



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TARİHİ YAPI ÇEVRELERİNDE YER DÖŞEMELERİ İÇİN
ALTERNATİF HARÇ ÖNERİSİ: TOPKAPI SARAYI ÖRNEĞİ**

ÖZLEM ÖZKAN ÖNÜR

**DOKTORA TEZİ
KOMPOZİT MALZEME TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ÖZGÜR YERLİ**

DÜZCE, 2022

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARİHİ YAPI ÇEVRELERİNDE YER DÖŞEMELERİ İÇİN
ALTENATİF HARÇ ÖNERİSİ: TOPKAPI SARAYI ÖRNEĞİ

Özlem ÖZKAN ÖNÜR tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Kompozit Malzeme Teknolojileri Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Özgür YERLİ

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN
Süleyman Demirel Üniversitesi

Doç. Dr. Özgür YERLİ
Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Pınar GÜLTEKİN
Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Aysun TUNA
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Güzide Pınar KÖYLÜ
Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 18/11/2022

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

18.11.2022

Özlem ÖZKAN ÖNÜR

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Özgür YERLİ 'ye, tez çalışmam boyunca değerli katkılarını ve her türlü yardımı esirgemeyen tez komite üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Güzide Pınar KÖYLÜ, Prof. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN ve diğer jüri üyesi hocalarım Doç. Dr. Pınar GÜLTEKİN, Doç. Dr. Aysun TUNA'ya şükranlarımı sunarım.

Topkapı Sarayı Cumhurbaşkanlığı Milli Saraylar Daire Başkanı İlhan KOCAMAN, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürü Gökhan YAZGI, İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürü Y. Mimar Halime Nefhiz Deniz KOYUKAN, İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı Müdürü Eftal KIRAZ, Laboratuvar Uzmanı Tuğçe PAMUK, Milli Saraylar Başkanlığı Restorasyon ve Yapı Konservasyon Sorumlusu Gökhan GÖKTAŞ, sevgili öğrencim Restoratör Onur Recep ER, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Metin İPEK, Laboratuvar Teknisyeni Sami GÜRSES, Doç. Dr. Ferhat AYDIN, Doç. Dr. Taner ATMACA, Öğr. Görevlisi Murat KAZANCI, İnş. Müh. Murat Can YELGİN, Arkeolog Murat ATEŞ, Ustalar Tic.Ltd.Şti. işletme sahibi Özcan USTA, Eskişehir Arda Tuğla Firması, Ece İnş. Tah. San. ve Tic. Ltd. Şti., Paksan Kireç San. Aş.'ye teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince fedakârlık gösteren, bana destek olup cesaretlendiren sevgili eşim Zafer ÖNÜR ve canım kızım Şebnem ÖNÜR, kıymetli babam Erdal ÖZKAN, ablam ve kardeşlerime teşekkür ederim.

Beni dünyaya getiren, yetiştiren, hatıralarıyla bizlerle yaşayan canımdan çok sevdiğim rahmetli annem Nursel ÖZKAN'a bu çalışmayı hediye ediyorum.

Bu tez çalışması, 100/2000 Öncelikli Alanlar Peyzaj Mimarlığı Programı Doktora YÖK Projesi ve Düzce Üniversitesi BAP-2022.02.01.1295 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir.

18.11.2022

Özlem ÖZKAN ÖNÜR



Sevgili Anneciğim Nursel ÖZKAN'ın Anısına...

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
HARİTA LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR.....	xv
SİMGELER	xvi
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xviii
EXTENDED ABSTRACT.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
1.1.TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ	1
1.1.1. Doğal Taşlar	7
1.1.2. Tarihi Harçlar	11
1.2.TARİHİ YAPI MALZEMELERİNDE MEYDANA GELEN BOZULMALAR VE NEDENLERİ	15
1.2.1. Mekanik Etkiler	15
1.2.2. Isı Etkileri	16
1.2.3. Atmosferik Nedenler.....	16
1.2.4. Canlılara Bağlı Bozulma Nedenleri.....	17
1.3. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI	18
2. MATERYAL VE YÖNTEM	25
2.1. MATERYAL.....	25
2.1.1. Topkapı Sarayı Müzesinin Yeri ve Konumu.....	25
2.1.2. Topkapı Sarayı Müzesinin Tarihçesi	25
2.1.3. Topkapı Sarayı Müzesinin Avluları.....	27
2.1.3.1. Birinci Avlu (Alay Meydanı)	27
2.1.3.2. İkinci Avlu (Divan Meydanı).....	28
2.1.3.3. Üçüncü Avlu (Enderun Avlusu)	29
2.1.3.4. Dördüncü Avlu (Köşkler Bahçesi)	29
2.1.4. Topkapı Sarayı Müzesinin Peyzaj Yer Döşemeleri Tasarımında Kullanılan Doğal Taşlar ve Bozulma Nedenleri	30
2.1.5. Topkapı Sarayı Müzesinin Peyzaj Yer Döşemelerine Özgü Alternatif Olarak Üretilen Yer Döşemesi Harçları	40
2.1.5.1. Yer Döşemesi Harçlarının Üretiminde Kullanılan Malzemeler	40
2.1.5.2. Üretilen Yer Döşemesi Harçlarının Deneysel Çalışmasında Kullanılan Cihazlar	46
2.2. YÖNTEM	52
2.2.1. Topkapı Sarayı Müzesine Özgü Alternatif Olarak Üretilen Yer Döşemesi Harçları Üzerinde Yapılan Deneysel Çalışmalar.....	53
2.2.1.1. Kullanılan Malzeme Oranlarının Belirlenmesi	53
2.2.1.2. Yer Döşemesi Harçlarının Hazırlanması	55
2.2.1.3. Yer Döşemesi Harçları Üzerinde Yapılan Deneyler.....	58
2.2.1.4. Yer Döşemesi Harçlarının İstatistiksel Analizi.....	70
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	71
3.1. ALTERNATİF OLARAK ÜRETİLEN YER DÖŞEMESİ HARÇLARINA AİT BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	71

3.1.1. Yer Döşemesi Harçlarının Fiziksel Analizleri.....	71
3.1.1.1. Kılcal Yolla Su Emme Tayini	71
3.1.1.2. Birim Hacim Kütle Tayini.....	74
3.1.1.3. Özgül Ağırlık Tayini.....	76
3.1.1.4. Su Emme Oranı Tayini.....	80
3.1.1.5. Porozite Analizi.....	81
3.1.1.6. Komposite Analizi	85
3.1.2. Yer Döşemesi Harçlarının Mekanik Analizleri.....	89
3.1.2.1. Ultrases Hızı Tayini	89
3.1.2.2. Elastisite Modülü Tayini.....	94
3.1.2.3. Eğilme Dayanımı Deneyi	99
3.1.2.4. Basınç Dayanımı Deneyi	104
3.1.2.5. Aşınma (Böhme) Deneyi	108
3.1.3. Yer Döşemesi Harçlarının Minerolojik ve Petrografik Analizleri.....	110
3.1.3.1. Taramalı Elektron Mikroskopi Analizi (FESEM-EDS)	121
3.1.3.2. XRD Analizi	132
3.2. TOPKAPI SARAYI MÜZESİNE AİT YER DÖŞEMESİ HARÇLARININ GENEL DEĞERLENDİRMESİ.....	135
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	142
5. KAYNAKLAR.....	149
6. EKLER	163
6.1. EK 1: SERİ 2 HARÇ NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI.....	163
6.2. EK 2: SERİ 3 HARÇ NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI.....	165
6.3. EK 3: SERİ 4 HARÇ NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI.....	166
6.4. EK 4: SERİ 5 HARÇ NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI.....	167
ÖZGEÇMİŞ.....	169

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Traverten taşına ait görünüşler.	8
Şekil 1.2. Küfeki taşına ait görünüşler.....	9
Şekil 1.3. Kayrak taşına ait görünüşler.....	10
Şekil 1.4. Podima taşına ait görünüşler.....	10
Şekil 1.5. Marmara mermerine ait görünüşler	11
Şekil 2.1. Topkapı Sarayı Müzesinin genel görünümü.....	25
Şekil 2.2. Topkapı Sarayı Müzesinin konumu ve uydu görüntüsü.....	26
Şekil 2.3. Topkapı Sarayı Müzesinin yerleşim planı	26
Şekil 2.4. I. Avlu yerleşim planı	28
Şekil 2.5. II.Avlu yerleşim planı.....	28
Şekil 2.6. III.Avlu yerleşim planı	29
Şekil 2.7. IV.Avlu yerleşim planı	30
Şekil 2.8. a) I. Avlu, b) Bab-ı Hümayun Kapısından Babüsselam Kapısına doğru giden yolda kullanılan traverten taşı yer döşemeleri.....	31
Şekil 2.9. a) II. Avlu Babüsselam Kapısının iç kısmına ait farklı malzemelerle kaplanan yer döşemeleri, b) II. Avlu Divan-ı Hümayun önüne ait farklı malzemelerle kaplanan yer döşemeleri	32
Şekil 2.10. II. Avlu'ya ait farklı malzemelerle yapılan yer döşemesi	32
Şekil 2.11. II. Avlu'nun mutfaklar bölümünün divan yoluna ait küfeki taşı ve farklı malzemelerle kaplanan yer döşemesi örneği.....	33
Şekil 2.12. a) III. Avlu'daki Akağalar Koğuşu önü, b) III. Avlu'daki Arz Odasının Ağalar Camii tarafının farklı malzemelerle kaplanan yer döşemeleri.	33
Şekil 2.13. III. Avlu'ya ait farklı malzemelerle yapılan yer döşemeleri	34
Şekil 2.14. a) II. Avlu Babüsselam Kapısı iç kısmına ait küfeki taşı yer döşemesi, b) III. Avlu'daki Arz Odasının arka tarafına ait küfeki taşı yer döşemesi.	34
Şekil 2.15. a) II. Avlu'ya ait Has Ahırlara gidiş yolunun kayrak taşı yer döşemesi, b) II. Avlu'ya ait revaklara gidiş yolunun farklı malzemelerle yapılan yer döşemesi.	35
Şekil 2.16. a) IV. Avlu'daki Hekimbaşı Köşkü yanına ait kayrak taşı yer döşemesi, b) IV. Avlu'daki Hazine Koğuşu arkasına ait kayrak taşı yer döşemesi.....	35
Şekil 2.17. IV. Avlu'ya ait kayrak taşı yer döşemesi	36
Şekil 2.18. a) III. Avlu'daki Kilerli Koğuşuna ait siyah-beyaz podima taşı yer döşemesi, b) III Avlu'daki Hazine Koğuşu'na ait gri-beyaz podima taşı yer döşemesi.....	36
Şekil 2.19. a) III. Avlu'daki Has Oda önüne ait mermer yer döşemeleri, b) III. Avlu'daki Arz Odası önüne ait mermer yer döşemeleri.	37
Şekil 2.20. Babbüssade kapısının girişine ait yer döşemesi	37
Şekil 2.21. Yer döşemelerinde meydana gelen bozulmalar a) Renk değişimleri, b) Sehimler, c) Çatlak ve kırıklar	38
Şekil 2.22. Marmara mermeri yer döşemelerinde meydana gelen bozulmalar a) yüzey aşınmaları,) Renk değişimleri, c) Sehimler	39
Şekil 2.23. a) Yer döşemelerinde meydana gelen kırılmalar, b)Yüzey aşınmaları	39
Şekil 2.24. a) Yer döşemelerinde meydana gelen renk değişimleri, b)Yüzey aşınmaları	40
Şekil 2.25. a) Yer döşemelerinde meydana gelen kırılmalar, b)Yüzey aşınmaları	40
Şekil 2.26. a) Beyaz portland çimentosu	41

Şekil 2.27. a) Mermer tozu, b) Mermer pirinci.....	41
Şekil 2.28. a) Kaymak kireç.....	42
Şekil 2.29. Killi kireç agregası.....	42
Şekil 2.30. Kuvars agregası	43
Şekil 2.31. Sarı kum agregası	43
Şekil 2.32. a) Tuğla kırığı, b) Tuğla tozu.....	44
Şekil 2.33. Uçucu kül.....	44
Şekil 2.34. Cam elyaf.....	45
Şekil 2.35. a) Diş budak yaprakları b) Diş budak yapraklarının alüminyum folyo ile kaplanması c) Diş budak yapraklarının sıvı azota batırılması d) Diş budak yapraklarının -80°c buzdolabında muhafaza edilmesi	46
Şekil 2.36. Elektronik kumpas.	47
Şekil 2.37. a) 0,1 g, b) 0,01 g hassasiyetli dijital terazi görünüşleri.....	47
Şekil 2.38. Ultrases hızı cihazı.....	48
Şekil 2.39. Arşimet terazisi.....	48
Şekil 2.40. Eğilme dayanımı cihazı	49
Şekil 2.41. Basınç dayanımı cihazı	49
Şekil 2.42. Aşınma (Böhme) cihazı	50
Şekil 2.43. FESEM cihazı.....	50
Şekil 2.44. EDS cihazı	51
Şekil 2.45. X-RAY cihazı.....	51
Şekil 2.46. Yer döşemesi harçları üzerinde yapılan deneysel çalışma şeması	53
Şekil 2.47. Mutfaklar bölümünün zemin kotuna yakın duvar görünüşü	55
Şekil 2.48. a) Malzemelerin kuru karışımı, b) Harç karışımına 1/3 oranında şebeke suyunun eklenmesi	56
Şekil 2.49. Harç karışımı	56
Şekil 2.50. a) Çelik kalıpların yağlanması, b) Harçların çelik kalıplara yerleştirilmesi	56
Şekil 2.51. a) Harç numunelerinin sarsma tablasındaki görünümü, b) Harcın mala yardımıyla düzeltilmesi	57
Şekil 2.52. Üretilen harç numunesine ait görünüm	57
Şekil 2.53. a) 28 gün b) 56 gün c) 90 gün yaşlara getirilen harç numuneleri.....	58
Şekil 2.54. Kılcal yolla su emme deneyi	59
Şekil 2.55. a) Numunelerin 9. dk su seviyesi b) Numunelerin 2 sa 49 dk su seviyesi. ..	60
Şekil 2.56. a) Su emme deneyinin yapım aşaması, b) Numunenin su içindeki ağırlığının belirlenmesi	60
Şekil 2.57. a) 28 gün yaşında olan su emme deneyi, b) 90 gün yaşında olan su emme deneyi	61
Şekil 2.58. 90 gün yaş sonunda üretilen numuneye ait ağırlık ölçümü.	62
Şekil 2.59. a) Ultrases Cihazının 42.542,5 µs olarak sabit değere getirilmesi b) Harç numunelerinin ultrases sürelerinin ölçümü	63
Şekil 2.60. a) Numunelerin 100mm açıklığında mesnet üzerine yerleştirilmesi, b) Cihaz açıklığının tam ortasından P yükünün saniyede 2mm/s olarak uygulanması	65
Şekil 2.61. a) Numunenin test cihazına yerleştirilmesi, b) P yükünün saniye de 3mm/sn olarak uygulanması.....	66
Şekil 2.62. Aşınma (Böhme) deneyinin yapılışı.	67
Şekil 2.63. a) Numunelerin FESEM cihazına yerleştirilmesi, b) FESEM analizinin yapılışı	68
Şekil 2.64. a) Numunelerin EDS cihazına yerleştirilmesi, b) EDS analizinin yapılışı..	69

Şekil 2.65. a) Numunelerin X-RAY cihazına yerleştirilmesi, b) XRD analizinin yapılışı	69
Şekil 3.1. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama kılcallık katsayısı sonuç grafiği (cm/ \sqrt{dk})	74
Şekil 3.2. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama birim hacim ağırlık tayini sonuç grafiği(g/cm ³)	76
Şekil 3.3. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama özgül ağırlık tayini sonuç grafiği (g/cm ³)	77
Şekil 3.4. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama su emme oranı sonuç grafiği (%)	81
Şekil 3.5. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama porozite sonuç grafiği (%)... 82	
Şekil 3.6. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama kompasite sonuç grafiği (%)	86
Şekil 3.7. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama ultrases geçiş hızı sonuç grafiği (km/s).....	90
Şekil 3.8. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama elastisite modülü tayini sonuç grafiği (N/mm ²).....	95
Şekil 3.9. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama eğilme dayanımı sonuç grafiği (N/mm ²)	100
Şekil 3.10. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama basınç dayanımı sonuç grafiği (N/mm ²)	104
Şekil 3.11. Çimento katkısız harç numunelerinin aşınma (böhme) deneyi sonuç grafiği	109
Şekil 3.12. Seri 1 numunesine ait X100 büyütme FESEM görüntüsü	111
Şekil 3.13. Seri 1 numunesine ait X500 büyütme FESEM görüntüsü	111
Şekil 3.14. Seri 1 numunesine ait X2000 büyütme FESEM görüntüsü	112
Şekil 3.15. Seri 1 numunesine ait X5000 büyütme FESEM görüntüsü	112
Şekil 3.16. Seri 2 numunesine ait X100 büyütme FESEM görüntüsü	113
Şekil 3.17. Seri 2 numunesine ait X500 büyütme FESEM görüntüsü	113
Şekil 3.18. Seri 2 numunesine ait X2000 büyütme FESEM görüntüsü	114
Şekil 3.19. Seri 2 numunesine ait X5000 büyütme FESEM görüntüsü	114
Şekil 3.20. Seri 3 numunesine ait X100 büyütme FESEM görüntüsü	115
Şekil 3.21. Seri 3 numunesine ait X500 büyütme FESEM görüntüsü	115
Şekil 3.22. Seri 3 numunesine ait X2000 büyütme FESEM görüntüsü	116
Şekil 3.23. Seri 3 numunesine ait X5000 büyütme FESEM görüntüsü	116
Şekil 3.24. Seri 4 numunesine ait X100 büyütme FESEM görüntüsü	117
Şekil 3.25. Seri 4 numunesine ait X500 büyütme FESEM görüntüsü	117
Şekil 3.26. Seri 4 numunesine ait X2000 büyütme FESEM görüntüsü	118
Şekil 3.27. Seri 4 numunesine ait X5000 büyütme FESEM görüntüsü	118
Şekil 3.28. Seri 5 numunesine ait X100 büyütme FESEM görüntüsü	119
Şekil 3.29. Seri 5 numunesine ait X500 büyütme FESEM görüntüsü	119
Şekil 3.30. Seri 5 numunesine ait X2000 büyütme FESEM görüntüsü	120
Şekil 3.31. Seri 5 numunesine ait X50000 büyütme FESEM görüntüsü	120
Şekil 3.32. Seri 1 numunesine ait X100 büyütme EDS görüntüsü.....	122
Şekil 3.33. Seri 1 numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.....	123
Şekil 3.34. Seri 2 numunesine ait X100 büyütme EDS görüntüsü.....	124
Şekil 3.35. Seri 2 numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.....	125
Şekil 3.36. Seri 3 numunesine ait X100 büyütme EDS görüntüsü.....	126
Şekil 3.37. Seri 3 numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.....	127
Şekil 3.38. Seri 4 numunesine ait X100 büyütme EDS görüntüsü.....	128

Şekil 3.39. Seri 4 numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.....	129
Şekil 3.40. Seri 4 numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.....	130
Şekil 3.41. Seri 4 numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.....	131
Şekil 3.42. Seri 1 numunesine ait XRD grafiği	133
Şekil 3.43. Seri 2 numunesine ait XRD grafiği	133
Şekil 3.44. Seri 3 numunesine ait XRD grafiği	134
Şekil 3.45. Seri 4 numunesine ait XRD grafiği	134
Şekil 3.46. Seri 5 numunesine ait XRD grafiği	135
Şekil 3.47. Topkapı Sarayı Müzesinin yerleşim planı üzerinde doğal taş ve harç malzemelerinin gösterimi	135



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Kalsinasyon analizi sonuçları.	5
Çizelge 1.2. Asit kaybı analizi sonuçları.	5
Çizelge 2.1. Kullanılan malzeme oranlarının belirlenmesi.....	54
Çizelge 2.2. Kullanılan malzeme oranlarının belirlenmesi.....	55
Çizelge 3.1. Seri 1 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları	71
Çizelge 3.2. Seri 2 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları	72
Çizelge 3.3. Seri 3 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları	72
Çizelge 3.4. Seri 4 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları	73
Çizelge 3.5. Seri 5 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları	73
Çizelge 3.6. Sertleşmiş harçlarda birim ağırlıklar (g).....	74
Çizelge 3.7. Sertleşmiş harçların sertleşmiş harçların suya doymuş ağırlıkları (g).....	75
Çizelge 3.8. Sertleşmiş harçların su içindeki ağırlıkları (g)..	75
Çizelge 3.9. Birim hacim kütle tayini sonuçları (g/cm ³)....	75
Çizelge 3.10. Numunelerin özgül ağırlık tayini değerleri (%)..	76
Çizelge 3.11. Numuneler arasındaki özgül ağırlık değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün)..	77
Çizelge 3.12. Numuneler arasındaki özgül ağırlık değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (28. gün)..	78
Çizelge 3.13. Numuneler arasındaki özgül ağırlık değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün)..	79
Çizelge 3.14. Numuneler arasındaki özgül ağırlık değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (90. gün)..	79
Çizelge 3.15. Sertleşmiş harçların 48 sa suda bekletilen ağırlıkları (g)	80
Çizelge 3.16. Numunelerin su emme oranı değerleri (%)..	80
Çizelge 3.17. Numunelerin porozite değerleri (%)..	81
Çizelge 3.18. Numuneler arasındaki porozite değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).....	82
Çizelge 3.19. Numuneler arasındaki porozite değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (28. gün).	83
Çizelge 3.20. Numuneler arasındaki porozite değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).....	84
Çizelge 3.21. Numuneler arasındaki porozite değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (90.gün)	84
Çizelge 3.22. Numunelerin kompasite değerleri (%).	85
Çizelge 3.23. Numuneler arasındaki kompasite değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).	86
Çizelge 3.24. Numuneler arasındaki kompasite değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (28.gün)	86
Çizelge 3.25. Numuneler arasındaki kompasite değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).	88
Çizelge 3.26. Numuneler arasındaki kompasite değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (90.gün)	88
Çizelge 3.27. Numunelerin ultrases geçiş süreleri t (µs).	89
Çizelge 3.28. Numunelerin ultrases geçiş hızları (km/s).	89
Çizelge 3.29. Numuneler arasındaki ultrases değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).....	90
Çizelge 3.30. Numuneler arasındaki ultrases değerleri arasındaki farkı gösteren	

ANOVA sonuçları (28.gün).....	91
Çizelge 3.31. Numuneler arasındaki ultrases değerlerinin betimsel istatistikleri (56.gün).....	92
Çizelge 3.32. Numuneler arasındaki ultrases değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA Sonuçları (56.gün).....	92
Çizelge 3.33. Numuneler arasındaki ultrases değerlerinin betimsel istatistikleri (90.gün).....	93
Çizelge 3.34. Numuneler arasındaki ultrases değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA Sonuçları (90.gün).....	93
Çizelge 3.35. 40*40*160 boyutlu numunelerin yoğunlukları (g/cm ³).	95
Çizelge 3.36. Numunelerin elastisite modülü değerleri (N/mm ²).....	95
Çizelge 3.37. Numuneler arasındaki elastisite modülü değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün)	96
Çizelge 3.38. Numunelerin elastisite modülünün zamanla değişimi elastisite modülü (N/mm ²).....	96
Çizelge 3.39. Numuneler arasındaki elastisite modülü değerlerinin betimsel istatistikleri (56. gün).....	97
Çizelge 3.40. Numunelerin elastisite modülünün zamanla değişimi elastisite modülü (N/mm ²).....	97
Çizelge 3.41. Numuneler arasındaki elastisite modülü değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).....	98
Çizelge 3.42. Numunelerin elastisite modülünün zamanla değişimi elastisite modülü (N/mm ²).....	99
Çizelge 3.43. Numunelerin eğilme dayanımı değerleri (N/mm ²).....	100
Çizelge 3.44. Numuneler arasındaki eğilme dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).....	100
Çizelge 3.45. Numunelerin eğilme dayanımının zamanla değişimi elastisite modülü (N/mm ²).....	101
Çizelge 3.46. Numuneler arasındaki eğilme dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (56. gün).....	102
Çizelge 3.47. Numunelerin eğilme dayanımının zamanla değişimi elastisite modülü (N/mm ²).....	102
Çizelge 3.48. Numuneler arasındaki eğilme dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).....	102
Çizelge 3.49. Numunelerin eğilme dayanımının zamanla değişimi elastisite modülü (N/mm ²).....	103
Çizelge 3.50. Numunelerin basınç dayanımı değerleri (N/mm ²).....	104
Çizelge 3.51. Numuneler arasındaki basınç dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (28.gün).....	105
Çizelge 3.52. Numunelerin basınç dayanımının zamanla değişimi elastisite modülü (N/mm ²).....	105
Çizelge 3.53. Numuneler arasındaki basınç dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (56. gün).....	106
Çizelge 3.54. Numunelerin basınç dayanımının zamanla değişimi elastisite modülü (N/mm ²).....	106
Çizelge 3.55. Numuneler arasındaki basınç dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).....	107
Çizelge 3.56. Numunelerin basınç dayanımının zamanla değişimi elastisite modülü (N/mm ²).....	107
Çizelge 3.57. Numunelerin aşınma (böhme) deneyi sonuçları.....	108

Çizelge 3.58. Harç numunelerinin fiziksel analiz değerleri (28. gün ve 90.gün).....	109
Çizelge 3.59. Harç numunelerinin mekanik analiz değerleri (28. gün, 56. gün ve 90. gün).....	110
Çizelge 3.60. Seri 1 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.....	122
Çizelge 3.61. Seri 1 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.....	123
Çizelge 3.62. Seri 2 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.....	124
Çizelge 3.63. Seri 2 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.....	125
Çizelge 3.64. Seri 3 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.....	126
Çizelge 3.65. Seri 3 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.....	127
Çizelge 3.66. Seri 4 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.....	128
Çizelge 3.67. Seri 4 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.....	129
Çizelge 3.68. Seri 5 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.....	130
Çizelge 3.69. Seri 5 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.....	131
Çizelge 3.70. I. Avlu yer döşemeleri	136
Çizelge 3.71. II. Avlu yer döşemeleri	137
Çizelge 3.72. III. Avlu yer döşemeleri.....	138
Çizelge 3.73. IV. Avlu yer döşemeleri	140

KISALTMALAR

ANOVA	Varyans Analizi
dk	Dakika
EDS	Enerji Dağılım Spektroskopisi
FESEM	Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu
g	Gram
kg	Kilogram
kN	Kilonewton
N	Newton
Hz	Hertz
m	Metre
mm	Milimetre
μ s	Mikro saniye
MPa	Mega pascal
sa	Saat
s	Saniye
SARGEM	Sakarya Araştırma Geliştirme Merkezi
SPSS	Statistical Package for The Social Sciences
TS EN	Türk Standartları Enstitüsü
XRD	X-ışını difraksiyonu

SİMGELER

A_b	Numunenin kütlece su emme oranı
$^{\circ}C$	Santigrat derece
C-S-H	Kalsit-silikat-hidrat
$CaCO_3$	Kalsiyum karbonat
D	Yoğunluk
D_V	Numunenin toplam hacmi kaybı
D_M	Numunenin toplam kütle kaybı
E_{mod}	Elastisite modülü
F_C	Kırılma anındaki en büyük yük
F_e	Eğilme dayanımı
K	Numunenin porozite değeri
N	Kılcal su emme katsayısı
P	Numunenin porozite değeri
P_b	Numunenin birim hacim ağırlığı
P_r	Numunenin özgül ağırlığı
Q	Kuvars
t	Zaman
V	Ultrases hızı
W_0	Numunenin kuru ağırlığı
W_1	Numunenin suya doymun ağırlığı
W_2	Numunenin su içindeki ağırlığı
μ	Poisson oranı

ÖZET

TARİHİ YAPI ÇEVRELERİNDE YER DÖŞEMELERİ İÇİN ALTERNATİF HARÇ ÖNERİSİ: TOPKAPI SARAYI ÖRNEĞİ

Özlem ÖZKAN ÖNÜR

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kompozit Malzeme Teknolojileri Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Özgür YERLİ

Kasım 2022, 171 sayfa

Kültür mirasının en önemli yapılarından biri olan Topkapı Sarayı'nın çevre düzenlemesi Osmanlı dönemi yaşantısına uygun olarak tasarlanmıştır. Sarayın fiziksel, kültürel, sosyal ve tarihsel bütünlüğü içinde belgelenmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi, bu değerlendirmeler doğrultusunda da korunmasına yönelik veri tespitlerine gidilerek kararların alınması gerekir. Yer döşemeleri, kullanım işlevine göre farklı malzemeler ile kaplanmış ve biçimlendirilmiş mekânın oluşumunda en temel peyzaj elemanlarıdır. Malzeme açısından estetik uyumluluğu, işlevi, iklim ve kullanım üzerindeki basınca karşı dayanıklılığı, ekonomik olarak kullanım süresinin belirlenip maliyetin ortaya konulması yer döşemeleri için belirleyici önemli etkenlerdir. Bu tez çalışmasında, Topkapı Sarayı çevresindeki yer döşemelerinde kullanılan doğal kaplama taşların türleri ve bozulma durumları hakkında bilgi verilmesi, bu doğal taşların hızlı bir şekilde hasara uğramasını engelleyip sürdürülebilirliğini sağlamak için çimento içerikli olmayan yer döşemesi harçlarının üretilmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanının mevcut yer döşemelerinde kullanılan malzemeler için Cumhurbaşkanlığı Milli Saraylar Daire Başkanlığı'ndan izin alınarak, çalışma alanı fotoğraflarla belgelenmiştir. Tarihi yapının çevresine ait yer döşemeleri için kullanılan ve farklı nedenlerle deformasyona uğrayan taş ve harç malzemeler araştırılmış, ancak harç içeriğinde çimento bağlayıcı malzemesinin kullanılmasından dolayı özgün harçlara ulaşılamamıştır. Literatür kapsamı doğrultusunda, İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü ile İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvar Müdürlüğü'nün denetiminde yapılan, sarayın mutfaklar bölümünün zemin kotuna yakın duvarına ait harç analizi referans alınmıştır. Korumanın sürekliliği açısından onarım çalışmalarında kullanılmak üzere doğal taşlarla uyumlu çalışabilecek çimento içerikli olmayan puzolanik, organik ve kompozit malzeme katkılı alternatif yer döşemesi harçlarının üretilmesi gerçekleştirilmiş, üretilen harçlar üzerinde fiziksel, mekanik ve petrografik özellikler açısından FESEM, EDS, XRD analizleri yapılmış, harçların analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre ölçümler arasında farklılığın karşılaştırılmasında tek yönlü ANOVA Tukey testi kullanılmıştır. Üretilen yüksek gözenekli, düşük birim hacim ağırlıklı ve yeterli basınç dayanımlı çimento katkısız Seri 4 ve Seri 5 harçlarının tarihi yapı çevrelerine ait sert zemin yürüyüş yollarında, Seri 2 ve Seri 3 harçlarının da revak altları gibi kapalı alanlarda yer döşemesi harcı olarak kullanılması önerilmektedir.

Anahtar sözcükler: Doğal taş, Harç, Kireç, Topkapı Sarayı, Yer döşemesi.

ABSTRACT

ALTERNATIVE MORTAR PROPOSAL FOR FLOORING IN HISTORICAL BUILDING ENVIRONMENTS: EXAMPLE OF TOPKAPI PALACE

Özlem ÖZKAN ÖNÜR

Düzce University

Graduate School of Education, Department of Composite Material Technologies

Doctoral Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özgür YERLİ

November 2022, 171 pages

The landscaping of Topkapı Palace, which is one of the most important structures of the cultural heritage was designed in accordance with the Ottoman period life. It is necessary to document, analyze and evaluate the palace in its physical, cultural, social and historical integrity and to take decisions based on data determinations in line with these evaluations. Floor coverings are the most basic landscape elements in the formation of the space, which is covered and shaped with different materials according to the usage function. Aesthetic compatibility in terms of material, function, resistance to pressure on climate and use, determining the usage period economically and revealing the cost are important determining factors for floor coverings. In this thesis study, types of natural facing stones used in floor covering around Topkapı Palace and giving information about deterioration conditions, in order to prevent these natural stones from being damaged quickly and to ensure their sustainability it is aimed to produce non-cement floor flooring mortars. The work area was documented with photographs by obtaining permission from the Presidency of the National Palaces Department for the materials used in the existing floor coverings of the study area. The stone and mortar materials used for the flooring of the historical building's surroundings and which were deformed for different reasons were investigated, however, original mortars could not be reached due to the use of cement binder material in the mortar content. In line with the literature, the mortar analysis of the wall near the ground level of the kitchen section of the palace, which was carried out under the supervision of the Istanbul Directorate of Surveying and Monuments and the Istanbul Restoration and Conservation Regional Laboratory Directorate was taken as reference. Alternative flooring mortars with non-cement-containing pozzolanic, organic and composite material additives that can work in harmony with natural stones to be used in repair works in terms of continuity of protection were produced FESEM, EDS, XRD analyzes were made on the produced mortars in terms of physical, mechanical and petrographic properties, one-way ANOVA Tukey test was used to compare the difference between the measurements according to the data obtained from the analysis results of the mortars. Cement-free Series 4 and Series 5 mortars with high porosity, low unit volume weight and sufficient compressive strength produced on hard ground walking paths belonging to historical building environments, it is recommended to be used as a floor covering mortar Series 2 and Series 3 mortars in closed areas such as under porticoes.

Keywords: Natural stone, Mortar, Lime, Topkapı Palace, Floor covering.

