-MS için: Taş numunelerinin analiz aşaması öncesi çözelti haline getirilmesi gerektiğinden, CEM marka Mars 5 modelli mikrodalgada sisteminde yüksek basınca dayanıklı teflon kaplar kullanılarak eritiş işlemi, yüksek saflıktaki asitlerden hazırlanmış asit kokteylleri kullanılarak yapıldı. Analize tabii tutulacak sıvı örnekteki bazı maddeler cihaza zarar vermemesi acısından belirli sınır değerlerin altında olması tercih edilir. Sıvı örneklerdeki toplam çözünmüş katı madde miktarı (TDS) % 0,1 in, organik madde içeriği de %2'nin altında olmalıdır. Örnekler ayrıca askıda katı partiküller içermemelidir.

XRD için: Taş numunelerimizin ortalarından delgi vasıtasıyla alına parçalar ideal tane boyutuna gelene kadar öğütülerek toz hale getirildi ve XRD analiz cihazları ile analiz edildi.

SEM için: Numunenin, her şeyden önce vakumda buharlaşmayan, katı halde temiz ve iletken yüzeyli olmasına önem verildi. Taş numunelerinden analiz için tırnak büyüklüğünde parçalar ayrıldı. Bu ayrılan parça numunelerin bir kısmı cihaza koyularak vakum süresi beklendi. 2 numune de gaz çıkışı durmadığından, iki numune (A ve E

numuneleri) analiz edilemedi. Bu iki numunenin alındığı yapı değiştirildi.
Numunenin yapısına göre değişmekte olan vakum süresi beklendi; bu süre ortalama 30dk.'dır. Vakum süresi tamamlandıktan sonra numunelenin yüzey şeklinin resimleri farklı ölçülerde alındı.

Optik Mikroskop için: 5x5x5 boyutundaki numuneler olduğu gibi mikroskopun haznesine konularak yüzey fotoğraflaması için büyütme işlemi yapılmıştır.

Süleymanpaşa Camii

Süleymanpaşa Camii'nden alınan numuneler Şekil 4.1'de görüldüğü gibi kodlanmıştır.

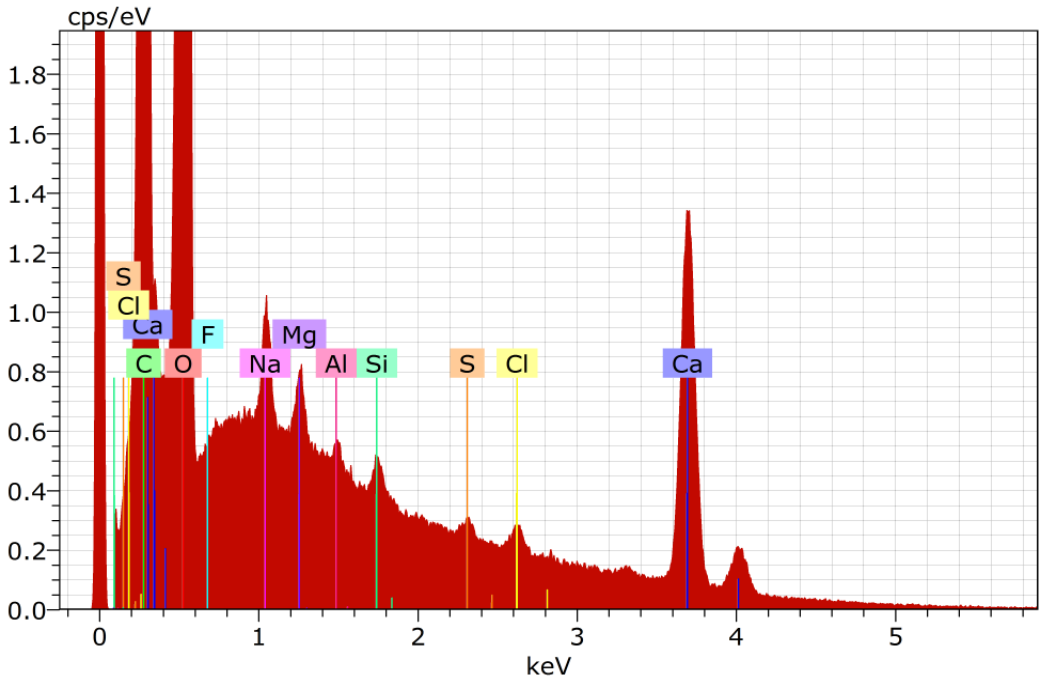


Şekil 4.34. Süleymanpaşa Camii Mikroskop Numuneleri

Tablo 4.20. Süleymanpaşa Camii XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri

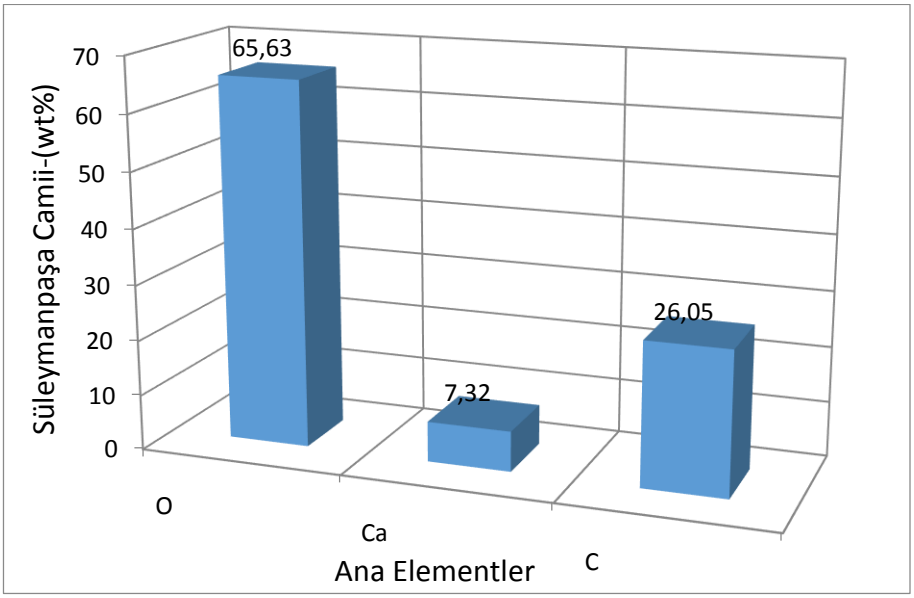
Spectrum: Acquisition 113

El	AN	Series	Net unn.C	norm.C [wt.%]	Atom.C [at.%]	(1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	796390	65.63	65.63	63.13	6.88
C	6	K-series	343156	26.05	26.05	33.37	2.81
Ca	20	K-series	70363	7.32	7.32	2.81	0.27
F	9	K-series	4282	0.54	0.54	0.44	0.11
Na	11	K-series	9450	0.14	0.14	0.09	0.03
Cl	17	K-series	3822	0.13	0.13	0.06	0.03
Si	14	K-series	3480	0.08	0.08	0.04	0.03
S	16	K-series	2184	0.06	0.06	0.03	0.03
Mg	12	K-series	3856	0.05	0.05	0.03	0.03
Al	13	K-series	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Total:				100.00	100.00	100.00	

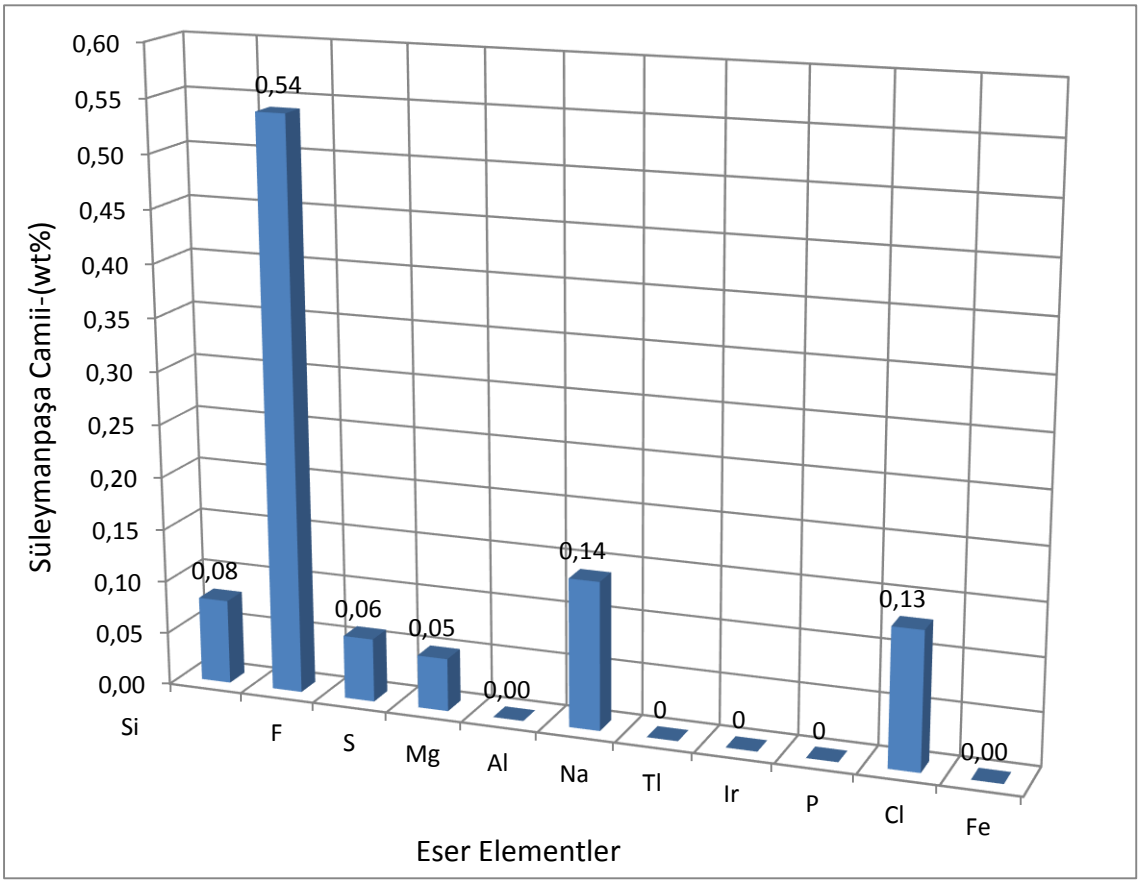


Şekil 4.35. Süleymanpaşa Camii`nden alınan (örnek B) taşın XRD grafiği

Ortaya çıkan pik yerlerine bakarak taşın içindeki mineral bileşiminin %99 ile kalsit içeriği yüksek bir kalker olduğunu görülmektedir. Bu sonuçlara göre kayaç, çoğunlukla 3 ana mineralden (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) oluşmuştur. Az miktarda ise kuvarts ve kil bulunmaktadır.



Şekil 4.36. Süleymanpaşa Camii`nden alınan (örnek B) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri.



Şekil 4.37. Süleymanpaşa Camisi`nden alınan (örnek B) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri

Oksijenden sonra en çok bulunan element olan silisyum kumun bileşenidir. Taş içinde çok olması mukavemeti azaltır. Burada % 0,06 oranında olduğu görülmektedir.

Oksijen ve silisyumdan sonra yerkabuğunda en çok bulunan üçüncü element olan alüminyum % 0,00 oranında tespit edilmiştir. Oksidasyona karşı dirençlidir. Kaya ve mineraller içinde öteki elementlerle beraber birleşmiş olarak bulunur. Taşın mukavemetini arttırır.

Sodyum % 0,14 oranında bulunmuştur. Kaya tuzunda, deniz bitkilerinde organik asitlerle birleşmiş halde bulunur. Genelde kükürtle birleşir. Tuzun bileşenlerindendir. (Genellikle sonradan kirlenme yada az da olsa oluşum esnasında kile bağlı olarak bulunabilir)

Çakırağa Cami

Aşağıda Çakırağa Camii'nden alınan numuneler ve sonuçları değerlendirilmiştir. (Şekil 4.38-4.40)

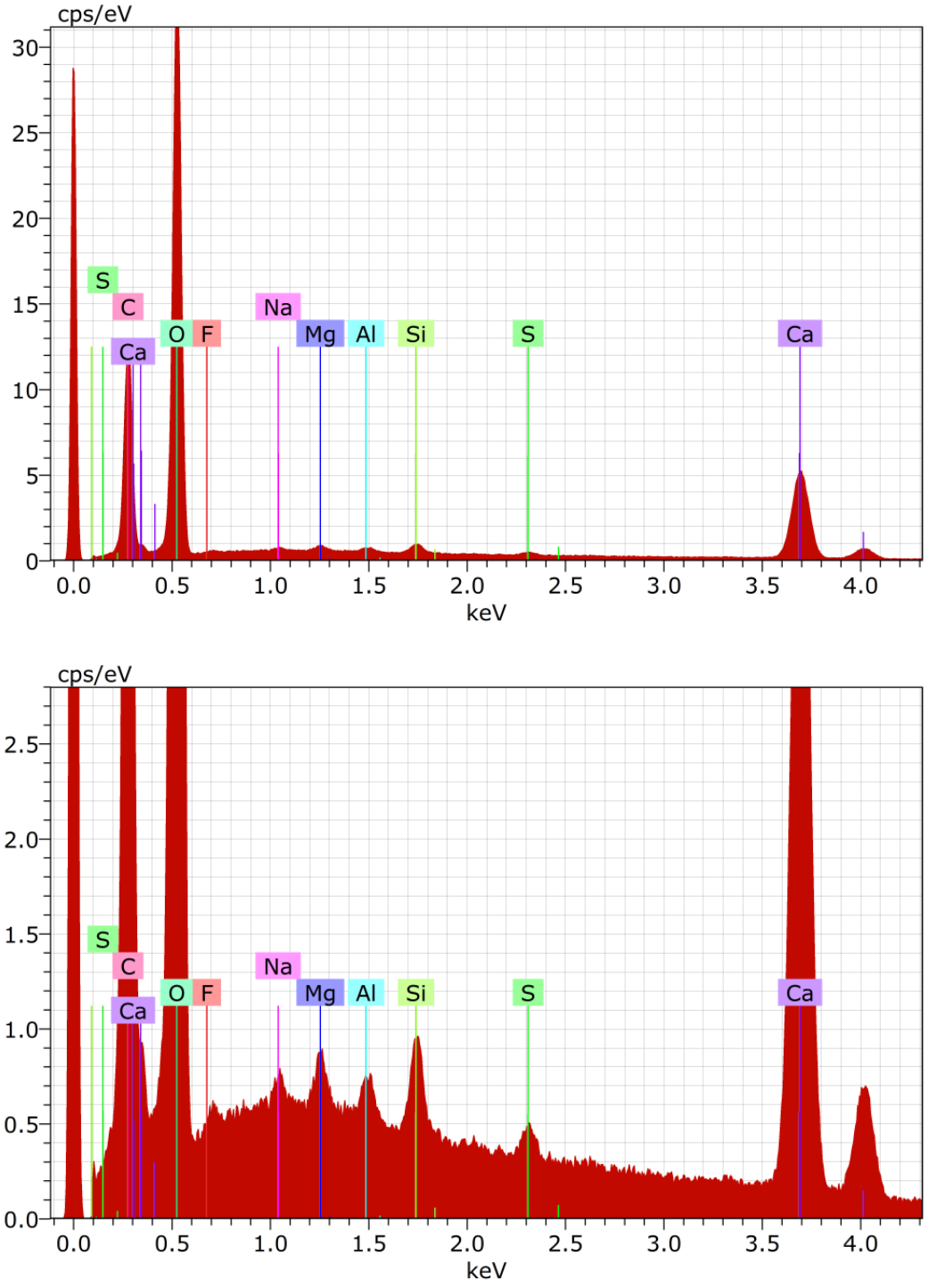


Şekil 4.38 Çakırağa Camii'nden alınan Mikroskop Numuneleri

Tablo 4.21. Çakırağa Camii XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri

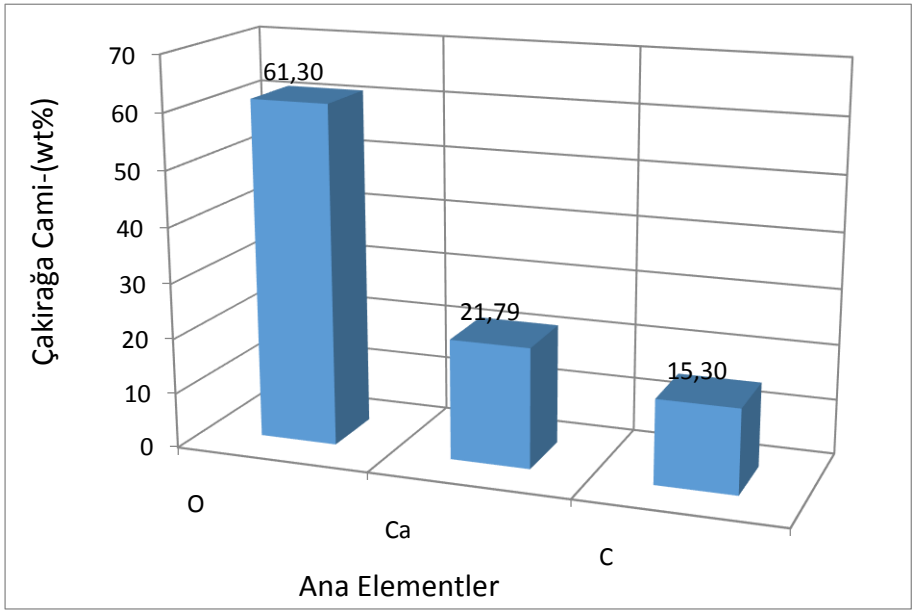
Spectrum: Acquisition 120

El	AN	Series	Net unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom.C [at.%]	(1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	361835	57.46	61.30	67.02	6.15
Ca	20	K-series	132776	20.43	21.79	9.51	0.70
C	6	K-series	113176	14.37	15.33	22.33	1.63
Si	14	K-series	7732	0.47	0.50	0.31	0.05
F	9	K-series	2265	0.47	0.50	0.46	0.11
S	16	K-series	3493	0.24	0.25	0.14	0.03
Mg	12	K-series	2993	0.13	0.14	0.10	0.03
Al	13	K-series	2045	0.09	0.10	0.06	0.03
Na	11	K-series	1483	0.08	0.08	0.06	0.03
Total:				93.74	100.00	100.00	

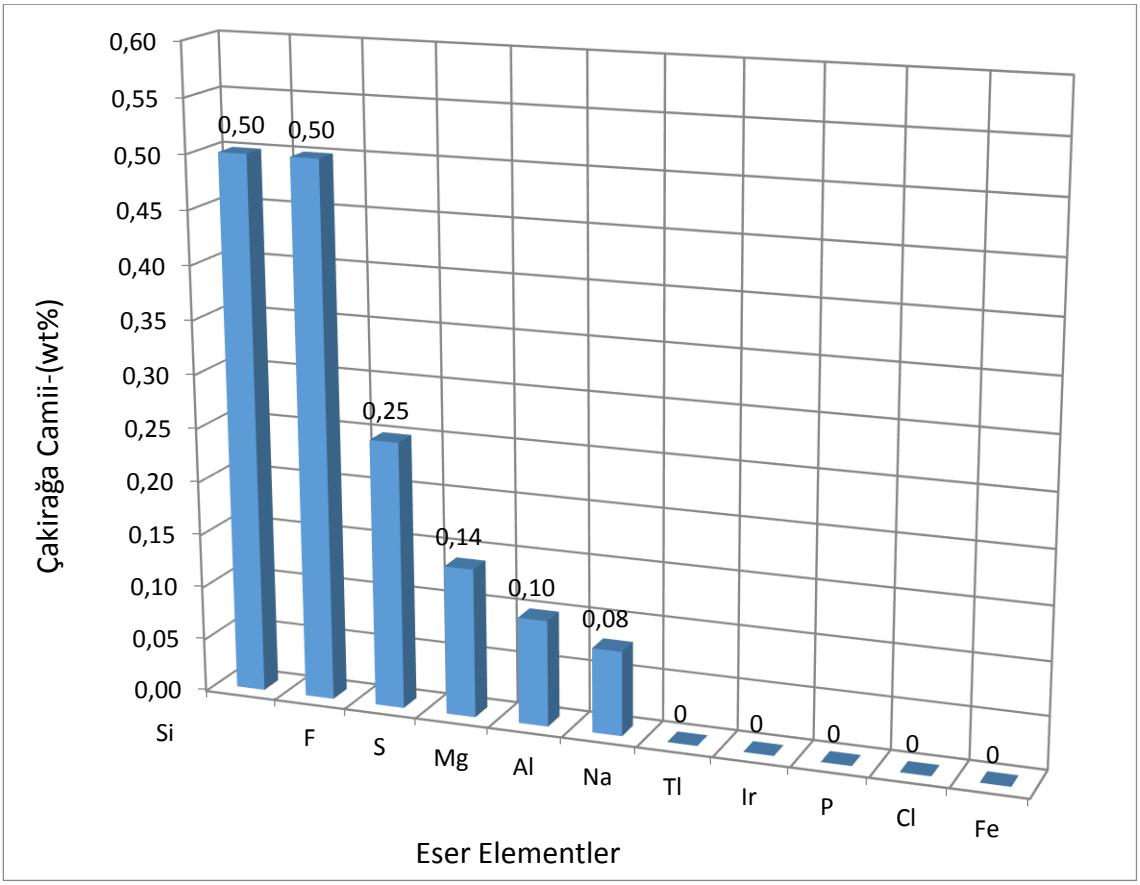


Şekil 4.39. Çakırağa Camii'inden alınan (örnek C) taşın XRD grafiği.

Ortaya çıkan pik yerlerine bakarak taşın içindeki mineral bileşiminin %98,42 ile kalsit içeriği yüksek bir kalker olduğunu görülmektedir. Bu sonuçlara göre kayaç, çoğunlukla 3 ana mineralden (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) oluşmuştur.



Şekil 4.40. Çakırağa Camii'nden alınan (örnek C) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Kalsiyum ve Karbon) yüzdeleri



Şekil 4.41. Çakırağa Camii'sinden alınan (örnek C) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri

Çakırağa Camii'nden alınan numunenin elementel analizine bakıldığında (Şekil 4.15) eser elementlerden en çok görülen % 0,50 oranı ile silisyum ve Flor'dur. Bu elementleri % 0,25 ile Kükürt ve % 12 ile Magnezyum izlemektedir. İz elementlerden diğerleri % 0,10 oranının da altında görülmektedir.

Saatli Medrese

Saatli medreseden alınan örnekler Şekil 4.44'de görülmektedir. Aşağıda bu numuneler üzerinde yapılmış XRD analizleri grafikler yardımıyla değerlendirilmiştir.

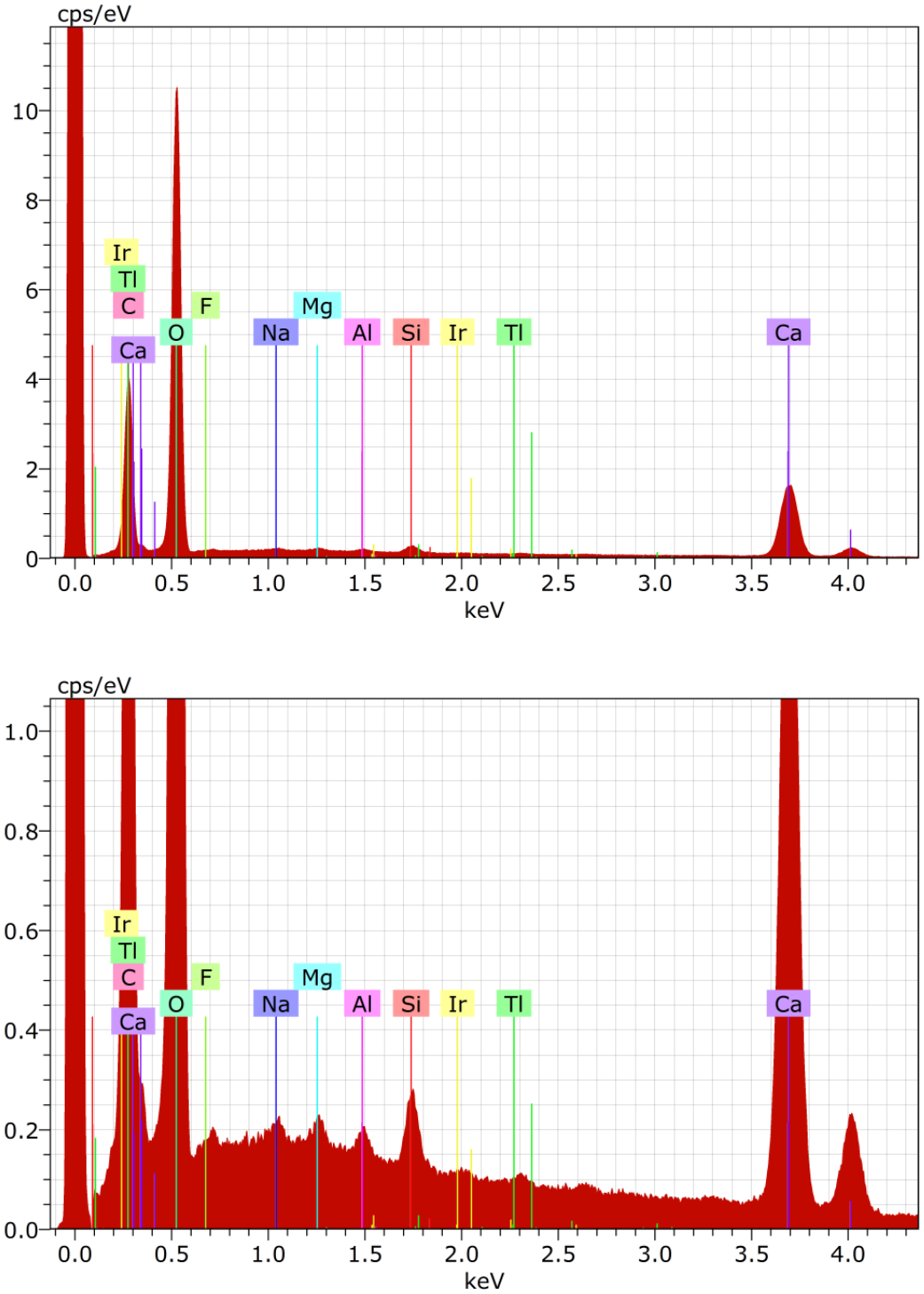


Şekil 4.42. Saatli Medrese Mikroskop Numuneleri

Tablo 4.22. Saatli Medrese XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri

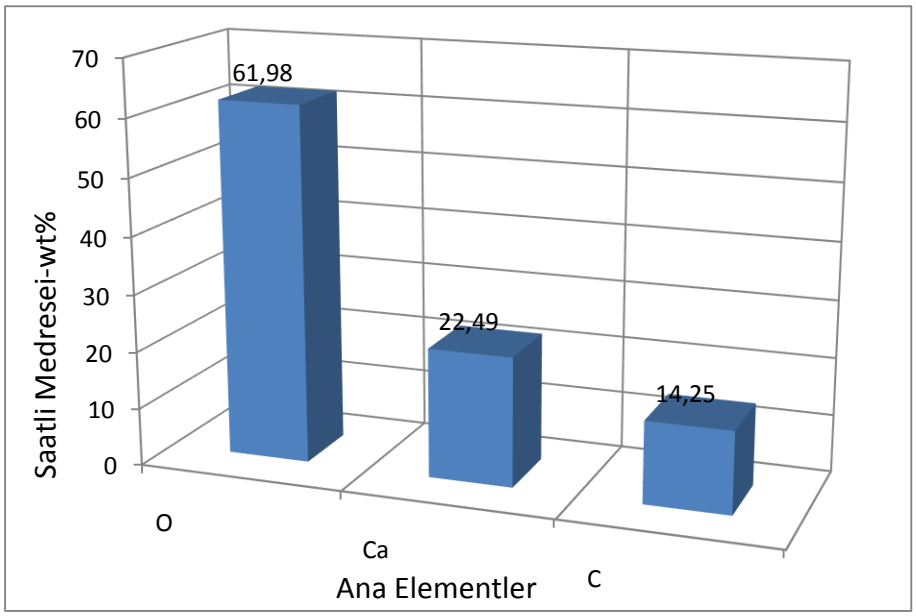
Spectrum: Acquisition 117

El	AN	Series	Net unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom.C [at.%]	(1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	370246	60.60	61.98	68.27	6.48
Ca	20	K-series	138337	21.99	22.49	9.89	0.76
C	6	K-series	108274	13.93	14.25	20.91	1.59
F	9	K-series	3205	0.69	0.71	0.66	0.14
Si	14	K-series	5437	0.32	0.33	0.20	0.04
Tl	81	M-series	1416	0.17	0.18	0.02	0.03
Na	11	K-series	970	0.05	0.05	0.04	0.03
Mg	12	K-series	435	0.02	0.02	0.01	0.03
Al	13	K-series	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Ir	77	M-series	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Total:				97.77	100.00	100.00	

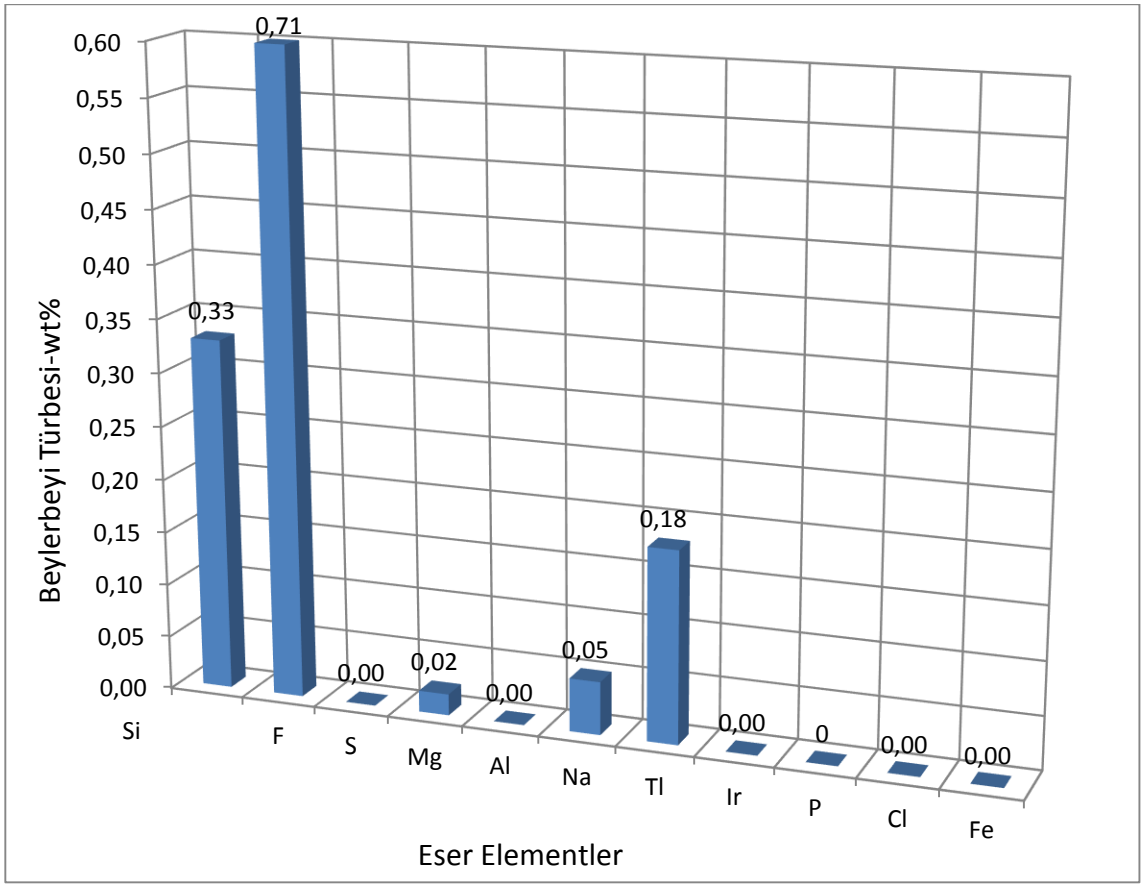


Şekil 4.43. Saatli Medrese`den alınan (örnek F) taşın XRD grafiği

Ortaya çıkan pik yerlerine bakarak taşın içindeki mineral bileşiminin %98,72 ile kalsit içeriği yüksek bir kalker olduğunu görülmektedir. Bu sonuçlara göre kayaç, çoğunlukla 3 ana mineralden (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) oluşmuştur.