EXTENDED ABSTRACT

ALTERNATIVE MORTAR PROPOSAL FOR FLOORING IN HISTORICAL BUILDING ENVIRONMENTS: EXAMPLE OF TOPKAPI PALACE

Özlem ÖZKAN ÖNÜR

Düzce University

Graduate School of Education, Department of Composite Material Technologies

Doctoral Thesis

Supervisor: Assoc Prof. Özgür YERLİ

November 2022, 171 pages

1. INTRODUCTION

Many physical spaces created in different periods are part of the community culture. The cultural structure of societies reflects the historical nature of the periods. History, which is a part of the present, tells the past and sheds light on future generations. The palace gardens, where qualified examples of Turkish garden art are exhibited, should be left to future generations unchanged as a living cultural heritage and their continuity should be ensured by preserving their values. The landscaping of the historical palace gardens is documented, analyzed and evaluated in its physical, cultural, social and historical integrity. In line with these evaluations, data analyzes are made with the decisions of the scientific committee for its protection. The purpose of the material analyzes carried out within the scope of the protection and restoration projects of historical monuments that are cultural heritage, original determine the chemical and physical properties of original materials and production technologies and to provide information to explain the situation they are in and the factors that led to this situation. The materials used in historical buildings are generally of natural origin. The poor quality of the materials used accelerates the deterioration of the structures and poor quality mortars reduce the strength of the structures and lead to their disintegration. Since the historical buildings and their environments in our country and abroad have been changed many times according to today's conditions, the most sheltered and surviving structures are within the scope of the archaeometric studies in the literature. In this study, it was aimed to produce alternative non-cement floor flooring mortars that can work in harmony with natural stones to be used in repair works for the continuity of protection in terms of visual and functions specific to floorings belonging to historical

building environments, it includes experimental studies on mortars produced by adding different pozzolanic additives, organic and composite materials to improve the properties of these mortars.

2. MATERIAL AND METHODS

The landscaping of Topkapı Palace was designed in accordance with the Ottoman period. The current usability status of the work is a museum, the use of natural stone material in landscape design in sustainable architecture is handled. The stone and mortar materials used in the landscape floor coverings of the Topkapı Palace Museum and which were deformed for different reasons were investigated and the architectural comparison method was adopted since the original building materials could not be reached within the scope of protection. Istanbul Directorate of Surveying and Monuments and Istanbul Restoration and Conservation Regional Laboratory directorate made under the control mortar analysis studies were taken as reference, in terms of continuity of protection for visual and functional, to be used in repair works, alternative flooring mortars with non-cement-containing pozzolanic, organic and composite material additives that can work in harmony with natural stones were produced. Physical, mechanical, FE-SEM, EDS, XRD analyzes of the mortars produced in terms of sustainability, strength, physical and petrographic properties were made.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study, the historical building was evaluated in terms of landscape design in line with the examples given in the literature and the architectural comparison method for the palace, so that the original texture of the natural stones used in the floor coverings of the Topkapı Palace Museum can be maintained in harmony with the exterior facades. For this reason, it is aimed to produce alternative non-cement floor flooring mortars that can work in harmony with natural stones to be used in repair works for the continuity of protection in terms of visual and functional functions. By adding glass fiber as a composite material, alternative flooring mortars were produced and physical, mechanical, mineralogical and petrographic analyzes were made on the produced mortars. In this experimental study, the effects of the mortar components, which are recommended to be used in the landscape flooring designs of the Topkapı Palace Museum, on the mortar by being formed with different ratios and today's additives, and

how they can be improved were investigated. In line with the information obtained from the Topkapı Palace National Palaces Survey Department, low porosity, high unit volume weight and high strength values were obtained in the cement-containing mortar sample in the current state of the palace. In line with the information obtained from the analysis reports obtained from Istanbul Conservation Central Laboratory and Istanbul Directorate of Surveying Monuments, lime mortar with pozzolan was taken as reference developed with organic, pozzolan and composite additives, new mortars were produced, results with high porosity, low unit volume weight and high strength values were obtained. The results obtained by adhering to the technical specifications of the pozzolan added lime mortars used in the structures that were built in the Ottoman period and have survived to the present day, which are included in the literature, showed the desired situation in traditional mortars. It has been concluded that the produced mortars can be used for restoration purposes in historical building environments.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK

Natural stones used in the landscape design of Topkapi Palace show a lower performance in atmospheric conditions compared to other building stones. For this reason, it is necessary to carry out protection and repair works in order to prevent or minimize the deterioration that may cause these stones, which have a very complex and heterogeneous structure. Experts who will be involved in landscape design and application studies should be aware of the places where natural stones are produced and their standard production dimensions, whether natural stones work in harmony with the traditional mortars to be produced, they should ensure coordination between related disciplines and institutions while carrying out all studies. The restoration mortars to be used in the maintenance and repair works of the areas that have been deteriorated for different reasons in the historical building should be suitable for traditional materials and evaluated in terms of aesthetics. In the future, the soil properties should be examined in detail in the areas where landscape restoration of Topkapi Palace is planned, and the repairs to be made should be carried out with experimental methods. In areas where there is a large number of visitors who do not carry much load, the mortars with high strength value produced as an alternative specific to flooring. It can be recommended to use mortar types with high water absorption value in closed areas such as under porticoes.

1. GİRİŞ

Farklı dönemlerde oluşturulan birçok fiziksel alanlar toplum kültürünün bir parçasıdır. Toplumların kültürel yapısı dönemlerin tarihi niteliğini yansıtmaktadır. Günümüzün bir parçası olan tarih, geçmiş anlatır ve gelecek nesillere ışık tutar. Bu bilinçten yola çıkarak tüm milletin sahip olduğu tarihi çevreler yaşatılmalı, sosyal ve kültürel değerlerimiz koruma altına alınmalıdır.

Türk bahçe sanatının nitelikli örneklerinin ortaya konulduğu sarayı bahçeleri, yaşayan kültür mirası olarak değişmeden gelecek kuşaklara bırakılıp, sahip olduğu değerlerin korunarak sürekliliğinin sağlanması gerekir. Tarihi saray bahçelerinin çevre düzenlemesi fiziksel, kültürel, sosyal, tarihsel bütünlüğü içinde belgelenmeli, analiz edilmeli ve değerlendirilmeli, bu değerlendirmeler doğrultusunda da korunmasına yönelik bilim kurulu kararları ile veri analizlerine gidilmelidir.

Kültür mirası olan tarihi anıtların koruma ve onarım projeleri kapsamında yapılan malzeme analizlerinin amacı, orijinal malzemelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri ile üretim teknolojilerini belirlemek ve içinde buldukları durum ile bu duruma yol açan etkenleri açıklayacak bilgileri sağlamaktır (Güleç 1992).

Tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemeleri çoğunlukla doğal kökenlidir. Taş, tuğla, harç ve sıvalar, bir yapının yapım sırasında ya da sonrasında kültürel mirasımız olan tarihi yapıların önemli yapı elemanlarıdır.

Doğal taşlar, çok eski dönemlerden beri günümüze kadar giderek artan bir biçimde yapılarda kullanılmaktadır. Doğrudan elde edilebilen, çevreye zararlı maddeler yaymayan, yeniden kullanım olanağı sağlayan, ekolojik bir malzeme olup, yapıda kullanılan birçok malzemenin de ana maddesidir. Doğal taşlar, yalnızca yapılarda değil, peyzaj düzenlemeleri, kent mobilyaları, heykeller, süs eşyaları, mezarlıklar vb. alanlarda da yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Doğru taşın doğru şekilde kullanılabilmesi; yani uzun dönem performans gösterebilmesi için, taşın özelliklerinin bilinmesi gereklidir.

Geleneksel mimaride kullanılan taşların kalitesi ve boyutları, harç oranları ve harcın taş ile uyumu önem arz etmektedir. Bozulan kalitesiz harçlar veya iyi niteliğe sahip olmayan malzemeler taşların mukavemetini azaltarak, dağılmasına, ayrıca donma

çözülme, sıcaklık, su gibi bazı doğal etkenlerle bozulmalara yol açabilirler. (Ahunbay, 1999).

Harç ve sıvalar, doğal ve sentetik katkı maddeleri içeren veya içermeyen, bağlayıcı, su ve dolgu maddeleri karışımı olarak tanımlanabilir. Bu maddeler çoğunlukla üretimleri için kullanılan bağlayıcıların niteliğine göre isimlendirilir. Onarım gerektiren uygulamalarda, eserin sorunlarının teşhisi kadar eserin orijinal malzemelerine ait içeriklerinin ve niteliklerinin bilinmesi de önemlidir (Güleç, 1992).

Türk bahçe sanatının esaslarının ortaya konulduğu Topkapı Sarayı'nın çevre düzenlemeleri Osmanlı dönemi yaşantısına uygun olarak tasarlanmıştır. Eserin mevcut kullanılabilirlik durumu müze olduğu için sürdürülebilir mimaride doğal taş malzemesinin peyzaj tasarımındaki kullanımı ele alınmıştır. İstanbul'daki tarihi eserlerin mimarları, malzeme teminini genellikle mimari yapının yakın çevresinde bulunan malzeme kaynaklarından faydalanmıştır. İstanbul'un Eminönü İlçesinde yer alan Topkapı Sarayı için kullanılan malzemeler; Bakırköy civarındaki taş ocaklarından çıkarılan küfeki taşı, Marmara Adası'ndan çıkarılan mermeri mermeridir. Ayrıca kayrak taşı ve traverten taşı da yoğun şekilde kullanılan doğal taş türleri arasındadır. Çevre düzenlemeleri kapsamında yapılan peyzaj çalışmalarının yer döşemeleri ve merdiven basamakları için çoğunlukla marmara mermeri ve kayrak taşı kullanılmış, yürüyüş yollarında da traverten taşı tercih edilmiştir.

Topkapı Sarayı bahçelerinin yaşayan kültür mirası olarak değişmeden gelecek nesillere bırakılması için elde edilen bütün bilgiler ışığında tehlikelere karşı maruz kalmasını önlemek, belirsiz bir alan olmaktan kurtarıp, sahiplenip korunarak sürekliliğinin sağlanması gereklidir (İskender, 1995).

Çalışmanın Amacı

Topkapı Sarayı bahçeleri bilim kurulu kararları doğrultusunda çevre düzenleme kapsamına yönelik yapılmıştır. Sarayın yer döşemelerinde sıkça kullanılan doğal taşlar diğer yapı taşlarına göre atmosferik koşullarda daha düşük bir performans gösterirler. Çok karmaşık ve heterojen bir yapıya sahip olan bu taşlardaki bozulmaların önlenmesi ya da en aza indirilmesi koruma ve onarım çalışmalarını gerektirir. Ancak yer döşemelerinde kullanılan yapı malzemesinin çimento içerikli olmasından dolayı, uzmanlar tarafından analiz yapılmasına gerek duyulmamıştır.

Çimento, zamanla doğal taşlarda tuzlanma ve aşınmaya neden olacağı için Restoratör ve konservatörler tarihi yapılar ve çevresinde çimentonun kullanılmasını önermemektedirler.

Ülkemizde ve yurtdışında yer alan tarihi yapılar ve çevreleri günümüz koşullarına göre birçok defa değişikliğe uğramaktadır. En korunaklı ve günümüze ulaşan yapılar ise literatürde yer alan arkeometrik incelemeler kapsamındadır. Literatürden tarihi yapılar ve çevreleri için yer döşemelerine ait harç analizleri dönemsel uygunluğuna bağlı olarak araştırılmış, çalışmaya referans olabilecek sınırlı sayıda veri elde edilmiştir. Sınırlı sayıda veri elde edilmesi çalışmanın özgünlüğünü önemli ölçüde arttırmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Topkapı Sarayı'nın yer döşemelerinde kullanılan doğal kaplama taşların türleri ve bozulmuş durumları hakkında bilgi vermek, bu doğal taşların hızlı bir şekilde hasara uğramasını engelleyip sürdürülebilirliğini sağlamaktır. Bu nedenle görsel ve işlevsel fonksiyonlar açısından korumanın sürekliliği için onarım çalışmalarında kullanılmak üzere doğal taşlarla uyumlu çalışabilecek çimento içerikli olmayan alternatif yer döşemesi harçlarının üretimi amaçlanmış, bu harçların özelliklerinin geliştirilmesi için de farklı puzolanik katkı maddesi, organik ve kompozit malzemenin ilave edilmesi ile üretilen harçlar üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Çalışmanın Kapsamı

Tarihi yapılarda kullanılan malzemeler genellikle doğal kökenlidir. Kullanılan malzemelerin iyi nitelikli olmaması, yapıların bozulmasını hızlandırmaktadır (Ahunbay, 1999). Geleneksel mimaride kullanılan taşın kalitesi ve boyutları, harçların oranları ve harcın taş ile uyumu çok önemlidir. Bozulan kalitesiz harçlar yapının mukavemetini azaltarak, dağılmasına yol açabilirler. Ayrıca donma çözülme, sıcaklık, su gibi bazı doğal etkenlerde yapıyı oluşturan malzemelerde bozulmalara yol açabilirler. Bir dönemin “mucize” malzemesi olan çimento geçmiş dönemlerde yapılan onarımlar sırasında Topkapı Sarayı, Ayasofya gibi çok önemli yapılarda kullanılmış, bu da çimentonun su ile etkileşime girerek içerisinde bulunan tuzların ortaya çıkmasıyla yapıların bozulmasına neden olmuştur. Kullanılan çimento içerikli sıvalar, orjinal harçların gözenekli yapısına sahip olmadığından dolayı yapının nefes almasını engellemiş ve nefes alamayan yapı malzemeleri içerisinde nem tuttuğundan bozulma sürecini hızlandırmıştır. Bu tür hataların tekrarlanmaması için kullanılacak malzemelerin uzun vadeli etkilerinin bilinir olması çok önemlidir. Uzun vadeli etkileri

araştırılmayan hiçbir malzeme tarihi yapılarda kullanılmamalıdır (Mirata, 2022). Topkapı Sarayı'nın çevre düzenlemesi Osmanlı dönemi yaşantısına uygun olarak tasarlanmıştır. Eserin mevcut kullanılabilirlik durumu müze olduğu için sürdürülebilir mimaride doğal taş malzemesinin peyzaj tasarımındaki kullanımını ele alınmıştır. Bu kapsamda, sarayın peyzajında kullanılmış ve farklı nedenlerle deformasyona-bozulmaya uğramış taş ve harç malzemeler araştırılmış, koruma kapsamında özgün yapı malzemelerine yönelik bilgi edilememiştir. Doğal taşların sürdürülebilirliği açısından yer döşemelerinde kullanılan doğal taşlara üretilecek alternatif harçlar için mimari karşılaştırma yöntemi benimsenmiştir. İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü denetiminde yapılan harç analiz çalışmaları referans alınarak yer döşemelerine özgü yer döşemesi harçlarının üretilmesi çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır.

Çalışmanın Yöntemi

Eserin yer döşemelerinde kullanılan doğal taşların özgün dokusu bozulmadan, peyzaj yapıların dış cephelerle uyum içinde varlığını sürdürebilmesi gerekir. Bu çalışma için izlenen yöntem, literatürde verilen örnekler ve saraya yönelik mimari karşılaştırma yöntemi doğrultusunda tarihi yapı peyzaj tasarımı açısından değerlendirilmiştir.

Topkapı Sarayı Müzesinin yer döşemelerine özgü harçlar için Topkapı Sarayı Milli Saraylar Rölöve Daire Başkanlığıyla iletişime geçilerek sarayın mutfaklar avlusunun günümüzde var olan harç karışımı (1br Kaymak Kireç+ 2br Beyaz Çimento+ 3br Mermer Tozu+ 3br Mermer Pirinci) bilgisine ulaşılmıştır (G Göktaş 2021, sözlü görüşme). Ayrıca; İstanbul Konservasyon Merkez Laboratuvarı- İstanbul Rölöve Anıtlar Müdürlüğü'nden alınan analiz raporunda ise; Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü'nün 01.04.2009 günü ve 388 sayılı yazıları ile gelen 2010 Avrupa Kültür Başkenti Ajansı yönetmeliğine göre ihalesi ve sözleşmesi yapılan Topkapı Sarayı Müzesi Mutfaklar Bölümü Restorasyonu işinin sözleşmesinin yapıldığı ve müzenin boşaltılarak iskelesinin kurulduğu uygulama çalışmalarına başlanan mekanda inceleme yapılmış olup iç cephe temizlikleri ile ilgili sözlü bir takım uygulama yöntemleri belirtilmiş, konu ile ilgili mevcut durum ve uygulama detayları belirtilmiştir. Ayrıca Marmara'ya bakan ve eski çimento derzleri sökülmeğe başlanan zemine yakın cepheden alınan örgü harcı numunesinin asit testi ve elek analizleri, kimyasal spot test analizleri ve de kalsinasyon analizleri sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 1.1. Kalsinasyon analizi sonuçları.

Örnek No	% Nem	% Org. Md.	%CaCO ₃	Cl	SO ₄	NOX
1	9,62	5,74	70,03	+	+	-

Çizelge 1.2. Asit kaybı analizi sonuçları.

Örnek No	Asit Kaybı		Elek Analizleri μ				
	%Kalan	% Kayıp	%1180	%600	%250	%125	<%125
1	23,15	76,84	42,83	13,25	19,65	7,28	17,00

Örnek 1 numune için arta kalan agreganın yaklaşık (iri agregalar hariç) %25-30'u tuğla kırığı ve tozu geri kalanı (ağırlıklı olarak opak ama karışık renkli agregalarda var) tamamına yakını kuvars agregasıdır. Tek tük toprak sarısı ve yeşilimsi gri renginde bol mikali kumtaşı agregası ve yaklaşık %1-2 oranında kil vardır. 1mm elek üstünde kalan agreganın max dane çapı 2cm'dir. 1 adet yuvarlak kontörlü seramik veya kiremit parçası, 2 adet 8-9 mm boyutlu ve geri kalanı 5mm elek altı olarak kullanılmıştır. 1 mm elek üstündeki agregalar ağırlıklı olarak tuğla kırıklarından oluşmaktadır. Malzemenin yaklaşık olarak 76,84'nün asitte kaybolduğunu hesaba katarsak arta kalan %25'lik bölümün %30'u tuğla kırığı ve tozu, geri kalanı da kuvars agregadır. Bu da gösteriyor ki kireç taşı agrega miktarı fazladır. Ayrıca kil katkısı da vardır. (Killi kireçtaşı kullanılmış da olabilir).

Harç numuneleri özellikle eski olduğu düşünülen iç kısımlardan alınmaya çalışılmıştır. Toprak koduna yakın alanlarda önerilen harç karışımı %30'u bağlayıcı kireç, %12'si agrega (toplam agreganın 3mm elek altı tuğla kırığı ve tozu), %10'u 0-4mm elek altı sarı kum taşı agregası, %35'i 0-4mm elek altı killi kireç taşı agregası, %43'ü 0-4mm elek altı kuartz agregasıdır.

Çalışmada yer döşemesine özgü üretilen harçların mekanik özelliklerini iyileştirmek, harca elastiklik özelliği kazandırmak, korozyona karşı direnci arttırmak için kompozit yapı malzemesi olan cam elyaf, ayrıca yol yapımında ve zemin stabilizasyonun dolgu ve enjeksiyon işlemlerinde kullanımı yaygın olan puzolanik bir malzeme olan uçucu kül harç karışımına katılarak kompozit bir malzeme elde edilmiştir.

Çalışmanın literatür güncellemesi yapılarak kurumların analiz raporlarından elde edilen verilere göre harç üretimi için malzeme temini sağlanarak deney numuneleri

hazırlanmıştır.

Üretilen numuneler üzerinde fiziksel, mekanik, minerolojik ve petrografik analizler analiz çalışmaları yapılmıştır.

Fiziksel Analizler: Malzemenin dış görünüşünde meydana gelen değişimleri belirlemek için yapılmıştır.

- *Kılcal Yolla Su Emme Tayini:* Kılcallık yoluyla emdirilen suya bağlı ağırlık artışlarının belirlenmesinde uygulanmıştır.
- *Su Emme Oranı Tayini:* Kütlece ve hacimce su emme oranları hesaplanmasında
- *Birim Hacim Kütleinin Tayini:* Numunelerin hacmi, suya doymuş ağırlık ve su içindeki ağırlığın farkına göre hesaplanmasında uygulanmıştır.
- *Porozimetri Analizi:* Gözenek (por) hacmi, gözenek çapı, gözenek boyut dağılımı, yüzey alanı, gözenek yapısı ve partikül boyut dağılımı ölçülmesinde uygulanmıştır.
- *Komposite Analizi:* Numunenin doluluk oranının belirlenmesinde, boşluklar dahil görünür hacminin oranının hesaplanmasında uygulanmıştır.

Mekanik Analizler: Kuvvet ve hareketlerin malzeme üzerinde meydana getirdiği değişimleri belirlemek için yapılmıştır.

- *Ultrases Hızı Tayini:* Numunelerin ultrases hızlarının belirlenmesinde uygulanmıştır.
- *Elastisite Modülü Tayini:* Numunelerin ultrases hızları ile numunelerin yoğunluk değerleri kullanılarak elde edilmesinde uygulanmıştır.
- *Eğilme Dayanımı Deneyi:* Numunelerin eğilme dayanımının belirlenmesinde uygulanmıştır.
- *Basınç Dayanımı Deneyi:* Numunelerin dayanabildiği maksimum basınç mukavemetinin bulunmasında uygulanmıştır.
- *Aşınma (Böhme) Deneyi:* Numuneler üzerinde aşınmaları belirlemek amacıyla uygulanmıştır.

Minerolojik ve Petrografik Analizler: Numunenin karakteristik özelliklerini, bozulma morfolojisini ve kimyasal uygulamalarının içyapıdaki etkilerinin belirlenmesi için yapılmıştır.

- *X-Işını Analizleri:* Numune örneklerinde sağlam karakterlerin ve bozulma morfolojilerinin belirlenmesinde uygulanmıştır.

- *Taramalı Elektron Mikroskobu Analizi (SEM-EDS)*: Numunelerin taramalı elektron mikroskobu yardımıyla taranmasında uygulanmıştır.

Harç numunelerinin analiz sonuçları değerlendirilerek ölçümler arasında farklılığın karşılaştırılmasında tek yönlü ANOVA Tukey testi kullanılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre önerilerde bulunulmuştur.

1.1. TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ

1.1.1. Doğal Taşlar

Taş, yerkabuğunu meydana getiren kaya maddesinden kopan irili, ufaklı parçalara denir. Çeşitli minerallerin bir araya gelmesinden ya da tek bir mineralin çok sayıda birikmesinden meydana gelirler. Oluşum şartlarına ve bileşenlerine göre magmatik, tortul, metaformik olmak üzere üç gruba ayrılırlar (Ketin, 1977).

Magmatik Taşlar, sıcak, viskoz ve mobil olan magmanın soğumasıyla meydana gelirler. Dokularına, mineralojik bileşimlerine ve bulunuş şekillerine göre sınıflandırılırlar. Tortul Taşlar, mineral veya organik maddelerden meydana gelen parçacıkların su, rüzgâr, dalga ve buzullarla taşınıp deniz, göl akarsu içinde veya karalarda üst üste birikip tortullaşarak oluşan çökeltme yoluyla meydana gelirler (Erguvanlı, 1967). Metaformik taşlar, tortul ve magmatik kayaların sıcaklık, basınç, gerilme ve kimyasal aktivitesi olan sıvıların etkisiyle değişimleri başkalaşmaları sonucu meydana gelirler (Ketin, 1977). Bunların oluşumları, bileşimleri, yapıları, fiziksel ve mekanik özellikleri, taşıma güçleri kırık, çatlak ve fay özellikleri, kullanım yerine uygun olup olmadıkları ile ilgili özellikleri önemlidir (Erguvanlı, 1967).

Doğal taşlar, çok eski dönemlerden günümüze dek, giderek artan bir biçimde yapılarda kullanılmaktadır. Doğrudan elde edilebilen, çevreye zararlı maddeler yaymayan, yeniden kullanım olanağı sağlayan, ekolojik bir malzeme olup, yapıda kullanılan birçok malzemenin de ana maddesidir. Doğal taşlar, yalnızca yapılarda değil, kent mobilyaları, heykeller, süs eşyaları, mezarlıklarda yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Doğru taşın doğru şekilde kullanılabilmesi yani uzun dönem performans gösterebilmesi için, taşın özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Doğal taşların seçiminde; fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri, ekonomik olması, temin kolaylığı ve görünüş-estetik gibi faktörler seçim parametreleri olarak kullanılmalıdır. Doğal taş seçimi, yapıda kullanılacağı yerin gereklilikleri göz önüne alınarak ve taşın fizikokimyasal ve mekanik özellikleri değerlendirilerek yapılmalıdır. Tarihi dönemlerden günümüze kadar gelen

taşlar, ortam şartlarına uygun olarak seçilmiştir (Gürdal & Acun Özgünler, 2016). Bazı doğal taşlar ise yurt dışında ve Anadolu'nun çeşitli bölgelerinde bulunan antik yapılar ve onların kalıntılarından “devşirme” olarak kullanılmışlardır.

Traverten Taşı

Taş ocaklarından çıkartılan doğal taşlar arasında yer alan sedimanter (tortul) bir kaya türü olan travertenler, beyaz, bej, sarı, pembe ya da gri renktedirler. Traverten taşı ocaktan çıktığında yumuşak olup kolay işlenirler. Hava ile temas ettikten sonra nemini kaybederek sertleşirler. Gözenekli yapılarına rağmen oldukça sert ve dayanıklı taşlardır. (Şekil 1.1) Traverten taşına ait görünüşler gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Traverten taşına ait görünüşler.

Peyzaj tasarımlarında blok ve kaplama materyali olarak, merdiven basamağı, havuz kaplamaları, yol ve kaldırım döşemesi ve bordür taşı olarak kullanılmaktadır (Akın, 2006).

Ülkemizde önemli traverten ocakları; Ankara, Bursa, Bolu, Niğde, Denizli, Afyon, Nevşehir, Çankırı, Antalya, Van, Siirt, Konya ve Hatay yakınlarında bulunmaktadır (Altınçekiç, 2001).

Küfeki Taşı

İstanbul'daki yapı etkinliğini besleyen en verimli ve en yakın doğal taş kaynağı olan ve tarihi yarımada'daki eserlerin dış cephelerinde kesme taş olarak kullanılan “Bakırköy Taşı”, “lümaşelli, maktralı kireçtaşı” olarak da bilinen küfeki taşıdır. Küfeki taşının ocakları, İstanbul'un Bakırköy ilçesi civarında bulunmaktadır. Küfeki taşı, çok yüksek oranda %93-100 CaCO₃ kalsiyum karbonattan oluşmaktadır. Bu taşın ocaktan çıkarıldıktan sonra kolay işlenebilme özelliğine sahip olması ve havayla temasından sonra bünyesine karbondioksit girmesi, ikinci bir hidratasyonla da mukavemetinin artmasıdır (Vardar, 2017). (Şekil 1.2) Küfeki taşına ait görünüşler gösterilmektedir.



Şekil 1.2. Küfeki taşına ait görünüşler.

Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde en önemli küfeki taşı üretimi Bakırköy bölgesindeki ocaklardan yapılmıştır. Ancak günümüzde bu ocaklar yerleşim alanının altında kalmış ve üretimleri yıllar önce son bulmuştur. Bu nedenle İstanbul'a en yakın ve aktif olarak üretim yapılan küfeki taşı ocak sahası Arnavutköy'de yer alan Sazlıbosna kireçtaşı ocağıdır. Diğer bir ocak ise İstanbul'un batısında Vize ve Pınarhisar ilçeleri arasında kalan sahada bulunmaktadır (Sayar & Erguvanlı, 1962). Küfeki taşı, tarihi yapıların duvar örgülerinde, kesme taş olarak tek başına ya da tuğla ile almaşık olarak kullanılmıştır.

Küfeki ile, genelde düz kesme taş niteliğinde yalın cephe düzenleri oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra, küfeki taşı; duvarlarda, taşıyıcı öğelerde, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, portallerde, basamaklarda, harpuştalarda, korkuluklarda, minberlerde, mihraplarda ve minarelerde de kullanılmıştır (Sayar & Erguvanlı, 1962).

Kayrak Taşı

Tortul kil taşı olup, yüksek basınç altında kırılmış veya düz tabakalar halinde bulunurlar. Tabakalar halinde çıkarılan kayrak taşları düzgün ya da pürüzlü yüzeylere sahiptir. Düzgün yüzeyli kayrak taşları kaygandır. Çıkarıldıkları yöreye göre renkleri, gri, siyah, bej, kırmızımtırak veya kahverengi olabilir (Uzun, 1996).

Bu kayaçlar çekiç gibi el aletleri kullanılarak şistozite düzlemleri boyunca kolayca ayrılabilir. Üretilen kayrak taşları renk ve kalınlıklarına göre sınıflandırıldıktan sonra kullanıma sunulmaktadır. (Şekil 1.3) kayrak taşına ait görünüşler gösterilmektedir.

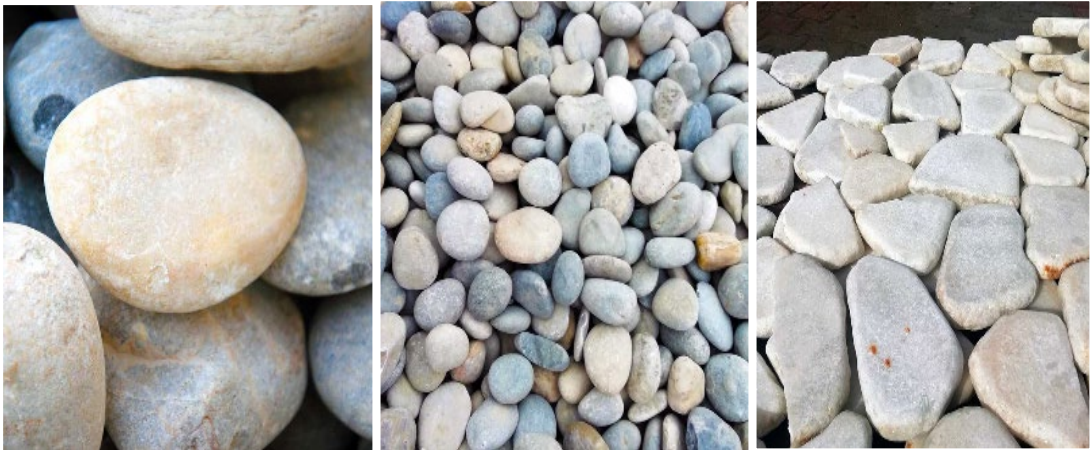


Şekil 1.3. Kayrak taşına ait görünüşler.

Kayrak taşları yurt içi ve yurt dışı pazarlarda dekoratif ve aksesuar kaplama taşları olarak kullanılmaktadır. İstanbul, İzmir, Bursa, Antalya olmak üzere iç pazarlara sunulmaktadır. Hava koşullarına ve aşınmaya dayanıklı bu taş, genellikle Bodrum ve Muğla olmak üzere yurdun çeşitli yörelerindeki ocaklardan da çıkarılmaktadır. Kayrak taşı döşemede, 9 m'den fazla olmayan aralık mesafelerle genişleme derzleri bırakılmalı ya da yapılmalıdır (Seçkin, 1997).

Podima Taşı

İstanbul Çatalca'ya bağlı olan Podima köyünün sahil taraflarından çıkarılmakta olan Podima Taşı, tarihte ilk olarak Antik Roma ve Bizans dönemlerinde kullanılmıştır. Podima taşı, çakıl taşına benzeyen fakat biraz daha büyük ve düzgün şekilde olan taşlardır. Bu taşlar “Girit taşı” veya “Rodos taşı” olarak da bilinmektedir. (Şekil 1.4) Podima taşına ait görünüşler gösterilmektedir.

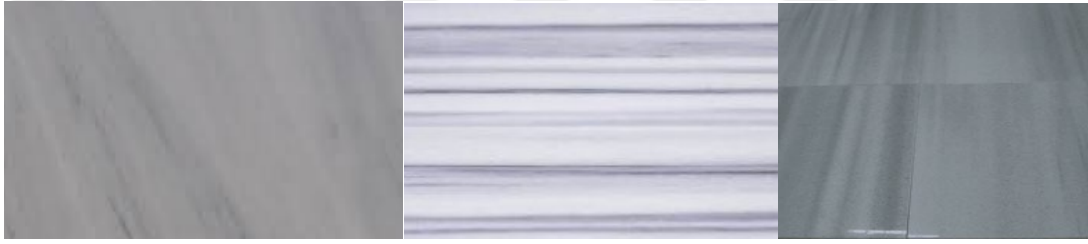


Şekil 1.4. Podima taşına ait görünüşler.

Akdeniz ülkelerinin geleneksel yer döşeme tekniği olan podimaya adını veren Podima taşının siyah, beyaz, füme, mor, sarı, gri ve yeşil gibi birçok rengi mevcuttur.

Marmara Mermeri

Marmara Denizi'nin güneybatısındaki Marmara Adası'nın kuzeyinde bulunan marmara mermeri, Saraylar beldesindeki ocaklardan çıkarılmaktadır. Eski Yunan ve Roma dönemlerinden günümüze kadar işletilmekte olan bu ocaklardan çıkarılan taşlar, Tarihi Yarımada'daki hemen her yapıda taşıyıcı sütun, döşeme ve kaplama taşı şeklinde yoğun olarak kullanılmıştır. Litolojik olarak metamorfik kireçtaşı (gerçek mermer) olan bu taş, ince kalsit kristalli dokusu ve grimsi-siyah renkteki dolomitik mermer bantları ile karakteristiktir (Kadıoğlu & Özav, 2008). (Şekil 1.5) Marmara mermerine ait görünüşler gösterilmektedir.



Şekil 1.5. Marmara mermerine ait görünüşler.