Şekil 4.44. Saatli Medrese`den alınan (örnek F) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri



Şekil 4.45. Saatli Medrese`den alınan (örnek F) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri

Beylerbeyi Türbesi

Beylerbeyi Türbesi'nden alınan numuneler Şekil 4.49'da görülmektedir. Aşağıda XRD analizleri ile oluşturulan görüntü ve grafikler ile değerlendirmeler yapılmıştır.

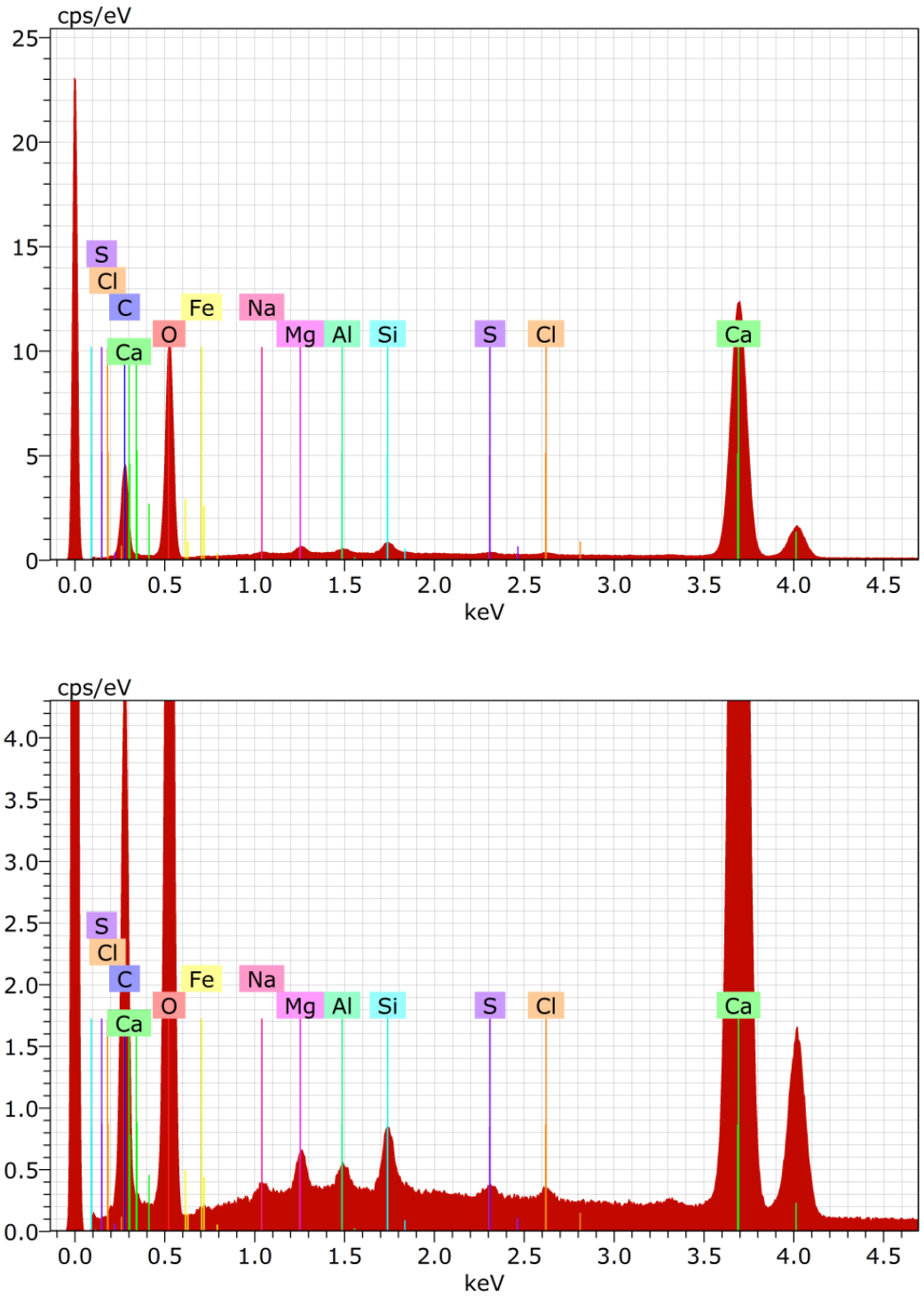


Şekil 4.46. Beylerbeyi Türbesi Mikroskop Numuneleri

Tablo 4.23. Beylerbeyi Türbesi XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri

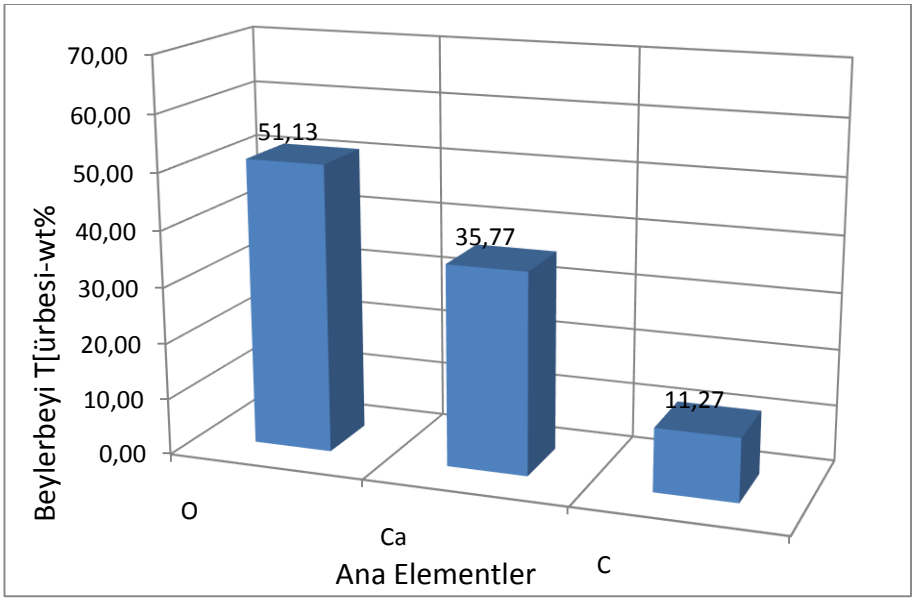
Spectrum: Acquisition 121

El	AN	Series	Net unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom. C [at.%]	(1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	142435 57.86	51.13	62.79	6.42
Ca	20	K-series	401314 40.48	35.77	17.53	1.23
C	6	K-series	49926 12.76	11.27	18.44	1.53
Si	14	K-series	10799 0.60	0.53	0.37	0.05
Mg	12	K-series	5983 0.43	0.38	0.31	0.05
Fe	26	K-series	949 0.29	0.26	0.09	0.04
Na	11	K-series	2315 0.24	0.21	0.18	0.04
Al	13	K-series	3602 0.22	0.19	0.14	0.04
Cl	17	K-series	2414 0.15	0.13	0.07	0.03
S	16	K-series	2287 0.13	0.12	0.07	0.03
Total:			113.17	100.00	100.00	

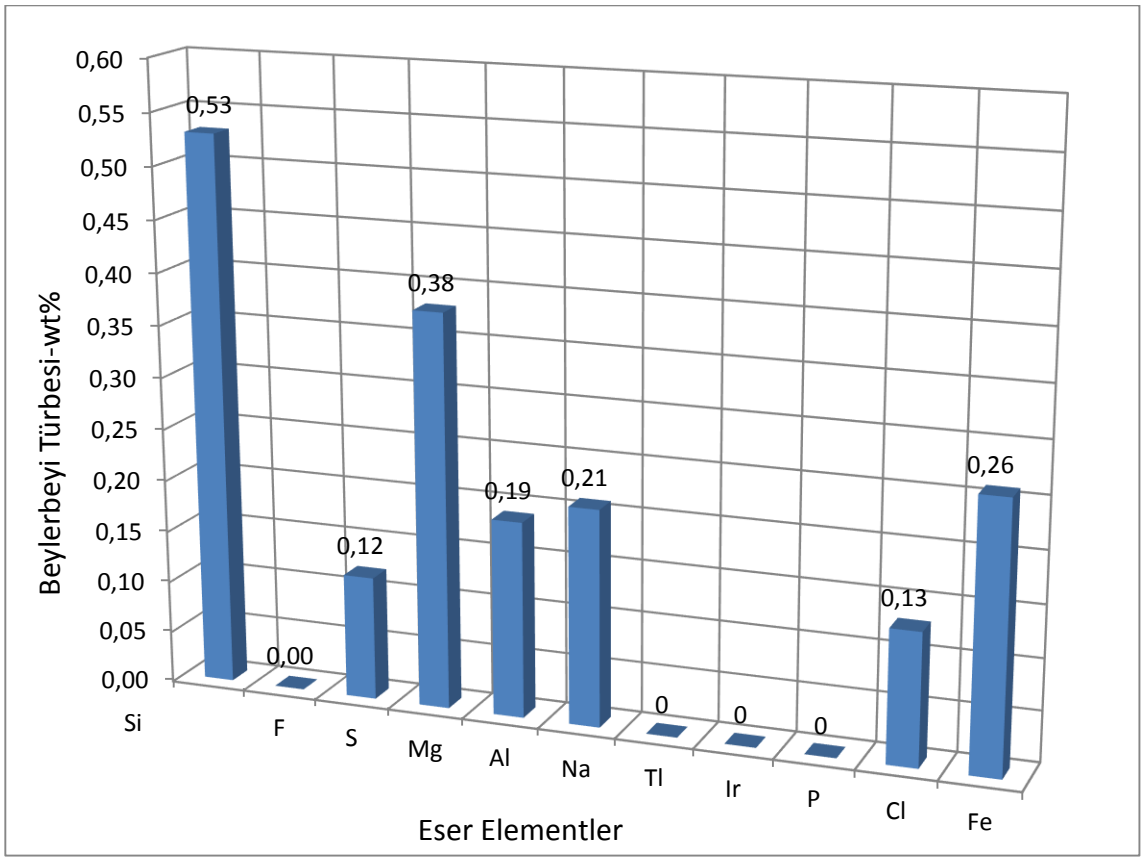


Şekil 4.47. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan (örnek H) taşın XRD grafiği

Ortaya çıkan pik yerlerine bakarak taşın içindeki mineral bileşiminin %98,17 ile kalsit içeriği yüksek bir kalker olduğunu görülmektedir. Bu sonuçlara göre kayaç, çoğunlukla 3 ana mineralden (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) oluşmuştur.



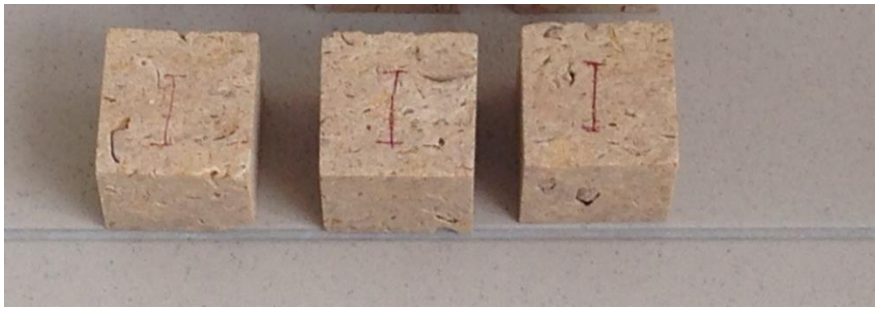
Şekil 4.48. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan (örnek H) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri



Şekil 4.49. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan (örnek H) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri

Kasımpaşa Camii

Kasımpaşa Camii'nden alınan örnek numuneler Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Aşağıda bu numuneler ile yapılan XRD analizleri sonucu elde edilen görüntü ve grafikler ile değerlendirmeler yapılmıştır.

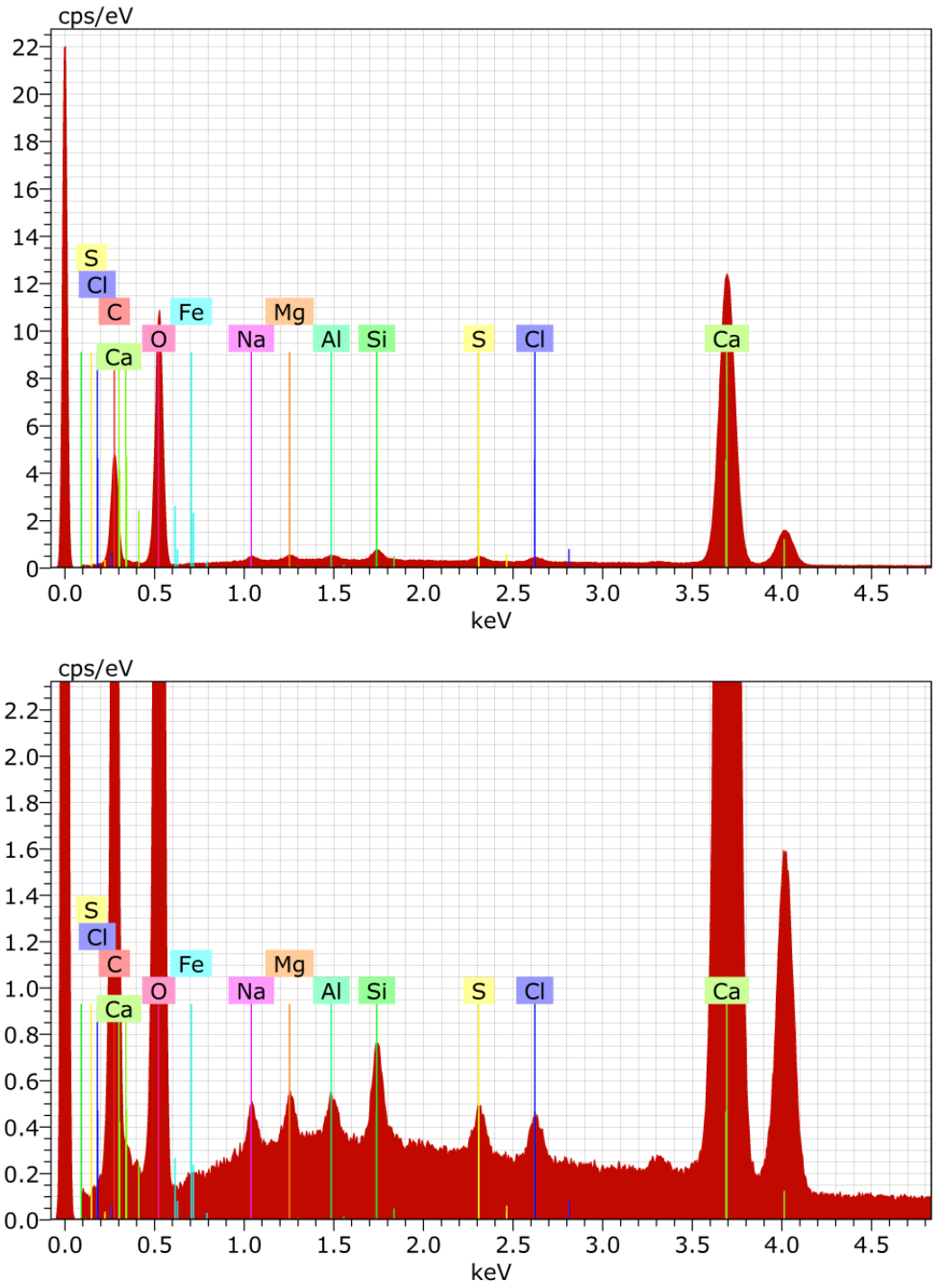


Şekil 4.50. Kasımpaşa Camii Mikroskop Numuneleri

Tablo 4.24. Kasımpaşa Camii XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri

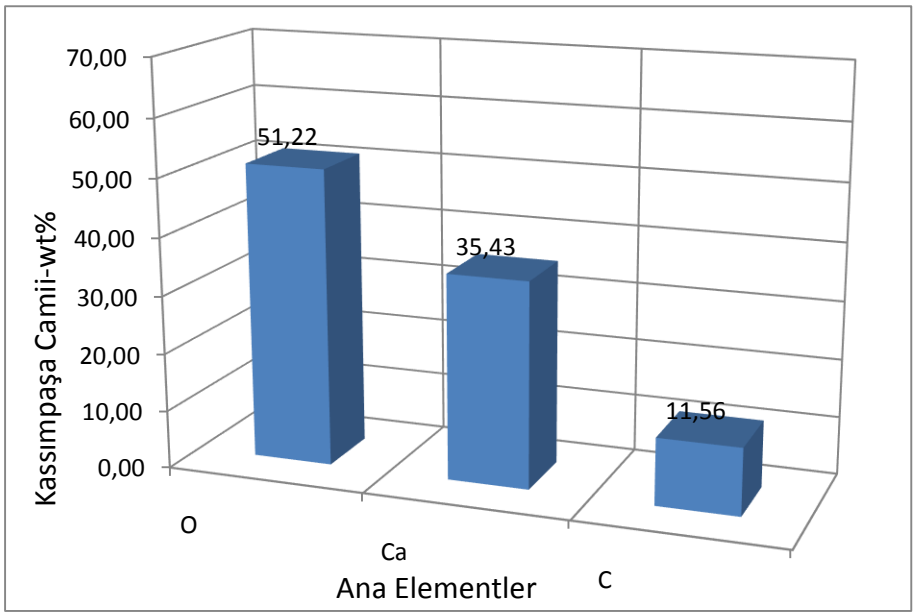
Spectrum: Acquisition 122

El	AN	Series	Net unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom. C [at.%]	(1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	143406	57.77	51.22	62.68	6.41
Ca	20	K-series	397022	39.96	35.43	17.31	1.21
C	6	K-series	50790	13.04	11.56	18.85	1.56
Si	14	K-series	8161	0.44	0.39	0.27	0.04
Cl	17	K-series	5005	0.32	0.28	0.16	0.04
Fe	26	K-series	994	0.31	0.27	0.09	0.04
Na	11	K-series	3256	0.30	0.27	0.23	0.05
S	16	K-series	4876	0.29	0.26	0.16	0.04
Mg	12	K-series	3090	0.21	0.18	0.15	0.04
Al	13	K-series	2766	0.16	0.14	0.10	0.03
Total:				112.79	100.00	100.00	

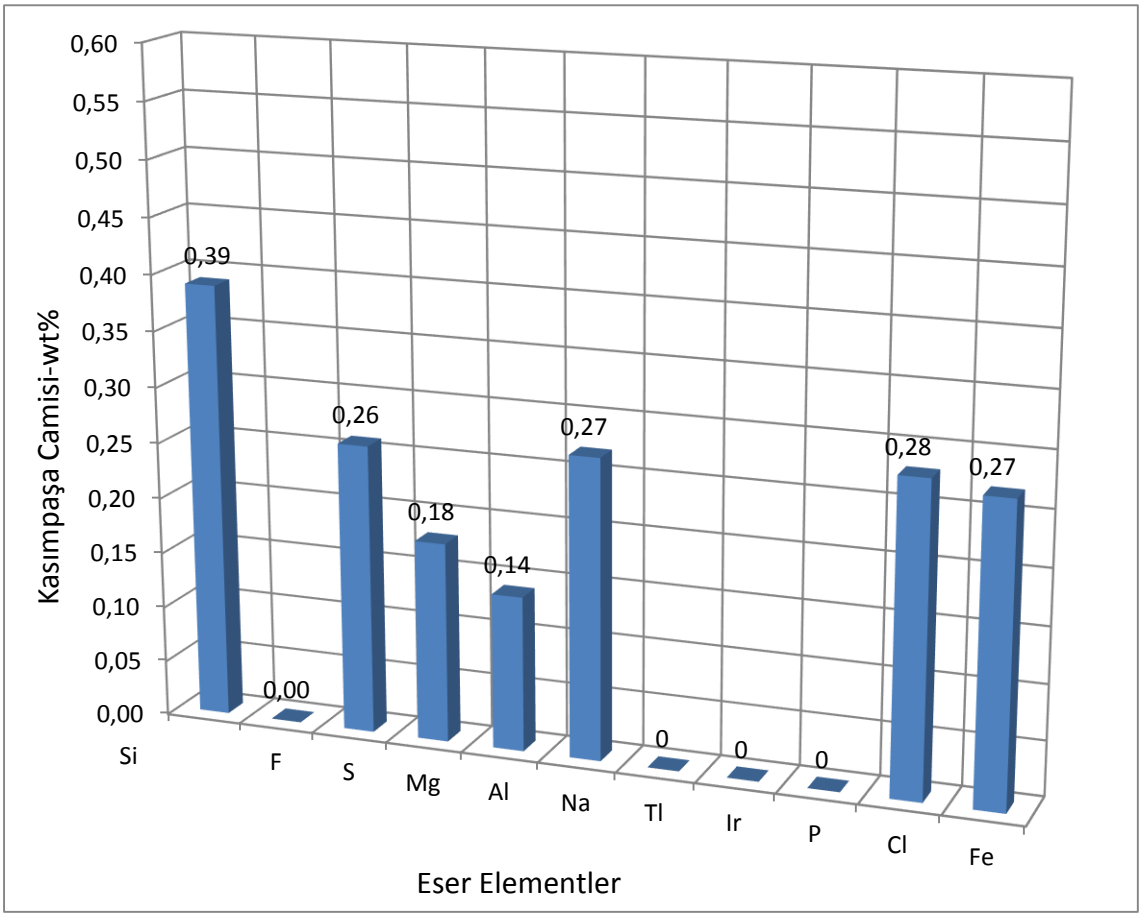


Şekil 4.51. Kasımpaşa Camisi`nden alınan (örnek I) taşın XRD grafiği

Ortaya çıkan pik yerlerine bakarak taşın içindeki mineral bileşiminin %98,21 ile kalsit içeriği yüksek bir kalker olduğunu görülmektedir. Bu sonuçlara göre kayaç, çoğunlukla 3 ana mineralden (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) oluşmuştur.



Şekil 4.52. Kasımpaşa Camii`nden alınan (örnek I) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri



Şekil 4.53. Kasımpaşa Camii`nden alınan (örnek I) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri

Süloğlu Taş Ocağı

Süloğlu taş ocağından alınan numuneler Şekil 4.1.'de görülmektedir. Aşağıda bu numuneler ile yapılmış olan XRD analiz sonuçları görüntü ve grafikler yardımıyla değerlendirilmiştir.

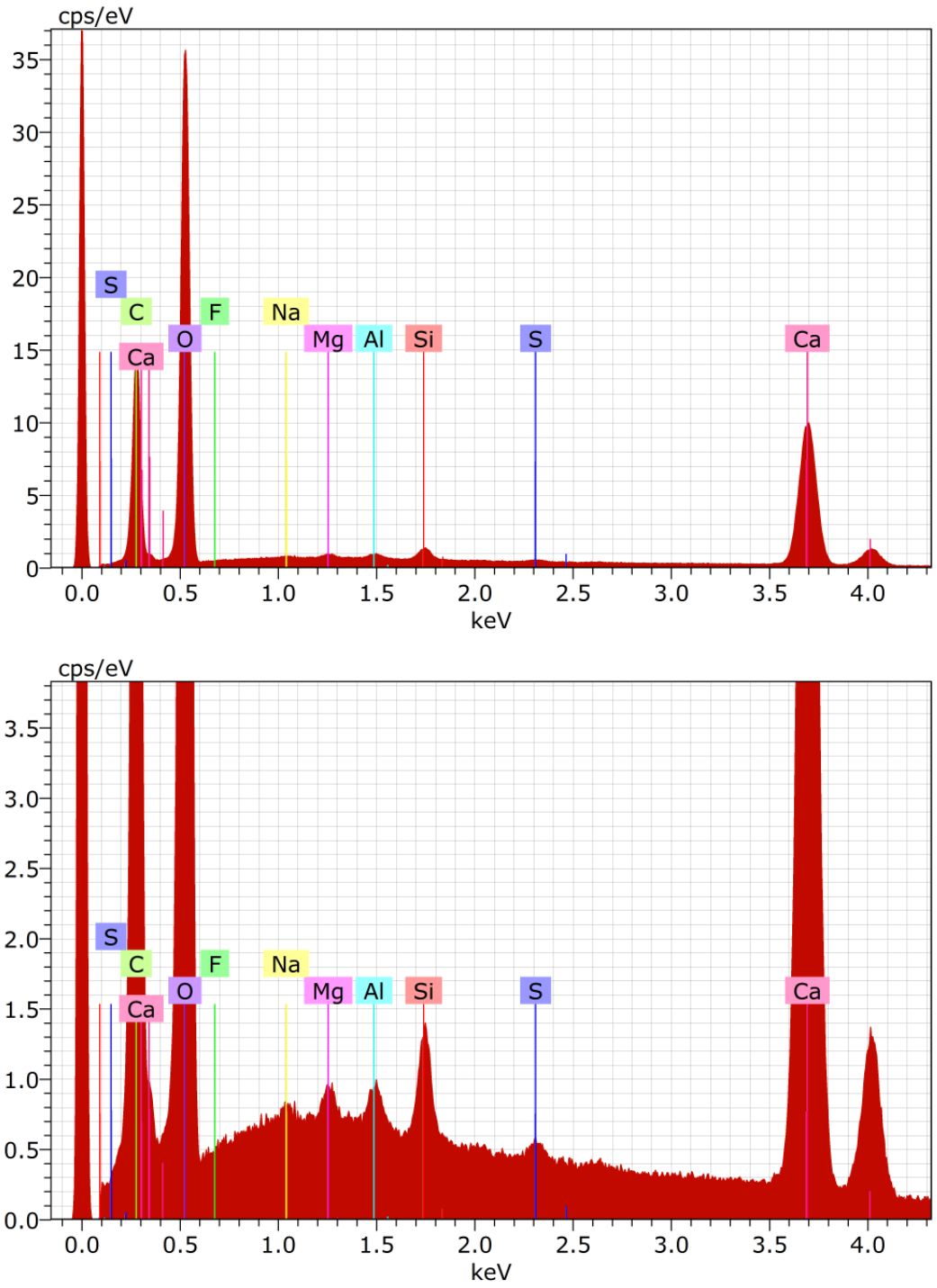


Şekil 4.54. Süloğlu taş ocağı Mikroskop numuneleri

Tablo 4.25. Süloğlu Taş Ocağı XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri

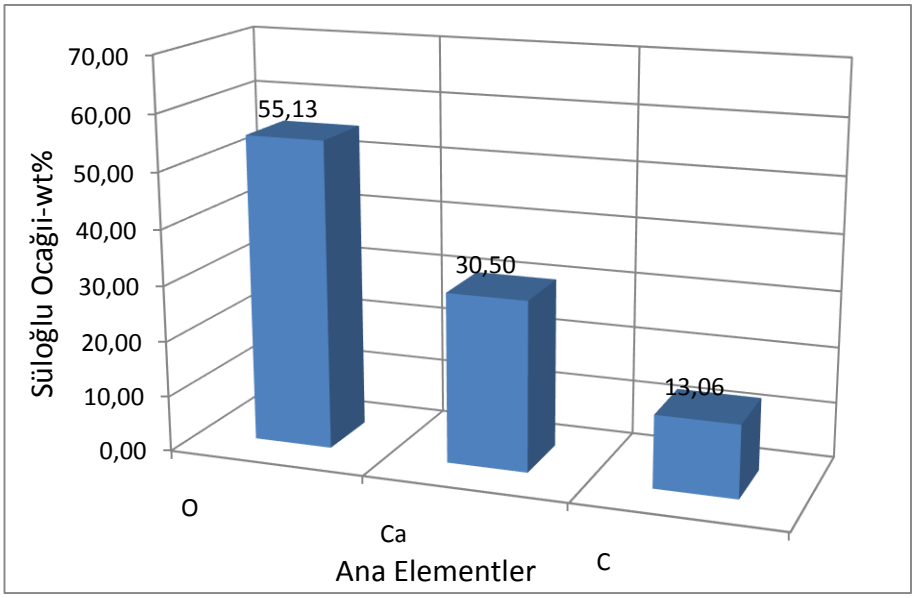
Spectrum: Acquisition 119

El	AN	Series	Net unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom.C [at.%]	(1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	301527	53.84	55.13	64.47	5.80
Ca	20	K-series	201371	29.79	30.50	14.24	1.01
C	6	K-series	103227	12.75	13.06	20.34	1.46
Si	14	K-series	9745	0.20	0.20	0.20	0.07
S	16	K-series	2133	0.15	0.15	0.09	0.03
Al	13	K-series	2700	0.14	0.14	0.10	0.03
Mg	12	K-series	1874	0.10	0.10	0.08	0.03
Na	11	K-series	775	0.05	0.05	0.04	0.03
Total:				97.66	100.00	100.00	

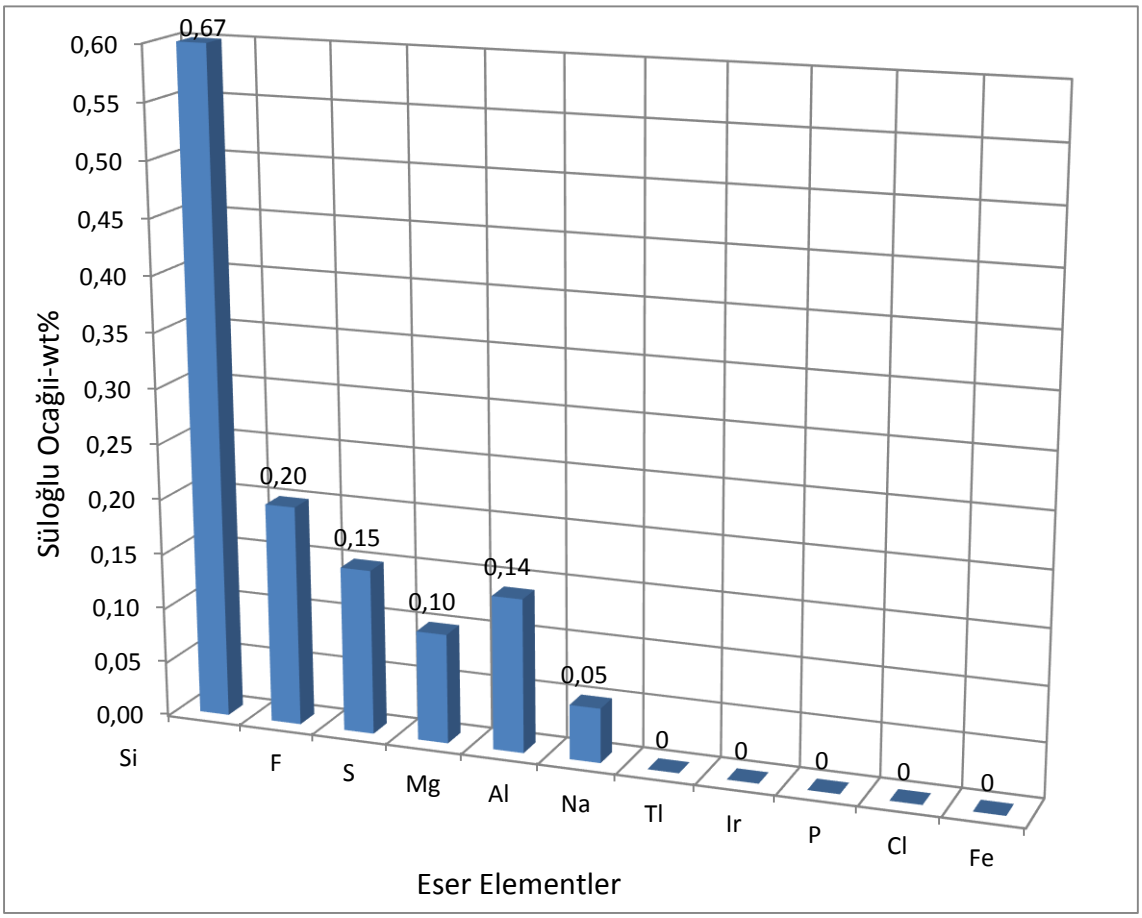


Şekil 4.55. Süloğlu taş ocağından alınan (örnek D) taşın XRD grafiği

Ortaya çıkan pik yerlerine bakarak taşın içindeki mineral bileşiminin %98,69 ile kalsit içeriği yüksek bir kalker olduğunu görülmektedir. Bu sonuçlara göre kayaç, çoğunlukla 3 ana mineralden (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) oluşmuştur.



Şekil 4.56. Süloğlu taş ocağından alınan (örnek D) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri



Şekil 4.57. Süloğlu taş ocağından alınan (örnek D) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri

Pınarhisar Taş Ocağı

Pınarhisar taş ocağından alınan numuneler Şekil 4.1.'de görülmektedir. Aşağıda bu numuneler ile yapılmış olan XRD analiz sonuçları görüntü ve grafikler yardımıyla değerlendirilmiştir.

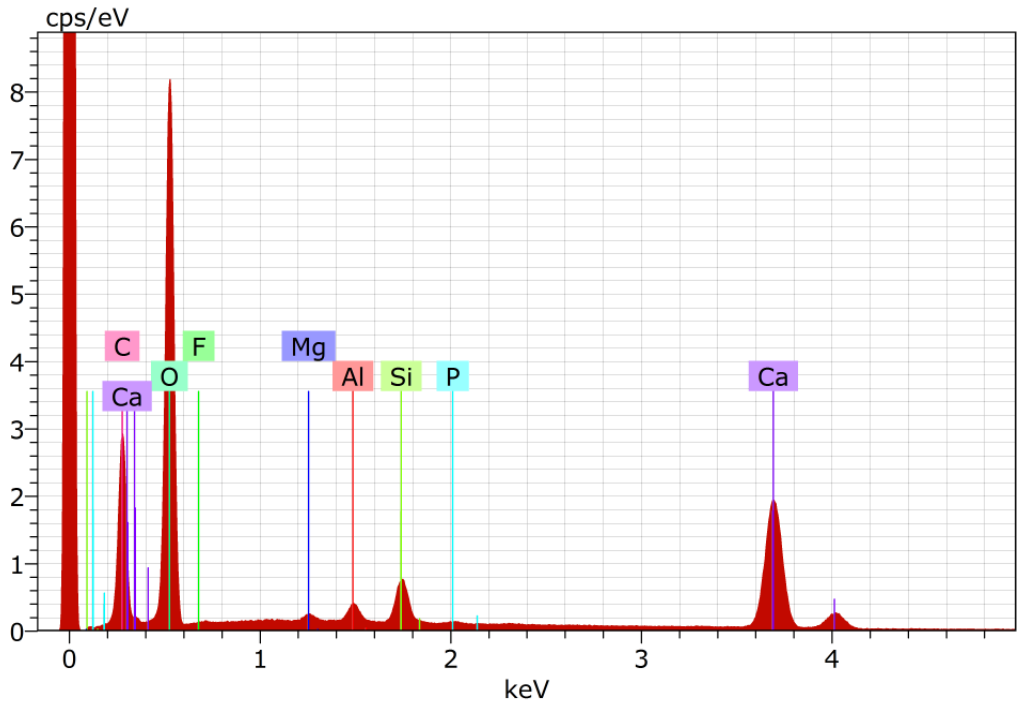


Şekil 4.58. Pınarhisar taş ocağı Mikroskop numuneleri

Tablo 4.26. Pınarhisar Taş Ocağı XRD analizi elementlerin ağırlık yüzdeleri

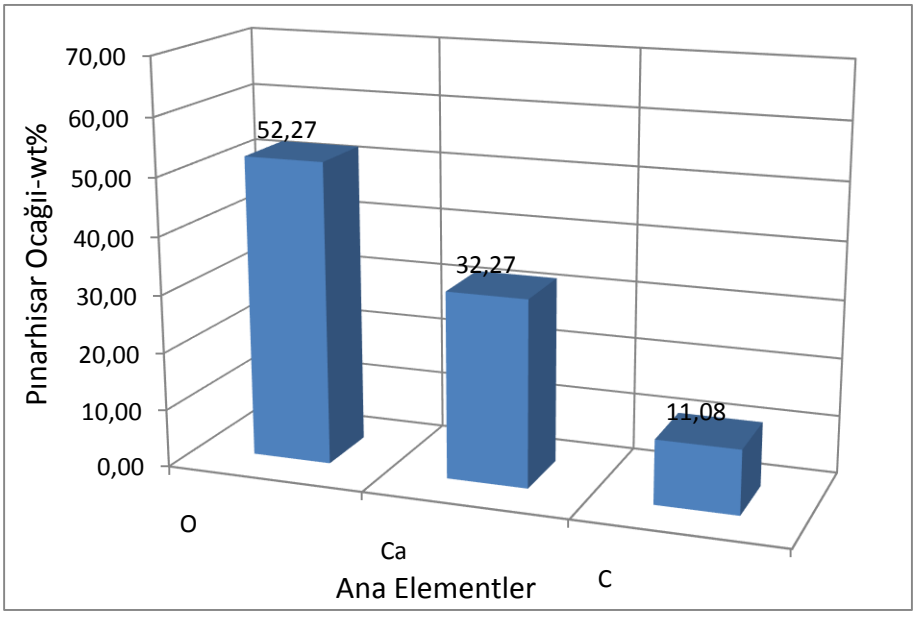
Spectrum: Acquisition 115

El	AN	Series	Net unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom.C [at.%]	(1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	310485	53.18	52.27	63.32	5.72
Ca	20	K-series	175972	32.83	32.	15.61	1.18
C	6	K-series	90251	11.27	11.08	17.88	1.30
Si	14	K-series	38407	3.01	2.96	2.04	0.15
Al	13	K-series	13468	0.76	0.75	0.54	0.06
F	9	K-series	2024	0.37	0.37	0.38	0.10
Mg	12	K-series	4261	0.24	0.24	0.19	0.04
P	15	K-series	1046	0.07	0.07	0.04	0.03
Total:				101.74	100.00	100.00	

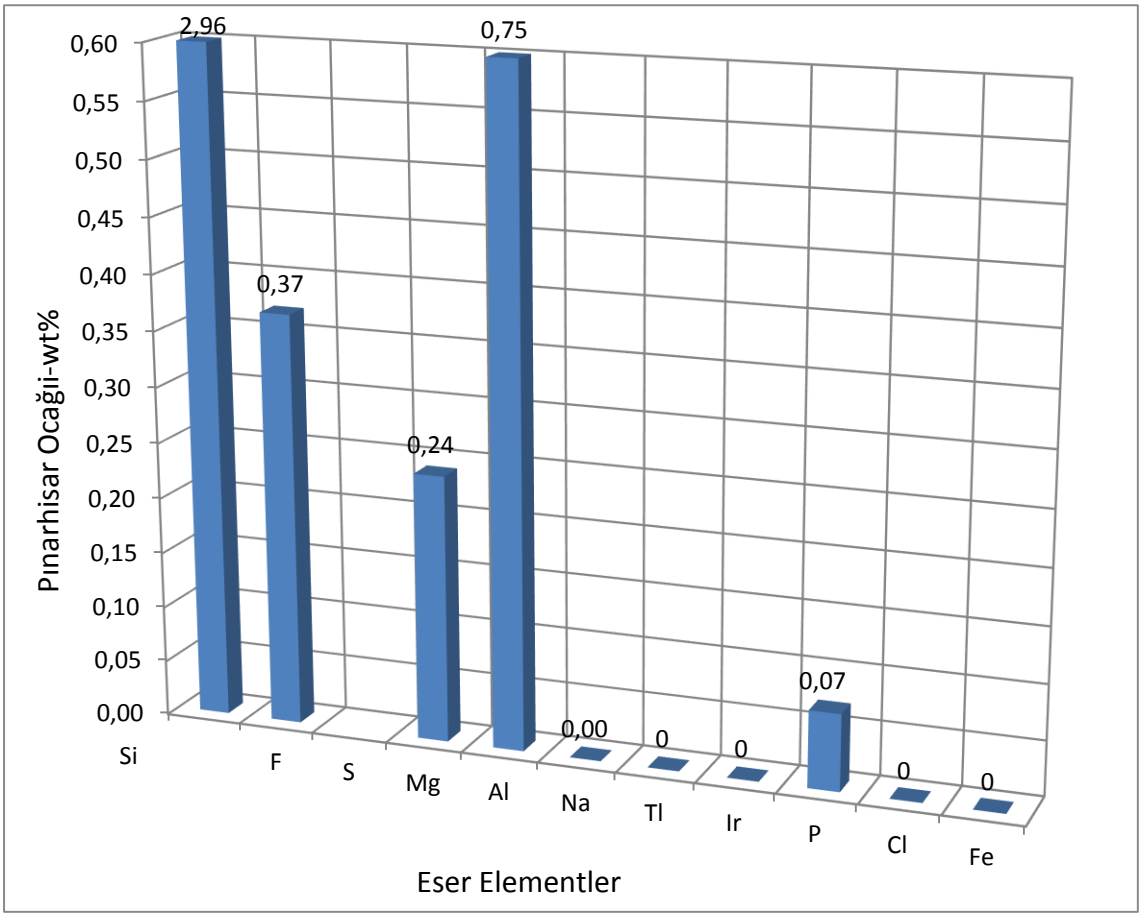


Şekil 4.59. Pınarhisar taş ocağından alınan (örnek G) taşın XRD grafiği

Ortaya çıkan pik yerlerine bakarak taşın içindeki mineral bileşiminin %95,62 ile kalsit içeriği yüksek bir kalker olduğunu görülmektedir. Bu sonuçlara göre kayaç, çoğunlukla 3 ana mineralden (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) oluşmuştur.

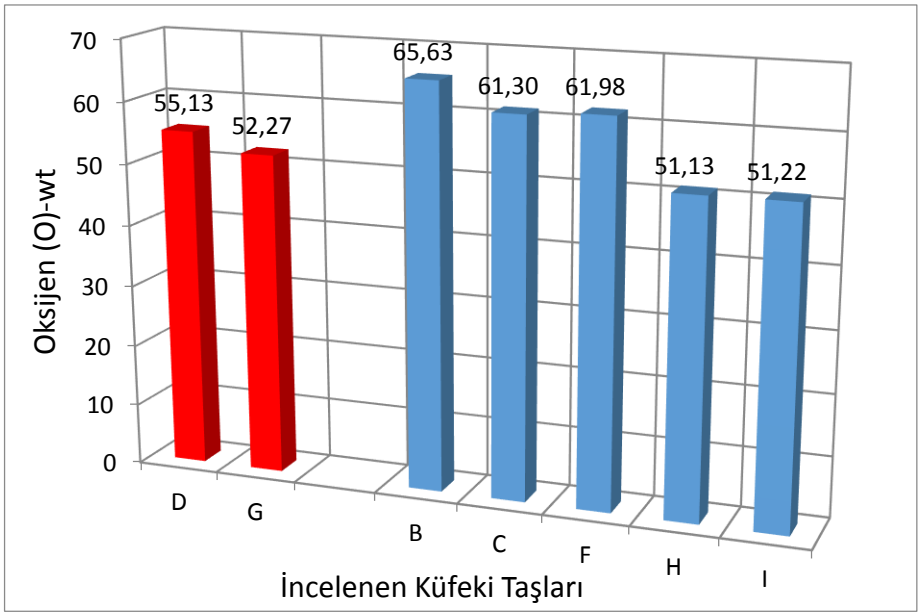


Şekil 4.60. Pınarhisar taş ocağından alınan (örnek G) taşın XRD grafiği. 3 ana mineralin (Oksijen, Karbon ve Kalsiyum) yüzdeleri



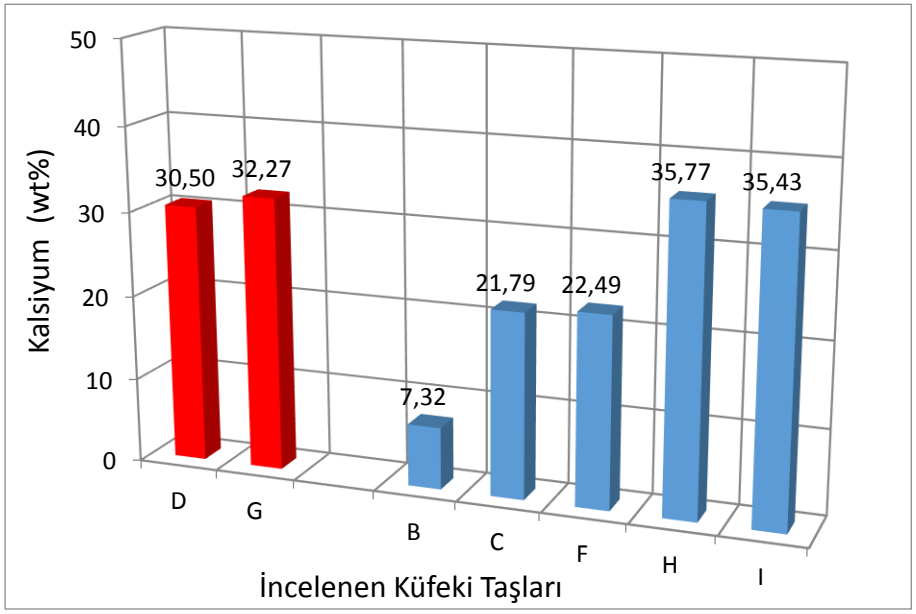
Şekil 4.61. Pınarhisar taş ocağından alınan (örnek G) taşın XRD grafiği. Eser minerallerin yüzdeleri

Küfeki taşında bulunan üç ana element Oksijen (O), Kalsiyum (Ca) ve Karbon olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda yapılan deneyler sonucu elde edilen veriler doğrultusunda oksijen, kalsiyum ve karbon oranlarına göre karşılaştırmalar yapılmıştır. (Şekil 4.69-70-71)

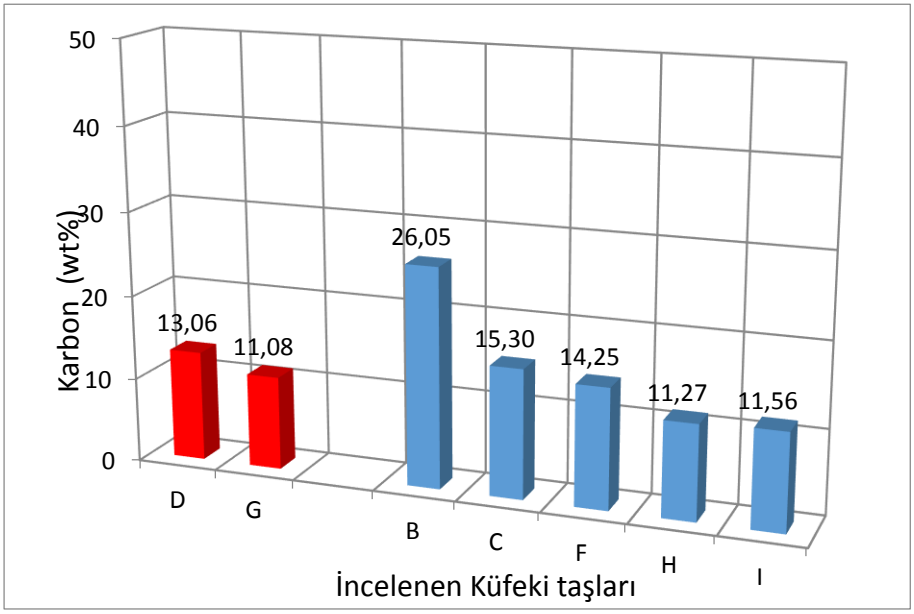


Şekil 4.62. Küfeki taş numunelerinin XRD analizinde Oksijen oranları

Kırmızı renkle ifade edilen ocak taşlarındaki oksijen oranları zamanla üç yapıda artmış 2 yapıda ise azalmıştır.



Şekil 4.63. Küfeki taş numunelerinin XRD analizinde Kalsiyum oranları



Şekil 4.64. Küfeki taş numunelerinin XRD analizinde Karbon oranları

Numuneler analiz sonuçlarına göre %95 ve üstünde kalsiyum karbonat içerdikleri için saf kalker ismini almaktadırlar.

Yapılan XRD analizleri sonucunda, her iki ocak taşı numunesindeki oksijen ve karbon oranlarının, diğer yapılardan alınan eski taşlara göre yüksek olması bunu ispatlamaktadır. Zamanla eskimiş taş numulerinin bünyelerindeki boşlukların oksijen, karbon ile dolduğu buna karşı kalsiyum oranının düştüğü görülmektedir. Asit yağmurları kalsiyumu tuzlar haline dönüştürüp, zamanla miktarının azalmasına ve diğer elementlerin yüzde miktarlarının artmasına neden olabilir.

Yapısında bulunan suyun bir bölümü uçarken bir bölümü de dış çeperlerden içeriye doğru zamanla gelişen kalınlıkta karbonatlaşmanın sonucunda oluşan katman içinde hapsolmaktadır. Bünyede suyun varlığı dinamik yükler altında yapının taşıma gücüne, önemli ilave katkı getirmektedir [32].

Sadece H ve I numunelerinde bu durum biraz ters işlemektedir. Burada bu iki numunenin daha çok su içinde ve atıl halde kaldığını söylemek mümkündür.

4.2.3. Mekanik Özellik Deneyleri:

Doğal taşlarda bilinmesi istenilen mekanik özellikler: tek eksenli basınç dayanımı (don öncesi ve don sonrası tek eksenli basınç direnci olarak iki şekilde incelenir), eğilme direnci, çekme direnci, darbe dayanımı, ortalama aşınma (Bohme) dayanımı yapıda kullanılan yapı taşlarında öncelikli istenen mekanik parametrelerdir.

Bu çalışma kapsamında tarihi eserlerden numune alınması söz konusu olduğundan yapılara zarar verilmemesi adına numune boyutları ve sayısı sınırlı tutularak tek eksenli basınç deneyi uygulanarak mekanik özelliklerinin tayini araştırılmıştır.

Deneysel calışmada ilk olarak seçilmiş yapılardan alınan büyük taş parçaları 5x5x5cm boyutlarında kubik şekilli olarak kesilmiş ve Tütagem laboratuarına getirilmiştir. Her yapıdan ve ocaklardan 5'er adet olmak üzere toplam 35 adet örnek alınmış ve 24 saat 105°C'lik etüvde kurutulmuştur. Desikatörde (24 saat) soğumaya bırakılan numuneler tek tek hassas terazide tartılmıştır. Böylece numuneler, basınç deneyi için hazır duruma getirilmiştir. Hazırlanan numuneler özel bir laboratuarda UTEST markalı basınç cihazı kullanılarak mekanik zorlamaya tabi tutulmuştur. (Şekil 4.65) Aşağıda her numune için yapılan deneyler açıklanmaktadır. (Şekil 4.66-4.80).



Şekil 4.65. Tek eksenli basınç deney düzeneği [70].

Süleymanpaşa Camii



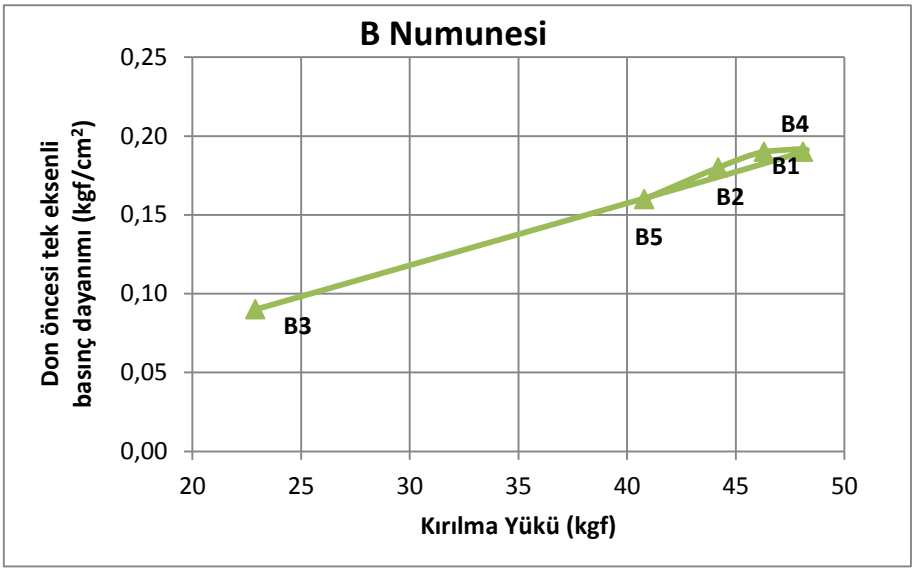
Şekil 4.66. Süleymanpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler



Şekil 4.67. Süleymanpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler

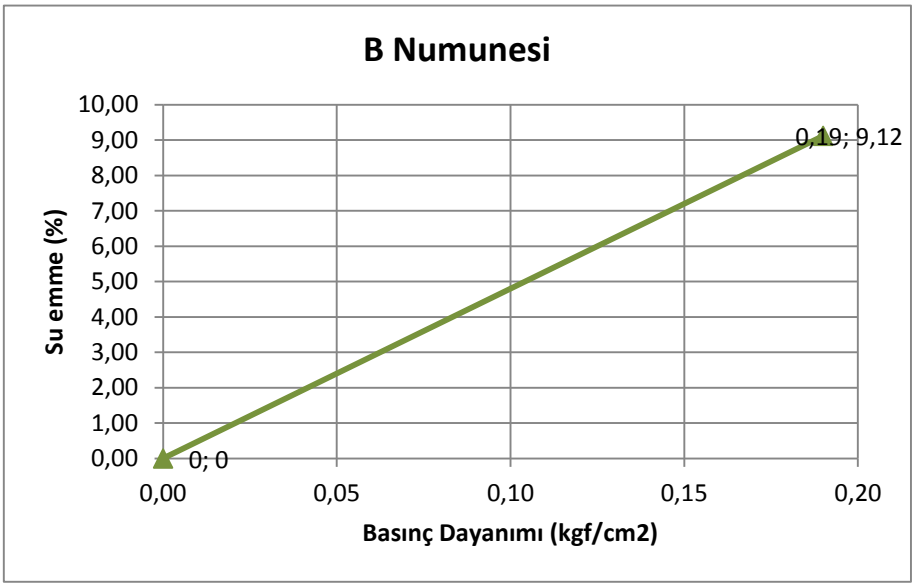
Tablo 4.27. Süleymanpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları

Don Öncesi Tek Eksenli Basınç Dayanımı					
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**Kırılma Yükü(kgf)**	**Don öncesi tek eksenli basınç dayanımı(kgf/cm2)**	**Ortalama basınç dayanımı (kgf/cm2)**
Süleymanpaşa Cami	B1	5x5x5	22.9	0.09	0.19
	B2	5x5x5	48.1	0.19	
	B3	5x5x5	46.3	0.19	
	B4	5x5x5	44.2	0.18	
	B5	5x5x5	40.8	0.16	



Şekil 4.68. Süleymanpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği

Şekil 4.68'de görüldüğü gibi Süleymanpaşa Camii'nden alınan numunelerin kırılma yükleri 23 ile 48 kgf aralığındadır. Basınç dayanımları ise 0,09 ile 0,19 kgf/cm^2 olarak kaydedilmiştir. Bu numuneler basınç altında dağılmamışlardır. Kırılma yükleri ile basınç dayanımı arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır. Kırılma yükü arttıkça basınç dayanımıda artmaktadır.