Püskürük ve tortul taşlar; basınç ve yüksek ısı ile değişikliğe uğrayarak yeniden kristalize olmaları sonucunda oluşmuşlardır. Homojen yapılı, bir kalker çeşidi olan mermerler, orta sertlikte olup işlenmeleri kolaydır. Mermerler değişik renk (beyaz, siyah, sarı, pembe, gri, bej vb.) ve desenlerde olabilmektedir. Dona ve dış etkilere de dayanıklıdır (Uzun, 1996).

1.1.2. Tarihi Harçlar

Yapı bileşenlerinin birbirine bağlanarak bir bütün olarak hareket edebilmesi için kullanılan bağlayıcı malzemelere harç denilmektedir (Akman, 1987). Harçlar bağlayıcı bir malzeme, dolgu malzemesi ve suyun belirli oranlarda karıştırılarak katılaşması sonucu oluşurlar. Harçlar, kum ve çakıl gibi agrega malzemesinin kil, alçı, kireç ve çimento gibi bağlayıcı malzemelerde farklı oranlarda karıştırılması ve yoğrulmasından oluşan plastik kıvamda inorganik bir yapı malzemesidir. Kırılmış ve öğütülerek toz haline getirilmiş, tuğla, kiremit, çömlek vb. pişmiş kilin bir araya getirilmesine horasan, horasanın belli oranlarda kireç ve su ile karıştırılmasıyla elde edilen harca ise horasan harcı denilmektedir. Bazı uygulamalarda harcın içerisine kum, bazılarında ise nohut

büyükliğünde, parçalar halinde tuğla, kiremit kırıkları katılmaktadır (Akman,1986).

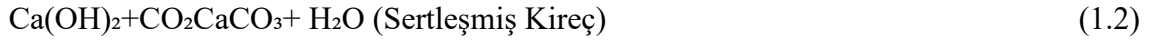
Horasan harcı, Roma döneminde “cociopesto”, Hindistan’da “surkhi” olarak adlandırılmaktadır (Böke, Akkurt & İpekoğlu, 2004). Arap ülkelerinde “homra”, Yunanistan’da “korassani” adı ile bilinmektedir (Akıncı,1998). Osmanlı döneminde inşaat ustaları sınıflandırması yapılırken, “horasancı” denilen bir usta grubunun da bulunduğu bilinmektedir. Tarihi kayıtlarda horasan harcının “keyl” adıyla, hazır olarak satın alındığı da belirlenmiştir (Akıncı,1998). Horasan harç ve sıvaları, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemi yapılarında ve genellikle hamamlar, su kanalları ve su sarnıçlarında yaygın olarak kullanılmıştır. Horasan harç ve sıvaların üretiminde bağlayıcılar, agregalar, katkı maddeleri kullanılmaktadır. Horasan harç ve sıvalarında bağlayıcı olarak kireç, agrega olarak ise tuğla veya kiremit kırıkları gibi pişirilmiş toprak malzemeler kullanılmıştır (Akman,1990).

Bağlayıcılar: Kırma taş, tuğla kırıkları, çakıl, kum gibi dolgu maddelerini birbirine bağlarlar. Kireç erken dönemlerden itibaren kullanılan bir bağlayıcıdır. Babil, Mısır, Finikeliler, Hitit ve Persler tarafından yapılarda bağlayıcı malzeme olarak kullanılmıştır (Eriç,1994). Kirecin hammaddesi kireçtaşı (kalker), kalsiyum karbonat (CaCO_3) ve magnezyum karbonattan (MgCO_3) oluşan kütlelerdir. Eğer kireçtaşı %90 CaCO_3 içerirse “yüksek kalsiyumlu kireçtaşı” adını alarak beyaz renklidir. %10’dan fazla MgCO_3 içermesi halinde “magnezyumlu kireçtaşı” olarak isimlendirilir, esmer olup dayanımı daha yüksektir (Akman,1990). Roma ve Osmanlı döneminde bağlayıcı olarak kullanılan kireç %94 oranında CaCO_3 , %4 oranında SiO_2 %2 oranında da Al_2O_3 içerdiği belirlenmiştir. Belirlenen bu oranlar kirecin saf kireç olduğunu ortaya çıkarmıştır (Uğurlu & Böke, 2010).

Kireç üretiminde iki aşama vardır. Birinci aşama kireçtaşının yakılması (kalsinasyon) işlemi ikinci aşama ise söndürme işlemidir. Kalsinasyon işlemi kireçtaşının kireç ocaklarında 900°C üstünde odun ve kömür kullanılarak ya da fabrikalarda sıvı yakıt kullanılarak gerçekleştirilir. Söndürme işleminde de sönmemiş kirece ağırlığının 1/3’ü kadar su eklenmesiyle olur. Sönmemiş kireç su ile karıştırıldığında hidrate olur, sönmüş kireç (Ca(OH)_2) elde edilir.

Hidrate kireç, hava ile temas ettiğinde havanın karbondioksiti ile birleşir ve karbonatlaşma olur sertleşir (Akman, 1987).





Kireç harçları hidrolik ve hidrolik olmayanlar olarak iki grupta tanımlanmaktadır (Lea, 1940). Hidrolik olmayanlar, kireç ile etkisiz agregaların karışımıyla elde edilmektedir. Bu harçlar; kirecin, havanın karbondioksiti ile kalsiyum karbonata dönüşmesi sonucu sertleşmektedir. Hidrolik harçlar ise hidrolik kireç kullanılarak veya saf kireç ile puzolanların karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Harcın sağlamlaştırılmasındaki en temel unsur kalsiyum kalsitin artmasıdır (Lea, 1940). Hidrolik özellikte olan volkanik kaynaklı doğal puzolanlar suyun altında sertleştiği için ince toz halinde harç karışımına eklenerek suya maruz kalan yapılarda kullanılmıştır. (Moropoulou vd. 2004, Vitruvius 2005). Nemli ortamlarda yapılan onarım çalışmalarında genel olarak puzolan katkı hava kireci veya doğal hidrolik kireç harçları tercih edilebilmektedir (Pavlik & Uzakova, 2016).

Kireç harçları dönemlerin özelliklerine göre farklı malzemelerle üretilmektedir. Kireç harçlarının kalitesini arttırmak için bu harç içeriğine organik ya da inorganik katkı malzemeleri katılır (Uğur & Güleç, 2016). Kireç harçlarının sahip olduğu özellikler, tarihi yapıların onarımında özgün malzeme ile kimyasal, fiziksel ve mekanik açıdan uyum sağlamaktadır (Lanas & Alvarez-Galindo, 2003).

Katkı Maddeleri: Harç ve sıvanın özelliklerini iyileştirerek yeni özellikler kazandırmak için bağlayıcı ve dolgu malzemeleri ile karıştırılan malzemelere “katkı maddeleri” denir. Tarihi yapılarda harç ve sıvaların dayanımını artırmak için bağlayıcı ve agreganın dışında en çok kullanılan katkı lifsel katkılardır. Lifsel katkı olarak kullanılanlar; keten lifi, saman, ağaç yaprakları, hayvan kılıdır. Bunlar harç içerisinde donatı görevi görür ve çekme kuvvetine karşı dayanımını artırır. Harç ve sıvayı çatlamaya, dağılmaya karşı dayanıklı tutmaktadır. Harç karışımına hayvan kanı, yumurta akı, kesik süt, arap zankı, hayvan tutkalı, balmumu, keten tohumu yağı gibi birçok inorganik maddeler de katılmaktadır (Sickels, 1981). Arap zankı, hayvan tutkalı bağlayıcıya destek olarak yapışkanlık özelliği kazandırır. Kesik süt, hayvan kanı ve yumurta akı kirecin daha çabuk sertleşmesini, balmumunun büzülmesi azalttığını, keten tohumu yağı gibi maddelerin ise kirece plastik özellik kazandırarak işlenebilirliğini arttırdığı belirtilmiştir (Medici, Pıga & Rinaldi, 2000).

Horasan harçlarının fiziksel özellikleri, hidrolik özellikleri, hammadde birleşimleri ve birleşimlerinde kullanılan agrega veya tuğlaların özelliklerinin incelenmesi horasan harçlarında ayrıntılı bilgiler ortaya koymaktadır. Harç ve sıvaların yapı malzemeleri ile

uyumlu olması için kimyasal içeriklerinin ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekir. Ayrıca harçların özelliklerini ve karakteristiğini bağlayıcı malzeme etkiler (Palomo, Blanco Varela, Martinez Ramirez, Puertas & Fortes, 2010). Harcın dayanıklılığını ve servis ömrünü, harcın fiziksel ve kimyasal özelliklerinden başka yapının tasarımı, malzeme seçimi, uygulama, bakım, onarım ve kullanım sürecinde oluşan bozulmalar gibi pek çok faktör etkiler (Dayı, 2017).

Bir harçta bulunması gereken temel özellikler basınç dayanımı, doluluk, geçirimsizlik, hacim sabitliği, aderans, aşınmaya ve dış etkilere karşı dayanıklılığıdır.

1453 yılında İstanbul'un fethedilmesinden sonra, farklı dönemlere ait birçok yazar tarafından Osmanlıcaya çevrilmiş eserlerde, Ayasofya'nın yapım aşamasında Lisan-ül Ufur (Asafir) ağacı olarak geçen Dişbudak ağacı (*Fraxinus excelsior*) yaprağı suda kaynatılmış, elde edilen sıvının da harca katıldığı bilgisine ulaşılmıştır (Diker, 2010).

Agregalar: Harç ve sıva yapımında bağlayıcı maddelerle birlikte kullanılan agregalar doğal ve yapay olarak ikiye ayrılırlar. Doğal agregalar; kum ve çakıl, yapay agregalar ise kırma taşlar, yüksek fırın cürüfları ve pişmiş killer olarak gruplandırılır. Tarihi yapılarda genel olarak harç ve sıvanın mukavemetini doğrudan etkileyen dere kumları kullanılmaktadır. Deniz kumlarının içeriğinde tuz olması sebebiyle harç ve sıvanın mukavemetini düşürür. Toprakten elde edilen kumların ise temiz bir şekilde yıkanması gerekir (Satongar,1994).

Agregaların şekil ve tane boyut dağılımları harçların fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilerler. 2 mm'den küçük agregalar harç üretiminde basınç dayanımını etkilediği, silisli ince agregaların basınç dayanımını arttırarak harçlara su geçirimsizlik özelliği kazandırdığını ortaya çıkarmışlardır (Dayı, 2017). Kireçle reaksiyona girmesi sonucu kalsiyum silikat hidrat ve alüminatları oluşturan puzolanik agregalar, su ile sertleşebilen hidrolik harçları oluşturmaktadır (Boynton,1980).

Agregalar harcın stabilitesini, dayanıklılığını strüktürel açıdan yüksek performansa sahip olmasını önemli ölçüde etkilemektedir. Harcın performansını etkileyen faktörler agregaların mineralojisi, karışımdaki miktarı, maksimum tane boyutu ve bağlayıcı/agrega oranıdır (Stefanidou & Papayianni, 2005).

Puzolanlar: Silis ve alüminli killerin 600-900 °C de ısıtılması ve öğütülmesiyle elde edilen tuğla tozu, en eski yapay puzolanı olarak bilinmektedir. 600-900 °C aralığında kil minerallerinin yapısı bozularak amorf alumina silikatlar oluşmaktadır (Lee & Rainforth,

1994). Tuğla tozu su ile karıştırıldığında çamur kuruyunca da tekrar eski haline gelen, kireçle karıştırıldığında ise bağlayıcılık özelliği kazanarak suda çözünmeyen kalsiyum silikat tuzuna dönüşen yapı malzemeleridir. (Boynton, 1966, Lea, 1970 & Massazza, 1989). Tuğla tozu genellikle sıvalarda ve zeminlerin üst tabakalarında kullanılırken, iri tuğla kırıkları da duvarlarda, kemerlerde, temellerde yüksek nem ve su bulunduran alanlarda, harçların performansını arttırmak için yapı elemanlarında kullanılmıştır (Moropoulou, Bakolas, Anagnostopoulou & Vitruvius, 2005). Roma dönemi eserlerine ait suya maruz kalan nemli yerlerde tuğla kırıkları ile hazırlanan harçlar kullanılmıştır (Baronia, Binda & Lombardini, 1997).

1.2. TARİHİ YAPI MALZEMELERİNDE MEYDANA GELEN BOZULMALAR VE NEDENLERİ

Yapı malzemeleri, zaman, çevre ve iklim koşulları gibi çeşitli etkiler nedeniyle birtakım bozulmalara maruz kalırlar. Yapı malzemeleri bu bozulmaların etkisiyle zayıflar, sahip oldukları fiziksel ve mekanik özelliklerini kaybetmeye başlarlar. Bozulmalara karşı önlem alabilmek için, öncelikle bunların neden kaynaklandığını belirlemek gerekir. Tarihi eserin bozulmasına neden olan etkenleri ve yapının sorunlarını doğru ve erken anlamak eserin ömrünü uzatmak için gerekli koruma yöntemlerini belirlemede ilk ve en önemli basamaktır (Dal & Öcal, 2013).

1.2.1.Mekanik Etkiler

Petrografik Nedenler ve Taşın Ocaktan Çıkartılması: Petrografik incelemeler taşın mineralojik yapısı hakkında bilgi vererek malzeme niteliklerinin anlaşılmasına yardımcı olur. Aynı ocaktan çıkartılan doğal taşlar farklı kalite ve karakterde olabilirler. Taşların uyumsuzluğu bölgesel tektonik basınçlar veya belirli bir dereceye kadar başlamış bünyesel bozulmalardan kaynaklıdır. En iyi taş ocaklarında bile bozuk katmanlar mevcuttur (Ergüvanlı, 1967). Bir diğer önemli sebep ise taşın ocaktan yanlış çıkartılması işlemidir. Bazı ocaklarda dinamitle çıkartılan taşlarda darbe etkisi oluşur bu da kılcal çatlaklıklara yol açar ve suyun kolay bir şekilde taşın bünyesine girmesine neden olur (Küçükkaya, 2004).

Yer altından çıkartılan taşların içerisinde bir miktar ocak suyunun bulunması, taşların işlenmesini ve taşlara şekil verilmesini kolaylaştırır. Ancak taşların bir süre bekletilmesi sonucunda da taşlar su kaybederek sertleşir.

Korozyon: Metallerin ve alaşımların kimyasal olaylarla bozulmasına korozyon denir. Taşın metallerle kullanılması durumunda korozyona uğrayan metal malzeme zamanla genişir ve taşı zorlayarak basınçla patlamasına neden olur. Kullanılan demir malzemelerin oksidasyonu sonucunda da taş yüzeylerinde sarı-kahverengi lekelenmeler görülebilmektedir.

Depremler ve Titreşim Etkileri: Doğal afetlerin başında gelen deprem, yapı elemanlarına zarar veren ve onarılması güç en büyük etkenler arasında yer almaktadır. İnsanların yarattığı trafik titreşimleri de yolları eski olan tarihi kentlerde önemli tahriplere neden olmaktadır. Ağır vasıtaların oluşturduğu zemin titreşimleri yapı malzemelerinde çatlaklara, parçalanmalara ve kopmalara yol açmaktadır. Ayrıca yüksek derece gürültüler de malzemenin yıpranmasına çabuklaştırıcı etki yaratmaktadır.

1.2.2. Isı Etkileri

Isı Genleşmeleri ve Don: Taşlarda kalıcı hacim değişimi, genleşme ve büzülme, farklı yönde ve büyüklükte iç basınçlar oluşmaktadır. Bu da taşların yapısında gözle görülmeyen kılcal çatlaklar meydana gelmektedir. Kılcal çatlakların artması taşların fiziksel olarak parçalanmasına ve ufalanmasına neden olur. Yapı elemanlarının ısı genleşme katsayıları birbirinden farklıdır. Genleşme katsayıları farklı olan malzemeler bir arada kullanıldığında birbirlerini bozarak deformasyona uğrarlar (Torraca, 1988).

Donun etkisi Tüm yapı malzemelerinde görülmektedir. Özellikle bünyesinde su olan çatlaklı ve boşluklu doğal taş malzemelerde, suyun donması ya da çözünmesi sonucunda ortaya çıkan gerilmelere, kırılmalara ve parçalanmalara neden olmaktadır (Küçükaya, 2004).

Güneş Etkisi: Taşlar zamanla güneşin etkisiyle renk değişimlerine uğrarlar. Ultraviyole ışınları taş yüzeylerinde soluk bir görüntüye neden olmaktadır. Tüm doğal taşlarda ve özellikle karbonatlı ve feldispatlı kayalarda daha çok görülmektedir (Yüzer vd., 2000). Güneşin etkisiyle koyu renkli taşların oksidasyona uğrayarak renklerini kaybedip ağarırlar. Mermerlerde oksidasyon sonucu damarlar şeklinde koyu lekelenmeler oluşur. Traverten taşları ise güneş karşısında kızarıp turuncu bir renge dönüşürler. Bu renk değişiminin sebebi çoğunlukla kayacın içindeki piritin ayrışmasıdır (Erguvanlı, 1967).

Yangın Etkisi: Doğal taşlarda hacim genişlemesi yangın etkisi ile oluşur. Aşırı ısı taşın iç yüzeyine aynı hızla etki etmez. Taşların içi soğuk kalır ancak oluşan iç gerilmeler, kabarmalara malzemelerde parça parça kopmalara neden olur (Kieslinger, 1968).

1.2.3. Atmosferik Nedenler

Su ve Nem: Su, çeşitli şekillerde yapı malzemelerinin bünyesine girerek malzemeye zarar vermektedir. Fazla suyu emerek doymuş hale gelen malzemede bozulmalar görülür bu da malzemenin zamanla işlevini kaybetmesine yol açar. Suyun malzeme bünyesine girmesine penetrasyon, yapı malzemesinin ıslanması sonucu hacminin artmasına da şişme denir. Yağmur suyu, kar, buz ve zemin suyu farklı yollarla taşın bünyesinde nem artmasına sebep olur (Ziyaettin, 2010).

Zeminden yükselen nem, içinde taşıdığı tuzların etkisiyle taş yüzeylerinde çiçeklenmelere neden olabilmektedir. Ocak nemi, yoğunlaşmadan ileri gelen nem, yağmur ve sis nemi, topraktan kılcallıkla yükselen nem, taşın fiziksel ve kimyasal yapısını bozar. Ancak oluşan tahriplerin nedenlerini kaynaklarına göre saptayarak tedavinin doğru ve etkili bir şekilde yapılması gerekmektedir (Küçükaya, 2004).

Taşın içerisindeki nem içeriği ve nem dağılımı sadece dış çevre şartına bağlı olmayıp, malzemenin porozitesi, kompozitesi, gözenek yapısı ve nem geçmişi gibi karakteristik özelliklerine de bağlıdır.

Hava Kirliliği: Meteorolojik faktörlere bağlı olan hava kirliliği malzemede kirli bir tabakanın ve asit yağmurlarının oluşmasına neden olmaktadır. Farklı ayrışabilirlik özelliklerine bağlı olan taşlarda yüzeysel bozulma, kırıntılanma, tozlaşma, kabuklanma, çiçeklenme, plaklar halinde ayrılmalar görülebilmektedir (Torraca, 1988).

1.2.4. Canlılara Bağlı Bozulma Nedenleri

Yanlış Restorasyonlar: Yanlış yerde kullanılan ya da yanlış seçilmiş taş kısa süre içerisinde orijinalliğinden uzaklaşarak kötü duruma gelebilir. Ayrıca koruma amacıyla taşta sürülen yüzey koruyucular da malzemeyi bozmaktadır. Bir arada kullanılan malzemelerin birbirleriyle uyumu çok önemlidir. Kimyasal bileşimi ve mekanik mukavemetleri uyummayan malzemeler hem çevreye hem de malzemenin kendisini olumsuz yönde etkilemektedir. Seçilen taşın harç ile uyumlu olmaması yenilenen derzlerin yanlış bir şekilde detaylandırılması, derz yerlerinden taşın aşınmasına ve dökülmesine yol açarak fiziksel bir aşınma meydana getirir (Küçükaya, 2004).

Bitkisel Organizma ve Hayvanların Sebep Olduğu Bozulmalar: Taş yüzeyinde ince bir tabaka oluşturan likenler ve karayosunları, rüzgarla gelen toz, bitki lifleri, tohumlar, böcek ölümleri, hayvan atıkları gibi organik kalıntılar biyolojik bozulmalara neden olurlar.

Bu bozulmaların ayrıntılı bir şekilde tanımlanması ve diğer tahrip edici faktörlerden ayırt edilmesi gerekir (Dannin, 1992).

1.3. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

Topkapı Sarayı'nın geçmiş dönem yaşantısını ve alışkanlıklarını yansıtan ve o dönemle ilgili bilgiler edinilmesine olanak sağlayan bahçelerinin korunmasına yönelik detaylı bir şekilde literatür taraması yapılmıştır. Bu literatür taramasında Topkapı Sarayı başta olmak üzere diğer önemli yapılar ile ilgili çalışmalar incelenmiş, bu bilgiler ışığında temel veriler elde edilmiştir.

Akbulut (2006), çalışmasında tarihi yapıların korunması ve onarımında malzeme özellikleri ile ilgili kaynak araştırmaları yapılmış, tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesinde kullanılan kireç harçlarının, yapıdaki özgün malzeme ile uyumlu olması için fiziksel ve mekanik deneyler araştırılmıştır. Deneysel çalışmada silis esaslı kum, tuğla kırığı olarak iki farklı agrega, bağlayıcı olarak kireç, silis dumanı, uçucu kül, yüksek fırın cürufu, tuğla tozu gibi puzolanik özelliği olan 4 farklı malzemeler kullanılmış, kum ve tuğla kırığı agrega için lifli ve lifsiz olmak üzere farklı karışımlarda harç numuneleri üretilmiştir. Laboratuvar ortamında harç numuneleri üzerinde, malzeme özelliklerinin belirlenmesi için fiziksel, mekanik deneyler uygulanmıştır. Deney sonuçlarından elde edilen verilere göre harç seçimi için öneriler geliştirilmiştir.

(Akın & Öztürk, 2021) 2017-2021 yılları arası Bodrum Kalesinin kazı çalışmalarında kısmen de olsa ulusal ve uluslararası koruma ilkeleri çerçevesinde özgün yer döşemesine ulaşılmıştır. Günümüzde ise zemin yükseltilmiş ve ulaşılan özgün yer döşemeleri kullanılmamıştır. Yapılara girişin kolay sağlanması için kazılar sonucunda ortaya çıkan küçük yapı duvarları korunacak bir şekilde kotlar yeniden ayarlanıp ahşap yürüyüş yolları yapılmış, kaleye ait avlular arası geçiş ise kayrak taşı ile döşenmiştir. Yükseltelen avlu yer döşemeleri yapılar ile sur duvarları arasındaki ilişkiden tahmin edilmektedir. İç mekânlara ait döşemeler özgün değildir. Özgün döşemeye çok az sayıda rastlanılmıştır. Hamam yapısının döşemeleri korunmuştur. Bu döşeme dışındaki tüm döşemeler sökülerek onaylı projeye göre yeni öneriler doğrultusunda düzenlenmiştir. Proje kapsamında onaylanıp kabul edilen yer döşemesi, harçlı çakıl üzeri bazalt taş kaplama olarak yapılmıştır. Bilim Kurulu kararları doğrultusunda taş ve yapıya en uygun bir şekilde derz içerikleri esas alınıp numuneler üzerinden oranlarla

oyunarak 1,5 ölçek kireç taşı tozu, 1 ölçek elenmiş andezit, 2 ölçek kum, 0,5 ölçek tuğla kırığı, 1.5 ölçek hidrolik kireç 1 ölçek kaymak kireç yer döşemesine özgü harç üretilmiştir.

Akman (2003), Neolitik döneme ait kazılarda ortaya çıkarılan Yiftah-El ve Ürdün'ün Eriha şehrinde çok yüksek dayanımlı, iyi sıkışmış, parlak taban döşeme harçlarına rastlanılmıştır. Harçlar üzerinde yapılan mineralojik ve petrografik analizlerde kireç, puzolanik toprak, pişmiş kil, kum ve çakıl içerdiği ortaya çıkarılmıştır. Benzer nitelikteki harçlara Girit, Rodos, Kıbrıs Adaları ve Teselya'daki Miken Uygarlığı'nda da ulaşılmıştır.

Altınbıçak (2012), incelenen yazılı belgeler doğrultusunda 1574 yangını sonrası, mutfak avlusu Mimar Sinan tarafından İkinci Avlu 'ya doğru 1,85 m genişletilmiş, batı cephesinin mutfak personeline ait koğuşlar yeniden yapılmıştır. Mutfakların 1766 onarımından sonraki durumu III. Dönem restitüsyon önerisinde gösterilmektedir. Bu dönemin arşiv belgelerine göre mutfakların depremde önemli derecede hasar gördüğü ve deprem sonrası yapılan onarımlarda kubbe ve kemerlerin yenilendiği bilgisine ulaşılmıştır. Topkapı Sarayı 1766 onarımından 1939–1944 onarımına kadar ilk olarak kısa sürelerle, yüzyıl ortasında tamamen terk edilerek sadece özel törenlerde kullanılmıştır. 1894 depremi sonrası onarıma muhtaç olan saray mutfaklarının taşıyıcı sistemi ve malzemesinde bazı değişiklikler yapılmıştır. 2009–2011 yılları arası Sarayı mutfaklarının en son kapsamlı restorasyonu yapılmıştır. Yanlış müdahalelerin izlerinden yola çıkılarak özgün olmayan ekler kaldırılmış, yapının özgün mimari özelliklerini yansıtan elemanların korunmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır.

(Boke & Uğurlu, 2009) Hamamlarda kullanılan ve içeriğinde tuğla bulunan kireç harçlarının, sıcak ve nemli ortamlara dayanımlarının incelendiği bir çalışmada, AFM analizleri, fiziksel analizler ile petrografik analizler olarak da SEM-EDX, XRD analizleri yardımıyla harçların hidrolik özellikleri tespit edilmiştir.

(Uğurlu & Boke, 2010) yapılan çalışmada düşük yoğunluğa ve yüksek porozite değerlerine sahip olan Roma dönemi horasan harçlarının yoğunluğunun 1.1-1.6 gr/cm³, porozitesinin %30-49, Osmanlı dönemi horasan harçlarının ise yoğunluğunun 1.2-1.7 gr/cm³, porozitesinin de %31-54 olduğu belirlenmiştir.

Budak (2005), 14. yüzyılda İzmir'de inşa edilmiş hamam ve mescite ait harçların fiziksel, kimyasal, mekanik ve petrografik özelliklerinin tespit edildiği çalışmada, bu

yapıların onarımında kullanılabilen harç önerilerine yönelik, puzolanik malzeme olarak ısıtılma işlem görmüş ve ısıtılma işlem görmemiş kil, standart kum ile kireç harçları hazırlanmıştır. Üretilen harçlar üzerinde analizler yapılarak elde edilen verilere göre sonuçlar karşılaştırılmış ve öneriler getirilmiştir.

Büyükmihçi, Kozlu, Kılıç & Karahan'a göre (2015) 14. yüzyılın sonlarına doğru tarihlenen Kayseri ili sınırları içinde kalan Çepni'ye ait zemin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, yapı çevresinde ve iç mekânda araştırma kazıları yapılarak 8 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj araştırmaları sonucunda yapının özgün döşeme kaplamalarına yönelik verilere ulaşılmamıştır. Bu nedenle mimari karşılaştırma yöntemi benimsenerek yer döşeme kaplaması olarak sal taşı, harç karışımı olarak da 0,5 ölçek kireç, 8 ölçek 8 mm elek altı temiz dere kumu, karışımda uygun kıvamı sağlamak için 3.0-3.5 ölçek su ve harcın dayanımını arttırmak için de %2-3 oranında akrilik Primal AC 33 katkısı ilave edilerek yer döşemesi harç önerisi getirilmiştir.

Canbaz & Güler, (2017) Tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesinde restorasyon harçları olarak horasan harcı kullanılmaktadır. Kireç türünün horasan harcı özelliklerine etkisini incelemek için yapılan çalışmada kaymak kireç ve hidrolik kireç olmak üzere iki farklı tür bağlayıcı kullanılarak horasan harç numuneleri üretilmiştir. Üretilen numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla numuneler üzerinde birim ağırlık, ultrases geçiş süresi, eğilme ve basınç deneyleri yapılmış, deneyler sonucunda yağlı kireç ile üretilen numunelerin özelliklerinin daha iyi olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Caner, Demirci & Türkmenoğlu'na göre (1985) Divriği Ulu Cami'ye ait dolomit taş duvarların derzleri çimento ile onarıldığı için taşlarda tuzlanma etkisiyle bozulmalar mevcuttur. Bozulan taşlar tespit edilmiş, yapıdan alınan örnek numuneler üzerinde ince kesit, XRD ve kimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda magnezyum sülfatın hidratlaşması, bozulmaların nedenini ortaya çıkarmıştır.

Cenry, Kunca, Vratislav, Drchalova & Rovnanikova'a göre (2006) puzolanik malzemelerin kireç harçlarına eklenmesi ile harcın mekanik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, kireç harcının içerisine Quartz kumu, öğütülmüş tuğla, öğütülmüş cam tozu ve metakaolin karıştırılarak yeni harçlar üretilmiştir. Elde edilen harç numuneleri üzerinde deneysel çalışmalar yapılmış, sonuç olarak kireç harcına eklenen puzolanik malzemelerin mekanik dayanımlarına olumlu yönde etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Cevahir (2019), köprülerde dış etkilerin en çok zarar verdiği ve en çok aşınan kısım döşemelerdir. Bu nedenle döşemelerde aşınma yüzdesinin en az olduğu taşlar tercih edilmelidir. Döşemelere ait kullanılacak malzemelerin seçimi oldukça önemlidir. İlk olarak; tespit edilen taşın özgün olması, sertlik derecesinin, don zayıatlarının, su emme oranının yapılan deneylerde iyi sonuç vermesi gerekir. Harç içeriğinde kullanılan puzolanik katkının özgün olması, dış etkilere karşı dayanıklılığı için katkı malzemesi ilavesi yapılmalıdır. Aksi halde bu yapı malzemeleri zamanla çatlayıp, parçalanarak yok olurlar.

Charola (1981), çimento harcı ile onarım yapılan bir çalışmada yapıya ait malzemeler SEM görüntüleme ve XRD analizleri ile incelenmiş, yapı malzemesi olarak kullanılan çimentonun zararlı etkileri saptanmıştır.

Çapar (2019), Edirne'nin Süloğlu ilçesindeki taş ocağından temin edilen küfeki taşı Mimar Sinan'ın Selimiye Cami'sinde kullandığı taş türüdür. Günümüzde ise Lüleburgaz'ın Pınarhisar ilçesindeki taş ocağından temin edilen küfeki taşı restorasyon çalışmaları kapsamında kullanılmıştır. Küfeki taşının özelliklerinin belirlenmesi için deneyler belirlenip, deney programı oluşturulmuş ve laboratuvar ortamında fiziksel analizler, mekanik analizler ve durabilite (dayanıklılık) analizleri yapılmıştır. Küfeki taşlarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için numunelere birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, kılcallık, buhar geçirgenliği gibi deney yöntemleri uygulanmıştır. Daha sonra çıkan sonuçlar arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Daş (2018), 1517 yılında inşa edilen Akhisar Gülruh Sultan Camisi Koruma Kurulu kararları ile özgün halinin tespiti için kazı ve temizlik çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalardan elde edilen verilerden yola çıkarak restorasyon projesi hazırlanarak önerilerde bulunulmuştur. Akhisar Gülruh Sultan Camisine ait avlunun özgün yer döşemesi kaplamasına ilişkin veri elde edilemediği için çevre düzenlemesi kapsamında değerlendirilerek, uygun çiçeklikler bırakılarak yer döşemesinin doğal taş ile kaplanması uygun görülmüştür.

Faria, Henriques, & Rato 'ya göre (2008) kireç türlerinin araştırıldığı bir çalışmada, Portekiz'de bulunan tarihi yapıların onarım harçlarında kullanılabilecek bağlayıcı: agrega oranı 1:2, agrega olarak standart kum olarak 3 farklı harç örneği üretilmiştir. Bu harçlardan birinde toz hidrate kireç, ikincisinde 10 ay suda bekletildikten sönmüş kirecin kurutulduktan sonra kireç kaymağının öğütülmesiyle elde edilmiş kireç,

üçüncüsünde de 16 ay suda söndürülmüş kireç kaymağı kullanılmıştır. Üretilen suda söndürülmüş kireç harçlarının mekanik dayanımı toz hidrate kireçlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Gür (2019), Tarihi eser yapıların onarımında kullanılmak üzere puzolan katkılı hidrolik kireç esaslı onarım harcı üretilme olanaklarının araştırılmasında doğru malzemelerin seçimi için literatür araştırmaları ve ön deneyler ortaya çıkarılmıştır. Puzolan seçimi için, doğal puzolanlardan volkanik tüf, perlit ve pomza; yapay puzolanlardan ise genişletilmiş perlit, metakaolen ve tuğla tozu yapılmıştır. Hidrolik kirecin seçiminde de piyasada bilinen ve kolay bulunabilen bağlayıcı dört farklı hidrolik kireç katkılı harç numuneleri üretilmiş, numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik testler uygulanarak bulgular karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Holmstrom (1981), İskandinavya'da gerçekleştirilen çalışmasında tarihi binalarda onarım esnasında mevcut kireç harçlarının yerine Portland çimentosu, sentetik reçine gibi karışımlar kullanılmış, üretilen harçların düşük ısı ve yüksek neme dayanıksız olduğu, yeterince esnek ve geçirgen olmadığı ortaya çıkarılmıştır. Özgün malzemeye yakın nitelikte onarım karışımlarının hazırlanabilmesi için de orijinal harçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Yapıya zarar verilmeden yeterli büyüklükte örnek numune alınmadığından dolayı özgün harç örnekleri doğru bir şekilde tespit edilememiştir. Ancak, hazırlanan özgün nitelikli yeni harç denemelerinin çimento içerikli harçlardan daha iyi sonuçlar elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Kiraz (2019), Topkapı Sarayı inşa edildiği günden beri çeşitli eklentiler, genişletmeler ve onarımlardan geçerek günümüzdeki durumuna gelmiştir. Cumhuriyet döneminde gerçekleştirilen restorasyonlara ait arşiv araştırmaları yeterli düzeyde yapılamadığı için de günümüzdeki çalışmalara gerektiği kadar ışık tutamamıştır. Topkapı Sarayı müze olana kadar deprem, yangın ve bakımsızlık birçok tehlikeyle karşılaşmıştır. Müze olarak kullanılmaya başlayınca da kullanım amacına uygun olarak sarayın birçok bölümlerinde restorasyon çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. 1930 yılı sonrası günümüze kadar farklı dönemlerde restorasyon çalışmaları yapılmıştır. Osmanlı ve Cumhuriyet döneminde farklı uygulamalar ve malzemelerle koruma ve onarım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Uzmanlar tarafından yapılan restorasyon çalışmalarında sarayın özgün durumu korunmaya çalışılmıştır. Ancak, çimento yapı malzemesinin onarımlarda kullanılması ve yapıya ait malzemelerin analizleri yapılmadan uygulamaya geçilmesi sarayı oluşturan tarihi yapılarda sorunlar oluşturmuştur.