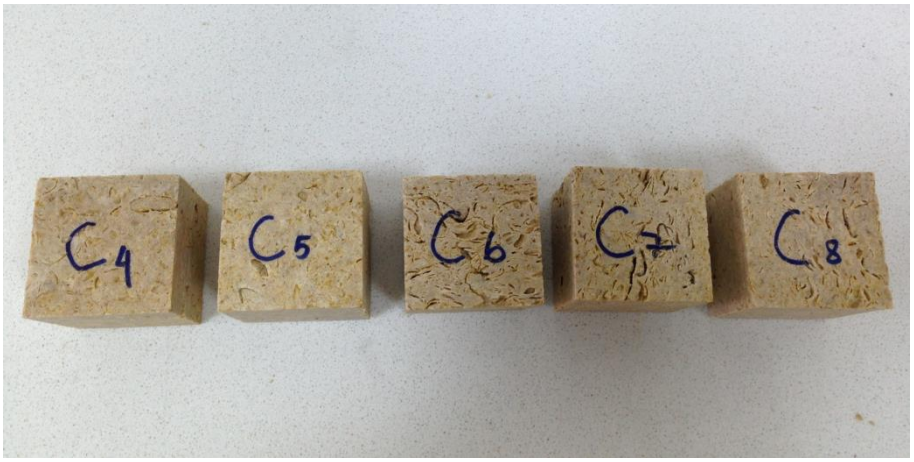


Şekil 4.69. Süleymanpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği

Şekil 4.69'da görüldüğü gibi Çakırağa Camii'nden alınan numunelerin basınç

dayanımı ortalama 0,19 (kgf/cm2) olan taş numuneninin su emme oranı da ortalama 9,12% çıkmıştır ve aralarında bir korelasyon vardır. Numunelerin ilk ağırlıklarının yüksek çıkması su emme oranın daha düşük çıktığını göstermektedir. Buda boşluk oranının daha fazla olduğunu gösterir. Boşluk oranı yüksek çıkan numunelerin de basınç dayanımları doğal olarak düşmektedir.

Çakırağa Cami



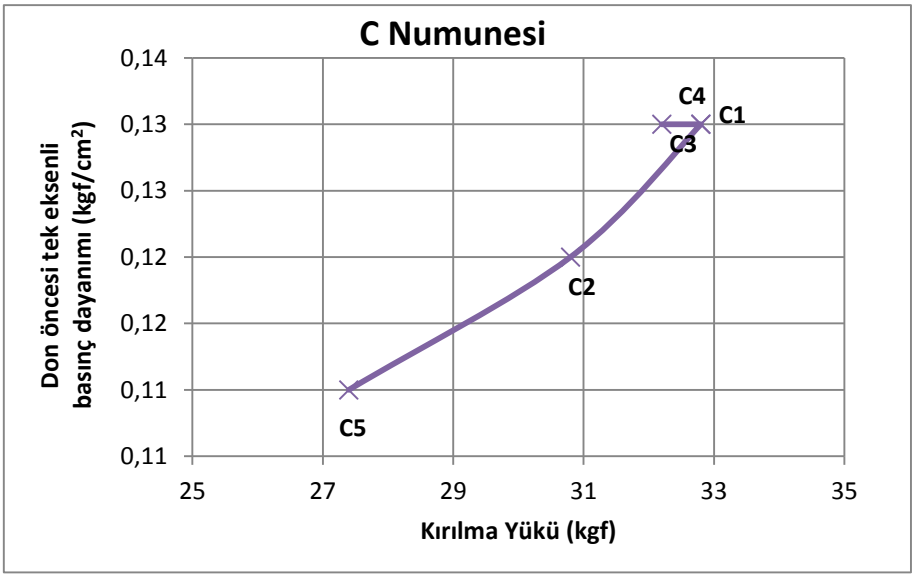
Şekil 4.70. Çakırağa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler



Şekil 4.71. Çakırağa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler

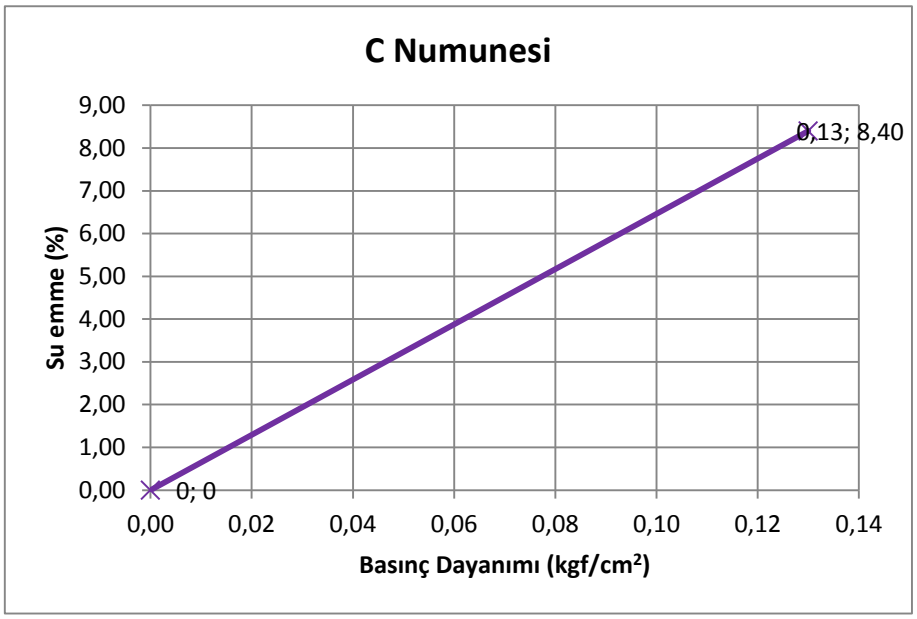
Tablo 4.28. Çakırağa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları

Don Öncesi Tek Eksenli Basınç Dayanımı					
Örnek Yapı	Kod	Ölçü	Kırılma Yükü(kgf)	Don öncesi tek eksenli basınç dayanımı(kgf/cm2)	Ortalama basınç dayanımı (kgf/cm2)
Çakırağa Camii	C1	5x5x5	32.2	0.13	0.13
	C2	5x5x5	32.8	0.13	
	C3	5x5x5	32.8	0.13	
	C4	5x5x5	30.8	0.12	
	C5	5x5x5	27.4	0.11	



Şekil 4.72. Çakırağa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği

Şekil 4.72'de görüldüğü gibi Çakırağa Camii'nden alınan numunelerin kırılma yükleri 27 ile 33 kgf aralığındadır. Basınç dayanımları ise 0,11 ile 0,13 kgf/cm^2 olarak kaydedilmiştir. Bu durum Çakırağa Camii'nde kullanılan küfeki taşının basınç dayanımının oldukça düşük olduğunun göstergesidir. Geçen zaman içerisinde hem yük altında hemde çevresel koşullara maruz kalan taşlar, deney esnasında dağılmıştır. Kırılma yükleri ile basınç dayanımı arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır.



Şekil 4.73. Çakırağa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği

Şekil 4.73'de görüldüğü gibi Çakırağa Camii'nden alınan numunelerin basınç dayanımı ortalama 0,13 (kgf/cm2) olan taş numuneninin su emme oranı da ortalama 8,40% çıkmıştır ve aralarında bir korelasyon vardır.

Saatli Medrese



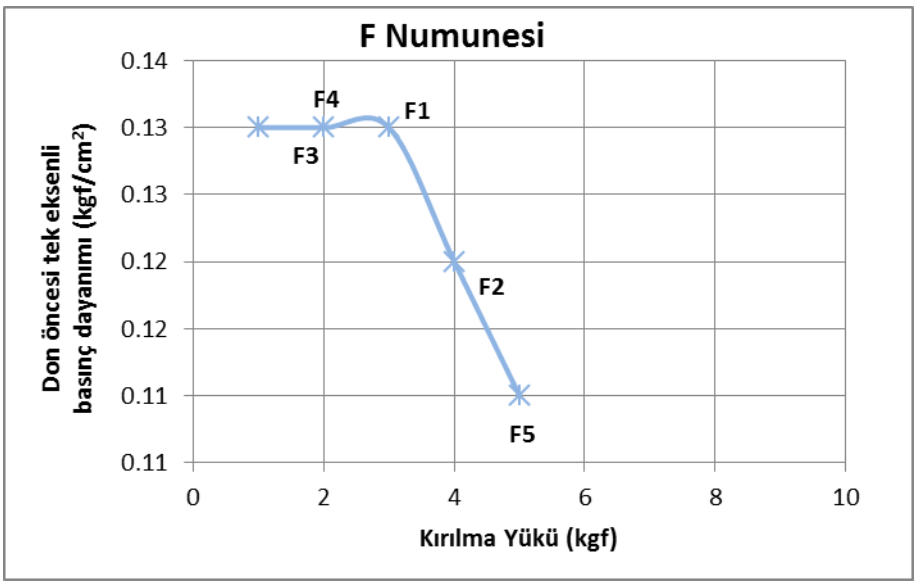
Şekil 4.74. Saatli Medrese don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler



Şekil 4.75. Saatli Medrese don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler

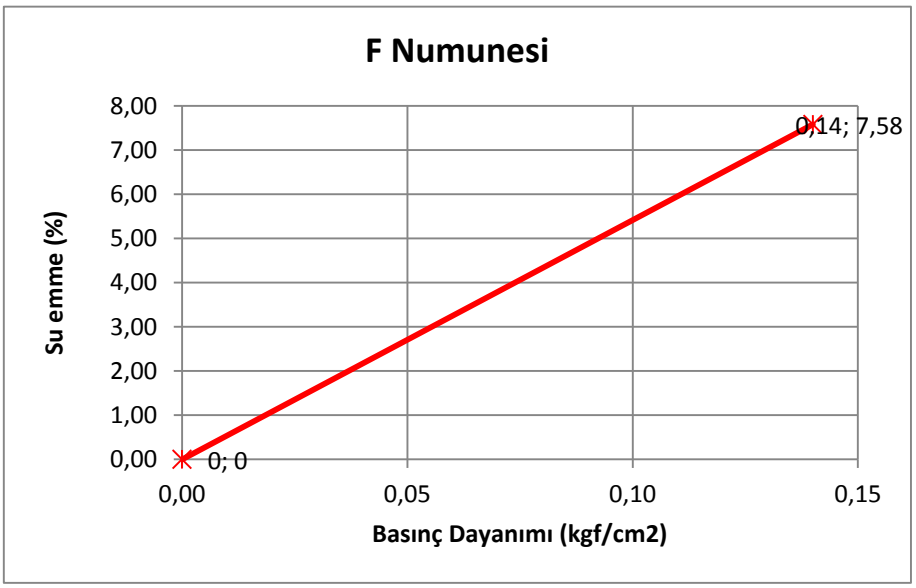
Tablo 4.29. Saatli Medrese don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları

Don Öncesi Tek Eksenli Basınç Dayanımı					
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**Kırılma Yükü(kgf)**	**Don öncesi tek eksenli basınç dayanımı(kgf/cm2)**	**Ortalama basınç dayanımı (kgf/cm2)**
Saatli Medrese	F1	5x5x5	32.7	0.13	0.14
	F2	5x5x5	33.6	0.13	
	F3	5x5x5	33.6	0.13	
	F4	5x5x5	33.6	0,13	
	F5	5x5x5	40.7	0.16	



Şekil 4.76. Saatli Medrese don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği

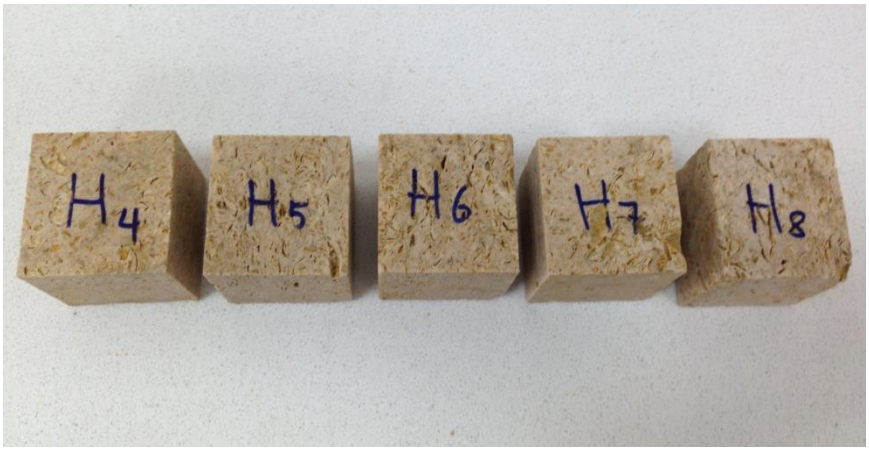
Şekil 4.76'da görüldüğü gibi Saatli Medrese'den alınan numunelerin kırılma yükleri 32 ile 41 kgf aralığındadır. Basınç dayanımları ise 0,13 ile 0,16 kgf/cm^2 olarak kaydedilmiştir. Bu durum Saatli Medrese'de kullanılan küfeki taşının basınç dayanımının oldukça düşük olduğunun göstergesidir. Geçen zaman içerisinde hem yük altında hemde çevresel koşullara maruz kalan taşlar, deney esnasında dağılmıştır. Kırılma yükleri ile basınç dayanımı arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır.



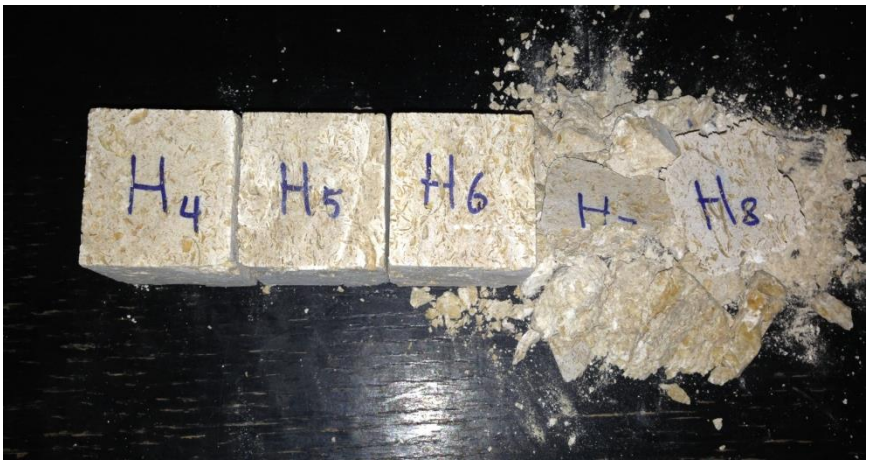
Şekil 4.77. Saatli Medrese don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği

Şekil 4.77'de görüldüğü gibi Saatli Medrese'den alınan numunelerin basınç dayanımı ortalama 0.14 (kgf/cm2) olan taş numuneninin su emme oranı da ortalama 7.69% çıkmıştır ve aralarında bir korelasyon vardır.

Beylerbeyi Türbesi



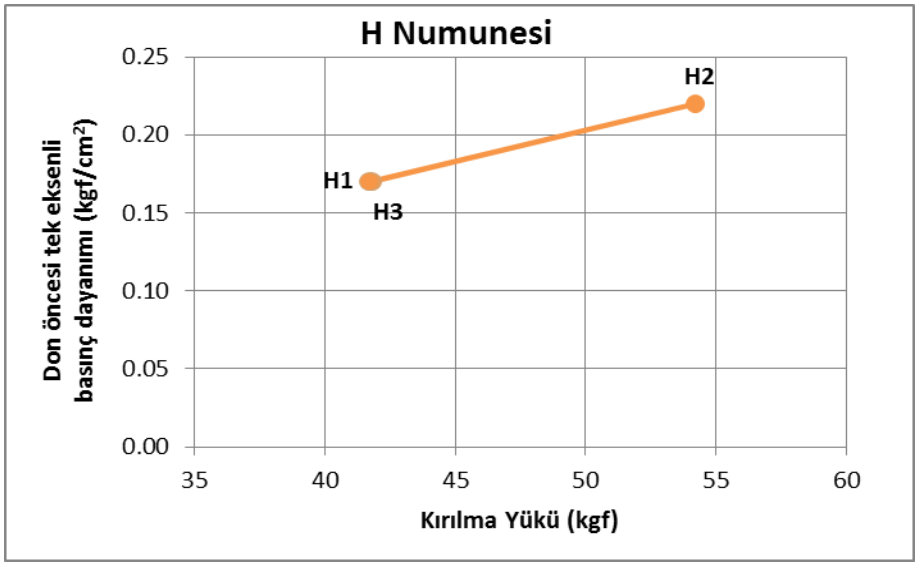
Şekil 4.78. Beylerbeyi Türbesi don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler



Şekil 4.79. Beylerbeyi Türbesi don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler

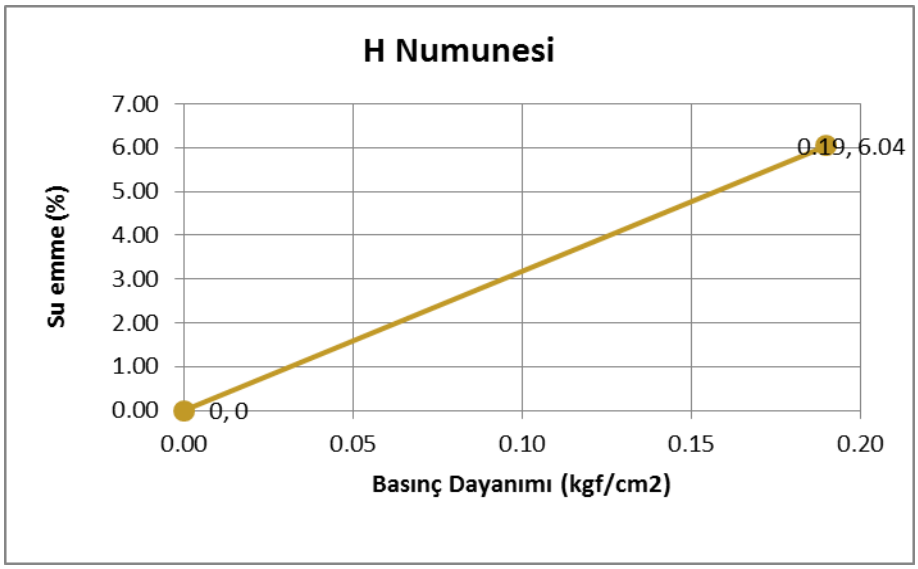
Tablo 4.30. Beylerbeyi Türbesi don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları

Don Öncesi Tek Eksenli Basınç Dayanımı					
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**Kırılma Yükü(kgf)**	**Don öncesi tek eksenli basınç dayanımı(kgf/cm2)**	**Ortalama basınç dayanımı (kgf/cm2)**
Beylerbeyi Türbesi	H1	5x5x5	41.8	0.17	0.19
	H2	5x5x5	54.2	0.22	
	H3	5x5x5	41.7	0.17	
	H4	5x5x5	-	-	
	H5	5x5x5	-	-	



Şekil 4.80. Beylerbeyi Türbesi don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği

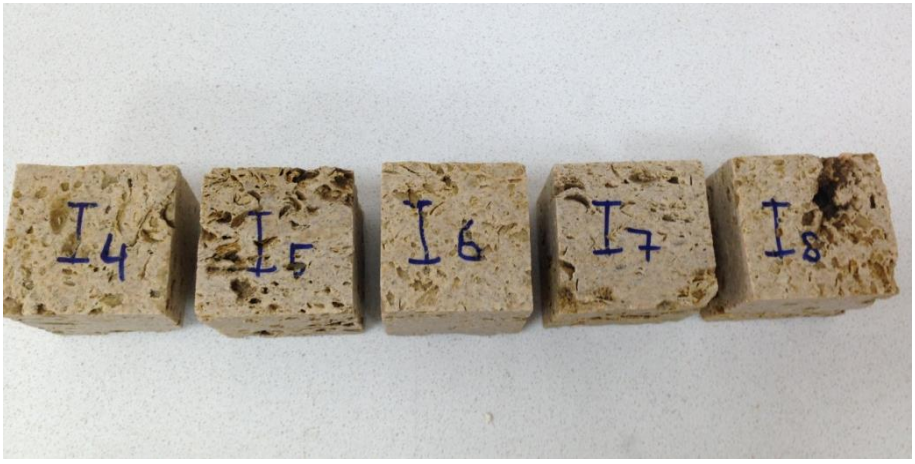
Şekil 4.80'de görüldüğü gibi Beylerbeyi Türbesi'nden alınan numunelerin kırılma yükleri 41 ile 54 kgf aralığındadır. Basınç dayanımları ise 0,17 ile 0,22 kgf/cm^2 olarak kaydedilmiştir. Bu durum Beylerbeyi Türbesi'nde kullanılan küfeki taşının basınç dayanımının oldukça düşük olduğunun göstergesidir. Geçen zaman içerisinde hem yük altında hemde çevresel koşullara maruz kalan taşların bir kısmı, deney esnasında dağılmıştır. Kırılma yükleri ile basınç dayanımı arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır.



Şekil 4.81. Beylerbeyi Türbesi don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği

Şekil 4.81'de görüldüğü gibi Beylerbeyi Türbesi'nden alınan numunelerin basınç dayanımı ortalama 0.19 (kgf/cm2) olan taş numuneninin su emme oranı da ortalama 6.04% çıkmıştır ve aralarında bir korelasyon vardır.

Kasımpaşa Camii



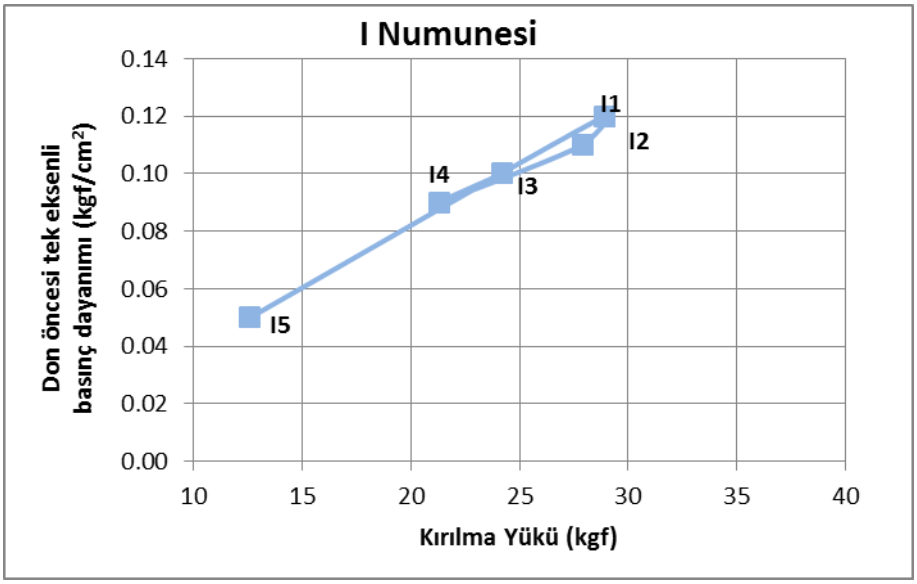
Şekil 4.82. Kasımpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler



Şekil 4.83. Kasımpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler

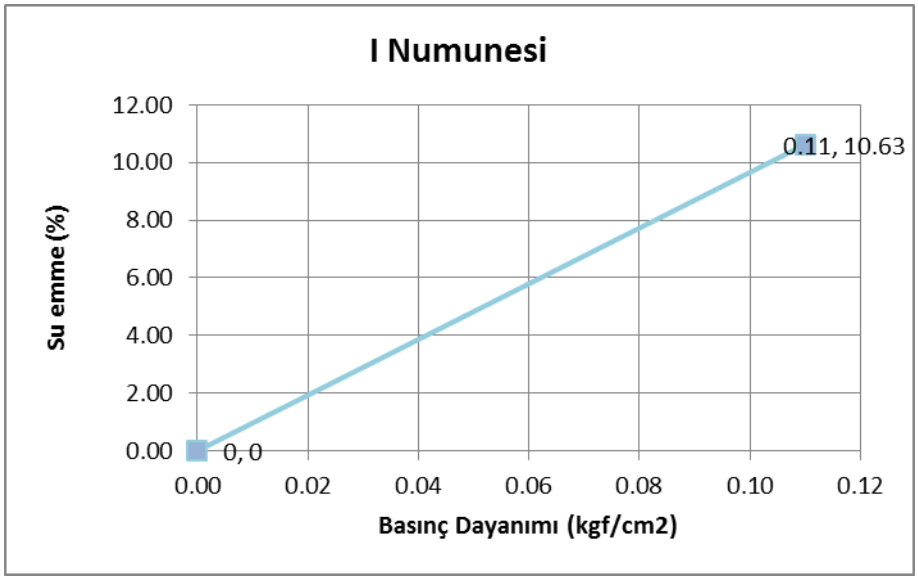
Tablo 4.31. Kasımpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları

Don Öncesi Tek Eksenli Basınç Dayanımı					
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**Kırılma Yükü(kgf)**	**Don öncesi tek eksenli basınç dayanımı(kgf/cm2)**	**Ortalama basınç dayanımı (kgf/cm2)**
Kasımpaşa Camii	I1	5x5x5	24.2	0.10	0.11
	I2	5x5x5	21.3	0.09	
	I3	5x5x5	27.9	0.11	
	I4	5x5x5	28.9	0.12	
	I5	5x5x5	12.6	0.05	



Şekil 4.84. Kasımpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği

Şekil 4.84'de görüldüğü gibi Kasımpaşa Camii'nden alınan numunelerin kırılma yükleri 12 ile 29 kgf aralığındadır. Basınç dayanımları ise 0,05 ile 0,12 kgf/cm^2 olarak kaydedilmiştir. Bu durum Kasımpaşa Camii'nde kullanılan küfeki taşının basınç dayanımının oldukça düşük olduğunun göstergesidir. Geçen zaman içerisinde hem yük altında hem de çevresel koşullara maruz kalan taşlar, deney esnasında dağılmıştır. Kırılma yükleri ile basınç dayanımı arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır.



Şekil 4.85. Kasımpaşa Camii don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği

Şekil 4.85'de görüldüğü gibi Kasımpaşa Camii'nden alınan numunelerin basınç dayanımı ortalama 0.11 (kgf/cm2) olan taş numuneninin su emme oranı da ortalama 10.63% çıkmıştır ve aralarında bir korelasyon vardır.