Kozlu (2010), volkanik malzemeleri ile zengin potansiyele sahip Kayseri'nin Selçuklu, Roma, Osmanlı, Bizans Dönemi'nde inşa edilmiş 15 yapısı belirlenip, bu yapılara ait duvar örgü ve sıva harç örnekleri alınmıştır. Alınan örnek numuneler üzerinde fiziksel, kimyasal, mekanik ve petrografik analizler gerçekleştirilerek orijinal bileşimleri saptanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda yapıların restorasyonunda kullanılacak onarım harç önerileri geliştirilmiştir.

Lewin (1981), kireç, çimento, kum ve puzolan kullanılarak farklı türlerde harçlar üretilmiş, üretilen harçların mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek için SEM fotoğrafları çekilerek XRD analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler üretilen harçların karakterizasyonunu belirlemede katkı sağlamıştır.

Mavioğlu (2011), Farklı puzolanik katkı ile hazırlanan horasan harçlarının değişen parametrelerinin incelenmesi başlıklı çalışmasında restorasyon uygulamalarında beyaz çimento içerisine pembe boya katılarak horasan harcı yerine kullanılan harçlar geri dönüşü olmayan hatalı uygulamalar sonucunda özgün malzemenin yok olmasına bozulmasına neden olduğunu belirtmiştir. Koruma amaçlı üretilen farklı katkı madde içerikli üç farklı horasan harçlarının laboratuvar ortamında analizleri yapılmıştır. Karışım bileşenlerine ve oranlarına göre üretilen harçlar üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, puzolanik özelliklerinden dolayı tuğla kırıkları, hidrolik özellik gösterdikleri, düşük yoğunluklu ve yüksek dayanımlı harçlar olduklarını ortaya çıkarmıştır. İnce öğütülmüş iki farklı puzolanik katkı malzemelerinin katılmasıyla hazırlanan harçlarda mukavemetin daha hızlı artması ve bazı yapısal özelliklerinin de iyileştiğini belirlemiştir.

Moropoulou, Labropoulos, Moundoulas & Bakolas'a göre (2006) Kiev'de yer alan Bizans kilisesi üzerinde yapılan bir çalışmada, tarihi yapıların depreme karşı dayanıklı olmasının nedeninin tuğla tozu ve kireç karışımı harçlara bağlı olduğu, yapıda kullanılan bu harçların dayanım gücünün yüksek olması nedeniyle de tuğla tozu ve kireç bağlayıcılı harçların bileşimleri ve dayanım güçleri belirlenmiş, yapının depreme karşı dayanımı değerlendirilmiştir.

Oates (1998), 7000- 14.000 yıl öncesi tarihlenen sit alanına ait Çayönü'ndeki kazılarda terrazzo yer döşemesinin kireç harcı ile yapıldığı saptanmıştır. 1960'larda yapılan bir kazı çalışması sonucunda da 8000 yıl öncesine dayanan bir tarihte kireç harcının kullanıldığına dair kesin kayıtlara ulaşılmıştır. Lepinski Vir'de bulunan bir zemine ait harç karışımının da kireç, kum, kil ve sudan oluştuğu ortaya çıkarılmıştır.

Ousterhout (1999), Bizans harçlarının analiz sonuçlarında kaymak kireci (hava kireci) bağlayıcısı ile tuğla kırığı ve tuğla tozu arasında zamanla gelişen bir kimyasal reaksiyon oluşur ve beton gibi sert bir malzemeye dönüşür. Bizans Dönemi'nde puzzolanik aktivite konusunda kesin yargıya varılmasa da o dönemin ustaları tarafından tuğla parçalarının fazla miktarda kullanılmasının bilinmesi bu malzemenin önemini ortaya çıkarmaktadır. Harç üretiminin ilk zamanlarında rötne sonucu deformasyonlar olsa da 30 gün sonra harcın dayanıklılığı artmaktadır.

Özgen (2012), organik katkı malzemelerinden arpa suyu, dişbudak ağacı yaprağı suyu ve yumurta akı harç örneklerinde kullanılmış ve harca etkisinin olup olmadığını saptamak için de İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü denetiminde yapılan onarım çalışmalarından örnekler verilerek mekanik deneyler yapılmıştır. Yapılan çalışmada arpa suyu ve yumurta akının harç dayanımına göz ardı edilecek kadar etkisinin olduğunu, ancak Bizans yazmalarında anlatılan ve Ayasofya'nın yapım aşamasında kullanılmış dişbudak ağacı yaprağı suyunun basınç dayanımına %20 oranında katkı sağladığı tespit edilmiştir. Tarihi eserlerde yapılan çalışmalardan elde edilen deneysel veriler kadar yazılı kaynakların da bize yol gösterici olması önemlidir.

(Schafer, 1932; Lea, 1970; RILEM, 1978; Charola, 1981; Berlucchi, 1995; Akbulut, 2006; Toumbakari, 2009). çalışmalarında onarımlar için kullanılacak olan harçlara ait ham maddelerin araştırıldığı, çimento ve uygun koşulları sağlamayan ham maddelerin özgün yapı malzemesine vermiş olduğu zararlar ve harcın fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerine etkilerinin araştırılması yapılmıştır.

(Papayianni & Stefanidou, 1997) Selanik'te yer alan Osmanlı dönemi yapılarına ait örnek harç numunelerinin bileşim oranları ile içerikleri tespit edilmiş, onarımlarda uygulanabilecek harçlar için önerilerde bulunulmuştur.

Peroni (1981), yapılan çalışmada tarihi yapılarda kullanılan çimentonun doğal malzemeye verdiği zararlar belirtilmiş, kireç harçları, kireç-çimento karışımı harçları ve kireç-puzolan karışımı harçlarının özelliklerinin tespit edilmesi için ICCROM tarafından 1979-1981 tarihleri arasında gerçekleştirilen çalışmalarda yapılması gerekli analizler anlatılmış, sonuçları ile yayınlanmıştır.

Vicat (1997), kireç harçları ve hidrolik harçlar ile puzzolanik katkıların kireç harcına sağladığı olumlu etkiler incelenmiş, uygulamaya yönelik uygun kireç/agrega oranları ortaya çıkarılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

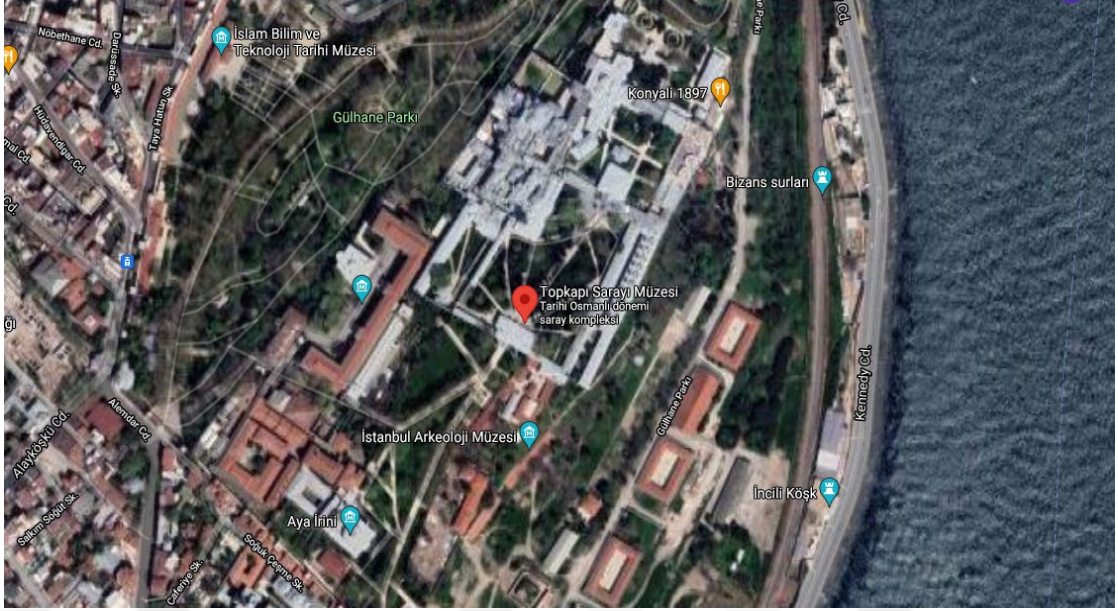
2.1.1. Topkapı Sarayı Müzesinin Yeri ve Konumu

İstanbul'da yer alan, günümüze ulaşabilmiş tarihi saraylardan en eskisi ve en geniş olan Topkapı Sarayı; kentin doğusunda, Ayasofya Cami'nin yanından başlayarak, Sarayburnu Yarımadasında yer alan, İstanbul'un ilk kuruluş yeri olarak bilinen Haliç'i, Boğaziçi'ni ve Marmara Denizi'ni gören Akropol tepesinde konumlandırılmıştır.



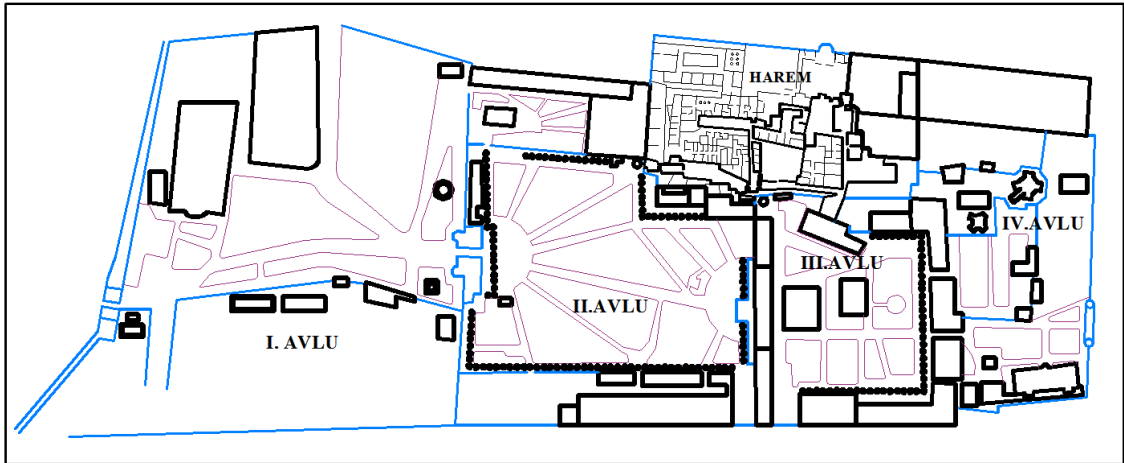
Şekil 2.1. Topkapı Sarayı Müzesinin genel görünümü.

Topkapı Sarayı, güneyinde Sultanahmet Meydanı, Ayasofya Meydanı ve Divan Yolu Caddesi, güneybatısında Adliye binasının bulunduğu Binbirdirek Mahallesi, doğusunda Cankurtaran Senti ile çevrelenmiştir. Sultanahmet Cami, Ayasofya Müzesi Cami, İbrahim Paşa Sarayı, İstanbul Arkeoloji Müzesi, Alman Çeşmesi, Yerebatan Sarnıcı ve Gülhane Parkı ise günümüzde sarayı çevreleyen ve ziyaretçi yoğunluğu taşıyan önemli tarihi yapılardır. (Şekil 2.1) Topkapı Sarayı Müzesinin genel görünümü, (Şekil 2.2) yapının konumu ve uydu görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Topkapı Sarayı Müzesinin konumu ve uydu görüntüsü.

Topkapı Sarayı üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar; Birun (dış saray), Enderun (iç saray) ve Harem (Harem-i Hümayun) bölümleridir. Birun bölümünde birinci ve ikinci avlu, Enderun bölümünde üçüncü ve dördüncü avlular yer almaktadır. Saray Bâb-ı Hümayun, Bâbüssem ve Bâbüssaade denilen 3 ana kapı, dört avlu, harem ve has bahçeden meydana gelmektedir (Koçu, 2015). Etrafı da “Sur-i Sultani” denilen ve toplamda 1400 metre uzunluğunda yüksek duvarlarla çevrilmiştir (Takıl 2018). (Şekil 2.3) gösterildiği üzere Topkapı Sarayı Müzesinin yerleşim planı verilmiştir.



Şekil 2.3. Topkapı Sarayı Müzesinin yerleşim planı.

Topkapı Sarayı tek bir yapı olmayıp, her dönemde yapılan eklemelerle dört avluyu çevreleyen köşkler, kasırlar, camiler, kütüphaneler, devlet daireleri, mutfaklar, harem dairesi, Aya İrini Kilisesi gibi yapı topluluğunu oluşturarak günümüz mevcut durumuna getirilmiştir.

2.1.2. Topkapı Sarayı Müzesinin Tarihçesi

İstanbul'un fethinden sonra 1460-1478 yılları arasında Fatih Sultan Mehmet tarafından inşa ettirilen Topkapı Sarayı yaklaşık 400 yıl boyunca Osmanlı imparatorluğunun yönetim merkezi ve padişahların yaşam alanı olarak kullanılmıştır. Topkapı sarayının ilk yapılaşma süreci Fatih döneminde başlamış, her padişahın eklediği yapılarla yapı kompleksi içinde varlığını sürdürmüştür (Sözen,1990). Topkapı Sarayı'nın inşası, Saray surları ve Sultanahmet yönündeki Bab-ı Hümayun kapısının yapımı ile tamamlanmıştır. Sultanların eklediği yapılarla büyüyen saraya, 19. yüzyılda Abdülmecid tarafından son yapı olan Sultan Mecidiye Köşkü yaptırılmıştır. Topkapı Sarayı'nda Fatih Sultan Mehmet döneminden Abdülmecid dönemine kadar bütün padişahlar ikamet etmiş, saray 1924 tarihinden itibaren de müze olarak varlığını sürdürmektedir (Atasoy, 2002).

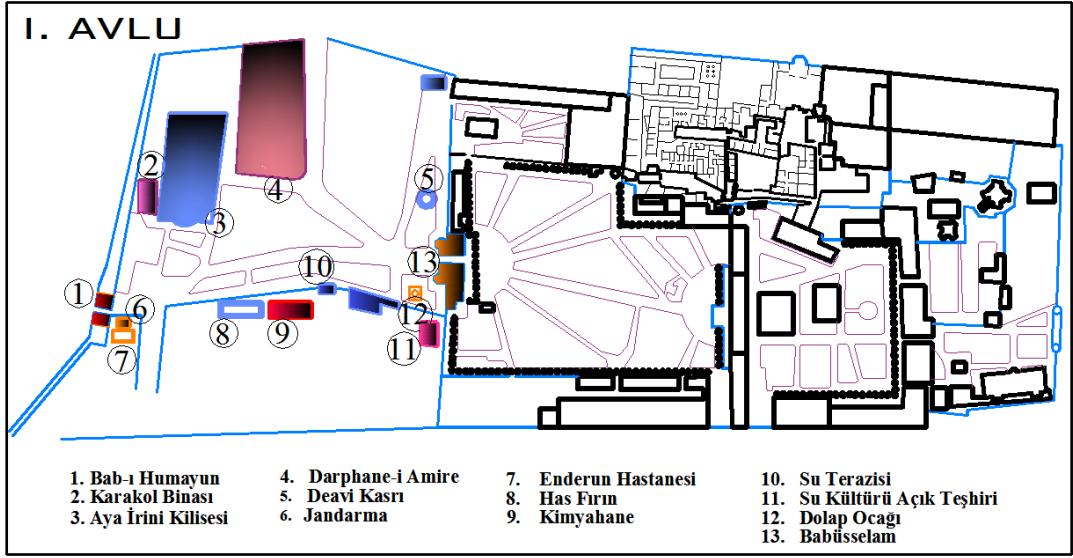
2.1.3. Topkapı Sarayı Müzesinin Avluları

2.1.3.1. I. Avlu (Alay Meydanı)

Bab-ı Hümayun'dan geçerek sarayın I. Avlusuna girilir. Buraya aynı zamanda "Yeniçeri Avlusu" da denilir. Halka açık olan I. Avlu, sarayın hizmet alanı olarak nitelendirilmektedir.

Sarayın ana girişi Bab-ı Hümayun'dan geçerek depoların, muhafızların ve diğer hizmet yapıtlarının bulunduğu, divana gelen vezirler ve sultanı ziyarete gelen elçilerin alaylarının geçtiği, saraylılarca ata binilen bir mekân olan I.Avlu (Alay Meydanı) sarayın dışı ile içi arasında geçişi sağlayan açık alan konumundadır (Kuban, 1994).

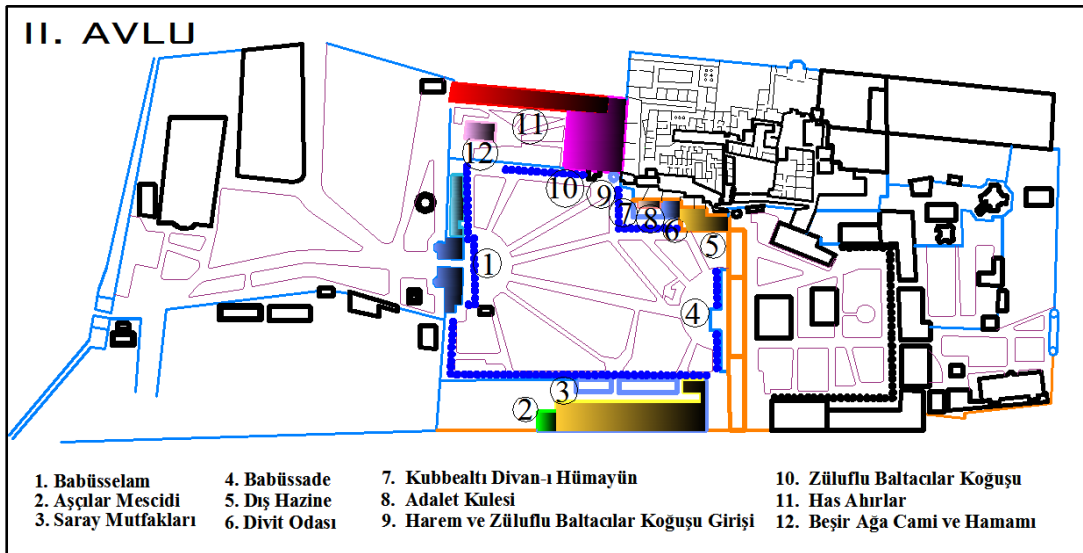
I. Avlu'da Karakol Binası, Aya İrini Kilisesi, Darphane-i Amire Deavi (davalar) Kasrı Jandarma Enderun Hastanesi (günümüze ulaşmamış), Has Fırın (günümüze ulaşmamış), Kimyahane (günümüze ulaşmamış), Su terazisi, Su Kültürü Açık Teşhiri, Dolap Ocağı yer almaktadır. (Şekil 2.4) gösterildiği üzere I. Avlu'nun yerleşim planı verilmiştir.



Şekil 2.4. I. Avlu yerleşim planı.

2.1.3.2. II. Avlu (Divan Meydanı)

Babüselam'dan geçilen II. Avlu devlet yönetiminin gerçekleştiği avludur. Burası devlet ve hükümetin yönetim merkezidir. Önemli merasimlerin yapıldığı bir alandır. Sarayın asıl tören avlusu olan Divan Meydanı, dış ilişkilere açık son bölümdür (Çaçur, 1999). II. Avlu'da Babüselam, Aşçılar Mescidi, Saray Mutfakları, Babüssade, Dış Hazine, Divit Odası, Divan-ı Hümayün (Kubbealtı), Adalet Kulesi, Harem ve Zülüflu Baltacılar Koğuşu Girişi, Zülüflu Baltacılar Koğuşu, Has Ağrılar, Beşir Ağa Cami ve Hamamı yer almaktadır (Seçkin, 2000). (Şekil 2.5) gösterildiği üzere II. Avlu'nun yerleşim planı verilmiştir.

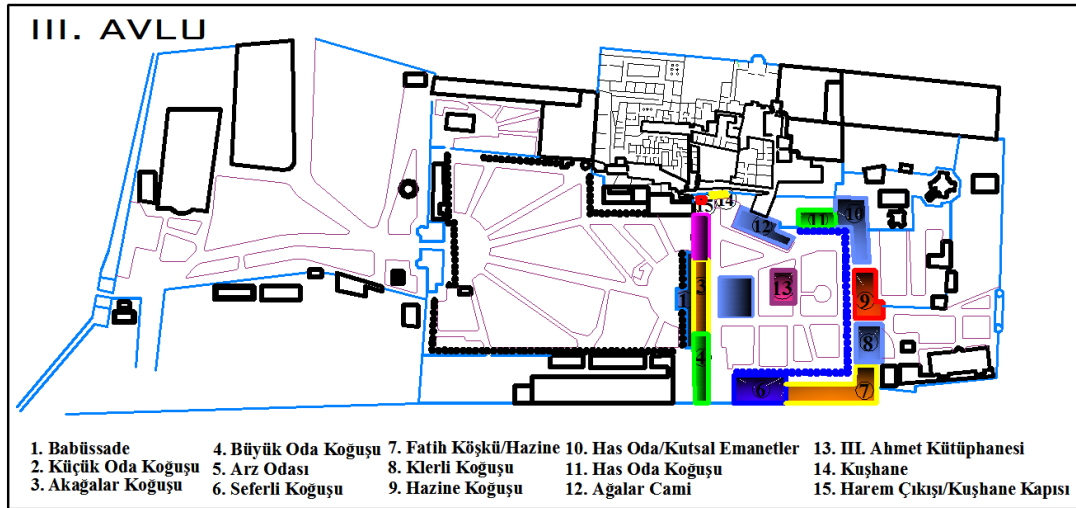


Şekil 2.5. II. Avlu yerleşim planı.

2.1.3.3. III. Avlu (Enderun Avlusu)

Bâbüssaâde'den girdikten sonra Enderun bölümü başlar. Enderun padişah ve hizmetindekilerin yaşadığı, saray eğitimlerinin yapıldığı koğuşların mekânların olduğu bölümdür (Kiraz 2019).

II. Avlu'dan Bab-üs Saadat kapısıyla sarayın özel kısmının bulunduğu III. Avlu Enderun Meydanı'na geçilir. Enderun bölümü padişah ve hizmetindekilerin yaşadığı, saray eğitimlerinin yapıldığı koğuşların mekânların olduğu bölümdür Yaşama ünitelerinin başladığı bu avlu kare biçimindedir. Avluda yer alan binalar sultanın özel yaşamına ilişkindir. Daha çok konut amaçlı olup bu binalar avluya ve dışa açık planlanmış köşk yapıları şeklindedir (Seçkin, 1990). Binalar eklenerek büyüyen, konutlarla çevrili bu avlu hem ikamet görevi üstlenmiş hem de Enderunların eğitim alanı olmuştur. Babüssade, Küçük Oda Koğuşu, Akağalar Koğuşu, Büyük Oda Koğuşu, Arz Odası, Seferli Koğuşu, Fatih Köşkü/Hazine, Kilerli Koğuşu, Hazine Koğuşu, Hazine Koğuşu, Has Oda/ Kutsal Emanetler, Has Oda Koğuşu, Ağalar Cami, III. Ahmet Kütüphanesi, Kuşhane, Harem Çıkışı/Kuşhane Kapısı yer almaktadır (Penzer, 2000). (Şekil 2.6) III. Avlu'nun yerleşim planı verilmiştir.

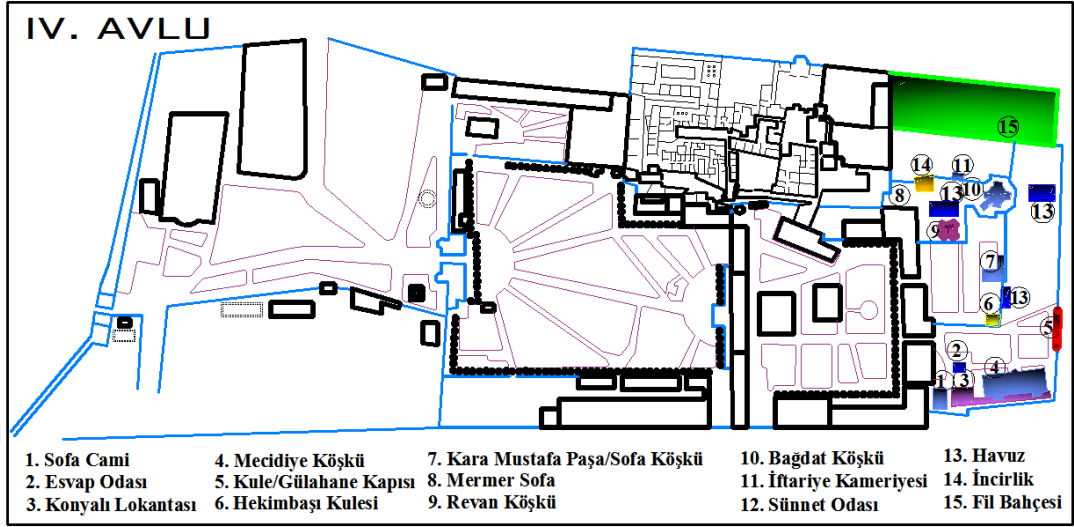


Şekil 2.6. III. Avlu yerleşim planı.

2.1.3.4. IV. Avlu (Köşkler Bahçesi)

Sarayın en arkadaki son bahçesidir. Buraya III. Avlu'dan merdivenli üç dar geçitten girilmektedir. Bu bölüme giriş için iki geçit ise sonradan açılmıştır. Köşkların yer aldığı ve bahçeler topluluğu olan bu bölüm IV. Avlu "Köşkler Bahçesi" olarak adlandırılmaktadır. Bu bölümde Sofa Cami, Esvap Odası, Mecidiye Köşkü, Kule Gülhane Kapısı, Hekimbaşı Odası, Kara Mustafa Paşa Köşkü –Sofa Köşkü, Mermer

Sofa, Revan Köşkü, Bağdat Köşkü, İftariye Kameriyesi, Sünnet Odası, Havuz, İncirlik, Fil Bahçesi yer almaktadır (Aydın, 2005). (Şekil 2.7) IV. Avlu'nun yerleşim planı verilmiştir.



Şekil 2.7. IV. Avlu yerleşim planı.

2.1.4. Topkapı Sarayı Müzesinin Peyzaj Yer Döşemesi Tasarımında Kullanılan Doğal Taşlar ve Bozulma Nedenleri

Fatih Sultan Mehmet tarafından yapımı başlatılan Topkapı Sarayı ve bahçesi, birçok yönden Türk kültürünü özetleyen bir sanat eseridir. Dış bahçelerden avlu konumundaki iç bahçelere geçişi sağlayan saray bahçesi, bir takım avlu komplekslerinin bir araya getirilmesiyle meydana getirilmiş ve kullanım amaçlarına göre özgün bir şekilde bir planlanmıştır (Akdoğan, 1995).

Türk-Osmanlı bahçe düzenleme ilkelerine bağlı olan Topkapı Sarayı, eğimli bir araziye kurulu olduğu için sarayda rahat bir şekilde dolaşmayı sağlayan birkaç basamaklı rampalar yapılmıştır. Gezinti imkanı sağlayan ve önemli noktaları birbirine bağlayan yollar, kullanım amaçlarına göre bağlayıcı ve hareket edici özellikte işlevsellik kazandırılarak farklı döşeme kaplamaları ile tasarlanmıştır (Pamay, 1979).

Topkapı Sarayı'na ait yer döşemeleri önceleri toprak olarak bırakılmış, 1940'lı yıllardan sonra çevre düzenlemesi kapsamında çeşitli doğal taşlar ile kaplanmıştır. Doğal taşlar; sürdürülebilir kültürel değer niteliği taşıyan ve geçmişten günümüze insan hayatında önemli bir yere sahip olmuştur (Yüksel & Eraslan, 2019).

Kültürel miras niteliğinde olan Topkapı Sarayı'nın avluları yerinde incelenmiş olup, günümüz mevcut durumunu gösteren fotoğraflar ile desteklenerek belgelenmiştir.

Yerinde gözlem çalışmaları sonrasında avluların tarihteki ve günümüz mevcut durumu ile ilgili ilişkileri tespit edilmiş, aynı işlevi görüp görmediği araştırılmış, avlularda kullanılan malzemelerin özellikleri incelenerek bakıma ihtiyaç duyup duymadıkları gözlenmiştir.

Topkapı Sarayı'nın yer döşemesi tasarımlarında belirli bir düzene gidilmemiştir. Çevre düzenlemeleri kapsamında yapılan çalışmalarda genel olarak kullanım ömrünün uzun sürmesi, renk ve desen çeşitliliği gibi sebeplerden dolayı doğal taşlar tercih edilmiştir. Topkapı Sarayı'nın I. Avlu'su "Yol Kaplaması ve Toprak Zemin Yeşillendirilmesi" olarak isimlendirilen "I. Avlu Bahçe Düzenlemesi" proje kapsamında biçimlendirilmiştir. Avlunun yedi bin metrekarelik alanına sert zemin, yirmi üç bin metrekarelik alanına da çimlendirme yapılmıştır (Kartal, 2009). Bu uygulama ile avlunun özgün dokusunda farklı bir özellikte görünüm ortaya çıkmıştır (Seçkin 2007). I. Avlu'ya ait yer döşemelerin mevcut durumu çoğunlukla traverten taşıdır. (Şekil 2.8) gösterildiği üzere I. Avlu'ya ait traverten taşı ile kaplanmış yer döşeme örnekleri verilmiştir.



a)



b)

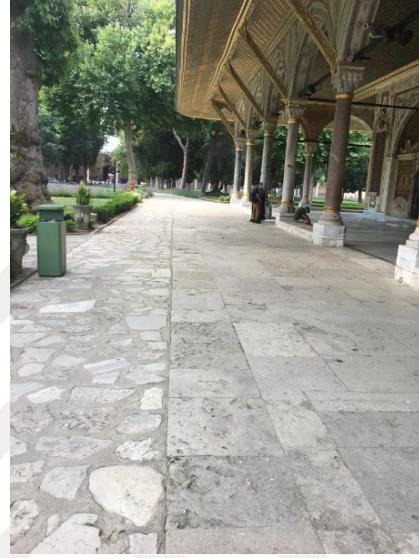
Şekil 2.8.a) I. Avlu b) Bab-ı Hümayun'dan Babüselam Kapısına doğru giden yolda kullanılan traverten taşı yer döşemeleri.

Mermer döşemeler ile ziyaretçileri karşılayan II. Avlu'nun mekânlarına ulaşan ışınsal yollar ve revak altları, doğal taşlar ile kaplanmışken, padişah yolu da beton ile döşenerek farklı bir görüntü ile ortaya çıkmıştır. II. Avlu'nun zemin döşemeleri çoğunlukla farklı yapı malzemeleriyle kaplanmıştır. Mekânlara ulaşan yolların mermer ya da doğal taşlar ile kaplanması, bazı yol ayrımlarında beton plakaların var olması,

yolların birleşim yerlerinde yaratılan uyumsuzluklar, avluya ait yapılan düzenlemelerde estetiklik açısından olumsuz bir görüntü oluşturmuştur. (Şekil 2.9), II. Avlu'daki Babüsselam Kapısının iç kısmı ve II. Avlu'daki Divan-ı Hümayun önü, (Şekil 2.10), II. Avlu'ya ait farklı malzemelerle kaplanan yer döşemeleri, (Şekil 2.11) II. Avlu'nun mutfaklar bölümünün divan yoluna ait küfeki taşı ve farklı malzemelerle kaplanan yer döşemesi örnekleri gösterilmektedir.



a)



b)

Şekil 2.9. a) II. Avlu'daki Babüsselam Kapısının iç kısmına ait farklı malzemelerle kaplanan yer döşemeleri b) II. Avlu'daki Divan-ı Hümayun önüne ait farklı malzemelerle kaplanan yer döşemeleri.

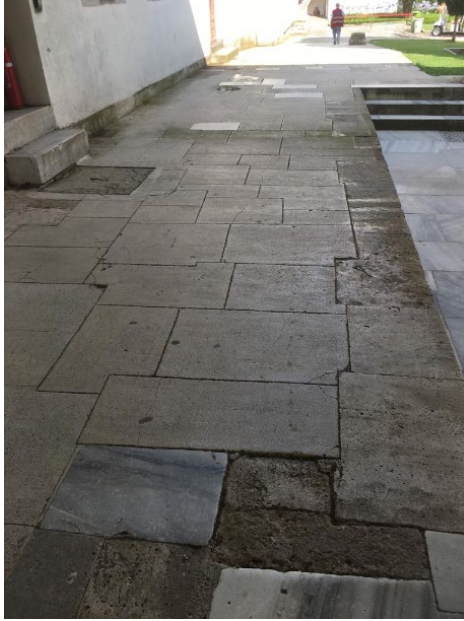


Şekil 2.10. II. Avlu'ya ait farklı malzemelerle yapılan yer döşemesi.

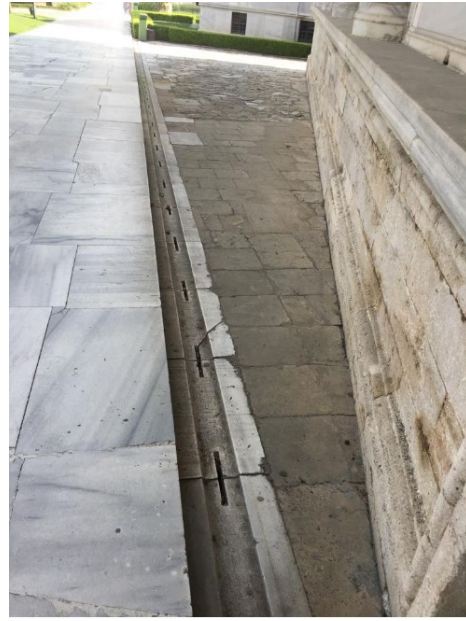


Şekil 2.11. II. Avlu'nun mutfaklar bölümünün divan yoluna ait küfeki taşı ve farklı malzemelerle kaplanan yer döşemesi örneği.

II. Avlu'nun yer döşemelerinde olduğu gibi III. Avlu'da da farklı malzemelerle kaplanmış yer döşemelerine rastlanmaktadır. (Şekil 2.12), III. Avlu'daki Akağalar Koğuşu önü, III. Avlu'daki Arz Odası'nın Ağalar Camii tarafı ve (Şekil 2.13) III. Avlu'ya ait farklı malzemelerle yapılan yer döşemesi örnekleri gösterilmektedir.



a)



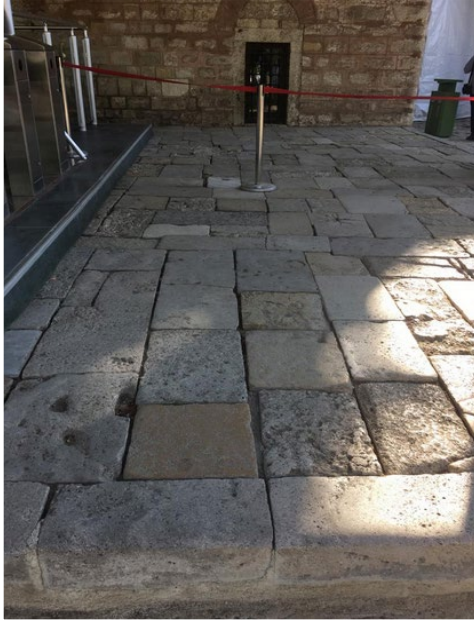
b)

Şekil 2.12. a) III. Avlu'daki Akağalar Koğuşu önü b) III. Avlu'daki Arz Odası'nın Ağalar Camii tarafının farklı malzemelerle kaplanan yer döşemesi.



Şekil 2.13. III. Avlu 'ya ait farklı malzemelerle yapılan yer döşemeleri.

Topkapı Sarayı'nın II. ve III. Avluları'nda yer alan yapıların çevresine ait peyzaj tasarımında çoğunlukla küfeki taşı mevcuttur. (Şekil 2.14) II. Avlu Babüselam Kapısı'nın iç kısmına ait küfeki taşı yer döşemesi, III. Avlu'daki Arz Odası'nın arka tarafına ait küfeki taşı ile kaplanmış yer döşemesi yer döşemesi örnekleri verilmiştir.



a)



b)

Şekil 2.14. a) II. Avlu Babüselam Kapısı iç kısmına ait küfeki taşı yer döşemesi b) III. Avlu'daki Arz Odasının arka tarafına ait küfeki taşı yer döşemesi.

Topkapı Sarayı'nın yürüyüş yollarında, yapıların çevresinde doğal taş olarak kayrak taşı tercih edilmiştir. (Şekil 2.15) II. Avlu'ya ait Has Ahır'lara gidiş yolunun kayrak taşı yer döşemesi, II. Avlu'ya ait revaklara gidiş yolunun farklı malzemelerle yapılan yer

döşemesi, (Şekil 2.16) IV. Avlu'daki Hekimbaşı Köşkü yanına ait kayrak taşı, IV. Avlu'daki Hazine Koğuşu arkasına ait kayrak taşı, (Şekil 2.17) IV. Avlu'ya ait kayrak taşı ile kaplanmış yer döşemesi örnekleri gösterilmiştir.



a)

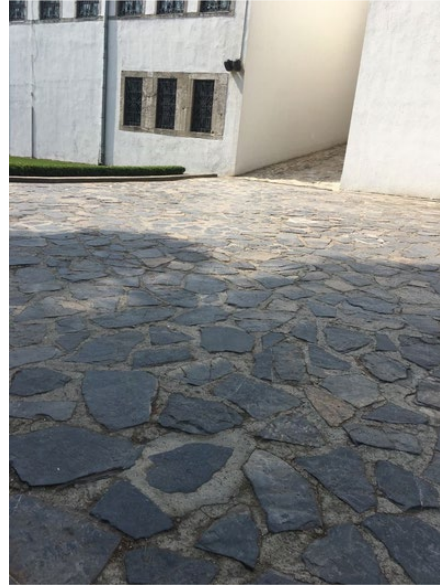


b)

Şekil 2.15. a) II. Avlu'ya ait Has Ahır'lara gidiş yolunun kayrak taşı yer döşemesi b) II. Avlu'ya ait revaklara gidiş yolunun farklı malzemelerle yapılan yer döşemesi.



a)



b)

Şekil 2.16. a) IV. Avlu'daki Hekimbaşı Köşkü yanına ait kayrak taşı yer döşemesi b) IV. Avlu'daki Hazine Koğuşu arkası kayrak taşı yer döşemesi.



Şekil 2.17. IV. Avlu'ya ait kayrak taşı yer döşemesi.

Topkapı Sarayı'nın çevre düzenlemesi kapsamında yapılan peyzaj yer döşemesi tasarımlarında podima taşı da doğal taş türleri arasında yerini almaktadır. IV. Avlu'ya geçişteki revak altı yer döşemesi gri ve beyaz podima taşı ile geometrik desen görünümündedir. (Şekil 2.18) III. Avlu'ya ait siyah-beyaz ve gri-beyaz geometrik desenli podima taşı ile kaplanmış yer döşemesi örnekleri verilmiştir.



a)



b)

Şekil 2.18. a) III. Avlu'daki Kilerli Koğuşu'na ait siyah-beyaz podima taşı yer döşemesi
b) III Avlu'daki Hazine Koğuşu'na ait gri-beyaz podima taşı yer döşemesi.

Topkapı Sarayı'nın avlularına ait yer döşemelerinin büyük bir çoğunluğu marmara mermeri ile tasarlanmıştır. Saraya ait yapıların çevrelerinde, iç mekamlarda ve yürüyüş yollarında doğal taş olarak Marmara mermeri tercih edilmiştir. (Şekil 2.19) III. Avlu'daki Has oda önüne ait marmara mermeri yer döşemeleri ve III. Avlu'daki Arz odası önüne ait marmara mermeri ile kaplanmış yer döşemesi örnekleri verilmiştir.



a)



b)

Şekil 2.19. a) III. Avlu'daki Has oda önüne ait mermer yer döşemeleri b) III. Avlu'daki Arz odası önüne ait mermer yer döşemeleri.

(Şekil 2.20) gösterildiği üzere Topkapı Sarayı'nın üçüncü kapısı olan Babbüssade kapısı önü ve iç kısımlarına ait yer döşemeleri marmara mermeri ile kaplanmıştır.



Şekil 2.20. Babbüssade kapısının girişine ait yer döşemesi.

Doğal taşlar zaman, çevre ve iklim koşulları gibi çeşitli etkiler nedeniyle birtakım bozulmalara maruz kalırlar. Bu bozulmaların etkisiyle zayıflar, sahip oldukları fiziksel ve mekanik özelliklerini kaybetmeye başlarlar (Angı, 2011). Bozulmalara karşı önlem alabilmek için, öncelikle bunların neden kaynaklandığını belirlemek gerekir. Koruma yöntemlerinin belirlenmesindeki en önemli aşama, tarihi eserlerde bozulmaya neden olan etkenler araştırılmalı, yapının sorunları tespit edildikten sonra gerekli müdahalelerde bulunmalıdır (Dal & Öcal, 2017).

Topkapı Sarayı'nın dış mekânlarında kullanılan doğal taşların bir bölümü günümüzdeki korunmuşluk durumları açısından incelendiğinde bunların özellikle atmosferik etkiler (hava kirliliği, yağış, nem ve don etkisi), insan faktörü etkisiyle ayrıştığı ve tahrip olduğu gözlenmektedir. Çeşitli faktörlerin etkisiyle tahrip olan bu doğal taşların onarılması ve yenilenmesi gerekir. Bu doğal taşların özelliklerine (tür, renk, doku, bileşim, dayanım...vb.) bağlı kalarak literatür kaynaklarından elde edilen bilgiler ışığı altında doğal taş türlerinin peyzaj tasarımlarındaki kullanımları incelenmiştir. Esere ait peyzaj yapıları, yer döşemeleri incelenerek fotoğraflarla desteklenmiştir. (Şekil 2.21) taş yüzeyinde atmosferik nedenlerden dolayı renk değişimleri, sehimler meydana gelmiş, hacimce genleşmeye uğrayan malzemelerde su emme ve donma olayı nedeniyle çatlak ve kırıklar oluşmuş yer döşemesi örnekleri verilmiştir.



a)

b)

c)

Şekil 2.21. Yer döşemelerinde meydana gelen bozulmalar a) Renk değişimleri b) Sehimler c) Çatlak ve kırıklar.

Marmara mermeri ile tasarlanmış yer döşemelerinde, (Şekil 2.22) mekanik etkiler sonucunda taşın morfolojik yapısında kırılma ve yüzey aşınmaları, renk değişimleri ve sehim meydana gelmiştir.



a)

b)

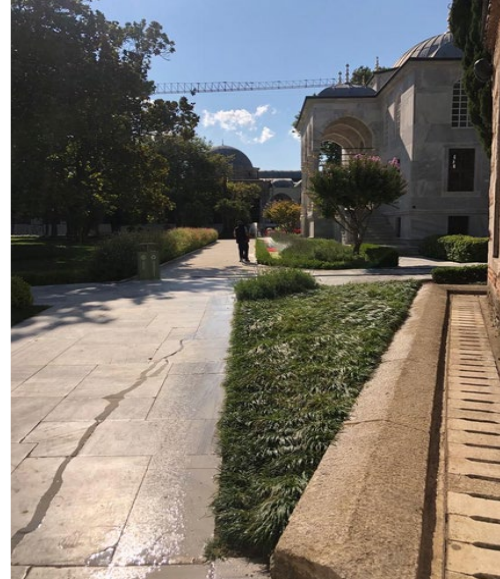
c)

Şekil 2.22. Marmara mermeri yer döşemelerinde meydana gelen bozulmalar a) yüzey aşınmaları b) Renk değişimleri c) Sehimler.

(Şekil 2.23) gösterildiği üzere yer döşemesi doğanın değişik etkileri nedeni ile yıpranmış durumdadır ve sürekli bakım sağlanmazsa da ciddi hasarlar gözlenebilir. Sıcak yaz günlerinde aşırı sıcak karşısında genişmesi, soğuk kış günlerinde de don maruz kalması nedeniyle malzemede yıpranmalar mevcuttur.



a)

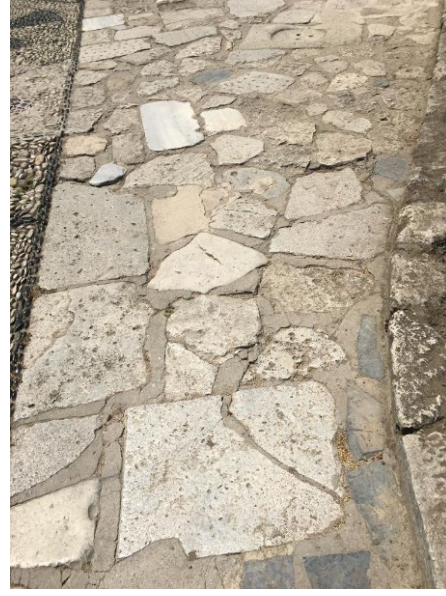


b)

Şekil 2.23. a) Yer döşemelerinde meydana gelen kırılmalar b)Yüzey aşınmaları.



a)

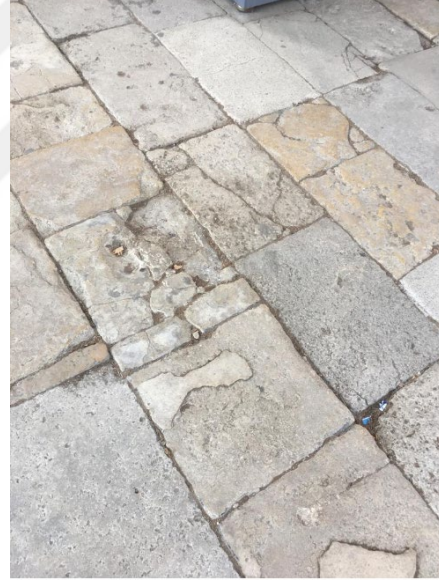


b)

Şekil 2.24. a) Yer döşemelerinde meydana gelen renk değişimleri b)Yüzey aşınmaları.



a)



b)

Şekil 2.25. a) Yer döşemelerinde meydana gelen kırılmalar b)Yüzey aşınmaları.

2.1.5. Topkapı Sarayı Müzesinin Peyzaj Yer Döşemelerine Özgü Alternatif Olarak Üretilen Yer Döşemesi Harçları

2.1.5. 1. Kullanılan Malzemeler

Beyaz Çimento: Özel nitelikli kil ile kireçtaşının birlikte pişirilmesiyle elde edilen beyaza yakın klinkerin bir miktar kalsiyum sülfat ile öğütülmesi sonucu (TS EN 197-1) standardına göre üretilen CEM I 52,5 R beyaz portland çimentosu, Adapazarı Ustalar

Ticaret Ltd. Şti.'den temin edilmiştir. (Şekil 2.26) beyaz portland çimentosuna ait görünüşler verilmiştir.



Şekil 2.26. a) Beyaz portland çimentosu görünüşü b) Deney aşamasında kullanılan beyaz portland çimentosunun ağırlık ölçümü.

Mermer Tozu ve Mermer Pirinci: Kireç taşı olarak bilinen kalsiyum karbonat yani mermer taşı, ocaklardan patlatma yöntemi ile kırılıp öğütülmesi sonucu gerçekleşmektedir. (Şekil 2.27) Mermer tozu ve mermer pirinci görünüşleri verilmiştir.



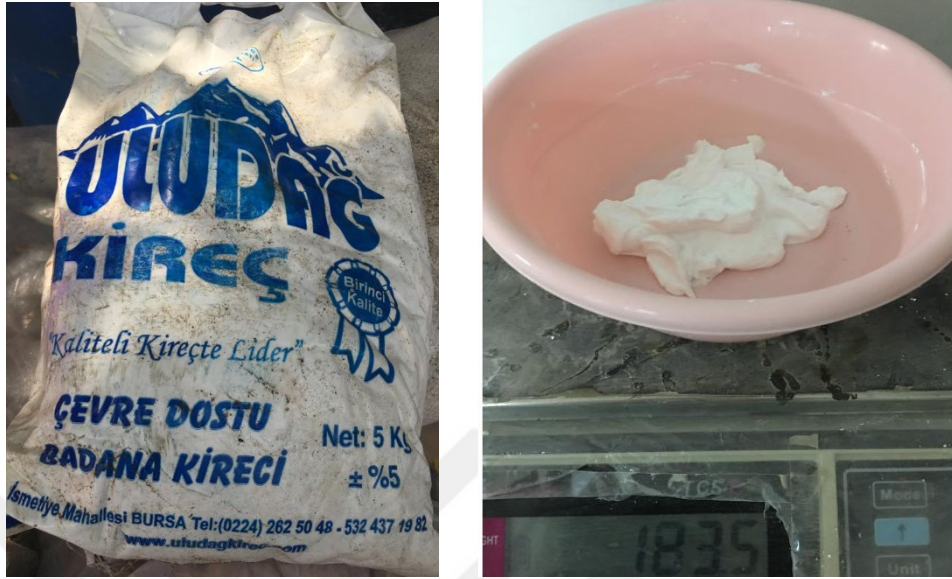
a)

b)

Şekil 2.27. a) Mermer tozu b) Mermer pirinci.

Kaymak Kireç: Bursa Uludağ Kireç Fabrikasında üretilen sönmüş kaymak kireci; kalsinasyon evresini tamamlamış taş kireç, bazı kimyasallar ve su ile mikserde

söndürülmesi sonucu elde edilen ve dinlendirildikten sonra kullanıma hazır hale getirilmiştir. Ustalar Tic.Ltd.Şti.'den temin edilen kaymak kireci görüntüleri (Şekil 2.28) gösterilmiştir.



Şekil 2.28. a) Kaymak kireç görünüşü b) Deney aşamasında kullanılan kaymak kirecin ağırlık ölçümü.

Killi Kireç Agregası Kumu: Genellikle dolgu malzemesi ve yol yapımında kullanılan ve sedimentler kökenli karbonat kayaçlar sınıfına giren killi kireç agregası kumu, Paksan Kireç Sanayi A.Ş.'den temin edilmiştir. (Şekil 2.29) killi kireç agregası kumu görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.29. Killi kireç agregası.

Kuvars Agregası Kumu: Doğada en yüksek saflıkta bulunan, kimyasal bileşeni SiO_2 en sert ve sağlam madenlerinden olan kuvars kumu Sakarya Ece İnşaat Taahhüt Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.'den temin edilmiştir. (Şekil 2.30) kuvars agregası kumu görünüşü

verilmiştir.



Şekil 2.30. Kuvars agregası.

Sarı Kum Agregası: Yaklaşık %90 oranında serbest silika parçacıkları içeren sarı kum (Silis kumu) Sakarya Sezerler Kum Ocağı Sezerler Hafriyat Nakliyat Taahhüt ve Tic.Ltd.Şti.'den temin edilmiştir. (Şekil 2.31) Sarı kum agregası kumu görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.31. Sarı kum agregası.

Tuğla Kırığı ve Tuğla Tozu: Ana bileşeni kil olan ve 900°C yüksek sıcaklıkta pişen saf kiremitin kırılarak veya öğütülerek elde edilmesi sonucu oluşan tuğla kırığı ve tuğla tozu Eskişehir Arda Tuğla firmasından temin edilmiştir. (Şekil 2.32) Tuğla kırığı ve tuğla tozu görülmektedir.



a)

b)

Şekil 2.32. a) Tuğla kırığı b) Tuğla tozu.

Uçucu Kül: Roma ve bazı Akdeniz ülkelerinde kireçle birlikte kullanılan doğal puzolonik katkı maddelerinin kolay bulunmaması gerekçesiyle birçok ülkede ekonomik açıdan uygun olan yapay puzolanlar kullanılmaktadır (İlhan & Feyzullahoğlu, 2019). Yapay puzolanlar arasında yer alan uçucu kül, enerjinin üretilmesi için termik santrallerde taş kömürünün yanması sonucu ortaya çıkar ve bacalarda elektro filtreler aracılığıyla tutulan atık maddedir. Yüksek potansiyele sahip olduğu düşünülen ve literatür kapsamında elde edilen verilere göre Çatalağzı uçucu külü, reaktif kireç miktarının %10'un altında olması nedeniyle TS EN 197-1 standardına göre V sınıfına (silissi uçucu kül) girmektedir. $SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$ değerinin %70'in üzerinde olması ve CaO miktarının (%1.46) %10'dan az olmasından dolayı ASTM C618 standardına göre F sınıfına (düşük kireçli) dahil olmaktadır (Türker, vd., 2007). (Şekil 2.33) verilen ve deney kapsamında puzolonik katkısı olarak kullanılan uçucu kül, Çatalağzı Eren Enerji Termik Santrali'nden temin edilmiştir.



Şekil 2.33. Uçucu kül.

Cam Elyaf: Teknolojinin gelişmesi ve saf malzemelerin yetersiz kalması sebebiyle kompozit malzemeler geliştirilerek kullanımı yaygınlaştırılmıştır. Cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler ekonomiktir ve temin edilebilmesi kolaydır. Cam elyaf dış ortam şartlarından etkilenmeyip rüzgar, sıcaklık ve soğukluğa karşı direnç gösterir ve inşaat sektöründe özellikle döşemelerde yaygın olarak kullanılmaktadır (İlhan & Feyzullohoğlu, 2019).

(Şekil 2.34) yer döşemesine özgü harç karışımında kullanılan cam elyaf, Sakarya Ece İnşaat Taahhüt San. ve Tic. Ltd. Şti.'nden temin edilmiştir.



Şekil 2.34. Cam elyaf.

Adi Diş Budak (Fraxinus excelsior): Dolgun, düzgün gövdeli, yuvarlak tepeli, ortalama 40 m boyunda odunsu bir ağaç türü olup Batı Karadeniz bölgesinde doğal yayılış gösterir. Gövde kabuğu derin çatlaklı, esmer renkli olup, yaprakları ise boz-sapsız, uzun keskin uçlu, testere dişlidir (Eminağaoğlu vd., 2014). Zeytingiller familyasının *Fraxinus excelsior* cinsinden olan adi diş budak ağacı yapraklarının kaynatılması ile elde edilen sıvı, harçlarda basınç ve eğilme dayanımını arttırmaktadır (Diker, 2010). (Şekil 2.35) Düzce Üniversitesi Kampüsünden temin edilen ve deneyde kullanılması için sonbahar mevsiminde toplanan yapraklar ilk olarak alüminyum folyo ile kaplanıp sıvı azota batırılmıştır. Daha sonra -80°C buzdolabına yerleştirilmiş, yapraklar deney sürecine kadar Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Bitki Koruma Laboratuvarında muhafaza edilmiştir.



a)



b)



c)



d)

Şekil 2.35. a) Diş budak yaprakları b) Diş budak yapraklarının alüminyum folyo ile kaplanması c) Diş budak yapraklarının sıvı azota batırılması d) Diş budak yapraklarının -80°C buzdolabında muhafaza edilmesi.

Su: Adapazarı şebeke suyundan temin edilmiştir.

2.1.5.2. Üretilen Yer Döşemesi Harçlarının Deneysel Çalışmasında Kullanılan Cihazlar

Deneysel çalışmalar Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarı, SARGEM Laboratuvarı ve Sakarya Üniversitesi Metalurji Malzeme Laboratuvarında bulunan araç gereçler ile gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan araç ve gereçler şu şekilde

listelenmiştir:

- 0.01mm hassasiyetli dijital göstergeli elektronik kumpas
- 0,1 ve 0,01 gram hassasiyetli dijital cihazlar
- Ultrases hızı cihazı
- Archiment terazisi
- 50kN SHIMADZU marka test cihazı
- QUANTA FEG 450 marka test cihazı
- JEOL JSM-6060LV marka test cihazı
- Rigaku X-RAY DIFFRACTOMER marka test cihazı

Kumpas: Harç numunelerinin kılcal yolla su emme deneyi (Şekil 2.36) verilen 0.01mm hassasiyetli dijital göstergeli elektronik kumpas ile yapılmıştır.



Şekil 2.36. Elektronik kumpas.

Teraziler: Harç numunelerinin ağırlıklarının ölçümlerinde (Şekil 2.37) verilen 0,1 ve 0,01 gram hassasiyetli dijital cihazlar kullanılmıştır.



a)



b)

Şekil 2.37. a) 0,1 g, b) 0,01 g hassasiyetli dijital terazi görünüşleri.

Ultrases Hızı Cihazı: Harç numunelerinin ultrases sürelerinin ölçümü, (Şekil 2.38) gösterildiği üzere Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarında bulunan ultrasonic tester cihazı ile yapılmıştır.



Şekil 2.38. Ultrases hızı cihazı.

Arşimet Terazisi: Şekilleri düzgün olmayan numunelerin birim hacim ağırlıklarının hesaplanmasında (Şekil 2.39) görüldüğü üzere kullanılan Arşimet terazisi Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarından sağlanmıştır.



Şekil 2.39. Arşimet terazisi.

50kN SHIMADZU Marka Test Cihazı: Harç numunelerinin Eğilme dayanımı deneyi için (Şekil 2.40) gösterildiği üzere Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarında bulunan 50 kN SHIMADZU marka test cihazı kullanılmıştır.



Şekil 2.40. Eğilme dayanımı cihazı.

Basınç dayanımı deneyi için eğilme deneyinde kullanılan aynı marka test cihazı basınç deneyine göre ayarlanmış olup (Şekil 2.41) gösterildiği üzere 50 kN SHIMADZU marka test cihazı kullanılmıştır.



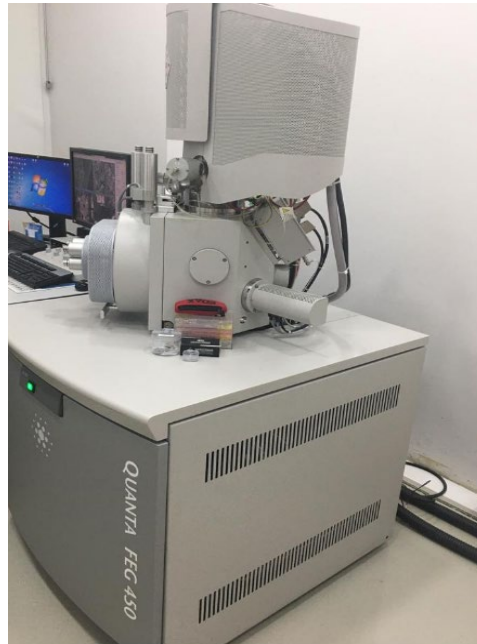
Şekil 2.41. Basınç dayanımı cihazı.

Aşınma (Böhme) Cihazı: Harç numunelerinin aşınma (böhme) deneyi için (Şekil 2.42) gösterildiği üzere Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarında bulunan böhme cihazı kullanılmıştır.



Şekil 2.42. Aşınma (Böhme) cihazı.

QUANTA FEG 450 Test Cihazı: Harç numunelerinin FE-SEM analizleri (Şekil 2.43) gösterildiği üzere Sakarya Üniversitesi Araştırma-Geliştirme Uygulama Merkezi SARGEM Laboratuvarında QUANTA FEG 450 marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.43. FESEM cihazı.

JEOL JSM-6060LV Test Cihazı: Numunelerin EDS analizi (Şekil 2.44) gösterildiği üzere Sakarya Üniversitesi Metaruliji Malzeme Mühendisliği Laboratuvarında bulunan JEOL JSM-6060LV marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.44. EDS cihazı.

Rigaku X-RAY DIFFRACTOMER Test Cihazı: XRD analizi (Şekil 2.45) gösterildiği üzere Sakarya Üniversitesi Metaruliji Malzeme Mühendisliği Laboratuvarında bulunan Rigaku X-RAY DIFFRACTOMER marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.45. X-RAY cihazı.

Deney Çalışmasında Kullanılan Bilgisayar Programları

Microsoft Office Word Programı: Tez çalışmasının yazım aşaması Microsoft Office Word programında gerçekleştirilmiştir.

Microsoft Office Excel Programı: Tez çalışmasına ait tablolar, grafikler ve deney sürecinde elde edilen verilerin hesaplanması Microsoft Office Excel programında gerçekleştirilmiştir.

Autocad: Topkapı Sarayı Müzesinin yerleşim planları Autocad programında çizilmiştir.

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences): Alternatif olarak üretilen yer döşemesi harç numunelerinin fiziksel ve mekanik deney sonuçlarından elde edilen verilerin istatistiksel analizi ANOVA Tukey testi ile değerlendirilmiştir.

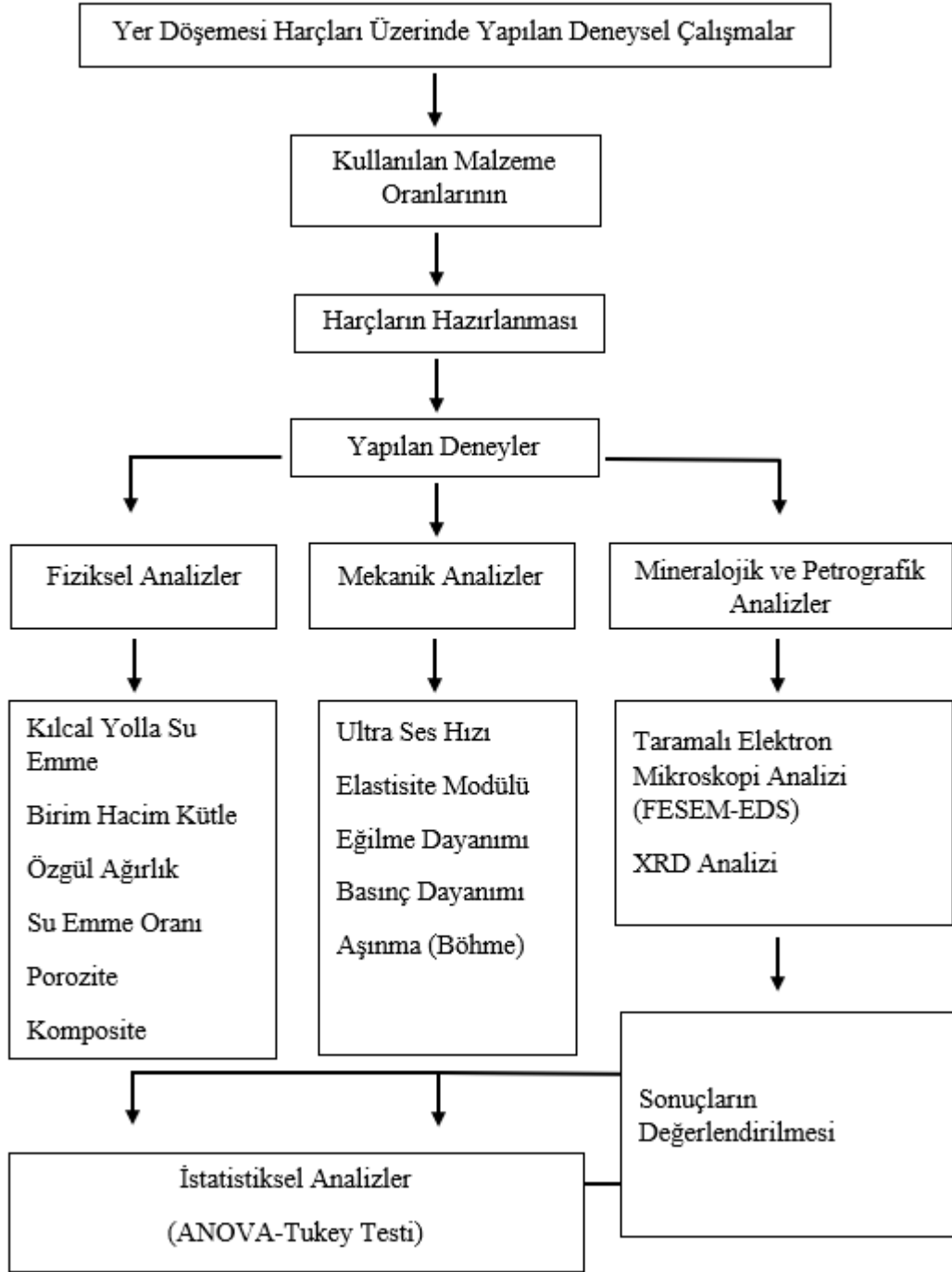
2.2. YÖNTEM

Bu çalışma için izlenen yöntem, literatürde verilen örnekler ve saraya yönelik mimari karşılaştırma yöntemi doğrultusunda tarihi yapı peyzaj tasarımı açısından değerlendirilmiştir.

Çalışmanın literatür güncellemesi yapılarak kurumların analiz raporlarından elde edilen verilere göre;

- Harç üretimi için malzeme temini sağlanıp, kullanılan malzemenin oranları belirlenerek deney numuneleri hazırlanmıştır.
- Üretilen numuneler üzerinde analiz çalışmaları yapılmıştır.

Yer döşemesi harçları üzerinde yapılan deneysel çalışma şeması (Şekil 2.46) gösterilmektedir.



Şekil 2.46. Yer döşemesi harçları üzerinde yapılan deneysel çalışma şeması.

2.2.1. Topkapı Sarayı Müzesine Özgü Alternatif Olarak Üretilen Yer Döşemesi Harçları Üzerinde Yapılan Deneysel Çalışmalar

2.2.1.1. Kullanılan Malzeme Oranlarının Belirlenmesi

Topkapı Sarayı Milli Saraylar Rölöve Daire Başkanlığı'ndan edilen bilgiye göre (1br Kaymak Kireç+ 2br Beyaz Çimento+ 3br Mermer Tozu+ 3br Mermer Pirinci) karışım

kullanılmıştır (G Göktaş 2021, sözlü görüşme). (Çizelge 2.1) gösterildiği üzere Seri 1 harç üretimine ait 100 grama göre malzeme oranları belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Kullanılan malzeme oranlarının belirlenmesi (g).

Numune No	Bağlayıcı		Agrega	Puzolanik Malzeme	Su
	Kaymak Kireç	Beyaz Çimento			
Seri 1	10	20	30	30	10

İstanbul Konservasyon Merkez Laboratuvarı- İstanbul Rölöve Anıtlar Müdürlüğü'nden alınan analiz raporlarında mevcut verilere göre (Şekil 2.47) zemin kotuna yakın duvardan alınan karışımda 1 ölçü bağlayıcı kireç (%30)+ 2 ölçü agrega (toplam agreganın %12'si 3 mm elek altı tuğla kırığı ve tuğla tozu+ %10'u 0-4mm elek altı sarı kum agregası, %35'i 0-4mm elek altı killi kireç agregası %43'ü 0-4mm elek altı kuvars agregası) olarak belirtilmiştir.