Süloğlu Taş Ocağı



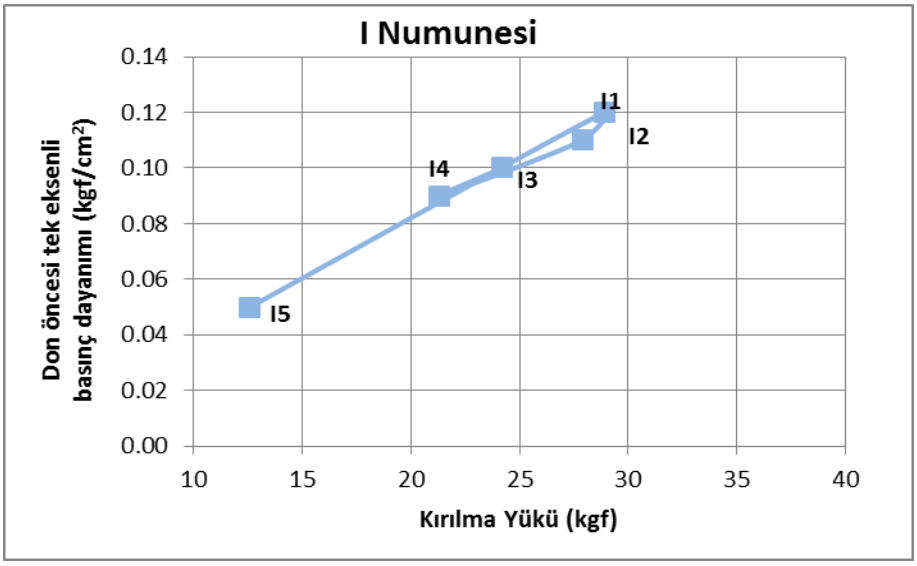
Şekil 4.86. Süloğlu Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler



Şekil 4.87. Süloğlu Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler

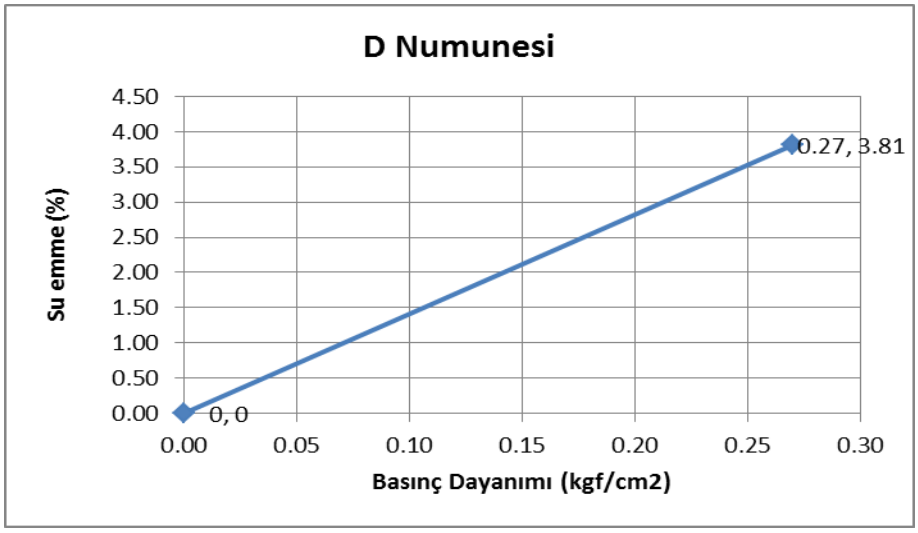
Tablo 4.32. Süloğlu Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları

Don Öncesi Tek Eksenli Basınç Dayanımı					
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**Kırılma Yükü(kgf)**	**Don öncesi tek eksenli basınç dayanımı(kgf/cm2)**	**Ortalama basınç dayanımı (kgf/cm2)**
Süloğlu Ocak Taşı	D1	5x5x5	47.3	0.19	0.27
	D2	5x5x5	57.3	0.23	
	D3	5x5x5	19.6	0.08	
	D4	5x5x5	41.6	0.17	
	D5	5x5x5	94.7	0.38	



Şekil 4.88. Süloğlu Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği

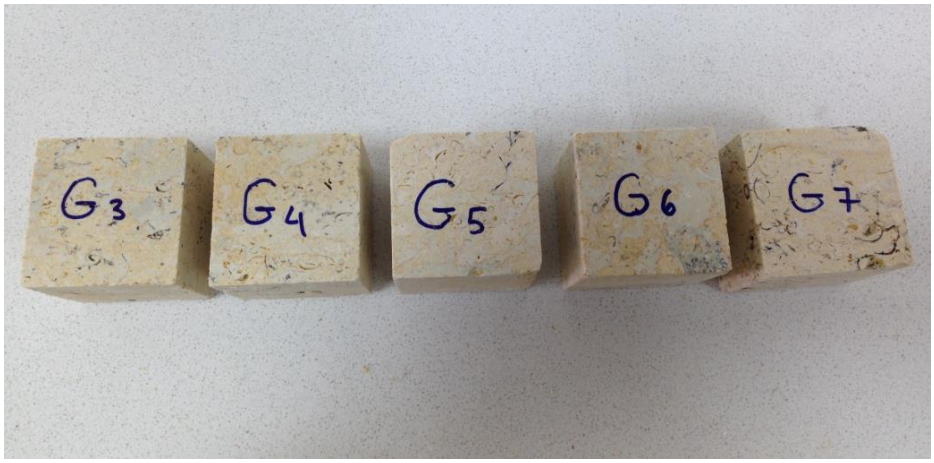
Şekil 4.88'de görüldüğü gibi Süloğlu Taş Ocağı'ndan alınan numunelerin kırılma yükleri 19 ile 94 kgf aralığındadır. Basınç dayanımları ise 0,08 ile 0,38 kgf/cm^2 olarak kaydedilmiştir. Kırılma yükleri ile basınç dayanımı arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır.



Şekil 4.89. Süloğlu Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği

Şekil 4.89'da görüldüğü gibi Süloğlu Taş Ocağı'ndan alınan numunelerin basınç dayanımı ortalama 0.27 (kgf/cm2) olan taş numuneninin su emme oranı da ortalama 3.81% çıkmıştır ve aralarında bir korelasyon vardır. Su emme oranının az olduğu bir numunedir. Bu taşın fazla deforme olmadığının bir göstergesidir.

Pınarhisar Taş Ocağı



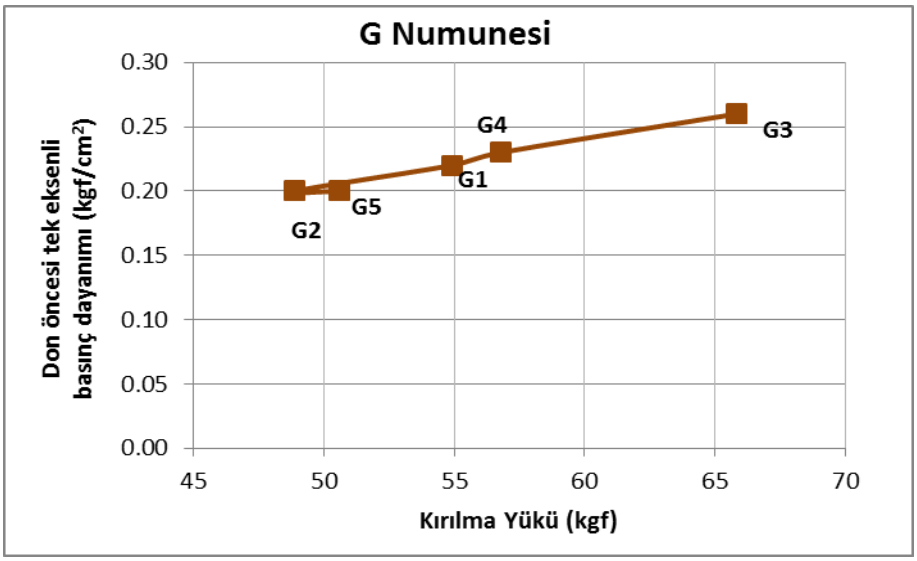
Şekil 4.90. Pınarhisar Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi öncesi numuneler



Şekil 4.91. Pınarhisar Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonrası numuneler

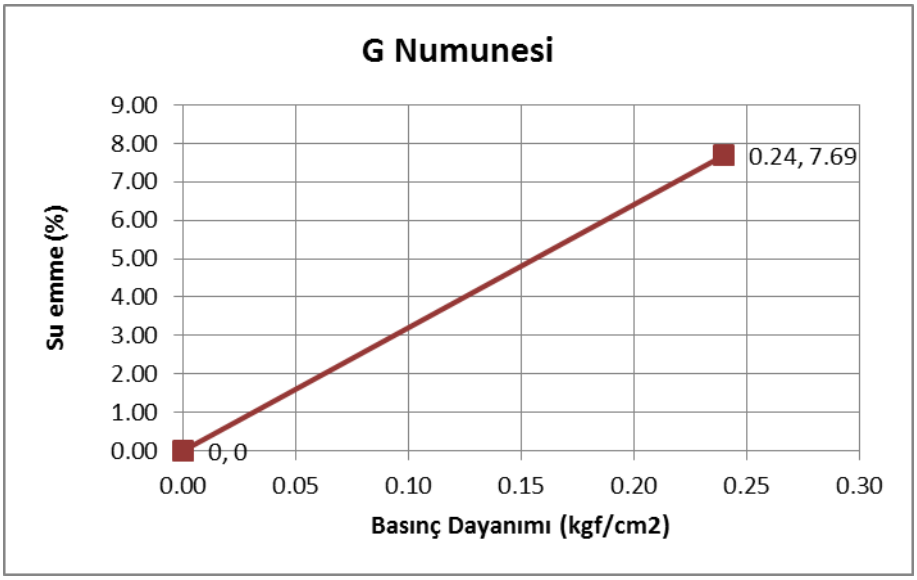
Tablo 4.33. Pınarhisar Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç deneyi sonuçları

Don Öncesi Tek Eksenli Basınç Dayanımı					
Örnek Yapı	**Kod**	**Ölçü**	**Kırılma Yükü(kgf)**	**Don öncesi tek eksenli basınç dayanımı(kgf/cm2)**	**Ortalama basınç dayanımı (kgf/cm2)**
Pınarhisar Ocak Taşı	**G1**	**5x5x5**	**65.8**	**0.26**	**0.24**
	G2	**5x5x5**	**56.8**	**0.23**	
	G3	**5x5x5**	**54.9**	**0.22**	
	G4	**5x5x5**	**48.9**	**0.20**	
	G5	**5x5x5**	**50.6**	**0.20**	



Şekil 4.92. Pınarhisar Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç dayanımı grafiği

Şekil 4.92'de görüldüğü gibi Süloğlu Taş Ocağı'ndan alınan numunelerin kırılma yükleri 48 ile 65 kgf aralığındadır. Basınç dayanımları ise 0,20 ile 0,26 kgf/cm^2 olarak kaydedilmiştir. Kırılma yükleri ile basınç dayanımı arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır.



Şekil 4.93. Pınarhisar Taş Ocağı don öncesi tek eksenli basınç dayanımı-su emme oranı grafiği

Şekil 4.93'de görüldüğü gibi Süloğlu Taş Ocağı'ndan alınan numunelerin basınç dayanımı ortalama 0.24 (kgf/cm2) olan taş numuneninin su emme oranı da ortalama 7.69% çıkmıştır ve aralarında bir korelasyon vardır.

4.2.4. Mineralojik ve Petrografik Özellik Deneyleri:

Numunenin mineralojik - petrografik analizle değerlendirilebilmesi, yani doku, mineralojik bileşim ve benzeri özelliklerine dayanılarak tanımlanabilmesi için gönderilecek olan parçanın yeteri kadar pekişmiş, kolayca dağılmayan, sert, incekesit ve/veya parlatma yapımına uygun olması gerekir. Numune, alınmış olduğu sahayı en iyi temsil edecek şekilde seçilmiş olmalıdır. Kayaç numuneleri, eğer varsa, atmosferik koşullarda bozunmuş/günlenmiş yüzeyi mümkün olduğunca temizlendikten sonra taze kısmından alınmalıdır. Döküntü malzemeden alınan numuneler için verilecek olan mineralojik - petrografik her türlü bilgi sadece o parçaya ait bilgi olup, alındığı sahayı temsil etmez. Numune en az 5x5x5 cm3 en fazla 10x10x10 cm³ büyüklüğünde olacak şekilde alınmalıdır.

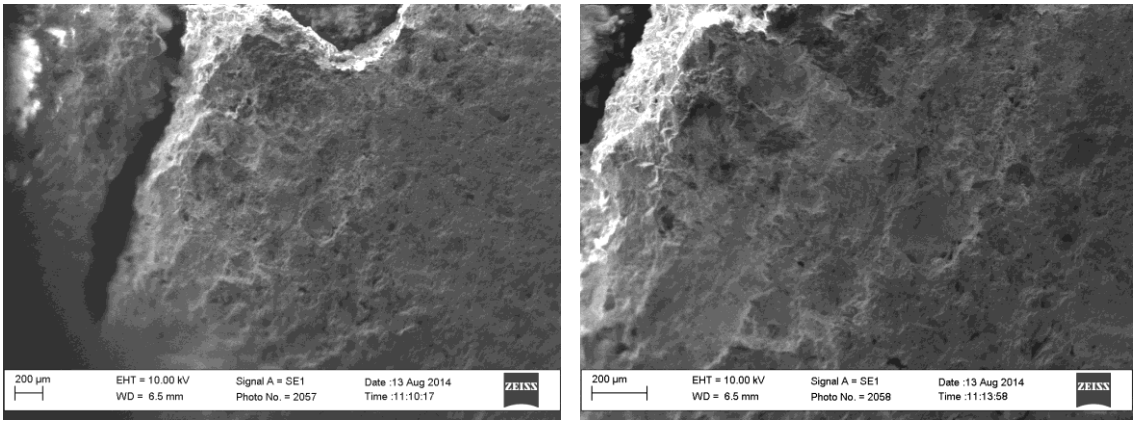


Şekil 4.94. Küfeki Taşı mikroskop deneyi Numuneleri

Bu çalışma kapsamında deney numuneleri 5x5x5 cm^3 olarak hazırlanmıştır. A1-A2-A3 ve E1-E2-E3 numuneleri SEM deneylerinde içindeki gazların sürekli çıkması nedeniyle iptal edilmiş ve yerine H1-H2-H3 ve I1-I2-I3 numuneleri analiz edilmiştir.

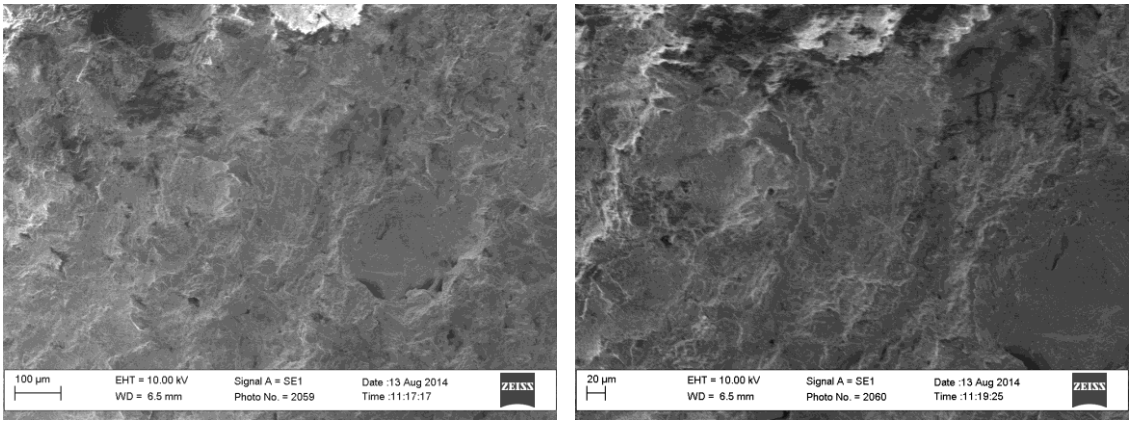
SEM ile her numune 5 farklı ölçekte büyütülmüş ve buna göre görüntülenmiştir. Bu ölçekler: 150x, 250x, 500x, 1000x ve 2000x olacak şekildedir ve aşağıdaki görüntüler sırasıyla verilmiştir.

Süleymanpaşa Camii



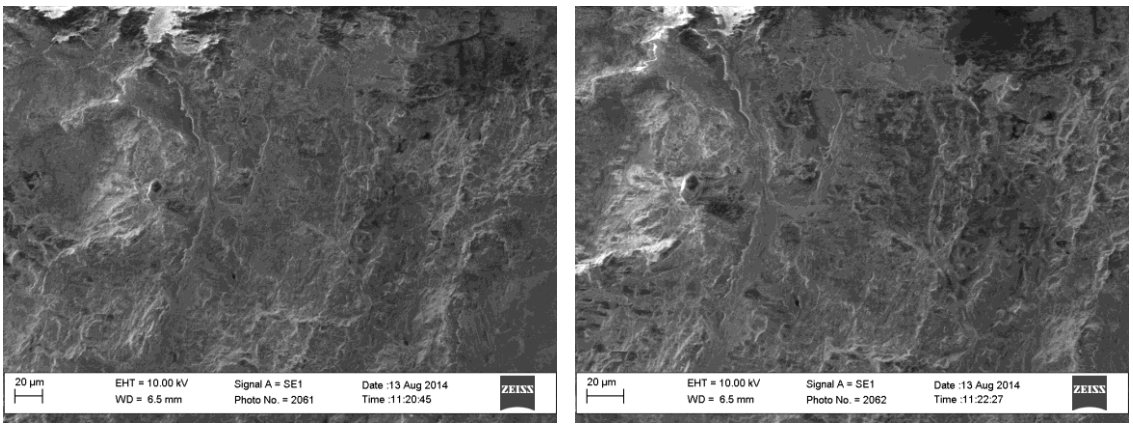
(a) (b)

Şekil 4.95. Süleymanpaşa Camii`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a)75x b)150x



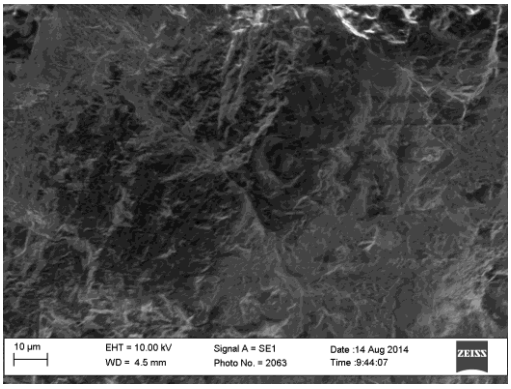
(a) (b)

Şekil 4.96. Süleymanpaşa Camii`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a)250x b)500x



(a) (b)

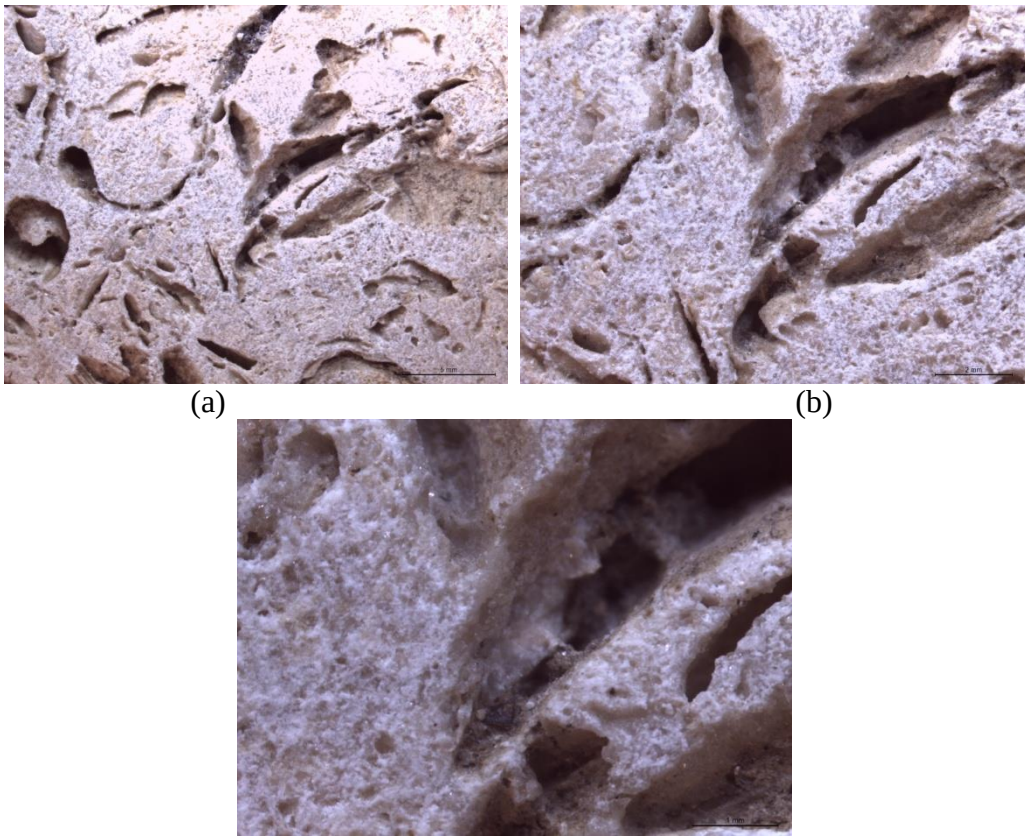
Şekil 4.97. Süleymanpaşa Camii`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 750x b) 1000x



Şekil 4.98. Süleymanpaşa Camisi`nden alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x)

Kristallografik bozulma olmadan sıkıca bağlanmış yaprak yaprak kalsit kristalleşmesi ($CaCO_3$) ile alt tarafta hexagonal kalsit kristalleri SEM çekiminde görünmektedir (Numune Bx250). Tüm numuneler aynı taş formasyonunda olduğundan yorumlarda aşağı yukarı aynıdır.

Optik Mikroskop ile yapılan çekimler: Optik Miktroskop ile her numune 2 farklı çekim yeri olarak, 3 farklı ölçekde görüntülenmiştir. Bu ölçekler: 7x, 16x, 32x olacak şekildedir ve aşağıdaki resimleme sırasıyla verilmiştir.



(a) (b)

(c)

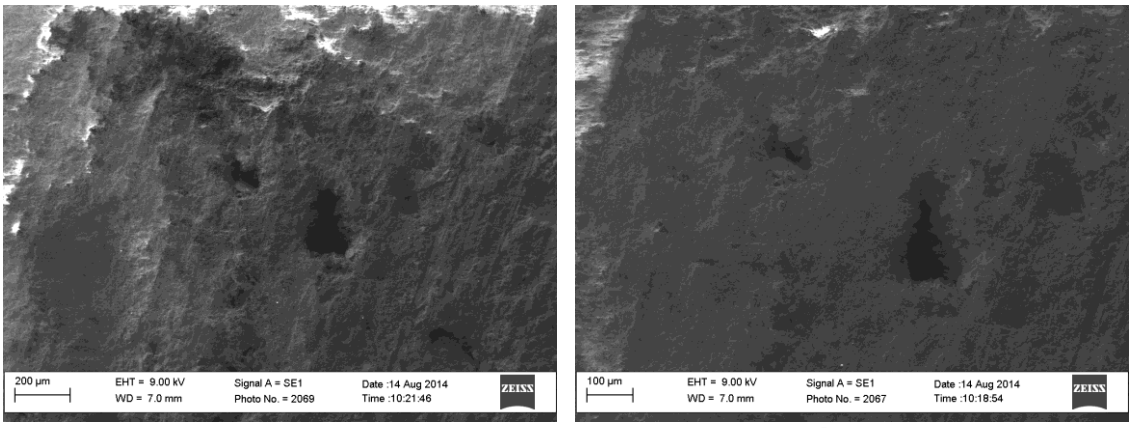
Şekil 4.99. Süleymanpaşa Camii numunesinin Optik Mikroskop görüntüsü a) 7x b) 16x c) 32x

Süleymanpaşa Camii`nden alınan numunenin Optik Mikroskop ikinci görüntüsü (7x-örnek B). Boşluklu bir kireçtaşıdır. Tane boyutu 0,1 mm ile 1 mm arasındadır. Boşluk uzunluğu 10mm olan yerler vardır. Bu boşuklar taşın 0.1µm'dan küçük boşluklu taşlara göre (sıcaklık değişimleri, ıslanma-kuruma, donma-çözülme, endüstriyel emisyonlar, deniz tuzları vb.) daha çok etkilendiğini göstermektedir.

Bağımsız boşluklu bir yapısı mevcuttur ve 0.1µm'dan küçük boşlukların az olduğu türü dış etkilerden (sıcaklık değişimleri, ıslanma-kuruma, donma-çözülme, endüstriyel emisyonlar, deniz tuzları vb.) daha az etkilenmektedir. [8].

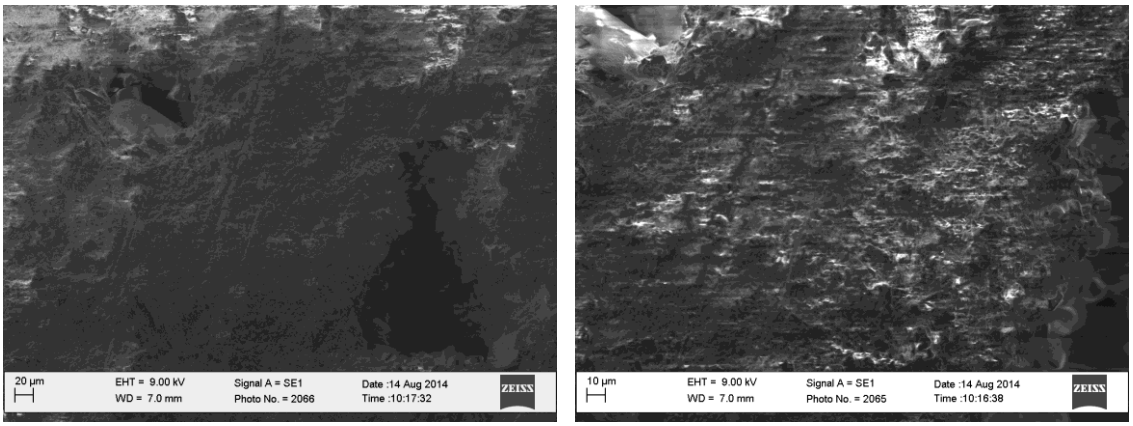
Bağımsız boşluklu bir yapısı mevcuttur ve 0.1µm'dan küçük boşlukların az olduğu türü dış etkilerden (sıcaklık değişimleri, ıslanma-kuruma, donma-çözülme, endüstriyel emisyonlar, deniz tuzları vb.) daha az etkilenmektedir.

Çakırağa Camii



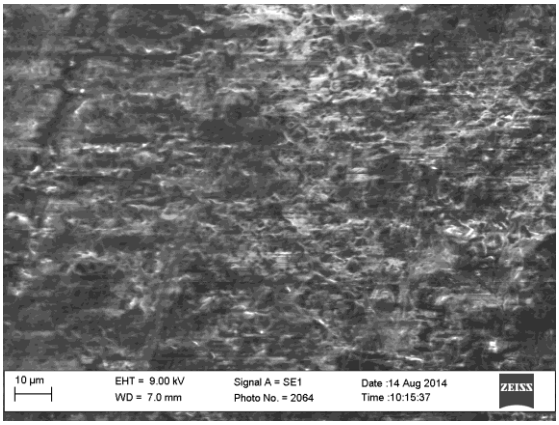
(a) (b)

Şekil 4.100. Çakırağa Camiinden alınan numunenin SEM görüntüsü a)150x b) 250x



(a) (b)

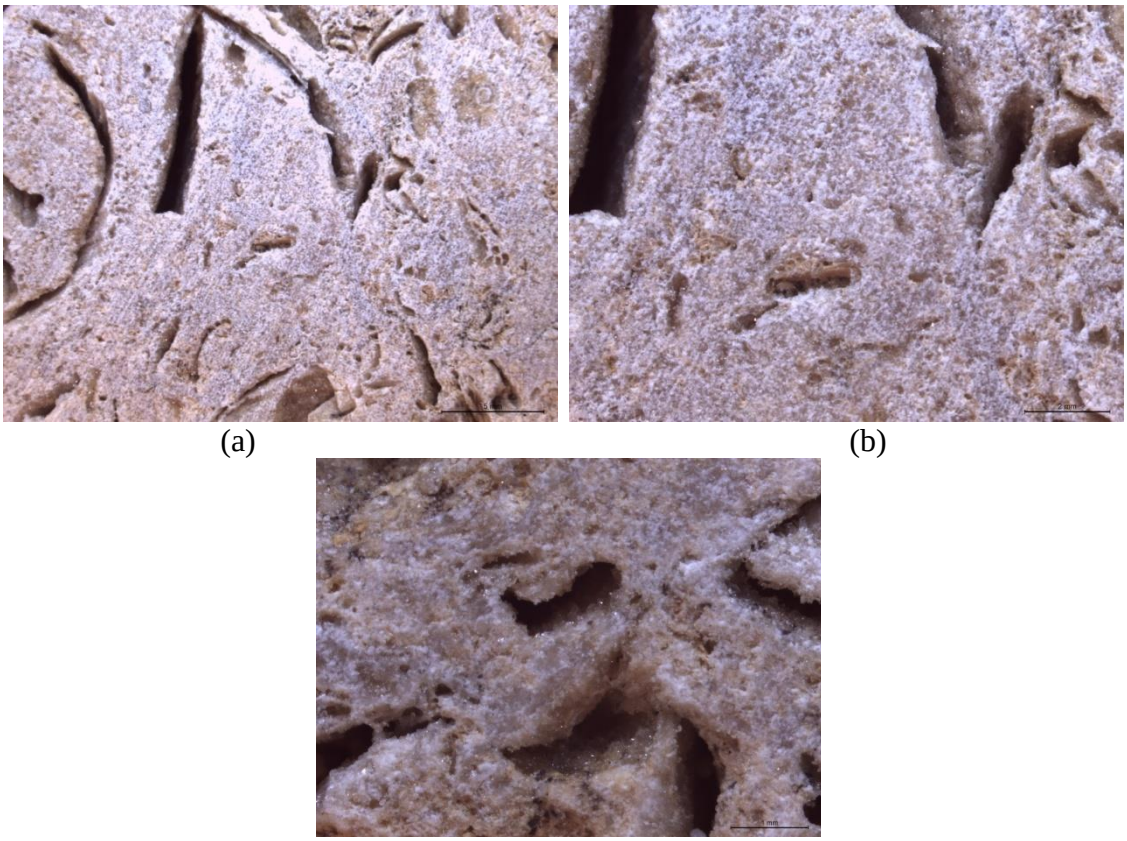
Şekil 4.101. Çakırağa Camiinden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b)1000x



Şekil 4.102. Çakırağa Camiinden alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x)

Kristallografik bozulma olmadan sıkıca bağlanmış yaprak yaprak kalsit kristalleşmesi ($CaCO_3$) ile alt tarafta hexagonal kalsit kristalleri SEM çekiminde görünmektedir (Numune Cx250).