Harç üretiminde agrega olarak maksimum dane çapı 0-4 mm aralığında olan tuğla kırığı, maksimum dane çapı 0-4 mm aralığında olan killi kireç agregası kumu, kuvars agregası kumu, sarı kum agregası ile bağlayıcı olarak kaymak kireç (hava kireci) ve puzolan olarak tuğla tozu kullanılmıştır. Bu karışıma göre su bağlayıcı oranı sabit tutularak Seri 2 numunesi üretilmiştir. Seri 3 numunesi de Seri 2 numunesinde olduğu gibi aynı karışım ve oranlarda üretilmiş, bu karışıma su yerine diş budak ağacı yaprağının kaynatılması ile elde edilen diş budak suyu kullanılmıştır.

Puzolan olarak uçucu kül, elyaf çeşitli olarak da cam elyaf eklenerek su bağlayıcı oranı sabit tutulmuş ve Seri 4 numunesi elde edilmiştir. Seri 5 numunesinde de karışım oranları aynı tutulmuş ancak, Seri 4 numunesinden farklı olarak %3 tuğla tozu, %3 uçucu kül ve su yerine de diş budak suyu kullanılmıştır.

Karışımların üç örneğinde su/bağlayıcı oranı sabit tutulup, iki örnekte ise su yerine organik malzeme olan dişbudak ağacı yaprağı suyu, bağlayıcı olarak da kaymak kireç kullanılmıştır. (Çizelge 2.2) gösterildiği üzere 100 g karışıma göre malzeme oranları belirtilmiştir.



Şekil 2.47. Mutfaklar bölümünün zemin kotuna yakın duvar görünüşü.

Çizelge 2.2. Kullanılan malzeme oranlarının belirlenmesi (g).

Numune No	Bağlayıcı Kaymak Kireç	Agrega				Puzolanik Malzeme		Organik Malzeme Diş Budak Suyu	Elyaf Cam Elyaf	Su
		Killi Kireç Agregası (0-4mm)	Kuvars Kumumu Agregası (0-4mm)	Sarı Kum Agregası (0-4mm)	Tuğla Kırığı (3mm)	Tuğla Tozu	Uçucu Kül			
Seri 2	30	21	25,8	6	3,6	3,6	-	-	-	10
Seri 3	30	21	25,8	6	3,6	3,6	-	10	-	-
Seri 4	30	17	20,8	5	3,6	-	3,6	-	10	10
Seri 5	30	17	20,8	5	3,6	1.8	1.8	10	10	-

28, 56 ve 90 gün sonunda deney günlerine göre 5 seri harçtan 3'er adet olmak üzere toplam 45 adet yer döşemesi harç numunesi üretilmiştir.

2.2.1.2. Yer Döşemesi Harçlarının Hazırlanması

Alternatif olarak üretilen yer döşemesi harçlarının üretimi ve harçlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. (Şekil 2.48) gösterildiği üzere hazırlanan Seri 1 numunesine ait harç karışımlarında ilk olarak malzeme kuru bir şekilde karıştırıldıktan sonra karışım suyu olarak 1/3 oranında şebeke suyu eklenip, (Şekil 2.49) harcın homojen bir şekilde karışımı sağlanmıştır.



a)



b)

Şekil 2.48. a) Malzemelerin kuru karışımı, b) Harç karışımına 1/3 oranında şebeke suyunun eklenmesi.



Şekil 2.49. Harç karışımı.

(Şekil 2.50) çelik kalıplar yağlanarak numuneler her tabakada 25 kez şişleme işlemi yapıldıktan sonra kalıplara yerleştirilmiştir.



a)



b)

Şekil 2.50. a) Çelik kalıpların yağlanması, b) Harçların çelik kalıplara yerleştirilmesi.

(Şekil 2.51) harç sarsma tablasında sıkıştırılarak çelik kalıptaki harcın üzeri mala yardımıyla düzeltilip (Şekil 2.52) üretilen harç kapalı ortamda 72 saat bekletilmiştir.



a)



b)

Şekil 2.51. a) Harç numunelerinin sarsma tablasındaki görünümü, b) Harcın mala yardımıyla düzeltilmesi.



Şekil 2.52. Üretilen harç numunesine ait görünüm.

Aynı işlemler Seri 2, Seri 3, Seri 4 ve Seri 5 numunelerinde de uygulanmıştır. Üretilen numuneler 5 ayrı seri numune olup, her bir seriye ait 40x40x160 mm boyutlu çelik

kalıplarda 3'er adet üretilerek toplam 15 adet harç numunesi elde edilmiştir. Üretimden 72 saat süre sonunda numuneler kalıplardan çıkartılarak numunelerin tümü eşit şartlarda kapalı ortamda saklanmıştır. (Şekil 2.53) 28 günlük, 56 günlük ve 90 günlük üretilen harç numunelerine ait görünüşler gösterilmektedir.



a)



b)



c)

Şekil 2.53. a) 28 gün b) 56 gün c) 90 gün yaşlara getirilen harç numuneleri.

2.2.1.3. Yer Döşemesi Harçları Üzerinde Yapılan Deneyler

Fiziksel Analizler: Malzemelerin dış görünüşünde meydana gelen değişimleri belirlemek için fiziksel analizler yapılmaktadır.

Kılcal Yolla Su Emme Tayini: Numunelerin kılcallık yoluyla emdirilen suya bağlı olarak ağırlık artışlarında uygulanır. Numunenin taban yüzeyinin suya değdirilmesi sonucunda suyun zamana bağlı olarak yükselmesi olayına kılcal yolla su emme tayini denir (Toydemir, Gürdal & Tanaçan, 2000). Boşluklu malzemelerin içinde kılcal boşluklar bulunmaktadır. Kılcal boşlukların su ile temas etmesi sonucunda suyun boşluklarda

yükselmesine neden olur. Kılcallıkla su emme tayini (TS EN 1925, 2000) standardına uygun olarak yapılmıştır. Harç numuneleri üzerinde kılcal yolla su emme oranının tayini, mekanik deneylerden sonra gerçekleştirilmiştir. İlk önce numunelerin 0,001 g elektronik tartıda tartılarak kütleleri (md) bulunmuştur. Daha sonra numunenin su emdirecek yüzey alanı (A) m² olarak hesaplanıp kaydedilmiştir. Numuneler bir kap içerisinde su yüksekliği 3±1 mm olacak şekilde mesnet görevi gören dayanak üzerine oturtulmuş, ölçümler arası süreler de 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 121 ve 144 dakika olarak belirlenmiştir. Her ölçüm sırasında su seviyesi elektronik kumpas yardımıyla sabit tutulmuştur. Numuneler sudan çıkartılıp üzerindeki su damlaları nemli bir bez ile silinip tartılarak ağırlıkları (mi) kaydedilmiş, daha sonra numuneler suya tekrar geri bırakılmıştır. Belirlenen süreler boyunca aynı işlem devam etmiştir. (Şekil 2.54) görüldüğü üzere kılcal yolla su emme deneyi, (Şekil 2.55) numunelerin 9 dk ve 2 sa 49 dk aldıkları su seviyeleri gösterilmektedir.

Deney sonunda elde edilen veriler, Denklem (2.1)' e göre hesaplanarak numunelerin kılcallık katsayıları bulunmuştur.

$$N = \frac{Q}{\sqrt{t} \cdot A} \quad (2.1)$$

Q : Emilen su miktarı (mi-md) (cm³)

A : Numunenin suya temas eden yüzey alanı (cm²)

N : Kılcal su emme katsayısı (cm/ \sqrt{dk})

t : Zaman (dk)



Şekil 2.54. Kılcal yolla su emme deneyi.



a)



b)

Şekil 2.55. a) Numunelerin 9 dk su seviyesi b) Numunelerin 2 sa 49 dk su seviyesi.

Birim Hacim Kütle Tayini: Numunelerin kuru numune kütlelerinin, suya doymuş ağırlığı ile su içindeki ağırlığın farkının oranına göre hesaplanmasında uygulanır. (Şekil 2.55) su emme deneyinin yapım aşaması, numunenin su içindeki ağırlığının belirlenmesi gösterilerek birim hacim kütle tayini yapılmıştır. Şekilleri düzgün olmayan numunelerin birim hacim ağırlıkları (TS EN 1015-10, 2001) standardına uygun olarak Denklem (2.2) 'ye göre hesaplanıp bulunmuştur.



a)



b)

Şekil 2.56. a) Su emme deneyinin yapım aşaması b) Numunenin su içindeki ağırlığının belirlenmesi.

$$P_b = \frac{W_0}{W_1 - W_2} \quad (2.2)$$

P_b : Numunenin birim hacim ağırlığı (g/cm^3)

W_0 : Numunenin kuru ağırlığı (g)

W_1 : Numunenin suya doymuş ağırlığı (g)

W_2 : Numunenin su içindeki ağırlığı (g)

$W_1 - W_2$: Numunenin görünür hacmi (cm^3)

Özgül Ağırlık Tayini: Numunelerin suya doymuş ağırlığının kütle tarafından yeri değiştirilen sıvının hacmine oranına göre hesaplanmasında uygulanır. (TS EN 1936, 2010) standardına uygun olarak Denklem (2.3)' göre hesaplanıp numunelerin özgül ağırlıkları bulunmuştur.

$$P_r = \frac{W_1}{W_1 - W_2} \quad (2.3)$$

P_r : Numunenin özgül ağırlığı (g/cm^3)

W_1 : Numunenin suya doymuş ağırlığı (g)

W_2 : Numunenin su içindeki ağırlığı (g)

$W_1 - W_2$: Kütle tarafından yeri değiştirilen sıvının hacmi (cm^3)

Su Emme Oranı Tayini: Numunelerin kütlece ve hacimce su emme oranları hesaplanmasında uygulanır. (TS EN 13755, 2009) standardına uygun olarak numuneler üzerini tamamıyla kaplayacak su dolu bir kap içerisinde 48 ± 2 sa bekletilmiştir. (Şekil 2.56) gösterildiği üzere 28 gün yaşında olan numuneler ile 90 gün yaşında olan numunelerin su emme deneyi fotoğrafları verilmiştir.



a)



b)

Şekil 2.57. a) 28 gün yaşında olan su emme deneyi, b) 90 gün yaşında olan su emme deneyi.

Daha sonra numuneler (Şekil 2.57) gösterildiği üzere su içerisinden çıkartılıp nemli bir bez yardımıyla su damlaları silinerek elektronik tartıda tartılmış, elde edilen veriler kaydedilerek Denklem (2.4)'e göre hesaplanıp numunelerin su emme oranları

bulunmuştur.



Şekil 2.58. 90 gün yaş sonunda üretilen numuneye ait ağırlık ölçümü.

$$A_b = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (2.4)$$

A_b : Numunenin kütlece su emme oranı (g/cm^3)

W_0 : Numunenin kuru ağırlığı (g)

W_1 : Numunenin suya doymuş ağırlığı (g)

Porozite Analizi (Gözeneklilik): Malzemedeki boşluk oranına porozite denir. Gözenek (por) hacmi, gözenek çapı, gözenek boyut dağılımı, yüzey alanı, gözenek yapısı ve partikül boyut dağılımı ölçülmesinde uygulanır. (TS EN 1936, 2007) standardına uygun olarak Denklem (2.5)' e göre hesaplanmış, numunelerin porozite değerleri bulunmuştur.

$$P = 1 - \frac{P_b}{P_r} \times 100 \quad (2.5)$$

P : Numunenin porozite değeri

P_b : Numunenin birim hacim ağırlığı (g/cm^3)

P_r : Numunenin özgül ağırlığı (g/cm^3)

Kompasite Analizi (Doluluk): Malzemedeki doluluk oranına kompasite denir. (TS EN 1936, 2007) standardına uygun olarak Denklem (2.6)' ya göre hesaplanmış, numunelerin kompasite değerleri bulunmuştur.

$$K = \frac{P_b}{P_r} \times 100 \quad (2.6)$$

K : Numunenin kompasite değeri

P_b : Numunenin birim hacim ağırlığı (g/cm^3)

P_r : Numunenin özgül ağırlığı (g/cm^3)

Mekanik Analizler: Kuvvet ve hareketlerin malzeme üzerinde meydana getirdiği değişimleri belirlemek için yapılır.

Ultras Hızı Tayini: Ultras, titreşim frekansının 20Khz'den fazla olan ses dalgalarına denir. İnsan kulağının işitebileceği titreşimin frekansı 16-16000 Hz arasındadır.16000 Hz üzerine çıktığında kulakla duyulmayan ultras denilen ses dalgaları oluşur. Bu dalgalar boşlukta yayılmazlar, fakat katı, sıvı veya gaz halinde bulunan cisimler içerisinde belirli bir V hızıyla yayılmaktadırlar (Postacıoğlu, 1981).

Belirli zaman aralıklarında laboratuvar ortamında bekletilen numunelere, tahribatlı deneyler uygulanmadan önce ultras geçiş hızı deneyine tabi tutulmuştur. Dikdörtgen prizması şeklinde olan L uzunluğundaki numunenin bir ucuna ultras üreten prob, diğer ucuna da bu sesleri toplayan prob altına gres yağı sürülerek yerleştirilmiştir. Prob tarafından oluşturulan dalgalar osslografa nakledildikten sonra sesin Adan B'ye ulaşması için geçen zaman mikro saniye olarak bulunmuştur.



a)

b)

Şekil 2.59. a) Ultras Cihazının 42.542,5 μs olarak sabit değere getirilmesi b) Harç numunelerinin ultras sürelerinin ölçümü.

(Şekil 2.59) gösterildiği üzere ultras cihazı 42,5 μs olarak sabit değere getirilerek 40*40mm boyutundaki numune yüzeylerine ultras cihazı propları yerleştirilip sesin 160mm'lik kat etmesi sağlanır. Denklem (2.7)'ye göre ultras geçiş hız değerleri hesaplanmıştır.

$$V = l/t \quad (2.7)$$

V : Ultrases Hızı (m/s)

l : Uzunluk (cm)

t : Zaman (μ s)

Elastisite Modülü Tayini: Numunelerin ultrases hızları ile numunelerin yoğunluk değerlerinin kullanılarak elde edilmesinde yapılır. Elastisite modülü, bir malzemenin dış kuvvetler altında dayanabildiği gerilme/deformasyon oranı olarak tanımlanmaktadır. Harçların elastisite modülü değerleri numunelerin ultrasonik darbe hızı ölçüm sonuçlarından faydalanılarak yapılır. Farklı yapı malzemelerinin poisson oranı 0,1 ile 0,5 arasında değişmektedir. Harçlar ve hafif betonların arasındaki benzerlikler göz önünde bulundurulduğunda tarihi harçlarda yapılan çalışmalara göre poisson oranı $\mu=0.18$ bir değer almaktadır. Denklem (2.8)'de gösterildiği üzere poisson oranı 0,18 olarak alınarak, numunelerin ultrases hızları ile numunelerin yoğunluk değerleri kullanılıp Elastisite Modülü (E_{mod}), hesaplanmıştır (Tuncoku, 2001).

$$E_{mod} = \frac{V^2 D (1 + \mu)(1 - 2\mu)}{(1 - \mu)} \times 10^{-6} \quad (2.8)$$

E_{mod} : Elastisite modülü (MPa)

V : Ultrases hızı (m/s)

D : Numunenin yoğunluğu (kg/m^3)

μ : Poisson oranı

Eğilme Dayanımı Deneyi: Numunelerin eğilme dayanımının belirlenmesinde uygulanır. Alternatif yer döşemesi harç numunelerinin 28, 56, 90 gün sonunda eğilme dayanımı deneyi TS EN 196-1 standardına göre yapılmıştır. Eğilme dayanımı deneyi için deney cihazında numuneler ikiye ayrılmış, numunelerden biri basınç dayanımı için diğeri ise fiziksel analizler için kullanılmıştır.

Eğilme deneyi için kullanılan 40x40x160mm boyutlu dikdörtgen prizma şeklindeki harç numuneleri, (Şekil 2.60) gösterildiği üzere test cihazının 100mm açıklığında iki mesnet üzerine yerleştirilmiş, açıklığın tam ortasından P yükü saniye de 2mm/s olacak şekilde uygulanmış ve kırma yükü N olarak belirlenmiştir.



a)



b)

Şekil 2.60. a) Numunelerin 100mm açıklığında mesnet üzerine yerleştirilmesi, b) Cihaz açıklığının tam ortasından P yükünün saniye de 2mm/s olarak uygulanması.

Denklem (2.9)'da gösterildiği üzere eğilme dayanımı değerleri (F_e N/ mm^2) olarak hesaplanmıştır.

$$F_e = \frac{1,5*(I*Pk)}{h*b^2} \quad (2.9)$$

F_e : Eğilme Dayanımı (N/ mm^2)

Pk : Kırılma anındaki yük (N)

b : Numune kesitinin kenar uzunluğu (mm)

h : Numune kesitinin kenar uzunluğu (mm)

I : Mesnet aralığı (mm)

Basınç Dayanımı Deneyi: Numunelerin dayanabildiği maksimum basınç mukavemetinin bulunmasında uygulanır. Alternatif yer döşemesi harç numunelerinin 28., 56., 90. gün sonunda basınç dayanımı deneyi (TS EN 196-1) standardına göre yapılmıştır. Basınç dayanımı deneyi için eğilme deneyinde kullanılan aynı marka test cihazı basınç deneyine göre ayarlanmıştır.

Basınç deneyi için kullanılan 40x40x160mm boyutlu dikdörtgen prizma şeklindeki harç numuneleri eğilme deneyinden sonra ikiye ayrılmış numunelerden biri (Şekil 2.61) test

cihazına yerleştirilmiş, yerleştirilen numunenin tam ortasından P yükü saniyede 3mm/s olacak şekilde uygulanmış ve kırma yükü N olarak belirlenmiştir.



a)

b)

Şekil 2.61. a) Numunenin test cihazına yerleştirilmesi, b) P yükünün saniye de 3mm/s olarak uygulanması.

Denklem (2.10)'da gösterildiği üzere basınç dayanımı değerleri (R_c N/ mm²) olarak hesaplanmıştır.

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (2.10)$$

R_c : Basınç dayanımı (N/ mm²)

F_c : Kırılma anındaki en büyük yük (N)

A : Yükleme plakalarının alanı (40 mm x 40 mm) (mm²)

Aşınma (Böhme) Deneyi: Numuneler üzerinde aşınmaları belirlemek amacıyla uygulanır. 40*40*160 mm boyutlarındaki numuneler eğilme deneyinde ikiye ayrılmış, daha sonra numunelerden arta kalan parçalar üzerinde harç numunelerinin aşınmalarını belirleyebilmek için (TS EN 14157, 2017) standardına uygun olarak aşınma (böhme) deneyi yapılmıştır. Harç numuneleri beyaz korundum (aşınma tozu) ile deney düzeneğine yerleştirilmiş, böhme cihazı da 22 devir çevrilerek numuneler aşınmaya tabi tutulmuştur. Deney düzeneği her 22 devir sonunda temizlenmiş, harç numuneleri üzerine beyaz korundum tozunun serpilmesi ile numuneler döndürülerek aynı işlemlerin

16 defa tekrar edilmesi sağlanmıştır. Deney sonunda harç numuneleri temizlenip hassas terazide tartılmıştır. Aşınma (Böhme) deney düzeneğine ait görünüş (Şekil 2.62) verilmiştir.



Şekil 2.62. Aşınma (Böhme) deneyinin yapılışı.

Denklem (2.11)'de gösterildiği üzere aşınma (böhme) değerleri (cm^3) olarak hesaplanmıştır.

$$D_V = \frac{D_M}{D} \quad (2.11)$$

D_V : Numunenin toplam hacmi kaybı (cm^3)

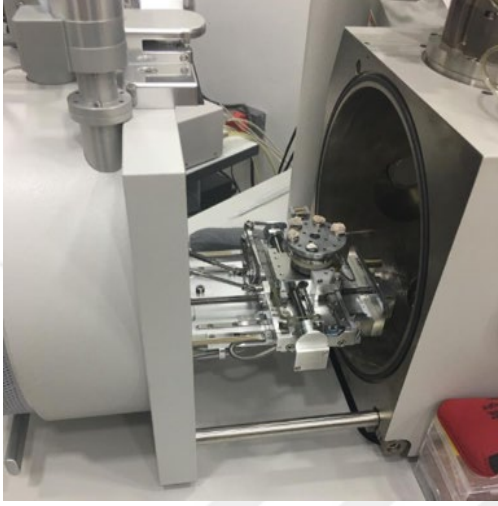
D_M : Numunenin 16 tur sonrası kütle kaybı (g)

D : Numunenin yoğunluğu (g/cm^3)

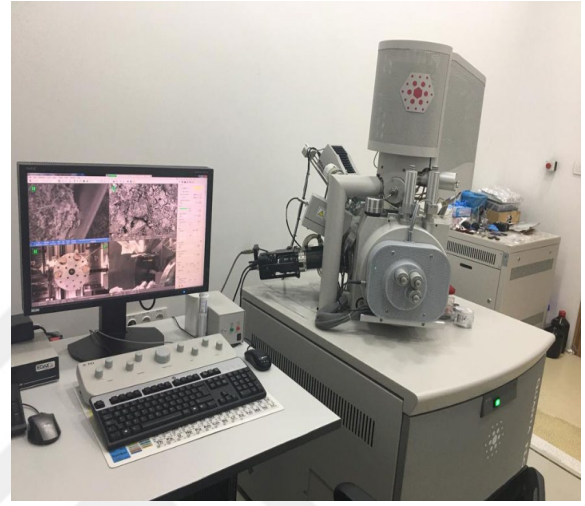
Mineralojik ve Petrografik Analizler: Numunenin karakteristik özelliklerini, bozulma morfolojisini ve kimyasal uygulamalarının iç yapıdaki etkilerinin belirlenmesinde uygulanır. Harçların mikro yapı özellikleri ile hammadde kompozisyonunun belirlenmesi için mineralojik ve petrografik analizler olarak FESEM, EDS, XRD analizleri yapılmıştır.

Taramalı Elektron Mikroskopu Analizi (FE-SEM, EDS): Numunelerin taramalı elektron mikroskopu yardımıyla taranmasında uygulanır.

FESEM Analizi: Harç örneklerinin morfolojisi, mikro yapısı ve kimyasal kompozisyonun tanımlanması için kullanılan bir analiz yöntemidir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM), analizi yapılacak numunenin yüzeyine yüksek enerjili elektron ışınları yayarak numuneyi görüntüleyen bir elektron mikroskobudur. (Şekil 2.63) numunelerin FESEM cihazına yerleştirilmesi ve FESEM analizinin yapılmasına ait görüntüler verilmiştir.



a)



b)

Şekil 2.63. a) Numunelerin FE-SEM cihazına yerleştirilmesi, b) FESEM analizinin yapılması.

EDS Analizi: Numuneye gönderilen X ışınlarının belirlenmesi için enerji ölçümü yapılır. Harçların element bileşenleri analiz edilerek numunelerin kimyasal karakterizasyonunda kullanılan bir tekniktir. Harç numunelerinin EDS analizi, Sakarya Üniversitesi Metalurji Malzeme Mühendisliği Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. (Şekil 2.64) numunelerin EDS cihazına yerleştirilmesi ve EDS analizinin yapılmasına ait görüntüler verilmiştir.



a)



b)

Şekil 2.64. a) Numunelerin EDS cihazına yerleştirilmesi, b) EDS analizinin yapılışı.

XRD Analizi: Numune örneklerinde sağlam karakterlerin ve bozulma morfolojilerinin belirlenmesinde uygulanır. Toz halinde olan numunelerin mineral bileşimi, görülemeyen veya tanımlanamayan minerallerin tanımlanmasında kullanılan bir yöntemdir. Minerallerin kristal kafeslerindeki yapı taşları (atom, iyon veya molekül) arası uzaklıkların X ışınlarının ölçülmesi ile gerçekleştirilir. (Şekil 2.65) numunelerin X-RAY cihazına yerleştirilmesi ve XRD analizinin yapılışına ait görüntüler verilmiştir. Harç numunelerinin XRD ışını analizi, Sakarya Üniversitesi Metaruliji Malzeme Mühendisliği Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.65. a) Numunelerin X-RAY cihazına yerleştirilmesi, b) XRD analizinin yapılışı.

2.2.1.4. Yer Döşemesi Harçlarının İstatistiksel Analizi

İstatistiksel analiz; grup ortalamaları, gruplar içi, gruplar arası ve bunlara bağlı olarak işlemlerin analiz edilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Sayısal verilerin gruplara göre normal dağılımı, varyanslarının gruplar arasında homojen dağılımı, gruplar arası anlamlı farkın bulunmasında ANOVA Tukey testinden yararlanır. Tukey testi varyans analizi sonrası uygulanır ve ikişerli karşılaştırmalar yapılırken kullanılır (Hayran & Özdemir,1996).

Çalışmada alternatif olarak üretilen yer döşemeleri harçlarının fiziksel analizleri olarak, kılcal yolla su emme, birim hacim ağırlık, su emme oranı, özgül ağırlık, porozite oranı ve kompasite oranı tayini ve mekanik analizler olarak da ultrases hızı, elastisite modülü, eğilme ve basınç dayanım deneyleri yapılmıştır. Harçların analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre ölçümler arasında farklılığın karşılaştırılmasında tek yönlü ANOVA Tukey testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. ALTERNATİF OLARAK ÜRETİLEN YAPIŞTIRMA HARÇLARINA AİT BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1.1. Yer Döşemesi Harçlarının Fiziksel Analiz Sonuçları

3.1.1.1. Kılcal Yolla Su Emme Tayini

Kılcallık yoluyla emdirilen suya bağlı ağırlık artışlarında elde edilen Seri 1 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları (Çizelge 3.1), Seri 2 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları (Çizelge 3.2), Seri 3 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları (Çizelge 3.3), Seri 4 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları (Çizelge 3.4), Seri 5 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları (Çizelge 3.5) verilmiştir. Cam lif ilavesi olan Seri 4 ve Seri 5 numunelerinde meydana gelen boşluklar kılcal boşlukların artmasına neden olmuştur.

Çizelge 3.1. Seri 1 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları.

Örnek Numune	Seri 1-1			Seri 1-2			Seri 1-3		
Ağırlık	261,9			281,4			261,3		
İlk Ağırlık	262,2	Q	N	281,8	Q	N	261,7	Q	N
4. dak.	262,9	0,7	0,02187	282,5	1,1	0,03437	262,3	0,6	0,01875
9. dak.	263,5	1,3	0,02708	283,1	1,3	0,02708	262,9	1,2	0,02500
16. dak.	264,4	2,2	0,03437	283,7	1,9	0,02968	263,4	1,7	0,02656
25. dak.	264,9	2,7	0,03375	284,3	2,5	0,03125	263,8	2,1	0,02625
36. dak.	265,2	3,0	0,03125	285,4	3,6	0,0375	264,7	3,0	0,03125
49. dak.	266,7	4,5	0,04017	286,5	4,7	0,04196	265,8	4,1	0,03660
64. dak.	268,9	6,0	0,04687	287,7	5,9	0,04609	266,9	5,2	0,04662
81. dak.	270,1	7,9	0,05486	289,3	7,5	0,05208	268,4	6,7	0,04652
100. dak.	272,8	10,6	0,06625	291,4	9,6	0,06	270,2	8,5	0,05312
121. dak.	274,3	12,1	0,06875	293,2	11,4	0,06477	272,3	10,6	0,06022
144. dak.	276,4	14,2	0,07395	295,3	13,5	0,07031	275,9	14,2	0,07395
169. dak.	272,2	17	0,08173	298,5	16,7	0,08028	278,2	16,5	0,07932
Qort		6,85			6,64			6,2	
Nort			0,04468			0,04425			0,03783

Çizelge 3.2. Seri 2 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları.

Örnek Numune	Seri 2-1			Seri 2-2			Seri 2-3		
Ağırlık	196,0			188,7			170,5		
İlk Ağırlık	196,5	Q	N	189,1	Q	N	170,9	Q	N
4. dk	197,0	0,5	0,01562	189,7	0,6	0,01875	171,5	0,6	0,01875
9. dk	197,8	1,3	0,02708	190,2	1,1	0,02291	172,2	1,3	0,02708
16. dk	198,7	2,2	0,03437	190,9	1,8	0,02812	173,1	2,2	0,03437
25. dk	199,5	3,0	0,03750	191,7	2,6	0,03250	174,0	3,1	0,03875
36. dk	200,2	3,7	0,03854	192,5	3,4	0,03541	175,3	4,4	0,04583
49. dk	201,7	5,2	0,04642	193,2	4,1	0,04278	176,5	5,6	0,05000
64. dk	202,6	6,3	0,04921	194,7	5,6	0,04375	177,8	6,9	0,05390
81. dk	204,3	7,8	0,05416	196,3	7,2	0,05000	179,7	8,8	0,06111
100. dk	206,2	9,7	0,06062	198,5	9,4	0,05875	181,2	10,3	0,06437
121. dk	208,4	11,9	0,06761	201,6	12,5	0,07102	183,5	12,6	0,07159
144. dk	210,2	13,7	0,07135	203,2	14,1	0,07343	185,2	14,3	0,07447
169. dk	213,0	16,5	0,07932	206,2	17,1	0,08221	187,7	17,8	0,08076
Qort		6,82			6,63			7,33	
Nort			0,04848			0,04663			0,05175

Çizelge 3.3. Seri 3 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları.

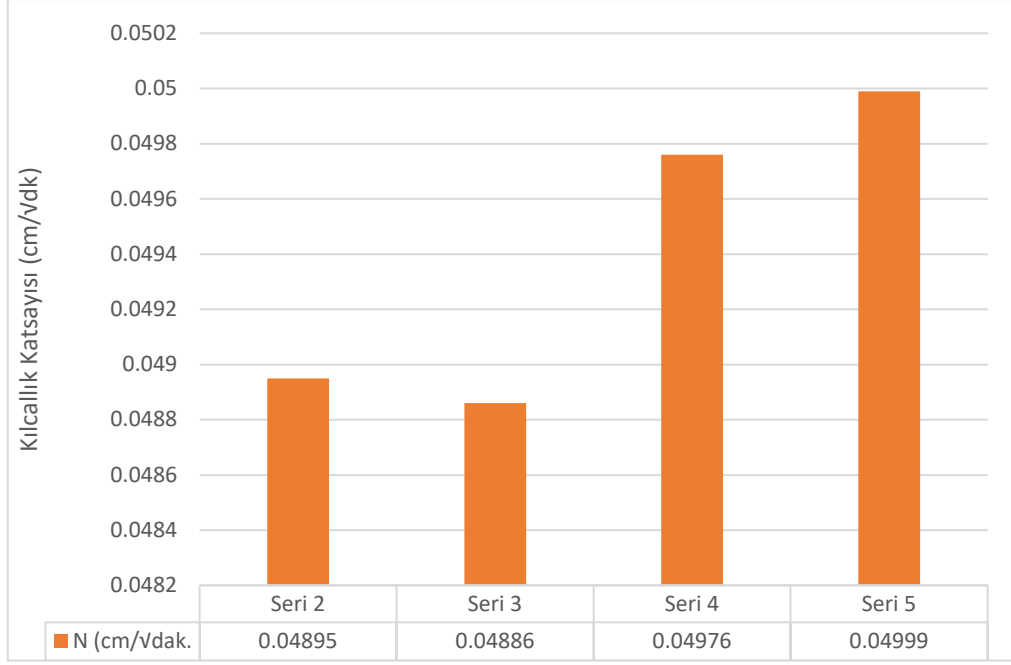
Örnek Numune	Seri 3-1			Seri 3-2			Seri 3-3		
Ağırlık	201,6			184,2			184,9		
İlk Ağırlık	201,9	Q	N	184,8	Q	N	185,3	Q	N
4. dk	202,5	0,6	0,01875	185,3	0,5	0,01562	186,1	0,8	0,01875
9. dk	203,2	1,3	0,02708	185,9	1,1	0,02291	187,1	1,2	0,02500
16. dk	203,9	2,0	0,04166	186,7	1,9	0,02968	188,2	1,8	0,02812
25. dk	204,3	2,4	0,03750	187,5	2,7	0,03775	189,3	2,9	0,03625
36. dk	205,6	3,7	0,04652	188,3	3,5	0,03645	190,5	4,0	0,04166
49. dk	206,7	4,8	0,05000	189,7	4,9	0,04375	191,6	5,2	0,04642
64. dk	207,9	6,0	0,05357	190,5	5,7	0,04453	193,4	6,3	0,04921
81. dk	209,1	7,2	0,05625	192,7	7,9	0,05486	195,7	8,1	0,05625
100. dk	210,3	8,4	0,05833	194,5	9,7	0,06062	197,7	10,4	0,06500
121. dk	212,5	10,4	0,06500	196,7	11,9	0,06761	199,5	12,4	0,07045
144. dk	215,6	13,7	0,07135	198,3	13,5	0,07031	201,7	14,2	0,07395
169. dk	218,3	16,4	0,07884	201,5	16,7	0,08028	203,2	16,4	0,07884
Qort		6,41			6,67			6,98	
Nort			0,05040			0,04703			0,04916

Çizelge 3.4. Seri 4 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları.