Optik Mikroskop ile yapılan çekimler:



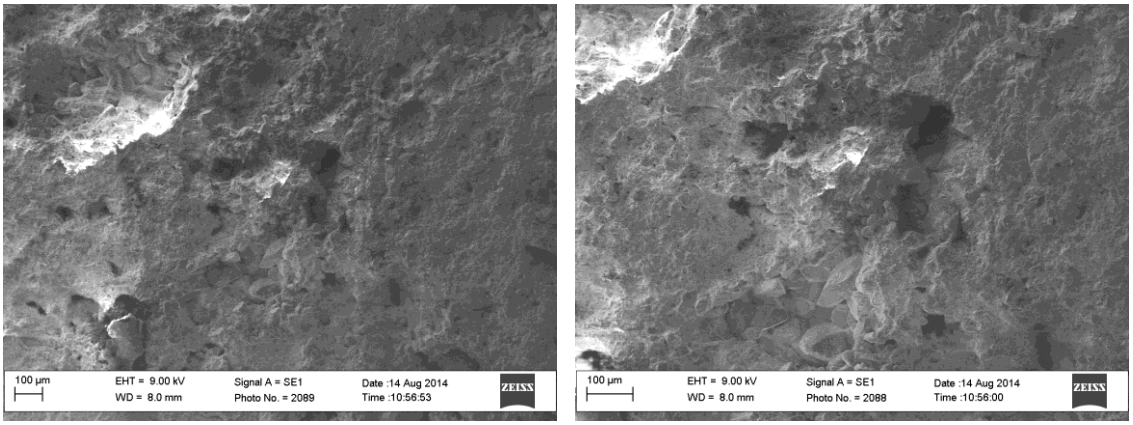
(a) (b)

(c)

Şekil 4.103. Çakırağa Camii numunesinin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x

Çakırağa Camiinden alınan numunenin Optik Mikroskop görüntüsü (7x-örnek C). Az fosilli kireçtaşıdır. Burada boşluk uzunluğu 10mm olan yerler vardır.

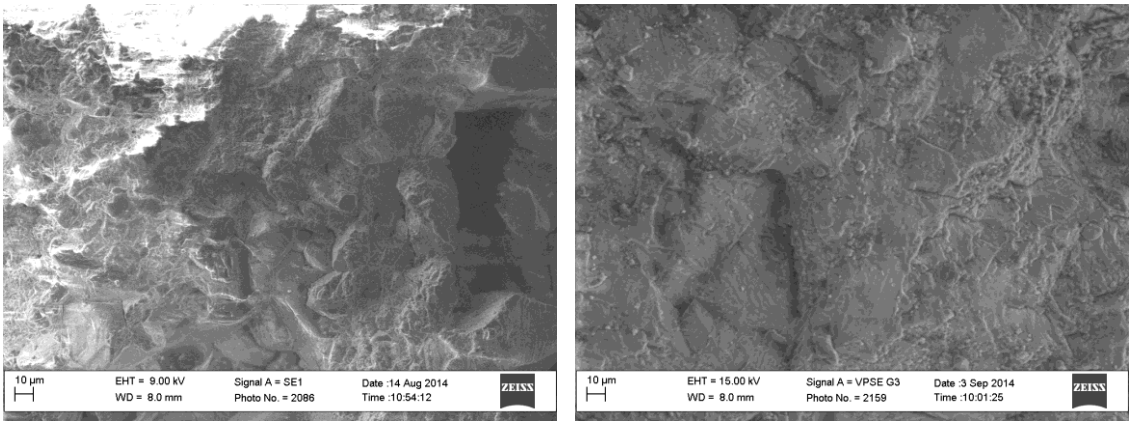
Saatli Medrese



(a) (b)

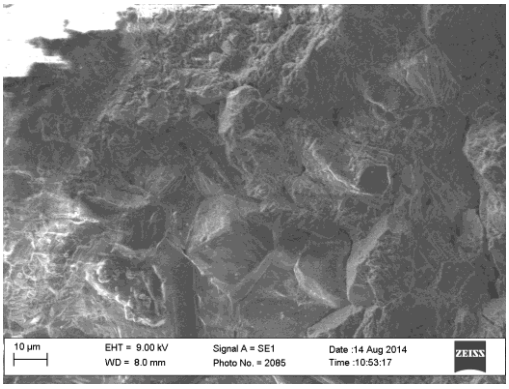
Şekil 4.104. Saatli Medrese`den alınan numunenin SEM görüntüsü a) 150x b) 250x

Kristallografik bozulma olmadan sıkıca bağlanmış yaprak yaprak kalsit kristalleşmesi ($CaCO_3$) ile alt tarafta hexagonal kalsit kristalleri SEM çekiminde görünmektedir (Numune Fx250).



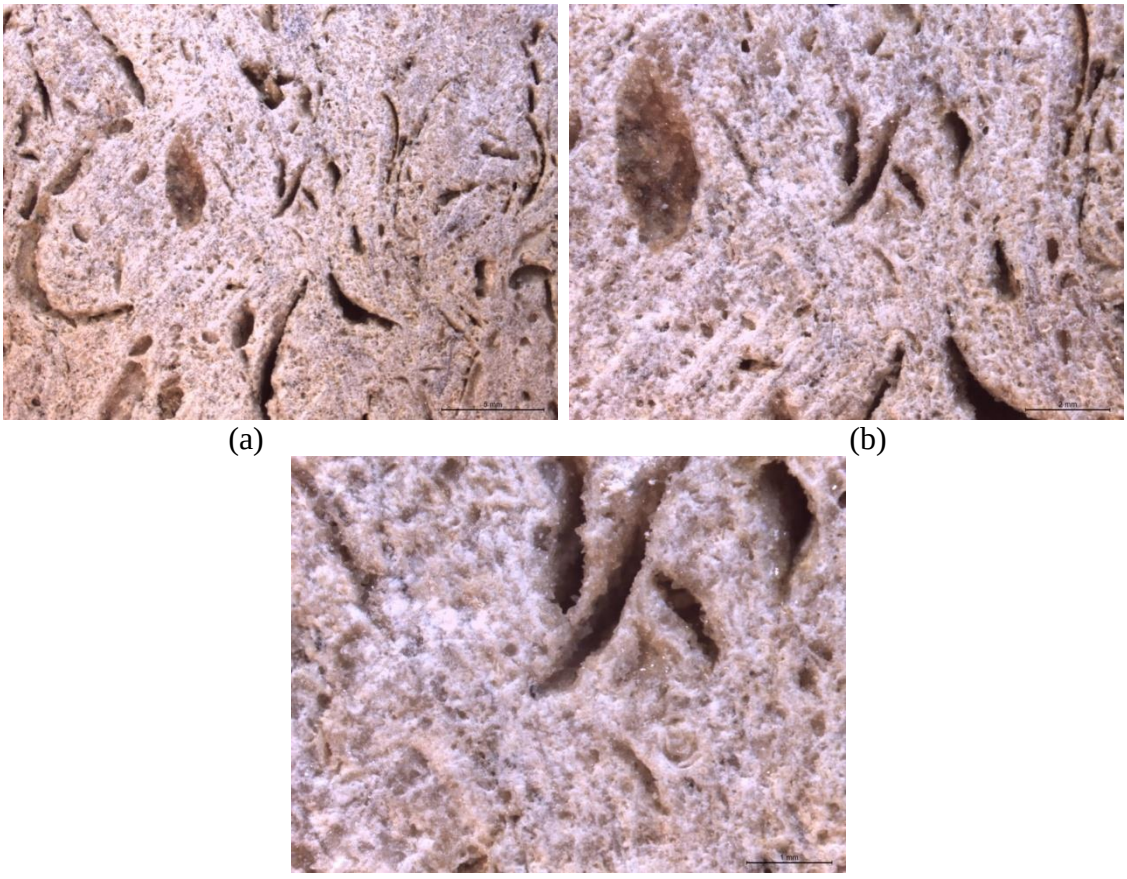
(a) (b)

Şekil 4.105. Saatli Medrese`den alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b) 1000x



Şekil 4.106. Saatli Medrese`den alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x)

Optik Mikroskop ile yapılan çekimler:



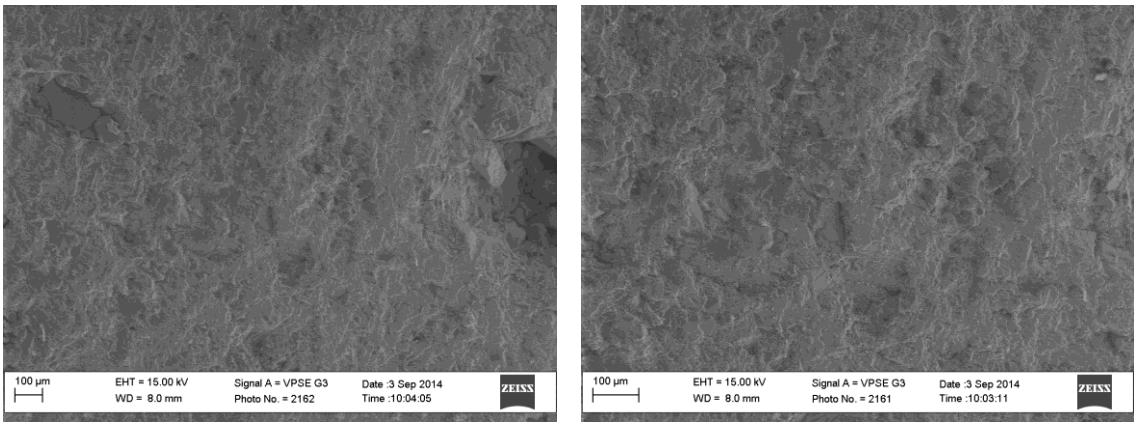
(a) (b)

(c)

Şekil 4.107. Saatli Medrese`den alınan numunenin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x

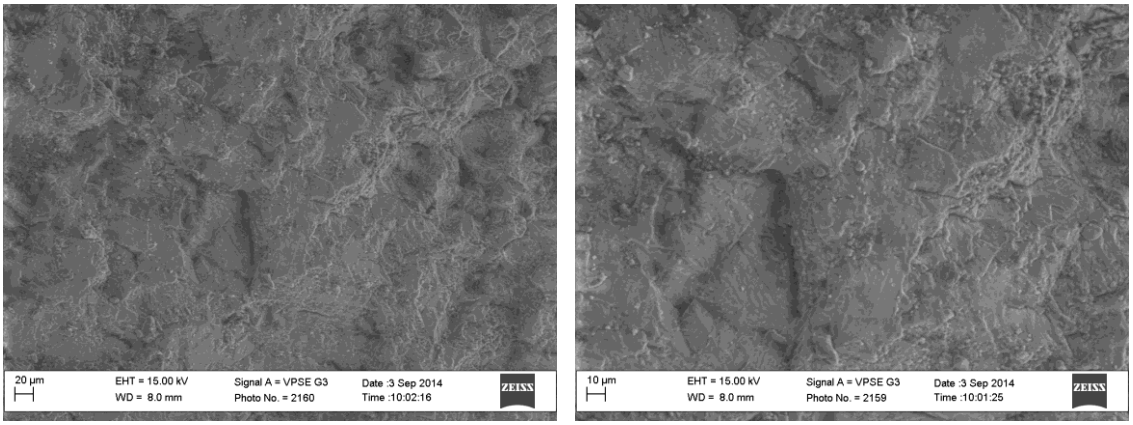
Saatli Medrese`den alınan numunenin Stereo Mikroskop ikinci görüntüsü (7x-örnek F). Az boşluklu bir kireçtaşıdır. Tane boyutu 0,1 mm ile 1 mm arasındadır. Burada boşluk uzunluğu 5mm olan yerler vardır.

Beylerbeyi Türbesi



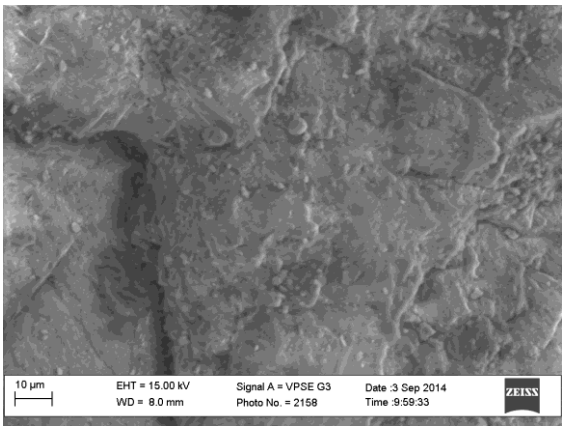
(a) (b)

Şekil 4.108. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 150x b) 250x



(a) (b)

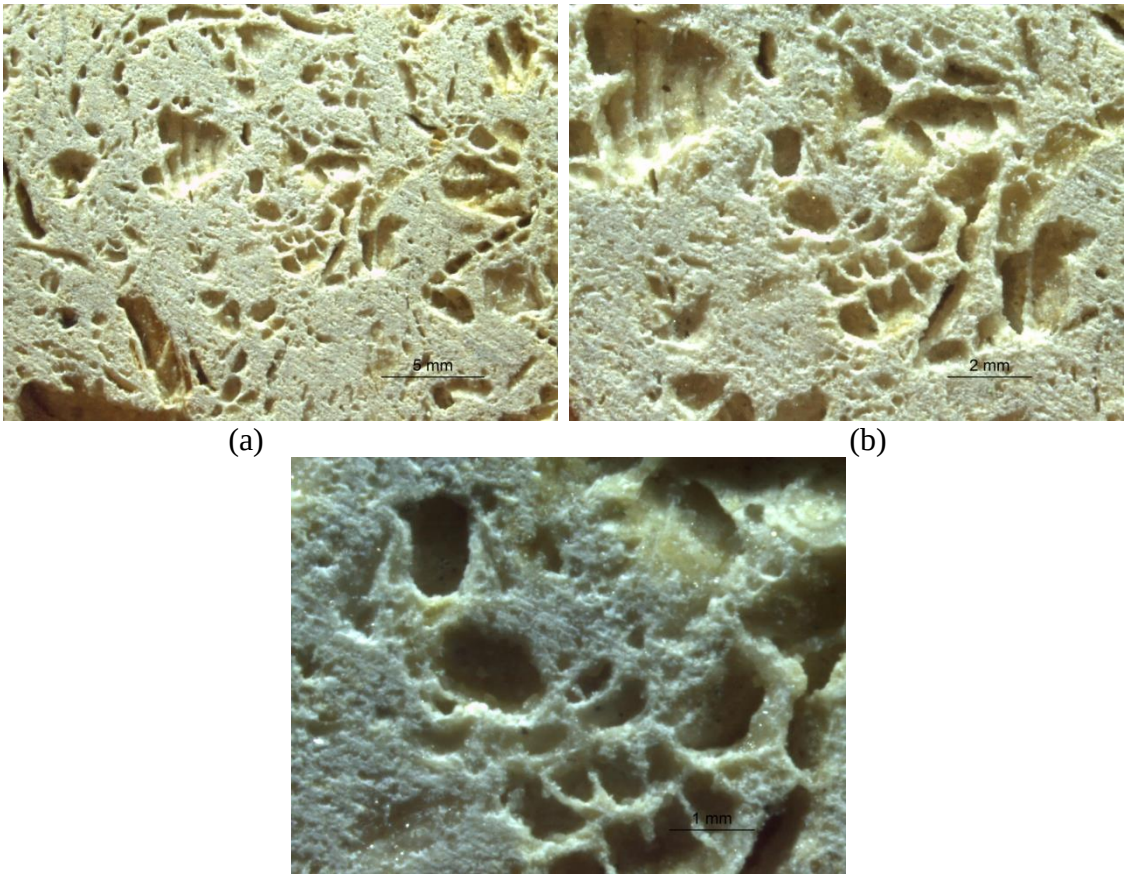
Şekil 4.109. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b) 1000x



Şekil 4.110. Beylerbeyi Türbesi`nden alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x)

Boşluk yapısı belirgindir. Gözenekli bir yapısı vardır. Kil oluşumu ve yaprak yaprak ve hegzagonal kalsitleşme SEM çekiminde görünmektedir (Numune Hx250).

Optik Mikroskop ile yapılan çekimler:



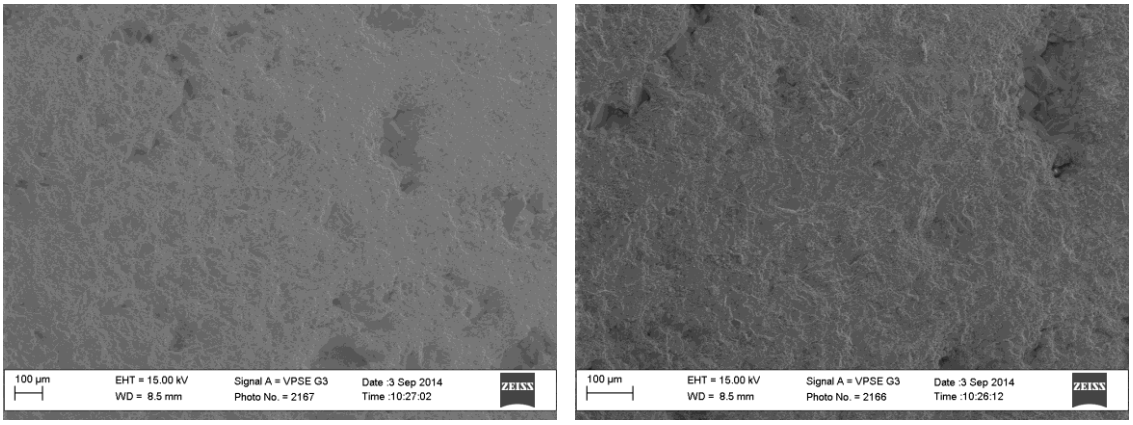
(a) (b)

(c)

Şekil 4.111. Beylerbeyi Türbesi örneğinin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x

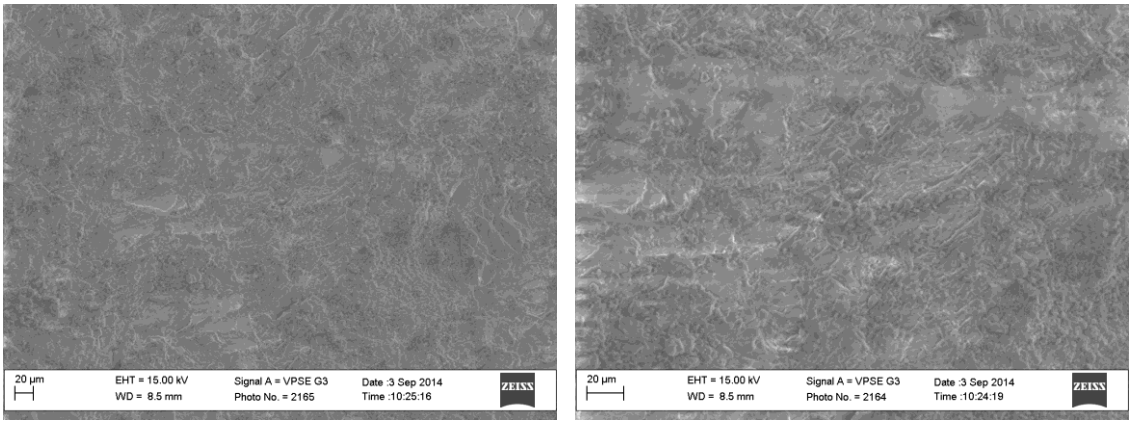
Beylerbeyi Türbesi`nden alınan numunenin Optik Mikroskop ikinci görüntüsü (7x-örnek H). Boşluklu bir kireçtaşıdır. Tane boyutu 0,1 mm ile 1 mm arasındadır. Burada boşluk uzunluğu 5mm olan yerler vardır.

Kasımpaşa Camii



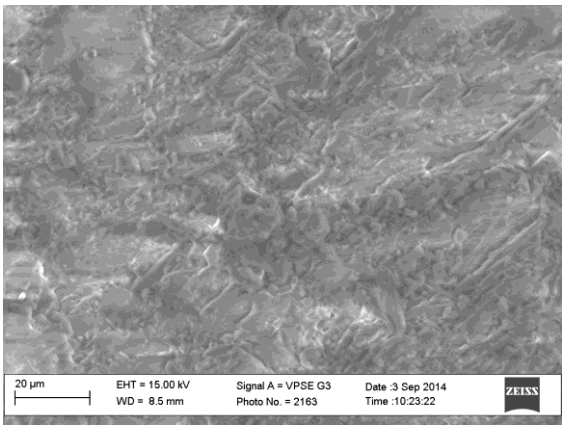
(a) (b)

Şekil 4.112. Kasımpaşa Camii`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 150x b) 250x



(a) (b)

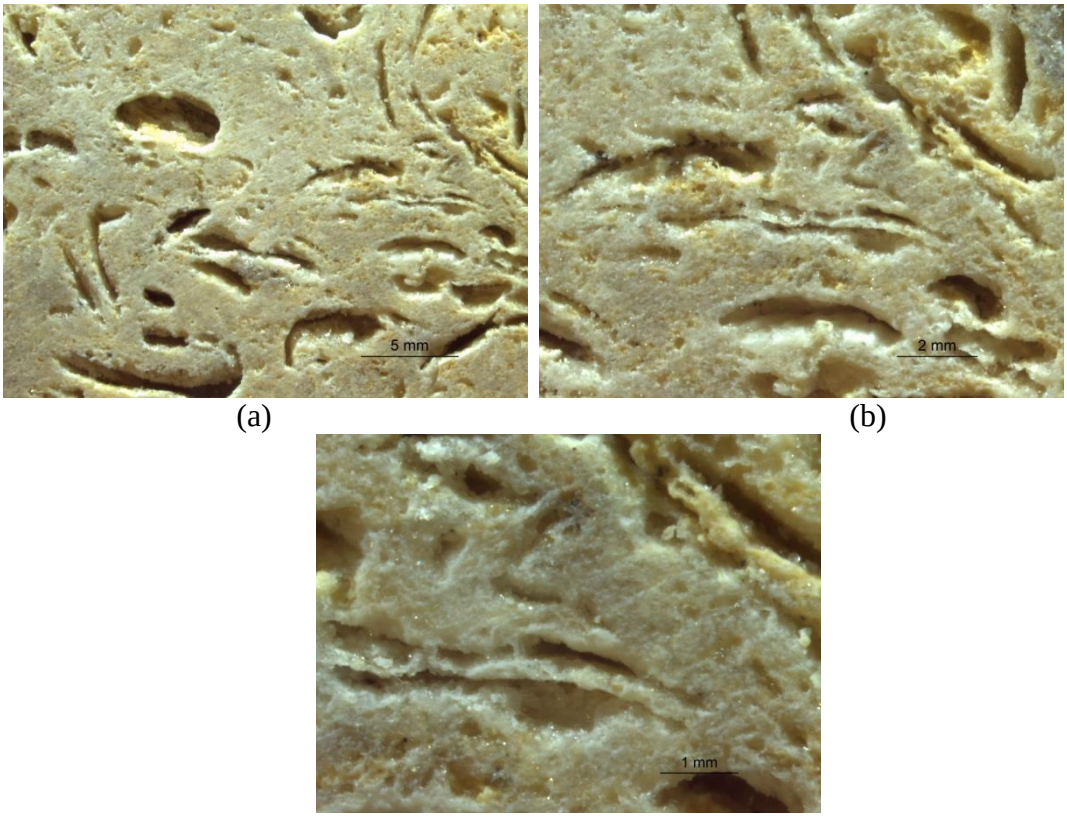
Şekil 4.113. Kasımpaşa Camii`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b) 1000x



Şekil 4.114. Kasımpaşa Camisi`nden alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x)

Boşluk yapısı çok belirgin değildir. Diğer numunelere göre çok gözenekli bir yapısı vardır. Kil oluşumu ve yaprak yaprak kalsitler SEM çekiminde görünmektedir (Numune Ix250).

Optik Mikroskop ile yapılan çekimler:



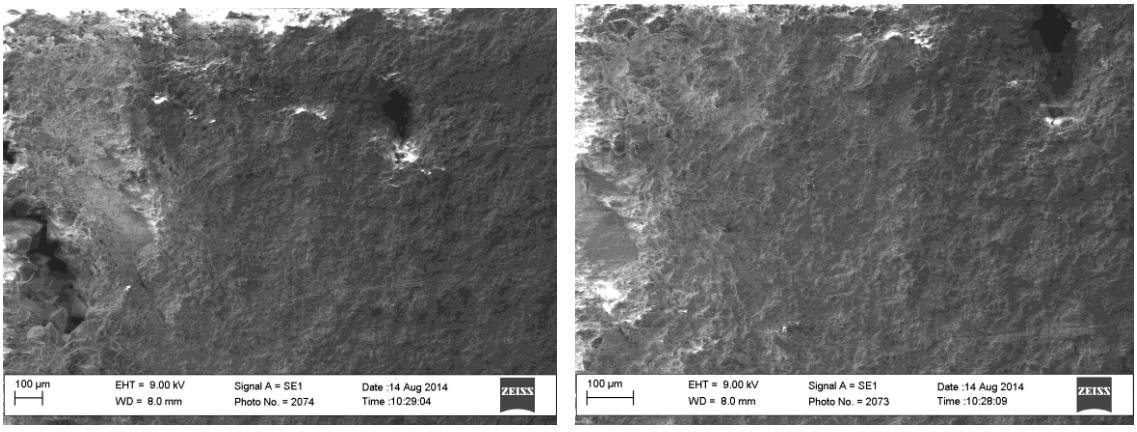
(a) (b)

(c)

Şekil 4.115. Kasımpaşa Camii örneğinin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x

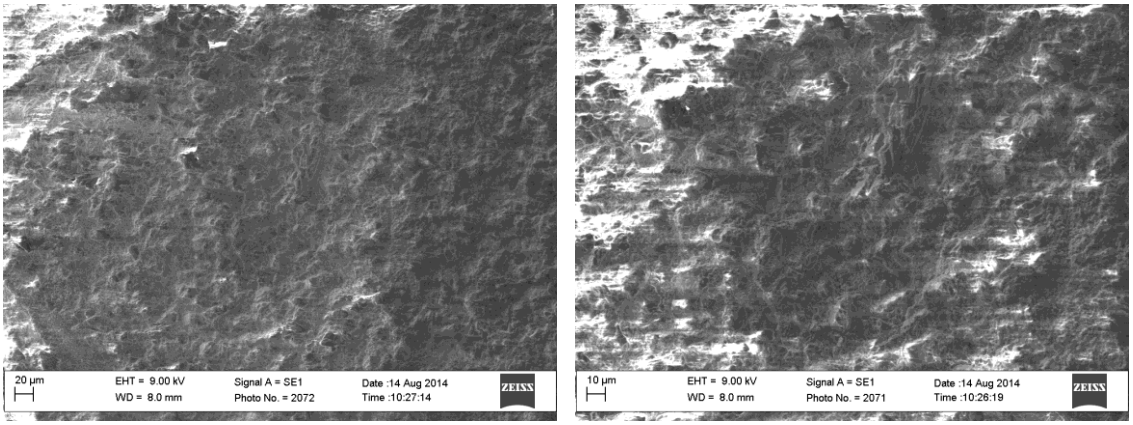
Kasımpaşa Camii`nden alınan numunenin Optik Mikroskop ikinci görüntüsü (7x-örnek I). Boşluklu bir kireçtaşıdır. Erime boşluklarında ikincil kalsitler oluşmuştur. Tane boyutu 0,1 mm ile 1 mm arasındadır. Burada boşluk uzunluğu 10mm olan yerler vardır. Zamanla deforme olmuştur.

Süloğlu Taş Ocağı



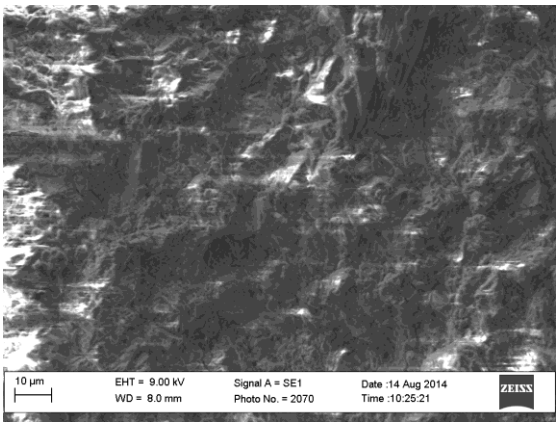
(a) (b)

Şekil 4.116. Süloğlu Taş Ocağı`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 150x b) 250x



(a) (b)

Şekil 4.117. Süloğlu Taş Ocağı SEM görüntüsü a) 500x b) 1000x



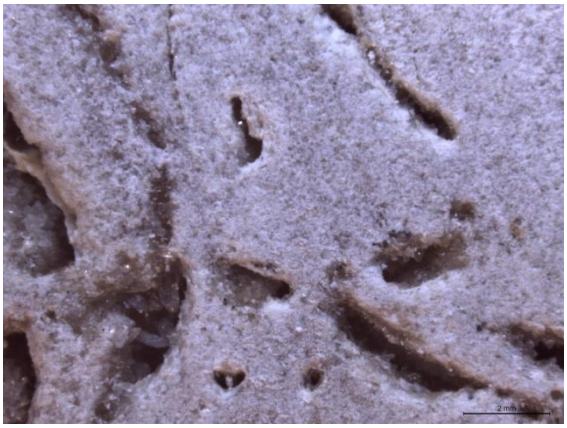
Şekil 4.118. Süloğlu Taş Ocağı'ndan alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x)

Taş, ocak taşı olduğundan çok deforme olmamıştır. Boşluk yapısı çok belirgin değildir. Diğer numunelere göre çok gözenekli bir yapısı vardır. Kil oluşumu SEM çekiminde görünmektedir (Numune Dx250).

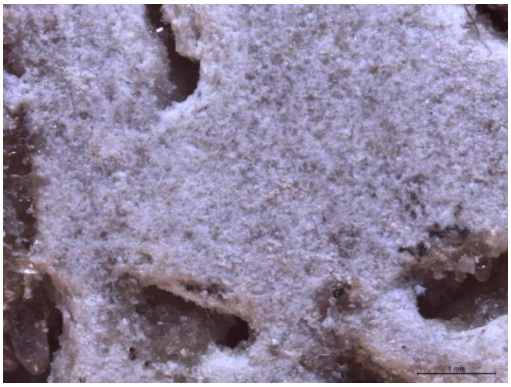
Optik Mikroskop ile yapılan çekimler:



(a)



(b)

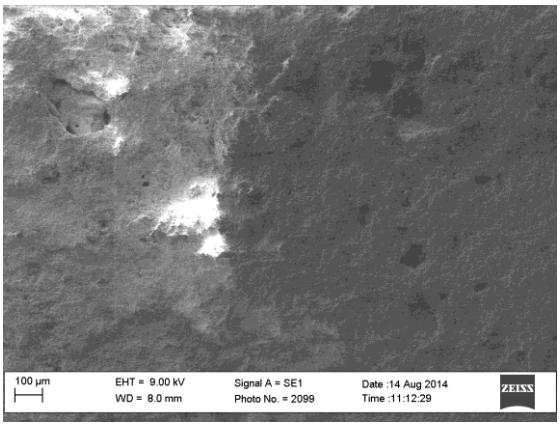


(c)

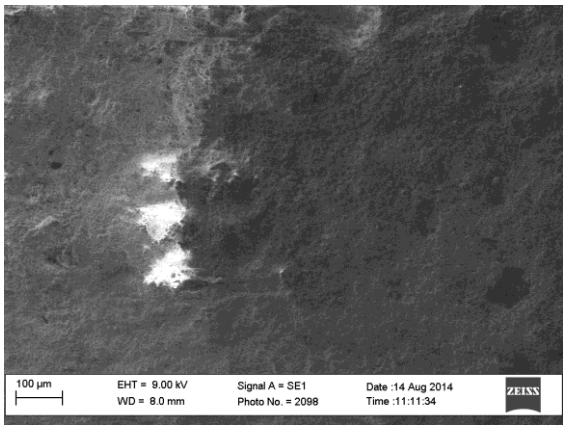
Şekil 4.119. Süloğlu Taş Ocağı örneğinin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x

Süloğlu taş ocağından alınan numunenin Optik Mikroskop ikinci görüntüsü (7x-örnek D). Boşluklu bir taştır. Tane boyutu 0,1 mm ile 1 mm arasındadır. Burada boşluk uzunluğu 15mm olan yerler vardır. Gözenekli bir yapıya sahiptir.

Pınarhisar Taş Ocağı

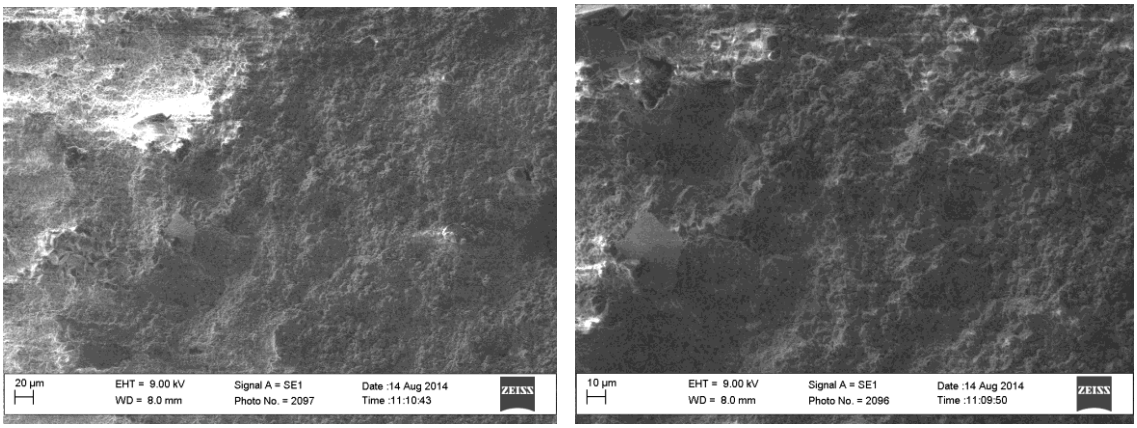


(a)



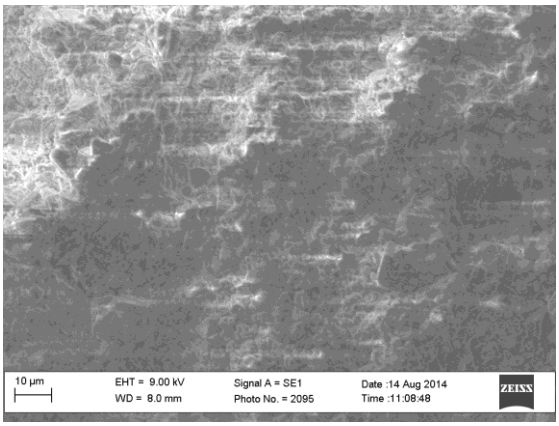
(b)

Şekil 4.120. Pınarhisar Taş Ocağı`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 150x b) 250x



(a) (b)

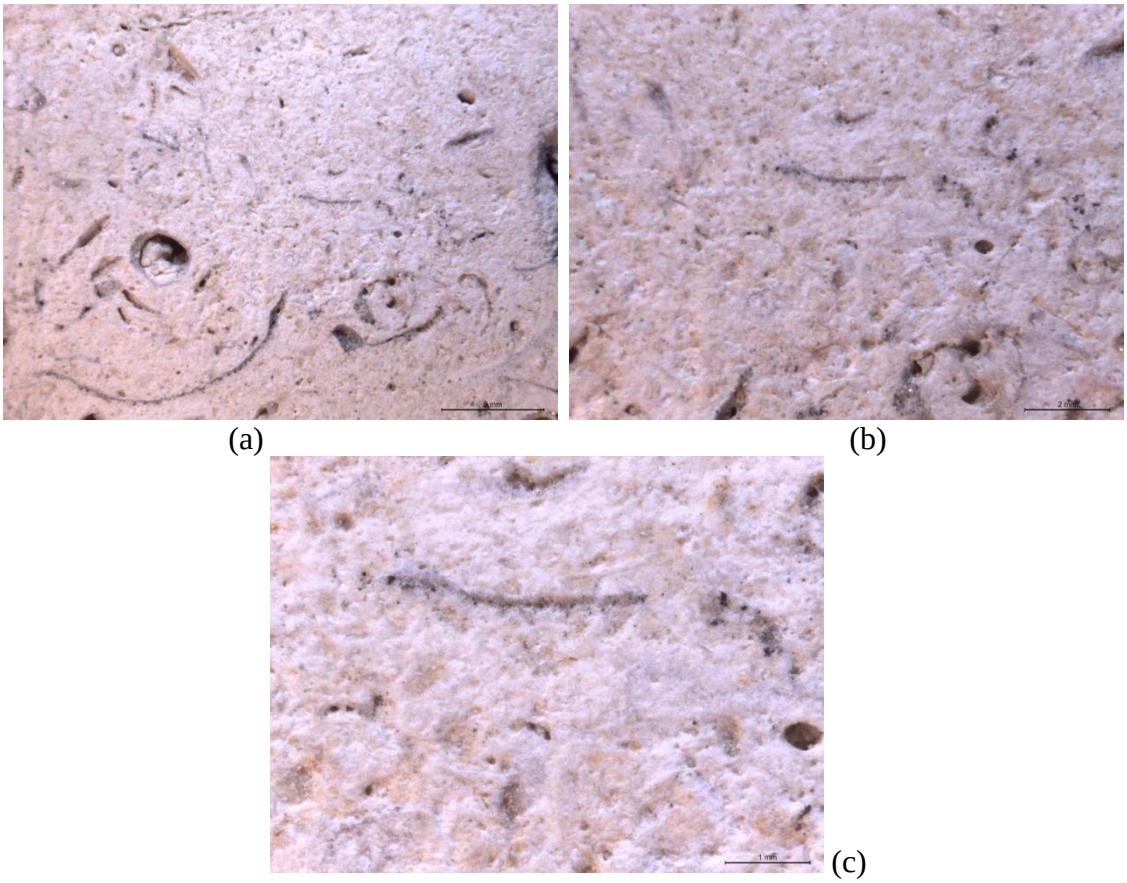
Şekil 4.121. Pınarhisar Taş Ocağı`nden alınan numunenin SEM görüntüsü a) 500x b) 1000x



Şekil 4.122. Pınarhisar taş ocağından alınan numunenin SEM görüntüsü (2000x)

Taş, ocak taşı olduğundan çok deforme olmamıştır. Boşluk yapısı çok belirgin değildir. Diğer numunelere göre çok gözenekli bir yapısı yoktur. Kil oluşumu SEM çekiminde görünmektedir (Numune Gx250).

Optik Mikroskop ile yapılan çekimler:



(a) (b) (c)

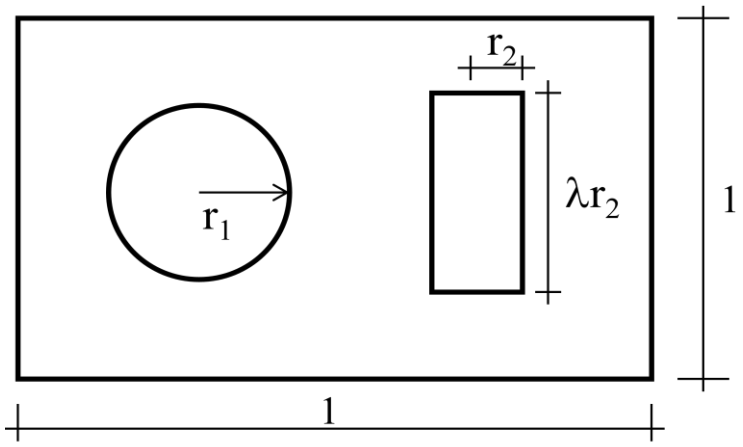
Şekil 4.123. Pınarhisar Taş Ocağı örneğinin Optik Mikroskop görüntüleri a) 7x b) 16x c) 32x

Pınarhisar taş ocağından alınan numunenin Optik Mikroskop ikinci görüntüsü (7x-örnek G). Az fosilli kireçtaşıdır. Tane boyutu genelde 0,1 mm ile 1 mm arasındadır. Burada boşluk uzunluğu 5mm olan yerlerde vardır. Ocak taşı olduğundan deforme olmamıştır.

BÖLÜM 5.

KÜFEKİ TAŞI NUMUNELERİ İÇİN BİRİM HÜCRE MODELİ VE DAYANIM BOŞLUK İLİŞKİSİ

Literatürde Eudier ve Griffiths küresel geometriye sahip boşlukları dikkate alarak, dayanım boşluk ilişkisini tanımlayan matematiksel modeller geliştirmişlerdir. Ancak bilindiği üzere malzeme içindeki boşluklar farklı geometrik yapılara sahiptir. Dayanım formülleri geliştirilirken boşlukların farklı geometrik yapılarının göz önüne alınması gerekir. Bu çalışmada küre ve silindir biçimindeki boşluklar birim hücre modelini oluşturmuştur.



Şekil 5.1. Birim Hücre Modeli

Dayanım $\sigma = \sigma_0 \left[1-\pi \left(r^2_1 + r^2_2\right)\right]$ (1)

formülü ile hesaplanabilir. Burada σ_0 boşluksuz dayanımı, r_1 kürenin yarıçapını, r_2 silindirin yarıçapını, 1 ise sabiti temsil etmektedir.

Birim hücre modeline göre toplam porozite p,

$$\mathrm{P} = \frac{4}{3}\pi r_1^3 + \lambda\pi r_2^3 \quad \text{`dir.} \qquad (2)$$

$$\frac{\frac{4}{3}r_1^3}{\frac{4}{3}r_1^3+\lambda r_2^3} = \beta \qquad (3)$$

boşlukların oranını göstermektedir.

$$\beta = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{4}{3}+\frac{\lambda r_2^3}{r_1^3}} \qquad (4)$$

olarak yazılabilir

Buradan ve toplam poroziteyi tanımlayan denklemden;

$$\mathrm{r}_1 = \left(\frac{3}{4}\,\frac{\beta}{\pi}\,P\right)^{1/3} \qquad \mathrm{r}_2 = \left[\frac{P}{2\pi}\,\beta\,\left(\frac{1}{\beta} - 1\right)\right]^{1/3} \qquad (5)$$

r_1 ve r_2 yarıçapları hesaplanır. Bu değerleri dayanımı tanımlayan denklemde yerine koyarsak

$$\sigma = \sigma_0\left[1 - \pi^{1/3}\beta^{2/3}P^{2/3}\left[\left(\frac{3}{4}\right) + \lambda^{-2/3}\left(\frac{1}{\beta} - 1\right)^{2/3}\right]\right] \qquad (6)$$

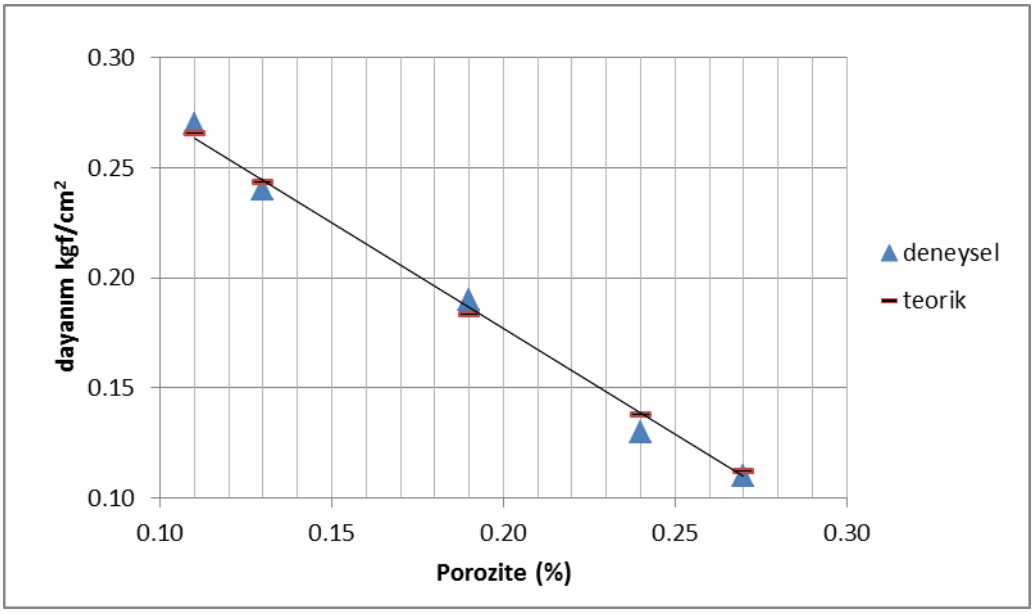
(önerilen denklem) denklemi elde edilir.

Deneysel Değerler		Teorik Deneyler (önerilen denklemle hesaplanan kgf/cm^2)
Dayanım (kgf/cm^2)	Porozite (%)	
0.27	0.11	0.26585
0.24	0.13	0.2438
0.19	0.19	0.1835
0.13	0.24	0.138
0.11	0.27	0.1123

Yapılan hesaplamalarda β değeri 0.6, λ değeri ise 0.2 olarak bulunmuştur. Bu değerler, küresel geometriye sahip boşlukların oranının 0.6, bozuk para şeklindeki silindirik boşlukların oranının ise 0.4 olduğunu göstermektedir [65,66].

Tablo 5.1. Numunelerin deneysel ve teorik deneylerdeki dayanım ve porozite değerleri

Deneysel Değerler		**Teorik Deneyler** (önerilen denklemle hesaplanan kgf/cm^2)
Dayanım(kgf/cm^2)	**Porozite (%)**	
0.27	0.11	0.26585
0.24	0.13	0.2438
0.19	0.19	0.1835
0.13	0.24	0.138
0.11	0.27	0.1123



Şekil 5.2. Numunelerin dayanım ve porozite ilişkisi

BÖLÜM 6.

DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında Osmanlı tarihinde önemli bir geçmişe sahip olan Edirne ili kent merkezinde yer alan tarihi yapılardan Erken Dönem'e ait 5 örnek yapı ile Süloğlu ve Pınarhisar ocaklarından alınan numuneler üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Bu örneklemler üzerinde kısaca yapının kent içi konumu, tarihçesi, mimari özellikleri, yapım tekniği ve malzeme özelliklerinin yanısıra yapılarda küfeki taşının kullanıldığı alanlar tespit edilmiştir.

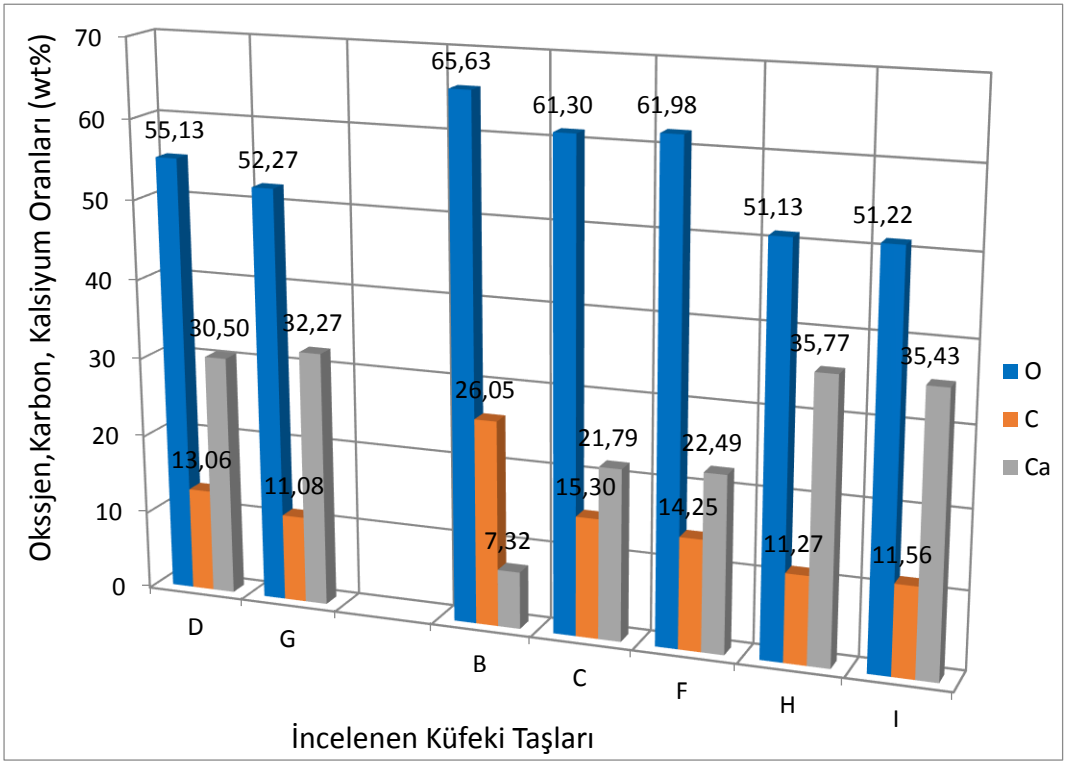
Küfeki taşı üst Miyosen (Sarmasian) dönemi formasyonudur. Matris yapısı çok büyük oranda $CaCO_3$ (%93-100)`dan oluşmaktadır, bol kavkılı, boşluklu kripto-kristalli bir kireçtaşıdır [26]. İncelenen numunelerin kalker oranları Tablo 6.1.'de görülmektedir.

Tablo 6.1. Numunelerin Kalker Oranları

Numune Alınan Yapı	Numune Kodu	Kalker Oranı %
Süloğlu Ocak Taşı	D	%98,69
Pınarhisar Ocak Taşı	G	%95,62
Süleymanpaşa Camii	B	%99,00
Çakırağa Camii	C	%98,42
Saatli Medrese	F	%98,72
Beylerbeyi Türbesi	H	%98,17
Kasımpaşa Camii	I	%98,21

Tabloya göre bütün numuneler bünyelerinde %95 ve üstünde kalsiyum karbonat içerdikleri için saf kalker ismini almaktadırlar. Yapılan analizler sonucunda Süloğlu Taş ocağından alınan numunelerin Pınarhisar Taş ocağındakilere göre daha fazla kalker içerdiği görülmektedir.

Numunelerin elementel analizleri yapıldığında en çok rastlanan elementler oksijen, karbon ve kalsiyumdur. Şekil 6.1.'de incelenen numunelere ait oksijen, karbon ve kalsiyum içerikleri görülmektedir.

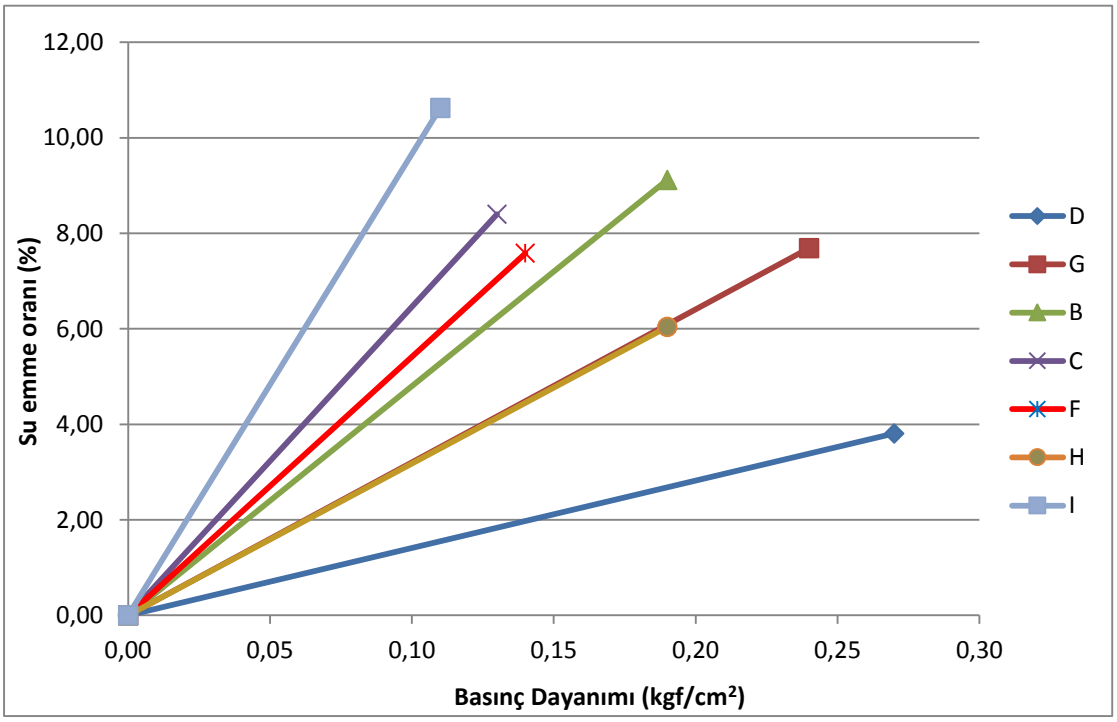


Şekil 6.1. Numunelerin Oksijen-Karbon-Kalsiyum içerikleri

Ana elementler açısından incelenen örneklere bakıldığında en çok oksijen oranının Süleymanpaşa Camii'nden alınan örnekte (%65,63) en az oksijen oranının ise (% 51,22) Kasımpaşa Camii'nden alınan numunede görülmektedir. Karbon oranlarına bakıldığında da en yüksek karbon içeriği oksijende olduğu gibi(%26,05) Süleymanpaşa Camii örneğindedir. En düşük karbon içeriği ise (%11,08) Pınarhisar taş ocağında izlenmiştir. Ocak taşında karbon içeriklerinin düşük olması beklenen bir sonuçtur. Küfeki taşının ocaktan çıkarıldıktan sonra hava ile temas ettiğinde CO_2'i bünyesine alma özelliğinden dolayı karbon içeriğinde de artış beklenmektedir. Kalsiyum içeriklerine bakıldığında ise Süleymanpaşa Camii örneğinde (%7,32) oksijen ve karbonda çıkan sonuçtan farklı olarak en düşük içerik izlenmektedir. En yüksek kalsiyum içeriğine ise (%35,77) Beylerbeyi Türbesi örneğinde rastlanmıştır.