Örnek Numune	Seri 4-1			Seri 4-2			Seri 4-3		
	Ağırlık								
Ağırlık	174,8			166,7			164,8		
İlk Ağırlık	175,6	Q	N	167,3	Q	N	165,5	Q	N
4. dk	176,1	0,5	0,01562	168,1	0,5	0,01562	166,1	0,6	0,01875
9. dk	176,8	1,2	0,02500	168,7	1,4	0,02916	169,9	1,4	0,02916
16. dk	177,5	1,9	0,02968	169,3	2,0	0,03125	167,5	2,0	0,03125
25. dk	178,3	2,7	0,03375	170,0	2,7	0,03375	168,2	2,7	0,03375
36. dk	179,5	3,9	0,04062	171,5	4,2	0,04821	169,3	3,8	0,03958
49. dk	180,7	5,1	0,04553	172,7	5,4	0,05078	170,5	5,0	0,04464
64. dk	182,2	6,6	0,05156	173,8	6,5	0,05138	171,7	6,2	0,04843
81. dk	183,4	7,8	0,05416	174,9	7,6	0,05277	173,3	7,8	0,05416
100. dk	185,3	9,7	0,06062	177,1	9,7	0,06062	175,5	10,0	0,06250
121. dk	187,5	11,9	0,06761	178,7	11,4	0,06477	178,6	13,1	0,07443
144. dk	190,7	15,1	0,07862	182,6	15,3	0,07968	180,7	15,2	0,07916
169. dk	193,5	17,9	0,08605	184,4	17,1	0,08221	183,5	18,1	0,08701
Qort		7,03			6,98			7,16	
Nort			0,04907			0,04998			0,05024

Çizelge 3.5. Seri 5 numunesine ait kılcal yolla su emme tayini sonuçları.

Örnek Numune	Seri 5-1			Seri 5-2			Seri 5-3		
	Ağırlık								
Ağırlık	169,0			178,1			186,5		
İlk Ağırlık	169,4	Q	N	178,6	Q	N	187,1	Q	N
4. dk	169,9	0,5	0,01562	179,2	0,6	0,01875	187,6	0,5	0,01562
9. dk	170,7	1,3	0,02708	179,9	1,3	0,02708	188,2	1,1	0,02291
16. dk	171,3	1,9	0,02968	180,2	1,6	0,02500	189,0	1,9	0,02968
25. dk	172,5	3,1	0,03875	181,3	2,7	0,03875	190,2	3,1	0,03875
36. dk	173,7	4,3	0,04479	182,5	3,9	0,04062	191,5	4,4	0,04583
49. dk	174,9	5,5	0,04910	183,7	5,1	0,04553	192,8	5,7	0,05089
64. dk	175,7	6,3	0,04921	184,6	6,0	0,04687	193,7	6,6	0,05156
81. dk	177,6	8,2	0,05694	186,4	7,8	0,05416	195,2	8,1	0,05625
100. dk	179,7	10,3	0,06437	188,2	9,6	0,06000	197,3	10,2	0,06375
121. dk	181,2	11,8	0,06704	191,5	12,6	0,07159	198,7	12,2	0,06931
144. dk	183,5	14,1	0,07343	193,7	15,1	0,07864	201,8	14,7	0,07656
169. dk	186,3	16,9	0,08125	196,2	17,6	0,09166	204,3	17,2	0,08269
Qort		7,02			6,99			7,14	
Nort			0,04977			0,04988			0,05032



Şekil 3.1. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama kılcallık katsayısı sonuç grafiği (cm/√dk).

(Mavi 2000), yaptığı çalışmasında tarihi harçlara ait kılcal yolla su emme değerlerin (0,03941-0,16715) cm/√dk arasında değiştiğini belirtmiştir. Çalışmanın kılcallık yoluyla emdirilen suya bağlı ağırlık artışları sonuç grafiğine göre ortalama kılcallık katsayısı (0,04886-0,04999) cm/√dk, arasında olup numunelerin ortalama kılcallık katsayısı sonuçları (Şekil 3.1) gösterilmektedir.

3.1.1.2. Birim Hacim Kütle Tayini

Numuneler fiziksel ve mekanik deneylere tabi tutulmadan önce 0,1 duyarlıklı 400 g kapasiteli elektronik tartıda tartılmıştır. Numunelerin birim ağırlıkları (Çizelge 3.6), numunelerin suya doymuş ağırlıkları (Çizelge 3.7), numunelerin su içindeki ağırlıkları (Çizelge 3.8), numunelerin birim hacim kütle tayini sonuçları (Çizelge 3.9) verilmiştir.

Çizelge 3.6. Sertleşmiş harçlarda birim ağırlıklar (g).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
	28.gün	261,9	281,4	261,3	196,0	188,7	170,5	201,6	184,2	184,9	174,8	166,7	164,8	169,0	178,1
90.gün	278,5	300,7	278,2	215,6	202,4	174,8	230,0	202,0	203,4	181,5	186,8	182,4	190,0	192,9	201,6

Çizelge 3.7. Sertleşmiş harçların suya doymuş ağırlıkları (g).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
	28.gün	276,0	295,7	275,5	215,8	207,8	194,1	222,3	204,7	205,4	213,9	201,0	198,9	204,9	217,1
90.gün	292,8	317,3	291,9	228,4	223,6	184,9	251,6	212,8	213,9	219,3	215,0	211,1	224,9	226,1	235,6

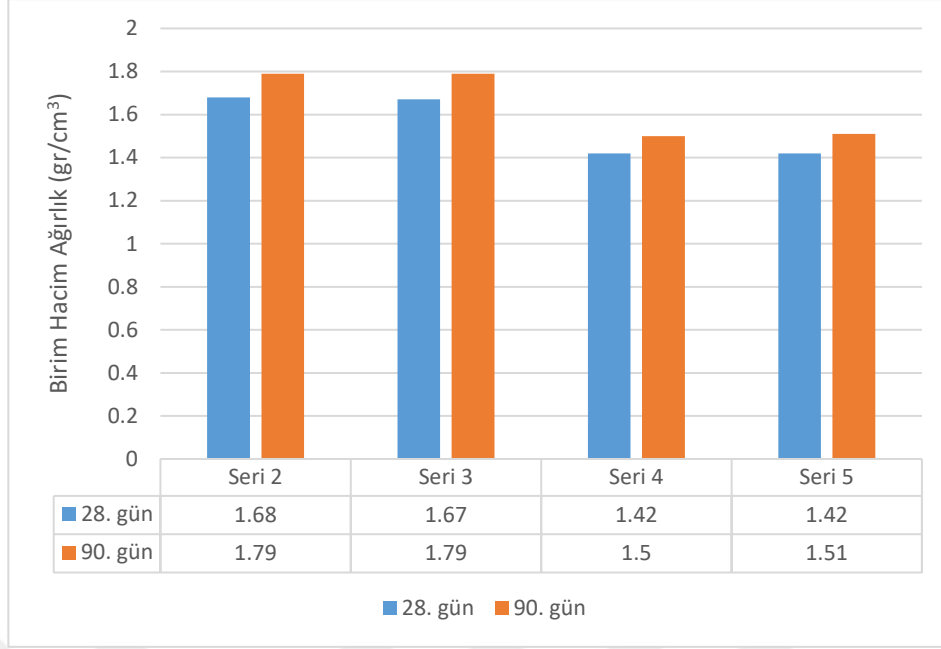
Çizelge 3.8. Sertleşmiş harçların su içindeki ağırlıkları (g).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
	28.gün	133,9	143,8	132,9	104,1	96,2	86,9	102,9	94,1	94,4	88,9	84,8	83,8	86,3	90,94
90.gün	142,4	153,77	142,3	110,1	102,7	89,3	117,4	103,1	103,8	92,3	95,0	92,8	97,1	98,5	102,9

Çizelge 3.9. Birim hacim kütle tayini sonuçları (g/cm³).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
	28.gün	1,84	1,85	1,83	1,75	1,69	1,59	1,68	1,66	1,67	1,4	1,43	1,43	1,42	1,41
90.gün	1,85	1,83	1,86	1,82	1,91	1,65	1,71	1,83	1,84	1,42	1,55	1,54	1,49	1,51	1,43

Alternatif olarak üretilen 28 gün ve 90 gün sonundaki yer döşemesi harçlarının birim hacim ağırlıklarına bakıldığında Seri 2 ve Seri 3 numunelerinin, Seri 4 ve Seri 5 numunelerine göre yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Seri 4 ve Seri 5 numunelerine eklenen uçucu kül puzolanı ile cam lifin eklenmesi birim hacim ağırlıklarının düşmesine neden olmuştur. Çalışmanın birim hacim deneyi sonucunda, 28 gün yaşında olan harçların birim hacim kütle değeri (1,42-1,68) g/cm³, 90 gün yaşında olan harçlarda ise (1,5-1,79) g/cm³ arasında olup çimento katkısız harç numunelerinin ortalama birim hacim ağırlık tayini sonuçları (Şekil 3.2) verilmiştir.



Şekil 3.2. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama birim hacim ağırlık tayini sonuç grafiği (g/cm^3).

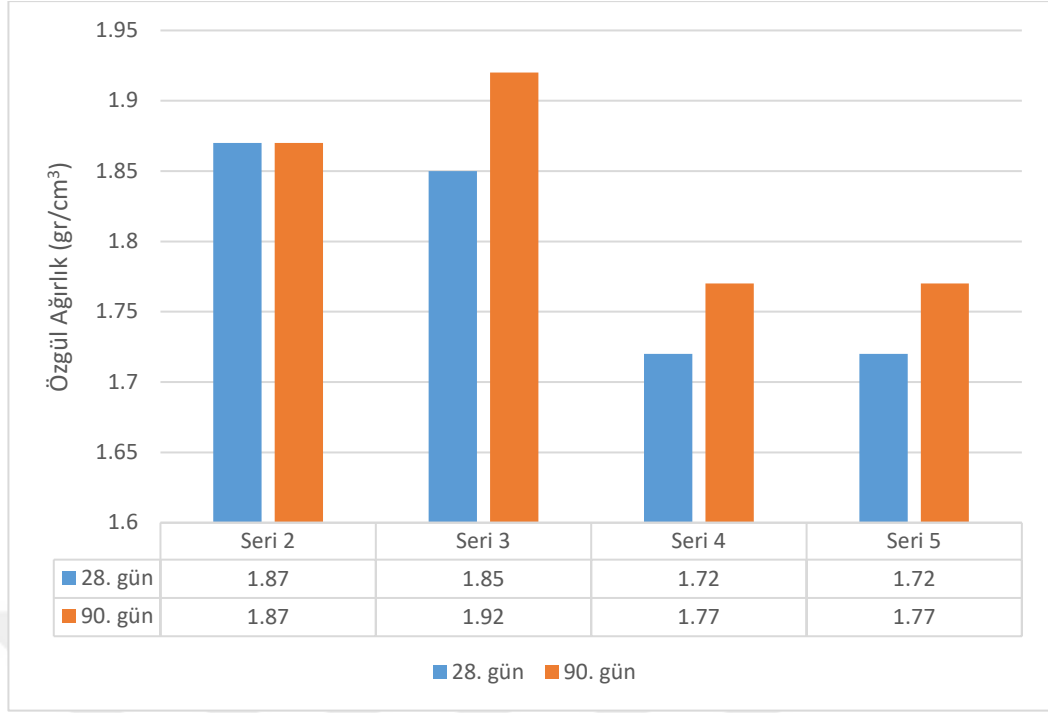
(Kurugöl & Güleç, 2010)'e göre tarihi yapılarda kullanılan kireç harçlarının birim hacim ağırlıkları kullanılan kirecin ve puzolanların cinsine göre ($1,5-2,1$) g/cm^3 arasında, değişmektedir. (Aksoy ve Karaton, 2019)'un yaptığı deney çalışmaları sonucunda kireç harçlarının birim hacim ağırlıkları $1,67$ g/cm^3 olarak belirlenmiştir.

3.1.1.3. Özgül Ağırlık Tayini

28 gün ve 90 gün yaşlarındaki yer döşemesi harçlarının özgül ağırlık tayini değerleri incelendiğinde Seri 2 ve Seri 3 numunelerinin yine aynı şekilde, Seri 4 ve Seri 5 numunelerine göre yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Numunelerin özgül ağırlık tayini sonuçları (Çizelge 3.10), çimento katkısız harç numunelerinin ortalama özgül ağırlık tayini sonuçları da (Şekil 3.3) verilmiştir.

Çizelge 3.10. Numunelerin özgül ağırlık tayini değerleri (%).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
	28.gün	1,95	1,94	1,93	1,93	1,86	1,81	1,86	1,85	1,85	1,71	1,73	1,73	1,72	1,72
90.gün	1,95	1,94	1,95	1,92	1,85	1,84	1,88	1,94	1,97	1,73	1,79	1,79	1,75	1,77	1,78



Şekil 3.3. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama özgül ağırlık tayini sonuç grafiği (gr/cm^3).

(Kurugöl & Güleç, 2009)'e göre İstanbul Anadolu Hisarı harçlarına ait özgül ağırlık değerleri ($1,50-1,81$) g/cm^3 arasında olduğunu, çalışmanın sonucunda 28 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler ($1,72-1,87$) g/cm^3 , 90 gün yaşında olan numunelerde ($1,77-1,92$) g/cm^3 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.11), serilerin 28. gün özgül ağırlık ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.12) görülmektedir.

Çizelge 3.11. Numuneler arasındaki özgül ağırlık değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	1,940	0,010
Seri 2	3	1,866	0,060
Seri 3	3	1,853	0,005
Seri 4	3	1,722	0,011
Seri 5	3	1,723	0,005

Çizelge 3.12. Numuneler arasındaki özgül ağırlık değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (28. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	0,109	4	0,027	34,674	0,000	Seri 1>Seri 3 Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Gruplar İçi	0,008	10	0,001			Seri 2>Seri 4 Seri 2>Seri 5
Toplam	0,117	14				Seri 3>Seri 4 Seri 3>Seri 5

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 34,674$; $p < 0,05$]. Grupların varyansı homojen dağıldığı için gruplar arasındaki farklılığı tespit edebilmek için Tukey testinden yararlanılmıştır. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,940$) Seri 3'ün 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,866$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir. Benzer şekilde Seri 1'in 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,940$) Seri 4'ün 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,722$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir.

Seri 1'in 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,940$) Seri 5'in 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,723$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

Seri 2'nin 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,866$) Seri 4'ün 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,722$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 2'nin 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,866$) Seri 5'in 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,723$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

Seri 3'ün 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,853$) Seri 4'ün 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,722$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 3'ün 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,853$) Seri 5'in 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,723$)

arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.13), serilerin 90. gün özgül ağırlık ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.14) görülmektedir.

Çizelge 3.13. Numuneler arasındaki özgül ağırlık değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	1,946	0,005
Seri 2	3	1,870	0,043
Seri 3	3	1,930	0,045
Seri 4	3	1,770	0,034
Seri 5	3	1,766	0,015

Çizelge 3.14. Numuneler arasındaki özgül ağırlık değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (90. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	0,088	4	0,022			Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Gruplar İçi	0,011	10	0,001	20,076	0,000	Seri 2>Seri 4 Seri 2>Seri 5 Seri 3>Seri 4 Seri 3>Seri 5
Toplam	0,099	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 20,076$; $p < 0,05$]. Grupların varyansı homojen dağıldığı için gruplar arasındaki farklılığı tespit edebilmek için Tukey testinden yararlanılmıştır. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,946$) Seri 4'ün 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,770$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Benzer şekilde Seri 1'in 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,940$) Seri 5'in 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,766$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

Seri 2'nin 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,870$) Seri 4'ün 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,770$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 2'nin 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,870$) Seri 5'in 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,766$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

Seri 3'ün 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,930$) Seri 4'ün 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,770$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 3'ün 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,930$) Seri 5'in 90. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X}=1,766$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

3.1.1.4. Su Emme Oranı

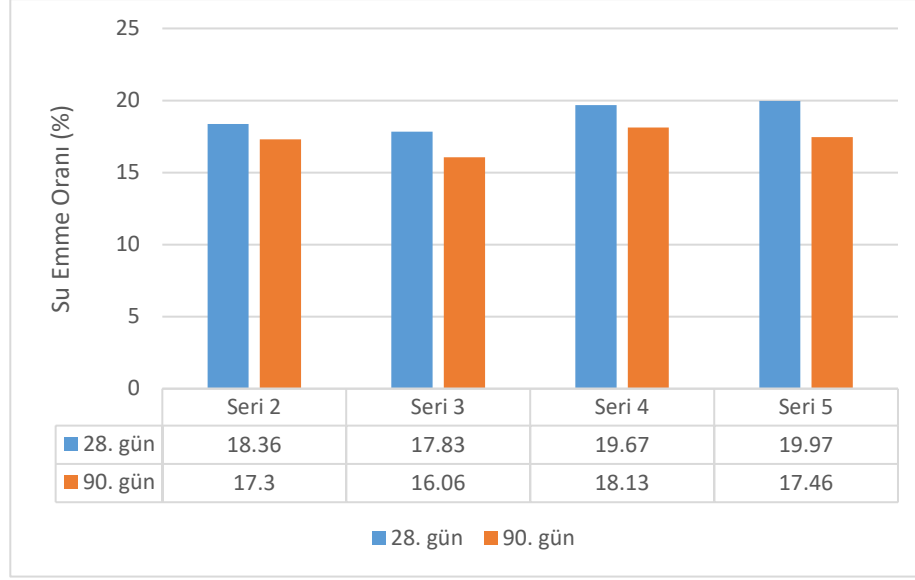
Sertleşmiş harçların 48 sa suda bekletilen ağırlıkları (Çizelge 3.15) Denklem (2.4)'e göre hesaplanan numunelerin su emme oranı değerleri (Çizelge 3.16) gösterilmiştir. Su emme değerlerine göre Seri 4 ve Seri 5 numunelerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Kütlece su emme oranlarının hesaplanmasında çıkan ortalama sonuç grafiği (Şekil 3.4) verilmiştir.

Çizelge 3.15. Sertleşmiş harçların 48 sa suda bekletilen ağırlıkları (g).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
	28.gün	287,3	301,5	286,7	233,2	221,1	202,9	234,0	219,3	218,8	209,4	199,3	196,8	201,6	217,7
90.gün	303,0	327,2	299,2	252,0	235,8	207,2	262,4	235,9	238,5	229,5	218,8	214,4	224,0	235,6	227,3

Çizelge 3.16. Numunelerin su emme oranı değerleri (%).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
	28.gün	9,7	7,1	9,7	18,9	17,2	19,0	16,1	19,1	18,3	19,8	19,6	19,4	19,3	22,2
90.gün	8,7	8,8	7,5	16,9	16,5	18,5	14,1	16,8	17,3	19,8	17,1	17,5	17,8	16,8	17,8



Şekil 3.4. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama su emme oranı sonuç grafiği (%).

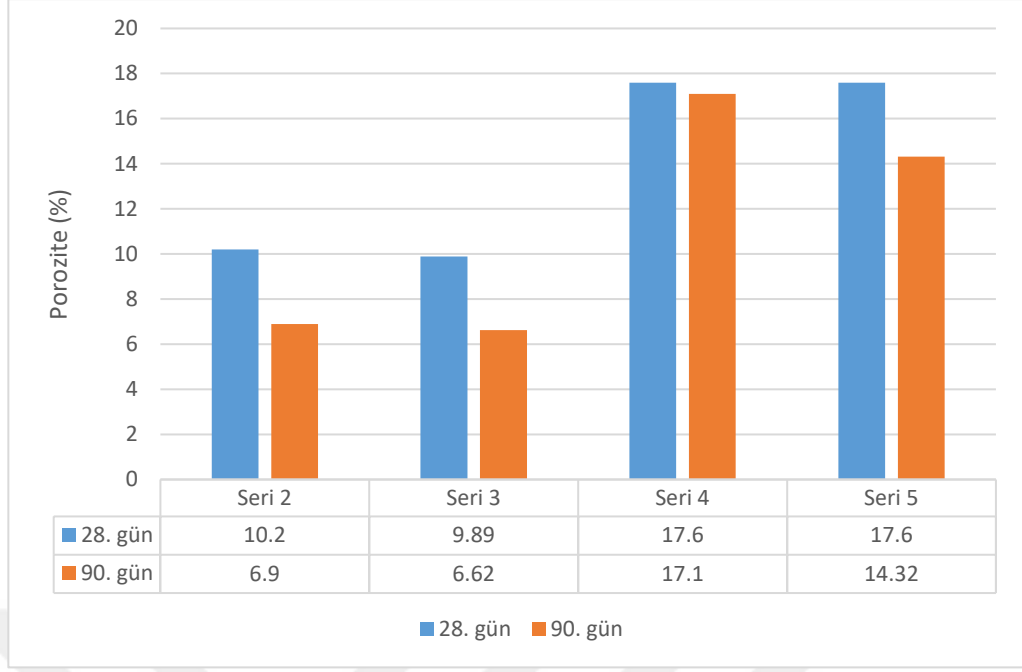
İstanbul'da yer alan Erken Bizans Dönemi saray yapılarına ait yapılan çalışmada harçların su emme değerlerinin %23-%33 arasında değiştiği, İstanbul'da bulunan Erken Bizans Dönemi savunma yapılarına ait yapılan diğer bir çalışmada ise su emme değerlerinin %13-%50 arasında, değiştiği belirlenmiştir (Altaş Kahraman, Özgünler Acun & Gürdal, 2012). Kütlece su emme oranlarının hesaplanmasından çıkan ortalama sonuç grafiğine göre, zamana bağlı olarak su emme değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Su emme oranı sonuçlarında 28 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler (%17,83-%19,97), 90 gün yaşında olan numunelerde (%16,06-%18,13) arasında değişmektedir.

3.1.1.5. Porozite Analizi

Gözenek (por) hacmi, gözenek çapı, gözenek boyut dağılımı, yüzey alanı, gözenek yapısı ve partikül boyut dağılımı ölçülmesinde uygulanır. 28 gün ve 90 gün sonundaki numunelerin porozite sonuçları Denklem (2.4)'e göre hesaplanarak (Çizelge 3.17) numunelerin ortalama porozite sonuç grafiği de (Şekil 3.5) verilmiştir.

Çizelge 3.17. Numunelerin porozite değerleri (%).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
	28.gün	5,15	5,18	5,18	9,32	9,13	12,15	9,68	10,27	9,73	18,13	17,34	17,34	17,44	18,02
90.gün	5,13	5,68	4,61	5,20	5,21	10,33	9,04	5,67	5,15	17,92	13,41	13,97	14,86	14,69	14,61



Şekil 3.5. Çimento katkısız harç numunelerin ortalama porozite sonuç grafiği (%).

(Kurugöl & Güleç, 2010)'e göre Tarihi yapılarda kullanılan kireç harçlarının porozite oranları %18-%45 arasında değişmektedir. Çalışmanın porozite analizi sonucunda, üretilen 28 gün ve 90 gün sonundaki numunelerin porozite sonuçlarından elde edilen veriler doğrultusunda Seri 2 ve Seri 3 numunelerinde porozite değerleri, Seri 4 ve Seri 5 numunelerine göre düşük değerde olduğu tespit edilmiştir.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.18), serilerin 28. gün porozite ölçüm arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.19) görölmektedir.

Çizelge 3.18. Numuneler arasındaki porozite değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	5,170	0,017
Seri 2	3	10,200	1,691
Seri 3	3	9,893	0,327
Seri 4	3	17,603	0,456
Seri 5	3	17,600	0,367

Çizelge 3.19. Numuneler arasındaki porozite değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (28. gün).

Varyansın kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	351,122	4	87,781			Seri 1<Seri 2 Seri 1<Seri 3 Seri 1<Seri 4
Gruplar İçi	6,622	10	0,662	132,556	0,000	Seri 1<Seri 5 Seri 2<Seri 4 Seri 2<Seri 5
Toplam	357,744	14				Seri 3<Seri 4 Seri 3<Seri 5

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 132,556$; $p < 0,05$]. Grupların varyansı homojen dağıldığı için gruplar arasındaki farklılığı tespit edebilmek için Tukey testinden yararlanılmıştır. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 28. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=5,170$) Seri 2'nin 28. gün porozite değeri ($\bar{X}=10,200$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir. Benzer şekilde Seri 1'in 28. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=5,170$) Seri 3'ün 28. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=9,893$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir. Seri 1'in 28. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=5,170$) Seri 4'ün 28. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=17,603$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 1'in 28. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=5,170$) Seri 5'in 28. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=17,600$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir. Seri 2'nin 28. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=10,200$) Seri 4'ün 28. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=17,603$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 2'nin 28. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=10,200$) Seri 5'in 28. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=17,600$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir. Seri 3'ün 28. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=9,893$) Seri 4'ün 28. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=17,603$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 3'ün 28. gün porozite değeri ile

($\bar{X}=9,893$) Seri 5'in 28. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=17,600$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.20), serilerin 90. gün porozite ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.21) görülmektedir.

Çizelge 3.20. Numuneler arasındaki porozite değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	5,140	0,535
Seri 2	3	6,913	2,958
Seri 3	3	6,620	2,111
Seri 4	3	15,100	2,458
Seri 5	3	14,720	0,127

Çizelge 3.21. Numuneler arasındaki porozite değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (90. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	277,218	4	69,304			Seri 1<Seri 4 Seri 1<Seri 5
Gruplar İçi	39,121	10	3,912	17,715		Seri 2<Seri 4 Seri 2<Seri 5 Seri 3<Seri 4 Seri 3<Seri 5
Toplam	316,339	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 17,715$; $p<0,05$]. Grupların varyansı homojen dağıldığı için gruplar arasındaki farklılığı tespit edebilmek için Tukey testinden yararlanılmıştır.

Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 90. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=5,140$) Seri 4'ün 90. gün porozite değeri ($\bar{X}=15,100$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Benzer şekilde Seri 1'in 90. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=5,140$) Seri 5'in 90. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=14,720$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

Seri 2'nin 90. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=6,913$) Seri 4'ün 90. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=15,100$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 2'nin 90. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=6,913$) Seri 5'in 90. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=14,720$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

Seri 3'ün 90. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=6,620$) Seri 4'ün 90. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=15,100$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 3'ün 90. gün porozite değeri ile ($\bar{X}=6,620$) Seri 5'in 90. gün porozite ölçüm değeri ($\bar{X}=14,720$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

3.1.1.5. Kompasite Analizi

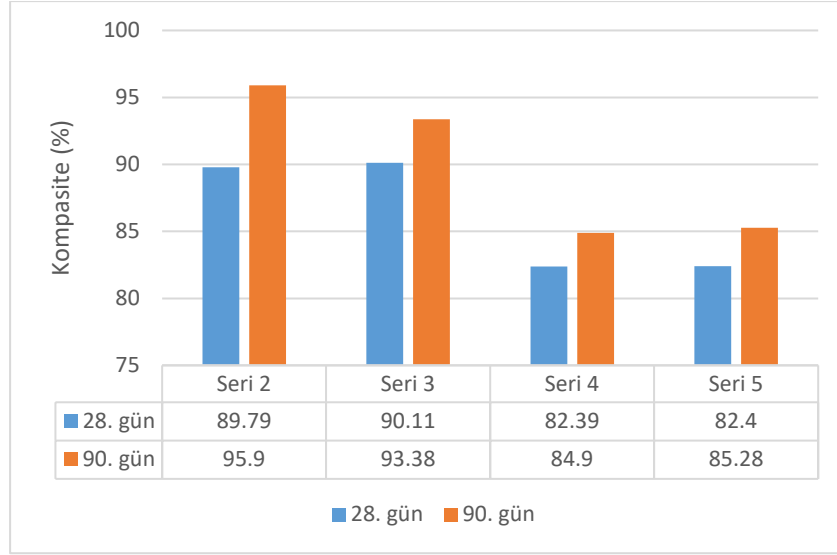
Numunelerin doluluk oranlarının bulunmasında uygulanır. 28 gün ve 90 gün sonundaki numunelerin kompasite sonuçları Denklem (2.5)'e göre hesaplanarak (Çizelge 3.22) numunelerin ortalama kompasite sonuç grafiği de (Şekil 3.6) verilmiştir.

(Gür, 2019), Tarihi yapıların onarımında kullanılmak üzere puzolan katkılı hidrolik kireç esaslı onarım harcı üretilme olanaklarının araştırılması çalışmasında, üretilen harçlara ait kompasite değerlerinin %61,9- %86,76 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Çalışmanın sonucunda üretilen 28 gün ve 90 gün sonundaki numunelerin kompasite sonuçlarından elde edilen veriler doğrultusunda 28 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler (%82,39-%90,11), 90 gün yaşında olan numunelerde ise (%84,9-%95,9), değerler arasında değişmektedir.

Çizelge 3.22. Numunelerin kompasite değerleri (%).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
	28.gün	94,85	94,87	94,82	90,67	90,86	87,85	90,32	89,73	90,27	81,87	82,66	82,66	82,56	81,98
90.gün	94,87	94,33	95,38	94,79	103,24	89,67	90,96	94,33	94,85	82,08	86,59	86,03	85,14	85,31	85,39



Şekil 3.6. Numunelerin ortalama kompartite sonuç grafiği (%).

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.23), serilerin 28. gün kompartite değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.24) görülmektedir.

Çizelge 3.23. Numuneler arasındaki kompartite değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	94,846	0,025
Seri 2	3	89,793	1,685
Seri 3	3	90,106	0,327
Seri 4	3	82,396	0,456
Seri 5	3	82,400	0,367

Çizelge 3.24. Numuneler arasındaki kompartite değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA Sonuçları (28. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	351,740	4	87,935	133,561	0,000	Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3 Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Gruplar İçi	6,584	10	0,658			Seri 2>Seri 4 Seri 2>Seri 5 Seri 3>Seri 4 Seri 3>Seri 5
Toplam	358,324	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 133,561$; $p < 0,05$]. Grupların varyansı homojen dağıldığı için gruplar arasındaki farklılığı tespit edebilmek için Tukey testinden yararlanılmıştır. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 28. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X} = 94,846$) Seri 2'nin 28. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X} = 89,793$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir. Seri 1'in 28. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X} = 94,846$) Seri 3'ün 28. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X} = 90,106$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir. Seri 1'in 28. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X} = 94,846$) Seri 4'ün 28. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X} = 82,396$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 1'in 28. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X} = 94,846$) Seri 5'in 28. gün özgül ağırlık ölçüm değeri ($\bar{X} = 82,400$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir. Seri 2'nin 28. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X} = 89,793$) Seri 4'ün 28. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X} = 82,396$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 2'nin 28. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X} = 89,793$) Seri 5'in 28. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X} = 82,400$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir. Seri 3'ün 28. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X} = 90,106$) Seri 4'ün 28. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X} = 82,396$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 3'ün 28. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X} = 90,106$) Seri 5'in 28. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X} = 82,400$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.25), serilerin 90. gün kompasite ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.26) görülmektedir.

Çizelge 3.25. Numuneler arasındaki kompasite değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	94,860	0,525
Seri 2	3	95,900	6,852
Seri 3	3	93,380	2,111
Seri 4	3	84,900	2,458
Seri 5	3	85,280	0,127

Çizelge 3.26. Numuneler arasındaki kompasite değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (90. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	343,230	4	85,807			Seri 1>Seri 4
Gruplar İçi	115,510	10	11,551	7,429	0,05	Seri 1>Seri 5 Seri 2>Seri 4 Seri 2>Seri 5
Toplam	458,740	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 7,429$; $p < 0,05$]. Grupların varyansı homojen dağıldığı için gruplar arasındaki farklılığı tespit edebilmek için Tukey testinden yararlanılmıştır. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 90. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=94,860$) Seri 4'ün 90. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X}=84,900$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 1'in 90. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=94,860$) Seri 5'in 90. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X}=85,280$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir. Seri 2'nin 90. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=95,900$) Seri 4'ün 90. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X}=84,900$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 2'nin 90. gün kompasite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=95,900$) Seri 5'in 90. gün kompasite ölçüm değeri ($\bar{X}=85,280$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 5 lehinedir.

3.1.2. Yer Döşemesi Harçlarının Mekanik Analizleri Sonuçları

3.1.2.1. Ultrases Hızı Tayini Sonuçları

40*40*160 mm boyutlarındaki numuneler kırılmadan önce 28, 56 ve 90 gün sonunda ultrases hızı tayini yapılmıştır. Ultrases hızını V (km/s) cinsinden, ultrases geçiş süresini t (s) cinsinden, Numunenin uzunluğu L(km) cinsinden gösterilmiştir. Değerler mikro saniye olarak okunarak (Çizelge 3.27), Denklem (2.7)'e göre hesaplanan ultrases geçiş hızı değerleri (Çizelge 3.28) verilmiştir.

Çizelge 3.27. Numunelerin ultrases geçiş süreleri t (μs).