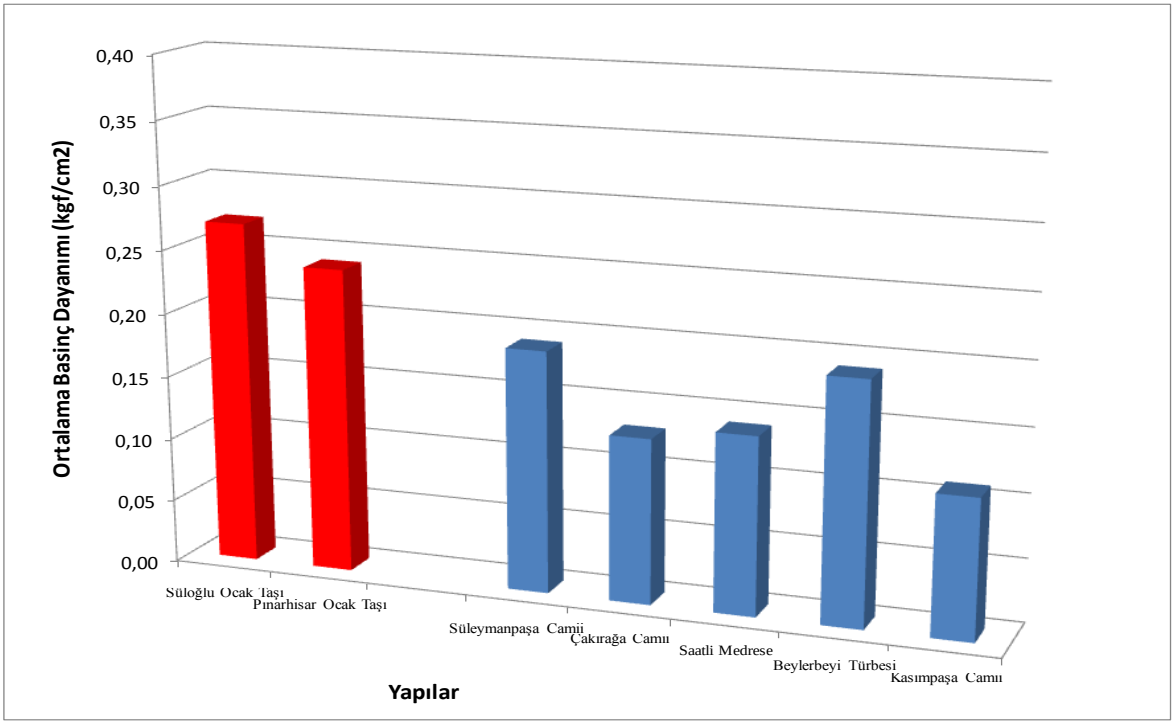
İz element içeriklerinin dağılımı ise Bölüm 4'te ayrıntılı grafiklerle açıklanmıştır. Grafikler incelendiğinde tüm değerlerin normal sınırlar içerisinde kaldığı görülmektedir. Bu analizlerle örneklerin genel kimyasal içerikleri metal oksit (%) olarak, içeriklerinde bulunan diğer eser miktardaki maddeler de element (ppm) olarak tespit edilmiştir.

Bölüm 4'te numunelerin basınç dayanımı ve su emme özellikleri arasındaki ilişki ayrıntılı olarak verilmiştir. Şekil 6.2'de yapılar ve ocaklardan alınan numunelerin su emme oranı ve basınç dayanımı ilişkisi karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Analizlere göre Süloğlu taş ocağından alınan numunelerin su emme oranının en düşük dolayısıyla basınç dayanımının en yüksek olduğu, Kasımpaşa Camii'de alınan numunelerin ise su emme oranının en yüksek dolayısıyla basınç dayanımlarının en düşük olduğu görülmektedir.



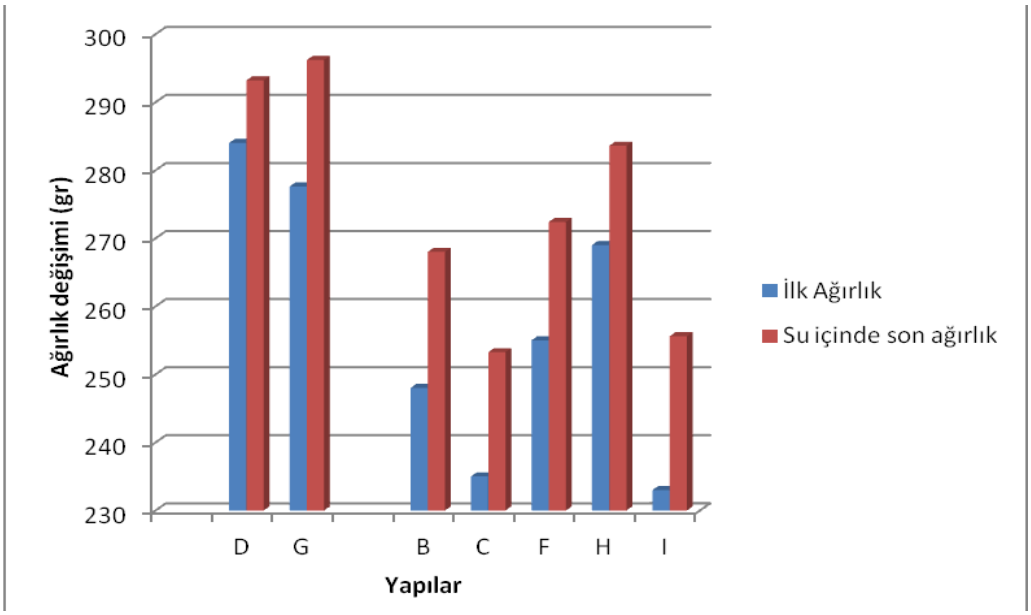
Şekil 6.2. Numunelerin basınç dayanımı ve su emme oranları karşılaştırması

Ortalama basınç dayanımlarına bakıldığına en dayanıklı taşların beklenildiği gibi ocaktan alınmış yeni taşlar olduğu görülmektedir. Yapı numuneleri içerisinde de basınç dayanımı en yüksek Süleymanpaşa ve Beylerbeyi Camii iken en düşük Kasımpaşa Camii numunesi olduğu görülmektedir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Numunelerin ortalama basınç dayanımlarının karşılaştırması

Ocak taşlarının diğer yapı numunelerine göre daha ağır olduğu Şekil 6.4'te görülmektedir. Tüm numunelerin bünyelerine zaman içinde su aldıkça ağırlıkları artmıştır. Ağırlıkları en az artan numuneler ocak taşlarından Süloğlu Ocak Taşı numuneleri, yapılar içinde en çok su alan Kasımpaşa Camii numuneleridir.



Şekil 6.4. Numunelerin ilk ağırlık ve su içirisindeki ağırlıklarının karşılaştırması

BÖLÜM 7.

SONUÇLAR

Bilinen en eski yapı malzemelerinden biri olan taş, eski çağlardan beri, bina yapımında tercih edilen bir malzeme olmuştur. Taşın eski çağlarda, hiçbir bağlayıcı sisteme ihtiyaç duymadan ayakta durabilen bir yapıya olanak sağlaması, diğer malzemelere göre onu üstün kılmıştır. Tarihi yapıları oluşturan ana malzemelerden biri olan taş, geçmişten günümüze sürekli olarak kullanılmış ve kullanılmaya devam etmektedir. Günümüzde tarih bilinci ile restore edilen tüm yapılarda taş malzemeye olan ihtiyaç süreklilik arz etmektedir.

Yapıtaşı olarak genellikle işlenme ve bulunma kolaylığı olan doğal taşların yaygın olarak kullanıldığı gözlenmektedir. Restorasyon çalışmalarında olabildiğince az müdahale ile tarihi yapının belge ve estetik değerinin korunması amaçlanır. Onarım sırasındaki müdahalenin derecesi arttıkça kapsamı genişlemektedir ve eskinin yeni ile değiştirilmesi durumu ile karşı karşıya kalınmaktadır. Restorasyonda kullanılacak doğal taşların, tarihi yapıda kullanılan doğal taşların özelliklerine uygun orijinal doğal taş ocaklarından temin edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda tarihi yapıda eski taş malzeme çeşitli nedenlerden dolayı kullanılamıyorsa, yerine kullanılacak olan taşın niteliğinin iyi bilinmesi ve yapının orijinalinde kullanılan taş ile benzer niteliklere sahip olması gerekmektedir. Bunun için öncelikle, tarihi eserdeki özgün malzemenin özellikleri ve çeşitli etkenler karşısındaki davranışlarının araştırılması gerekmektedir. Uygun taş malzemenin seçiminde taşın fiziksel niteliklerinin yanı sıra ulaşım kolaylığı ve ekonomi de ele alınması gereken önemli kriterlerdendir. Bu konular eskiden beri süregelmekte ve bu yapı taşları en yakın taş ocaklarından getirilmektedir.

Bu çalışmada uygun doğal taşın seçiminde, taşın özelliklerinin belirlenmesine yönelik analizler yapılmıştır. Bu bağlamda Süloğlu ve Pınarhisar Taş Ocaklarından alınan numuneler ile kullanım sonrasında taşın özelliklerinin değişimini incelemek

üzere Süleymanpaşa, Saatli Medrese, Beylerbeyi, Kasımpaşa ve Çakırağa Camilerden alınan numuneler incelenmiştir. Bu analizlerin kültür mirası olan tarihi yapıların aslına uygun olarak onarılmasında yol göstermesi açısından önemli olacağı düşünülmüştür.

Yapılarda esas olarak küfeki taşının iki farklı düzey oluşumları kullanılmıştır. Alt düzeyleri bol fosil kavkılı ve iri daneli olan formasyon, üst düzeyleri daha az kavkılı ve killi-kumludur. Edirne`deki tarihi yapılarda da çoğunlukla alt tabakalardan çıkan bol fosilli midyeli küfeki taşının kullanıldığı belirlenmiştir. Küfeki taşının ocaktan çıktıktan sonra belli bir süre bekletilmesi taşın sağlamlığını arttırdığı bilinmektedir.

Yapılan XRD analizleri sonucunda, her iki ocak taşı numunesindeki oksijen ve karbon oranlarının, diğer yapılardan alınan eski taşlara göre yüksek olması Küfeki taşının ocaktan çıkarıldıktan sonra hava ile temas ettiğinde CO_2'i bünyesine alma özelliğinden dolayı beklenen bir sonuçtur. Zamanla eskimiş taş numulerinin bünyelerindeki boşlukların oksijen, karbon ile dolduğu buna karşı kalsiyum oranının düştüğü görülmektedir. Asit yağmurları kalsiyumu tuzlar haline dönüştürüp, zamanla miktarının azalmasına ve diğer elementlerin yüzde miktarlarının artmasına neden olabilir.

Yapılan mikroskobik analizler taşların kireçtaşı cinsinden saf kalker esaslı olduklarını ispatlamışlardır. Numunelerin hepsinin çoğunluk element olarak oksijen, karbon ve kalsiyumdan oluştukları görülmüştür. Analizler taşın ocaktan çıktıktan sonra zaman içinde oksijen ve karbon miktarını azalttığını ve kalsiyum oranının yükseldiğini göstermiştir. Bu da beklenen bir sonuçtur. H ve I numune değerlerinin bu değerlendirmenin biraz uzağında kaldığı gözlenmiştir. Beylerbeyi (H) numunesinin kısmen daha yakın zamanlarda restorasyon geçirmiş olması bu bağlamda söylenebilir.

Mikroskobik analizlerin yanı sıra fiziksel ve mekanik deneyler de yapılmıştır. Bu bağlamda yapılan basınç ve porozite deneylerinden anlaşıldığı üzere, restore edilecek yapılarda sırasıyla Süloğlu ve Pınarhisar Ocak Taşlarının uygunluğu görülmüştür. Süloğlu ve daha sonra Pınarhisar Ocaklarına ait numuneler daha sağlam, daha az gözenekli ve daha az su emme kapasitelerine sahiptirler. Ancak ocaktan çıktıktan sonra ocak neminin atılması için bir süre beklenilmesi gerekmektedir. Beş farklı yapıdan alınan eski numuneler, taşların zaman içinde belli yükler altında kaldıklarını, çevresel faktörlerden etkilendiklerini ve bunun sonucunda da deforme olduklarını göstermiştir. Sağlamlıklarını kısmen kaybeden bu taşlar daha kırılgan hale

gelmişlerdir. En düşük basınç dayanımı Kasımpaşa Camii numunesindedir. Kış aylarında Meriç Nehri'nin taşması sonucunda su altında kalan bir yer olması, Kasımpaşa Camii'nden alınan numunenin basınç dayanımını da olumsuz etkilemiş olacağı söylenebilir.

Ortalama su emme değerlerine bakıldığında numunelerin belli bir noktaya kadar su emme işlemlerinin devam ettiği, doyma noktasından sonra bu işlemin durduğu anlaşılmaktadır. Bu noktada emme işlemi stabil hale gelmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda ocaklardan alınan yeni numunelerin su emme oranlarının diğer numunelere göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Ocak taşları diğer numunelere göre daha ağır ve gözenekli yapıları daha düşüktür. Deforme olmamışlardır. Bu sebeple ortalama su emme değerleri de yapılardan alınan numunelere göre daha düşüktür. Sadece Beylerbeyi türbesi numunesi bu düşünceye ters bir sonuç içermektedir. Bu da numunenin eskiden kalmadığının, restore edilen bir yapıda değiştirilen bir taştan alındığı düşüncesini güçlendirmektedir.

Bu çalışmada test edilen küfeki taşlarındaki gözeneklerin küresel ve basık silindirik geometriye sahip oldukları gözlenmiştir. Bu gözleme dayalı olarak birim hücre modeli oluşturulmuştur. Gerilmelerin boşluk etrafında değiştiği gerçeğine dayalı olarak geliştiren dayanım-porozite modeli deneysel sonuçlara oldukça yakın değerler vermiştir. Ancak modeli tanımlayan katsayılar küfeki taşının gözenek geometrisine ve gözeneklerin dağılımına bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle dayanımları tahmin edilecek taşların mikroskop altında incelenmesi zorunludur. Aynı gözenek geometrisine ve dağılımına sahip küfeki taşları için önerilen model uygundur.

T.C.
BAŞBAKANLIK
Vakıflar Genel Müdürlüğü Edirne Bölge Müdürlüğü

Sayı : 24382126-755.99/1314
Konu : Tez çalışması için izin

30 **/06/2014**

T.C. TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
Mimarlık Fakültesi Dekanlığı
EDİRNE

İlgi : 18/06/2014 tarihli ve 1665 kayıt numaralı dilekçe.

İlgi dilekçenizde, fakülteniz Mimarlık Anabilim Dalı doktora programında, Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL danışmanlığındaki doktora tezi çalışması için ekte listelenen yapılardan taş örneklerine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.

Ekli listede bulunan eserlerden, restorasyon çalışmaları devam eden yapılardan taş örneklerinin alınabileceği, restorasyon çalışması yapılmayan eserlerin ise, sadece çevrelerinden kopmuş taş örneklerinin idaremiz gözetim ve denetiminde alınabileceği konusunda bilgilerinize rica ederim.

Osman GÜNEREN
Bölge Md. V.

30/06
30

26/06/2014 – İnş.Müh. : E. G. AKSELOĞLU
26/06/2014 – Şube Md. V. : A. SARAÇ

Talatpaşa Asfaltı No:14
22100 EDİRNE
Tel : 0.284.225 32 06 Pbx
Faks : 0.284.225 10 99
Elektronik Ağ: http://www.vgm.gov.tr
e-posta : edirne@vgm.gov.tr

KAYNAKLAR

[1]. Özdoğlar E., **"Tasın Çağlara Uzanan Evrensel Yolculuğu Üzerine Bir Analiz"**, Doğal Yaşam Doğal Taş Sempozyumu, İstanbul, 2012.

[2]. Bradley, F., **"Natural Stone a Guide to Selection",** W. W. Norton & Company, NewYork, 1998.

[3]. Turgut, S. ve diğerleri, **"The Geology and Petroleum Prospect of the Thrace Basin"**, Proceedings of the Geological Congress of Turkey, No: 4, P.35-46, Ankara, 1983.

[4]. Matovic, Vesna B., **"Durability of Sandstone"**, 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, P.135-144, Venice, 2000.

[5]. Küçükkaya G.; Umaroğulları G., **"Comparison of Kufeki and Travertine in Turkey"**, First International Symposium on Travertine, P. 317-322, Denizli, 21-25 September 2005.

[6]. Özpınar, Y. ve diğerleri, **"Uşak ve Sandıklı Civarındaki Küfeki Taşlarının (Aglomera ve Tüf) Petrografik ve Petrokimyasal İncelenmesi, Bunların Yapıtaşı ve Agrega Olarak Değerlendirilmesi"**, 2.Ulusal Kırma Taş Sempozyumu, İstanbul, 1999.

[7]. Dal, M., **"Vize-Pınarhisar (Kırklareli) Bölgesi Kalkerlerinin Restorasyonda Kullanılabilirliği"**, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalı, İstanbul, 2008.

[8]. Erguvanlı, K.; Ahunbay, Z., **"Mimar Sinan'ın İstanbul'daki Eserlerinde Kullandığı Taşların Mühendislik Jeolojisi ve Mimari Özellikleri"**, Mühendislik Jeolojisi Bülteni 11, S.109-114, İstanbul, 1989.

[9]. Ahunbay, Z., **"Mimar Sinan Yapılarında Kullanılan Yapım Teknikleri ve Malzeme" "Mimarbaşı Kocasinan Yaşadığı Çağ ve Eserleri"**, İstanbul, 1988.

[10]. Arıoğlu, N.; Arıoğlu, E., **"Mimar Sinan'ın Seçtiği Taş: Küfeki ve Çekme Dayanımı"**, 14.Türkiye

[11]. Langella, A., **"Preliminary Contribution on Durability of Some Macroporous Monumental Stones Used in Historical Towns of Campanıa Regıon, Southern Italy"**, Faculty of Science, Sannio University, Benevento, Italy

[12]. Dessandier, D., **"Durability of Tuffeau Stone in Buildings; Influence of Mineralogical Composition and Micro Structural Properties"**, 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice, 2000.

[13]. Cristina Patemo, M., and Elena Charolai, A., **"Prelimınary Studies for the Consolidatıon Of Guadalupe Tuff from the Philippines",** 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice, 19-24 June, 2000.

[14]. Braga, S., **"Trachyte Stones in Monuments of the San Miguel and Terceira Islands, Azores (Portugal)."**, CCA/CT, Universidade do Minho, 4700-320 Braga, Portugal,2000.

[15]. Theoulakis, P., **"**The Stone Of Piraeus at the Monuments of the Acropolis of Athens**"**, 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice, 19-24, June, 2000.

[16]. Thomachot, C., ve Jeannette, D., **"Petrophysical Properties Modifications of Strasbourg's Cathedral** Sandstone By Black **Crusts"**, 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice, 19-24, June, 2000.

[17]. Ercoli, L., and others.,"**Measure of a Limestone Weathering Degree Using Laser Scanner**", **International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration**, London, UK,, 10 Dec 2012..

[18]. Mutluhan A., ve Aydın O., **"Evaluation of the long-term durability of yellow travertine using accelerated weathering tes"**, Springer-Verlag, 1 May 2010.

[19]. Çelik, M., vd**., "Water absorption process effect on strength of Ayazini tuff, such as the uniaxial compressive strength (UCS), flexural strength and freeze and thaw effect",** Springer-Verlag, 6 October.

[20]. Sagular, E. K.; Sarıışık, A., **"Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Kayaçların Petrografik-Petrolojik Özelliklerinin Jeomekanik Parametrelere Olan Etkileri"**, 4. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Bildirileri Kitabı, S.33- 46, Zonguldak, 1998.

[21]. Erguvanlı, K., **"Mühendislere Jeoloji Bilgisi"**, İTÜ Yayını, İstanbul, 1967, 1982, 1983,1987.

[22]. Lazzarini, L., **"Genesis and Classification of Rocks"**, ICCROM, 13th International Course on The Technology of Stone Conservation Course, Venice, 1999.

[23]. Adams, A. E., MacKenzie, W. S., Guilford, C.. **"Atlas of Sedimentary Rocks Under the Microscope",** London, 1984.

[24]. Erguvanlı, K., **"Mühendislere Jeoloji Bilgisi"**, İTÜ Yayını, İstanbul, 1978.

[25]. Toki Haber Dergisi, "**Tarihi Binaların Sağlamlık Sırrı**", İstanbul, Ocak 2014.

[26]. Arıç S. C., **"İstanbul Paleozoik Arazisinde Bulunan Oolitli ve Fosilli Demir Madeni",** T.T.Ü. Dergisi 11, 3-4, S.67-68, İstanbul, 1955.

[27]. Arıoğlu, N.; Tuğrul, A.; Zarif, H.; Girgin, Z.C.; Arıoğlu, E., **"Küfeki Taşının Dayanıklılık Analizi: Şehzade Camii Örneği-I"**, Yapı Dergisi, Yapı Endüstri Merkezi, Eylül, İstanbul, 1999a.

[28]. Şahin., N**."Kalsit Hakıında Bazı Bilgiler", Madencilik Bülteni, Temmuz,2008.**

[29]. Kaymakçı, N., **"Sedimantoloji Ders Notları"**, KOÜ-Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 2001.

[30]. Gentürk, A.; Gündüz, L.; Sarıışık, A., **"Yapı ve Kaplama Malzemesi Olarak Kullanılan Endüstriyel Kayaçlara Teknik Bir Bakış"**, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, S.331-338, İzmir, 1995.

[31]. Arıoğlu, N.; Arıoğlu, E., **"Mimar Sinan'ın Seçtiği Taş: Küfeki ve Çekme Dayanımı",** 14.Türkiye İnşaat Mühendisliği Teknik Kongresi, Ekim, İzmir, 1997.

[32]. Tuncel, Z.; Arıoğlu, E., **"Alçı Malzemesinin Basınç ve Çekme Dayanımlarında Yükleme Hızının Etkisi"**, 4.Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Zonguldak, 1998.

[33]. **(Anonim,2001; Kocataşkın, 2000; Çorapçıoğlu, 1995; Toydemir vd., 2000 ve Eriç 2002)**

[34]. Ahunbay, Z., **"Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon"** 5.Baskı YEM Yayını, Nisan, 188s., İstanbul, 2009.

[35]. Arıoğlu, E.; Odbay O.; Alper H., **"İstanbul-Sazlıbosna, Küfeki Taşının Mühendislik Büyüklüklerinin Araştırılması"** 15.Yıl Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., 4-7 Nisan, S.311-326, 1994

[36]. Zarif H.; Tuğrul A.; Gürpınar O., **"Beton Agregası Olarak Kullanılan Devoniyen Kireçtaşlarının Litolojik Özelliklerinin Mekanik Özelliklerine Etkisi",**

Türkiye Cumhuriyeti'nin 75. Yılında Fırat Üniversitesi'nde Jeoloji Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, Elazığ, 19-21 Haziran, 1998.

[37]. Umaroğulları G., Fotoğraf Arşivi.

[38]. Torok A., 2010,"**Current methods and future trends in testing, durability analyses and provenance studies of natural stones used in historical monuments** " Engineering Geology, pp:139-142, 2010.

[39]. Smith, B.J., 1996," **Scale problems in the interpretation of urban stone decay**" In: Smith, B.J., Warke, P.A. (Eds.), Process of Urban Stone Decay, Donhead, London, pp. 3–18.

[40]. Akman, S., **"Yapı Malzemeleri"**, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1987.

[41].Köse, H.; Kahraman B., **"Kaya Mekaniği"**, (Genişletilmiş 3. Baskı), Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 77, D.E.U. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 1999.

[42].Ediz, İ. C., **"Mermer ve Taş Ocağı İşletmeciliği"**, Ders Notları, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 2002.

[43]. Addleson, L., **"Materials for Building"**, Book I, Canada, 1972.

[44]. (TS 2513), **"Doğal Yapı Taşları",**2005.

[45]. Küçükkaya, A.G., **"Yapı Taşlarının Tahrip Nedenleri, Bozulma Şekilleri ve Restorasyon Yöntemleri"**, Birsen Yayınevi, 2004.

[46]. Eriç, M., **"Yapı Fiziği ve Malzemesi"**, Literatür Yayınları, İstanbul, 2002.

[47] Blows, J.F., Carey, P.J., Poole, A.B., 2003, "**Preliminary Investigations into Caen Stone in the UK; Use**", Weathering and Comparison with Repair Stone,Building and Environment, Pergamon Press., 38, p:1143-1149,2003.

[48] Onaran, K., **"Malzeme Bilimi"**, Bilim Teknik Yayınevi, 2000.

[49].Ferretti, M., **"Scientific Investigations of Works of Arts"**, ICCROM, 13th International Course on Stone Conservation Technology Lecture Notes, Venice, 1993.

[50]. TUTAGEM, Teknoloji Araştırma Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi, Trakya üniversitesi, Edirne, 2013.

[51]. Küçükkaya, A.G., **"Yapı Taşlarının Tahrip Nedenleri, Bozulma Şekilleri ve Restorasyon Yöntemleri"**, Birsen Yayınevi, 2004.

[52]. **Edirne Valiliği İl Kültür Turizm Müdürlüğü, "Taşınmaz Kültür Varlıkları Envanteri I", 2013, s:126.**

[53]. Edirne Vakıflar Bölge Müdürlüğü Arşivi, 2010

[54]. Aslanapa, O., **"Edirne'de Osmanlı Devri Abideleri",** Edirne Valiliği Kültür Yayınları, , İstanbul, 1949.

[55]. Yılında Fırat Üniversitesi'nde Jeoloji Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, Elazığ, 19-21 Haziran, 1998.

[56]. Tosyavizade, R., **"Edirne`de Evkaf-I İslamiye Tarihi"**, 1. Cilt, Camiler ve Mescitler Ankara, 1921.

[57]. **Edirne Valiliği İl Kültür Turizm Müdürlüğü, "Taşınmaz Kültür Varlıkları Envanteri I", 2013, s:76.**

[58]. Bayrakal S., **"Edirne`ki Tek Kubbeli Camiler",** T.C. Kültür Bakanlığı

[59].Ayverdi, E.H., **"Osmanlı Mimarisi Külliyatı",** İstanbul Fetih Cemiyeti Yayını, 1989.

[60].TS 699, (2009), "**Doğal yapı taşları - İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri**".

[61].TS 1910, (2005), "**Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar**".

[62].TS EN 1467, (2005), "**Doğal taşlar - Ham bloklar - Özellikler**".

[63].TS EN 1469, "**Doğal taş mamulleri-Kaplamada kullanılan plâkalar - Özellikler**".

[65] Eudier, M., Powder Metall, 1962, 6(9) 278.

[66] Griffits, T.J; Davies, R; Bassett, M.B., **"Analytical Study of Effect of Pore Geometry on Tensile Strength of Porous Materials",** Powder Metallurgy, vol. 22, pp. 119-123. 1979.

ÖZGEÇMİŞ

22.03.1965 yılı Kocaeli doğumludur. İlk ve orta öğretimden sonra Kuleli Askeri Lisesi, İstanbul(1979-83), Kara Harp Okulu, Ankara(1983-87), Piyade Okulu, İstanbul(1988-1989), 2 yıl kıta görevi(1989-1991) ve ordudan kendi isteği ile ayrıılmıştır. Lisans-Trakya Üniversitesi-Mimarlık Bölümü, Edirne(1992-97), Yüksek Lisans-Trakya Üniversitesi-Mimarlık Bölümü(1998-2001) ve Doktora-Trakya Üniversitesi-Mimarlık Bölümü(2001-) devam etmiştir.

Yüksek Lisansını Prof. Dr. Gülçin Küçükkaya ile 'Yapı Taşının Yüzey Özellikleri, Bozulması Ve Temizlenmesinde Kullanılan Modern Restorasyon Teknikleri' konusunda yapmıştır. Kendisi ile çeşitli taş temizleme projelerinde bulunmuştur.

Şu an danışmanım Yrd. Doç. Semiha KARTAL ile, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilimdalında, Erken Dönem Osmanlı Yapılarında Kullanılan Trakya Bölgesi Küfeki Taşlarının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sonuçları Üzerine Bir Model Önerisi' başlıklı doktora tez konusu üzerinde çalışmaktadır.

Prof. Dr. Gülçin Küçükkaya ile beraber, Tütünsüz Baba Türbesi-Vakıflar Dergisinde bir yayını ve Denizli'deki 2005 taş sempozyumunda 'küfeki-traverten karşılaştırması' konulu bir makalesi bulunmaktadır.

2004 yılında, Trakya Üniversitesi adına, 15 gün süreyle İtalya-Sicilya'da 'Optik Kimyasal Sensörler' konulu bir kursa katılmıştır.

2004 yılında, Bulgaristan-Stara Zagora şehrinde fabrika inşaatında kontrol müh. olarak çalışmıştır.

2006 yılında, İstanbul`da yüksek öncelikli binaların depreme karşı dayanıklılığı, Dünya Bankası destekli, konulu projesinde kontrol ve dizayn mimarı olarak çalışmıştır.

2008 yılında Bulgaristan-Sofya şehrinde alışveriş merkezi inşaatında satınalma müd olarak çalışmıştır.

2011 yılında Suudi Arabistan-Al Khafji şehrinde depo, otel, havaalanı ve 5 okuldan oluşan kompleks bir projede satınalma müd. olarak çalışmıştır.

2012 yılında Kırklareli-Pehlivanköy`de Gürbüz İnşaaat firmasında Qa&Qc Müdürü olarak görev yapmıştır.

Yabancı dili İngilizce'dir.