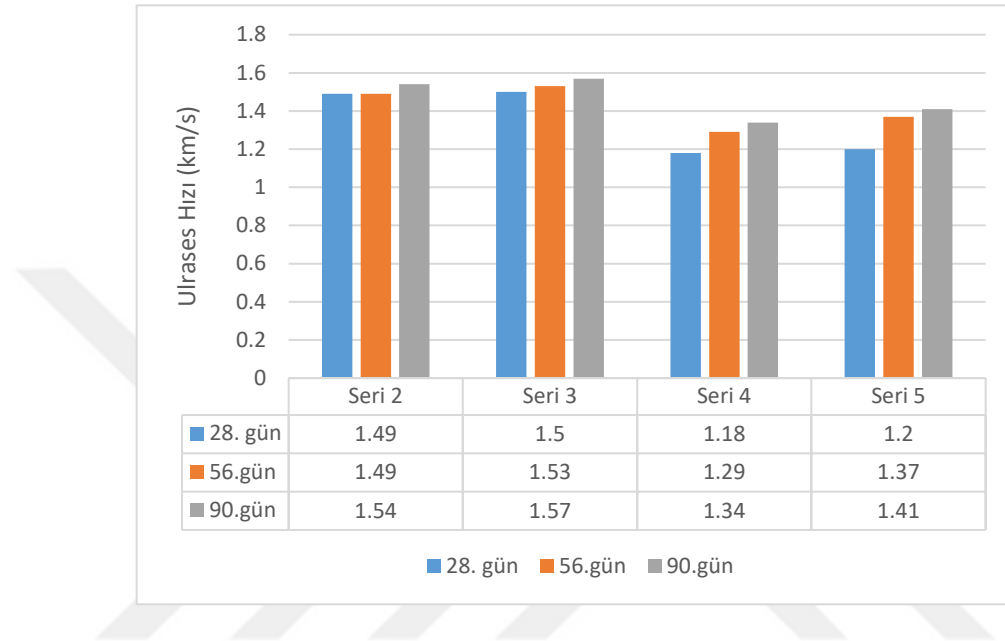
Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5			
	28.gün	(μs)	51,2	52,4	52,8	105,1	106,3	107,2	104,1	103,3	108,2	130,4	139,3	132,9	128,8	137,3
	L(cm)	16	16	16	15,8	15,9	15,9	15,8	15,9	15,8	15,9	15,8	15,8	15,9	15,8	15,9
56.gün	(μs)	48,9	47,1	47,2	104,6	104,2	108,2	101,9	102,8	104,4	128,6	127,6	124,1	124,8	123,7	119,6
	L(cm)	16	16	16	15,8	15,9	15,9	15,8	15,9	15,8	15,9	15,8	15,8	15,9	15,8	15,9
90.gün	(μs)	42,9	43,1	44,3	101,9	103,6	102,1	101,3	100,2	101,2	121,1	121,3	119,4	118,9	117,6	118,7
	L(cm)	16	16	16	15,8	15,9	15,9	15,8	15,9	15,8	15,9	15,8	15,8	15,9	15,8	15,9

Çizelge 3.28. Numunelerin ultrases geçiş hızları (km/s).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
28.gün	3,13	3,03	3,03	1,50	1,49	1,48	1,52	1,53	1,46	1,22	1,13	1,19	1,23	1,15	1,21
56.gün	3,27	3,39	3,38	1,51	1,52	1,46	1,56	1,54	1,50	1,27	1,25	1,27	1,27	1,28	1,33
90.gün	3,72	3,71	3,61	1,55	1,53	1,54	1,56	1,58	1,56	1,31	1,31	1,32	1,32	1,34	1,34

(Mavi, 2000), kireç harçlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi konulu çalışmasında harçların ultrases hızı değerlerinin (0,99-1,52) km/s arasında değiştiğini deney sonuçlarından elde etmiştir. Numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı sonuç

grafığı Seri 2 ve Seri 3 numunelerde yüksek değerde olduğu gözlenmiştir. (Şekil 3.7) Ortalama ultrases geçiş hızı sonuç grafiğine göre 28 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler (1,18-1,5) km/s, 56 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler (1,29-1,53) km/s, 90 gün yaşında olan numunelerde ise (1,34-1,57) km/s arasında olduğu gözlenmiştir. Cam lif ilavesi ile numunelerde boşlukların artması sonucu ultrases geçiş hızlarına ait değerlerin düşmesine neden olmuştur.



Şekil 3.7. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama ultrases geçiş hızı sonuç grafiğı (km/s).

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.29), serilerin 28. gün ultrases ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 30) görölmektedir.

Çizelge 3.29. Numuneler arasındaki ultrases değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	3,063	0,057
Seri 2	3	1,490	0,010
Seri 3	3	1,503	0,378
Seri 4	3	1,180	0,045
Seri 5	3	1,196	0,041

Çizelge 3.30. Numuneler arasındaki ultrases değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (28. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	7,393	4	1,848	1062,203	0,05	Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3
Gruplar İçi	0,017	10	0,002			Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Toplam	7,410	14				Seri 2>Seri 4 Seri 2>Seri 5 Seri 3>Seri 4 Seri 3>Seri 5

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 1062,203$; $p < 0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 28. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,063$) Seri 2'nin 28. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,490$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 28. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,063$) Seri 3'ün 28. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,503$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 28. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,063$) Seri 4'ün 28. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,180$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 28. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,063$) Seri 5'in 28. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,196$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir.

Seri 2'nin 28. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,490$) Seri 4'ün 28. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,180$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir. Seri 2'nin 28. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,490$) Seri 5'in 28. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,196$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir.

Seri 3'ün 28. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,503$) Seri 4'ün 28. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,180$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir. Seri 3'ün 28. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,503$) Seri 5'in 28. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,196$) arasında anlamlı fark

olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir. (Çizelge 3.31) bakıldığında ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler, (Çizelge 3.32) serilerin 56. gün ultrases ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları görülmektedir.

Çizelge 3.31. Numuneler arasındaki ultrases değerlerinin betimsel istatistikleri (56. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	3,346	0,665
Seri 2	3	1,496	0,032
Seri 3	3	1,533	0,030
Seri 4	3	1,263	0,011
Seri 5	3	1,293	0,032

Çizelge 3.32. Numuneler arasındaki ultrases değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA Sonuçları (56. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	9,297	4	2,324	1535,914	0,000	Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3 Seri 1>Seri 4
Gruplar İçi	0,015	10	0,002			Seri 1>Seri 5 Seri 2>Seri 4 Seri 2>Seri 5 Seri 3>Seri 4 Seri 3>Seri 5
Toplam	9,313	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 1535,914$; $p < 0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 56. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,346$) Seri 2'nin 56. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,496$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 56. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,346$) Seri 3'ün 56. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,533$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir. Seri 1'in 56. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,346$) Seri 4'ün 56. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,263$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 4 lehinedir. Seri 1'in 56. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,346$) Seri 5'in 56. gün

ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,293$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 2'nin 56. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,496$) Seri 4'ün 56. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,263$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir. Seri 2'nin 56. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,496$) Seri 5'in 56. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,293$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir. Seri 3'ün 56. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,533$) Seri 4'ün 56. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,263$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir. Seri 3'ün 56. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,533$) Seri 5'in 56. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,293$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.33), serilerin 90. gün ultrases ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.34) görülmektedir.

Çizelge 33. Numuneler arasındaki ultrases değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	3,680	0,060
Seri 2	3	1,540	0,010
Seri 3	3	1,566	0,011
Seri 4	3	1,313	0,005
Seri 5	3	1,333	0,011

Çizelge 34. Numuneler arasındaki ultrases değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (90. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar arası	12,221	4	3,055			Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3 Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Gruplar içi	0,008	10	0,001	3725,772	0,00	Seri 2>Seri 4 Seri 2>Seri 5 Seri 3>Seri 4 Seri 3>Seri 5
Toplam	12,229	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 3725,772$; $p < 0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 90. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,680$) Seri 2'nin 90. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,540$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,540$) Seri 3'ün 90. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,566$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,346$) Seri 4'ün 90. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,313$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=3,346$) Seri 5'in 90. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,333$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir.

Seri 2'nin 90. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,540$) Seri 4'ün 90. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,313$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir. Seri 2'nin 90. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,540$) Seri 5'in 90. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,333$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir.

Seri 3'ün 90. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,566$) Seri 4'ün 90. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,313$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir. Seri 3'ün 90. gün ultrases ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,566$) Seri 5'in 90. gün ultrases ölçüm değeri ($\bar{X}=1,333$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir.

3.1.2.2. Elastisite Modülü Tayini Sonuçları

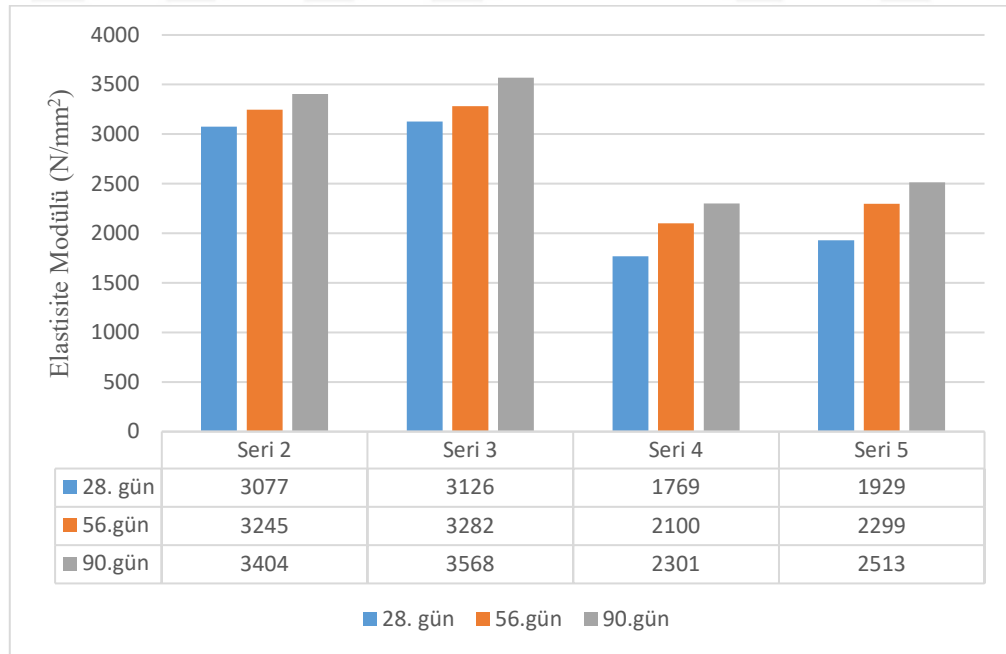
(Çizelge 3.35) verilen ve (TS EN 1936, 2010) standardına uygun olarak hesaplanan düzgün şekilli sertleşmiş harç numunelerinin yoğunlukları ile ultrases geçiş hızlarından faydalanılıp Denklem (2.8)'e göre numunelerin elastisite modülleri hesaplanmıştır. Hesaplanan elastisite modülü değerleri (Çizelge 3.36) numunelerin zamana bağlı olarak karşılaştırmalı ortalama elastisite modülü grafiği (Şekil 3.8) verilmiştir.

Çizelge 3.35. 40*40*160 Boyutlu numunelerin yoğunlukları (g/cm³).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
28.gün	2,00	1,93	2,12	1,50	1,51	1,51	1,49	1,50	1,52	1,38	1,37	1,39	1,47	1,47	1,45
56.gün	2,03	2,04	1,99	1,60	1,56	1,46	1,53	1,50	1,52	1,43	1,43	1,43	1,47	1,51	1,50
90.gün	2,15	1,91	2,16	1,61	1,56	1,51	1,58	1,59	1,57	1,46	1,43	1,46	1,51	1,53	1,49

Çizelge 3.36. Numunelerin elastisite modülünün zamanla değişimi elastisite modülü (N/mm²).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
28.gün	1826	1630	1791	3105	3084	3043	3167	3230	2981	1889	1609	1811	2046	1789	1953
56.gün	1997	2157	2092	3556	3316	2863	3426	3273	3146	2122	2056	2122	2181	2276	2441
90.gün	2737	2419	2589	3559	3359	3295	3537	3652	3515	2305	2258	2340	2421	2527	2592



Şekil 3.8. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama elastisite modülü tayini sonuç grafiği (N/mm²).

(Penelis, 1995), yapılan çalışmada tarihi harçların elastisite modülü değerlerinin (1118-2446) N/ mm² arasında değiştiğini, (Aksoy & Karaton, 2019), yaptıkları çalışmada ortalama elastisite modülü değerinin 1845 N/ mm² olduğunu deney sonuçlarından elde etmişlerdir.

Çalışmanın elastisite modülü tayini sonuçlarında 28 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler (1769-3126) N/mm², 56 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler (2100-3282) N/mm², 90 gün yaşında olan numunelerde ise (2301-3568) N/mm² arasında değiştiği gözlenmiştir.

(Çizelge 3.37) bakıldığında ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler, (Çizelge 3.38) serilerin 28. gün elastisite ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları görülmektedir.

Çizelge 3.37. Numuneler arasındaki elastisite modülü değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	2,016	0,096
Seri 2	3	1,506	0,005
Seri 3	3	1,503	0,015
Seri 4	3	1,380	0,010
Seri 5	3	1,463	0,011

Çizelge 3.38. Numuneler arasındaki elastisite modülü değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (28. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	0,766	4	0,192			Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3
Gruplar İçi	0,019	10	0,002	98,385	0,000	Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5 Seri 2>Seri 4 Seri 2>Seri 5 Seri 3>Seri 4
Toplam	0,786	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 98,385$; $p < 0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 28. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,016$) Seri 2'nin 28. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,506$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre

farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 28. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,016$) Seri 3'ün 28. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,503$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 28. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,016$) Seri 4'ün 28. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,380$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 28. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,016$) Seri 5'in 28. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,463$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir.

Seri 2'nin 28. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,506$) Seri 4'ün 28. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,380$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir. Seri 2'nin 28. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,506$) Seri 5'in 28. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,463$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir. Seri 3'ün 28. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,503$) Seri 4'ün 28. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,380$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 3 lehinedir.

Çizelge 3.39. Numuneler arasındaki elastisite modülü değerlerinin betimsel istatistikleri (56. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	2,020	0,026
Seri 2	3	1,540	0,072
Seri 3	3	1,516	0,015
Seri 4	3	1,430	0,000
Seri 5	3	1,493	0,020

Çizelge 3. 40. Numuneler arasındaki elastisite modülü değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (56. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	0,682	4	0,170			Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3
Gruplar İçi	0,013	10	0,001	129,759	0,000	Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5 Seri 2>Seri 4
Toplam	0,695	14				

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.39), serilerin 56. gün ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.40) görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 129,759; p < 0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 56. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,020$) Seri 2'nin 56. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,540$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 56. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,540$) Seri 3'ün 56. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,516$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 56. Gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,020$) Seri 4'ün 56. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,430$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 56. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,020$) Seri 5'in 56. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,493$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 2'nin 56. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=1,540$) Seri 4'ün 56. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,430$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 2 lehinedir.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.41), serilerin 90. gün elastisite modülü ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.42) görülmektedir.

Çizelge 3.41. Numuneler arasındaki elastisite modülü değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	2,073	0,141
Seri 2	3	1,560	0,050
Seri 3	3	1,580	0,010
Seri 4	3	1,450	0,017
Seri 5	3	1,510	0,020

Çizelge 3.42. Numuneler arasındaki elastisite modülü değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (90. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	0,752	4	0,188			Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3
Gruplar İçi	0,047	10	0,005	40,281	0,000	Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Toplam	0,799	14				

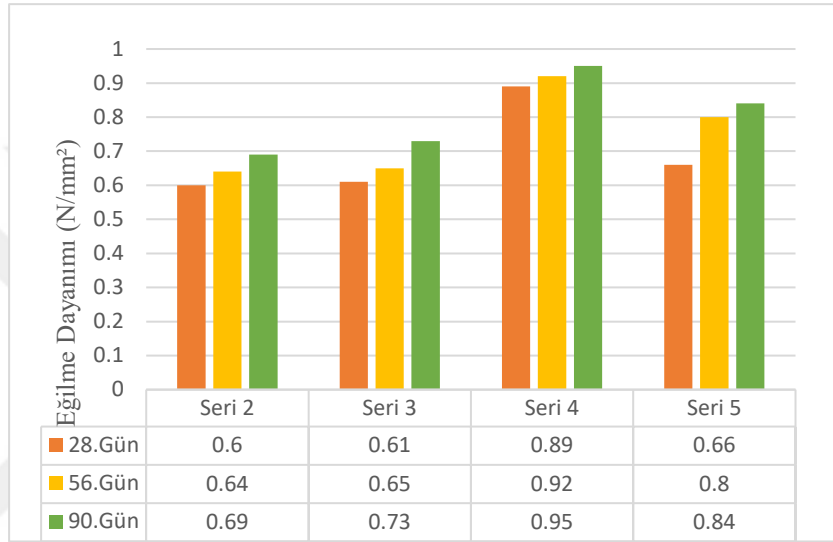
Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 40,281$; $p < 0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 90. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,073$) Seri 2'nin 90. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,560$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,073$) Seri 3'ün 90. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,580$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,073$) Seri 4'ün 90. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,450$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün elastisite ölçüm değeri ile ($\bar{X}=2,073$) Seri 5'in 90. gün elastisite ölçüm değeri ($\bar{X}=1,510$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir.

3.1.2.3. Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Numunelerin Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, tüm serilerde zamana bağlı artış gözlenmiştir. Denklem (2.9.)'a göre hesaplanan eğilme dayanımı değerlerine ait sonuçlar (Çizelge 3.43) ortalama eğilme dayanımı sonuç grafiği de (Şekil 3.9) verilmiştir. Eğilme dayanımı deneyi sonuçlarında 28 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler (0,6-0,89) N/mm², 56 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler (0,64-0,92) N/mm², 90 gün yaşında olan numunelerde ise (0,69-0,95) N/mm² arasında değişmektedir.

Çizelge 3.43. Numunelerin eğilme dayanımı değerleri (N/mm²).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
	28.gün	4,88	5,25	4,88	0,60	0,63	0,57	0,71	0,34	0,79	0,79	0,90	0,98	0,60	0,68
56.gün	5,25	4,80	6,38	0,64	0,60	0,68	0,64	0,64	0,68	0,90	0,90	0,98	0,86	0,82	0,80
90.gün	8,63	9,00	2,84	0,73	0,75	0,60	0,75	0,73	0,79	0,90	0,98	0,98	0,90	0,83	0,79



Şekil 3.9. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama eğilme dayanımı sonuç grafiği (N/mm²).

(Penelis, 1993), 400 yıllık Osmanlı mimarisi üzerine yaptığı çalışmalarında eğilme mukavemeti değerlerinin 0,36 Mpa olduğunu ortaya çıkarmıştır. (Penelis, 1995), Osmanlı mimarisi üzerine yaptığı diğer bir çalışmada ise, eğilme mukavemeti değerlerinin 0,166-0,421 N/mm² arasında değiştiğini belirtmiştir.

Çizelge 3.44. Numuneler arasındaki eğilme dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	5,003	0,213
Seri 2	3	0,600	0,030
Seri 3	3	0,613	0,240
Seri 4	3	0,890	0,095
Seri 5	3	0,663	0,056

Çizelge 3.45. Numuneler arasındaki eğilme dayanımı değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (28. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	44,781	4	11,195			Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3
Gruplar İçi	0,233	10	0,023	480,485	0,000	Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Toplam	45,014	14				

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.44), serilerin 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.45) görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 480,485$; $p < 0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,003$) Seri 2'nin 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,600$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir.

Seri 1'in 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,003$) Seri 3'ün 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,613$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir.

Seri 1'in 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,003$) Seri 4'ün 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,890$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir.

Seri 1'in 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,003$) Seri 5'in 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,663$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Diğer gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.46), serilerin 56. gün eğilme dayanımı değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.47) görülmektedir.

Çizelge 3.46. Numuneler arasındaki eğilme dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (56. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	5,476	0,814
Seri 2	3	0,640	0,040
Seri 3	3	0,640	0,000
Seri 4	3	0,926	0,046
Seri 5	3	0,826	0,030

Çizelge 3.47. Numuneler arasındaki eğilme dayanımı değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (56. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	53,613	4	13,403			Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3
Gruplar İçi	1,335	10	0,133	100,430	0,000	Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Toplam	54,948	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 100,430$; $p < 0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 56. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,476$) Seri 2'nin 56. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,640$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 56. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,476$) Seri 3'ün 56. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,640$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 56. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,476$) Seri 4'ün 56. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,926$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 56. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,476$) Seri 5'in 56. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,826$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Diğer gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.48), serilerin 90. gün elastisite yoğunluk ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.49) görülmektedir.

Çizelge 3.48. Numuneler arasındaki eğilme dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	6,823	3,454
Seri 2	3	0,693	0,081
Seri 3	3	0,756	0,030
Seri 4	3	0,953	0,046
Seri 5	3	0,840	0,055

Çizelge 3.49. Numuneler arasındaki eğilme dayanımı değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (90. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	86,874	4	21,719			Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3
Gruplar İçi	23,894	10	2,389	9,089	0,002	Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Toplam	110,769	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 9,089$; $p < 0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=6,823$) Seri 2'nin 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,693$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=6,823$) Seri 3'ün 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,693$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=6,823$) Seri 4'ün 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,756$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=6,823$) Seri 5'in 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,840$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Diğer gruplar arasında anlamlı

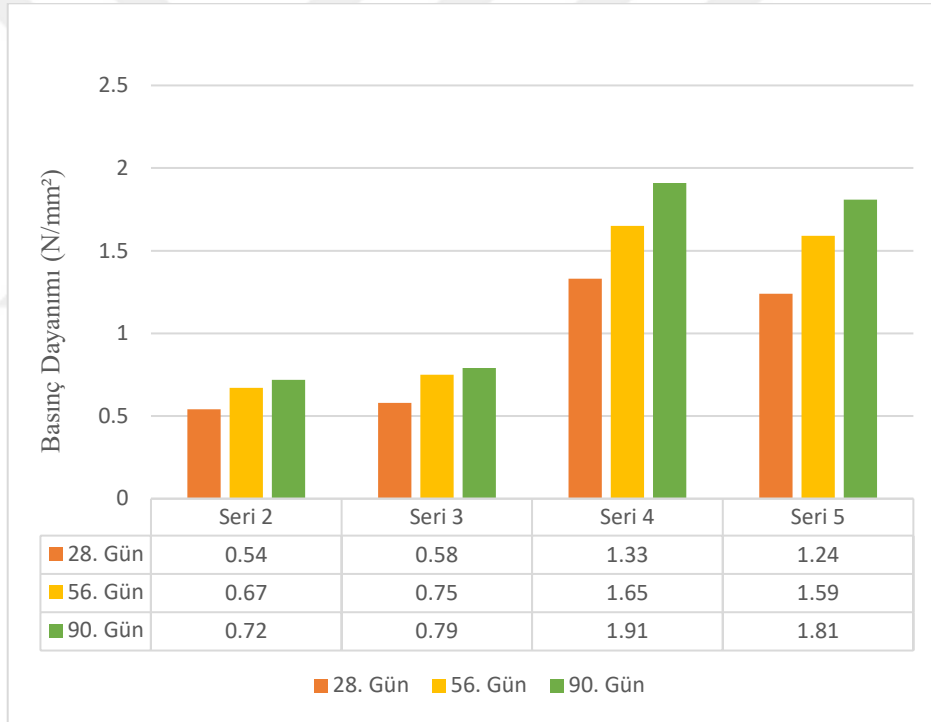
farklılık yoktur.

3.1.2.4. Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

Numunelerin Denklem (2.10.)'a göre hesaplanan basınç mukavemet değerlerine ait sonuçlar (Çizelge 3.50) ortalama basınç dayanımı sonuç grafiği (Şekil 3.10) verilmiştir.

Çizelge 3.50. Numunelerin basınç dayanım değerleri (N/mm²).

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
28.gün	5,63	5,81	4,94	0,45	0,63	0,56	0,54	0,63	0,58	1,21	1,33	1,45	1,20	1,43	1,10
56.gün	6,40	7,10	7,80	0,61	0,72	0,68	0,71	0,79	0,75	1,69	1,77	1,50	1,39	1,97	1,43
90.gün	8,94	9,19	8,51	0,63	0,73	0,82	0,63	0,83	0,93	1,92	1,85	1,96	1,88	1,98	1,56



Şekil 3.10. Çimento katkısız harç numunelerinin ortalama basınç dayanımı sonuç grafiği (N/mm²).

Genel olarak tarihi yapı kireç harçlarında %30-40 oranında bağlayıcı hava kireciyle üretilmiş harçlara ait basınç dayanımı değerleri 0,5-2,0 N/mm² arasında değişmektedir (Valek & Veiga, 2005; Lawrence, 2006; Kurugöl & Güleç, 2010).

Çalışmanın basınç deneyi sonucunda, Denklem (2.10.)'a göre hesaplanan numunelerden elde edilen verilere göre bağlayıcı kaymak kireç ile üretilen tüm serilerde zamana bağlı

olarak artış gözlenmiştir. 28 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler (0,54-1,33) N/mm², 56 gün yaşında olan numunelerin aldığı değerler (1,59-0,75) N/mm², 90 gün yaşında olan numunelerde ise (0,72-1,91) N/mm² değerler arasında değişmektedir.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.51), serilerin 28. gün basınç dayanımı ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.52) görülmektedir.

Çizelge 3.51. Numuneler arasındaki basınç dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (28. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	5,460	0,459
Seri 2	3	0,546	0,090
Seri 3	3	0,583	0,045
Seri 4	3	1,330	0,120
Seri 5	3	1,243	0,169

Çizelge 3.52. Numuneler arasındaki basınç dayanımı değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (28. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	50,916	4	12,729			Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3
Gruplar İçi	0,528	10	0,053	240,899	0,000	Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Toplam	51,445	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 240,899$; $p < 0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 28. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,460$) Seri 2'nin 28. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,546$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 28. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,460$) Seri 3'ün 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,583$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 28. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,460$) Seri 4'ün 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=1,330$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in

28. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=5,460$) Seri 5'in 28. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=1,243$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Diğer gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.53), serilerin 56. gün basınç dayanımı ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.54) görülmektedir.

Çizelge 3.53. Numuneler arasındaki basınç dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (56. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	7,100	0,700
Seri 2	3	0,670	0,055
Seri 3	3	0,750	0,040
Seri 4	3	1,653	0,138
Seri 5	3	1,596	0,323

Çizelge 3.54. Numuneler arasındaki basınç dayanımı değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (56. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	86,993	4	21,748			Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3
Gruplar İçi	1,238	10	0,124	175,710	0,000	Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Toplam	88,231	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 175,710; p<0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 56. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=7,100$) Seri 2'nin 56. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,670$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 56. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=7,100$) Seri 3'ün 56. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,750$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 56. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=7,100$) Seri 4'ün 56.

gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=1,653$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 56. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=7,100$) Seri 5'in 56. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=1,596$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Diğer gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur.

Ölçüm yapılan serilere ait betimsel istatistikler (Çizelge 3.55), serilerin 90. gün basınç dayanımı ölçüm değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (Çizelge 3.56) görülmektedir.

Çizelge 3.55. Numuneler arasındaki basınç dayanımı değerlerinin betimsel istatistikleri (90. gün).

Seri Adı	N	\bar{X}	SS
Seri 1	3	8,880	0,343
Seri 2	3	0,726	0,095
Seri 3	3	0,796	0,152
Seri 4	3	1,910	0,055
Seri 5	3	1,806	0,219

Çizelge 3.56. Numuneler arasındaki basınç dayanımı değerleri arasındaki farkı gösteren ANOVA sonuçları (90. gün).

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark- Tukey
Gruplar Arası	141,163	4	35,291			Seri 1>Seri 2 Seri 1>Seri 3
Gruplar İçi	0,404	10	0,040	873,967	0,000	Seri 1>Seri 4 Seri 1>Seri 5
Toplam	141,567	14				

Analiz sonuçlarına göre ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık söz konusudur [$F_{(4-14)} = 873,967$; $p<0,05$]. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığı belirleyebilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Seri 1'in 90. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=8,880$) Seri 2'nin 90. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,726$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=8,880$) Seri 3'ün 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=0,750$) arasında anlamlı

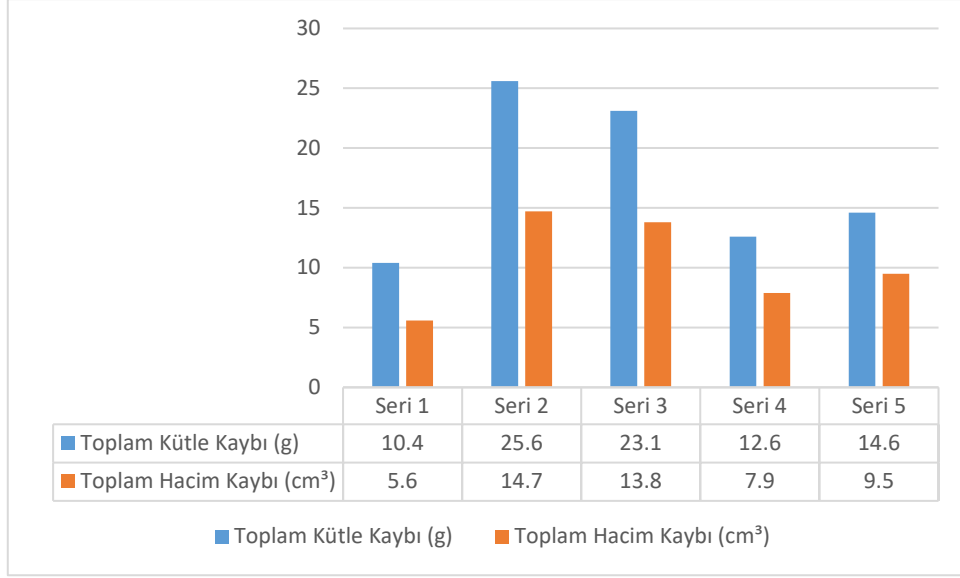
fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre 796 Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=8,880$) Seri 4'ün 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=1,910$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Seri 1'in 90. gün basınç dayanımı ölçüm değeri ile ($\bar{X}=8,880$) Seri 5'in 90. gün eğilme dayanımı ölçüm değeri ($\bar{X}=1,806$) arasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ve aritmetik ortalama değerlerine göre farklılık Seri 1 lehinedir. Diğer gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur.

3.1.2.5. Aşınma (Böhme) Deneyi Sonuçları

Numunelerin Denklem (2.12.)'ye göre hesaplanan aşınma (böhme) değerlerine ait sonuçlar (Çizelge 3.57) ortalama aşınma (böhme) sonuç grafiği de (Şekil 3.11) verilmiştir.

Çizelge 3.57. Numunelerin aşınma (böhme) deneyi değerleri.

Örnek Numune	Seri 1			Seri 2			Seri 3			Seri 4			Seri 5		
D(g/cm ³)	1,90	1,86	1,83	1,63	1,74	1,70	1,73	1,62	1,68	1,56	1,59	1,57	1,50	1,52	1,53
İlk Ağırlık (g)	280,6	274,8	279,6	193,4	191,2	191,8	200,3	199,4	195,6	189,2	181,5	188,8	188,5	191,2	189,8
4.Döngü Sonrası (g)	277,2	270,7	276,4	187,2	186,8	187,8	197,1	193,5	189,3	186,4	179,8	184,1	186,1	188,4	184,8
8.Döngü Sonrası (g)	275,1	267,3	274,3	181,3	180,4	180,9	190,2	186,9	183,6	183,5	176,4	181,9	182,5	184,6	182,1
12.Döngü Sonrası (g)	273,4	264,2	271,6	173,5	174,6	173,7	183,9	181,8	177,4	179,7	172,1	178,3	178,6	180,5	179,3
16.Döngü Sonrası (g)	270,8	260,1	268,8	166,7	165,8	167,1	177,6	176,6	171,8	176,9	169,6	175,4	174,3	175,6	175,8
Toplam Kütle Kaybı (g)	9,8	10,7	10,8	26,7	25,4	24,7	22,7	22,8	23,8	12,3	11,9	13,4	14,2	15,6	14
Toplam Hacim Kaybı (cm ³)	5,2	5,8	5,9	16,4	14,6	14,5	13,1	14	14,2	7,9	7,5	8,5	9,1	10,3	9,2



Şekil 3.11. Numunelerin ortalama aşınma (böhme) sonuç grafiği.

Aşınma (böhme) deneyi sonucunda harç numunelerinin 4. döngü, 8. döngü, 12. döngü ve 16. döngü sonu toplam kütle kaybı (g) ve toplam hacim kaybı (g) bulunmuştur. (Şekil 3.11) verilen ortalama sonuç grafiğinde harçların kütle kaybı, cam elyaf katkılı Seri 5 harç numunesi cam elyaf ve diş budak katkılı Seri 4 numunesinden %14,7 yüksek değerde, Seri 2 harç numunesi diş budak katkılı Seri 3 numunesinden %10,2 yüksek değerde olduğu, hacim kaybı değerlerine göre de cam elyaf katkılı Seri 5 harç numunesi cam elyaf ve diş budak katkılı Seri 4 numunesinden %6,1 yüksek değerde, Seri 2 harç numunesi diş budak katkılı Seri 3 numunesinden %16,9 yüksek değerde olduğu sonucuna varılmıştır.

Harç numunelerinin fiziksel ve mekanik analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre ANOVA Tukey testi ile tüm seriler arasında karşılaştırma yapılmıştır. (Çizelge 3.58) 28. ve 90. gün sonunda sertleşmiş harç numunelerinin fiziksel analizleri, (Çizelge 3.59) 28., 56., ve 90 gün sonunda sertleşmiş harç numunelerinin mekanik analizlerinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.58. Sertleşmiş harç numunelerinin fiziksel analiz değerleri (28. ve 90.gün).

Örnek Numune	Birim Hacim Kütle (g/cm ³)	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Su Emme (%)	Porozite (%)	Komposite (%)
Seri 1 (28.gün)	1,84	1,94	8,83	5,17	94,85
Seri 2 (28.gün)	1,68	1,87	18,36	10,2	89,32

Çizelge 3.58 (devam). Sertleşmiş harç numunelerinin fiziksel analiz değerleri (28.ve 90.gün).

Seri 3 (28.gün)	1,67	1,85	17,83	9,89	90,11
Seri 4 (28.gün)	1,42	1,72	19,67	17,60	82,39
Seri 5 (28.gün)	1,42	1,72	19,97	17,60	82,40
Seri 1 (90.gün)	1,85	1,95	8,33	5,14	94,86
Seri 2 (90.gün)	1,79	1,87	17,3	6,9	95,9
Seri 3 (90.gün)	1,79	1,92	16,06	6,62	93,38
Seri 4 (90.gün)	1,5	1,77	18,13	17,1	84,9
Seri 5 (90.gün)	1,51	1,77	17,46	14,32	85,28

Çizelge 3.59. Sertleşmiş harç numunelerinin mekanik analiz değerleri (28.,56. ve 90.gün).

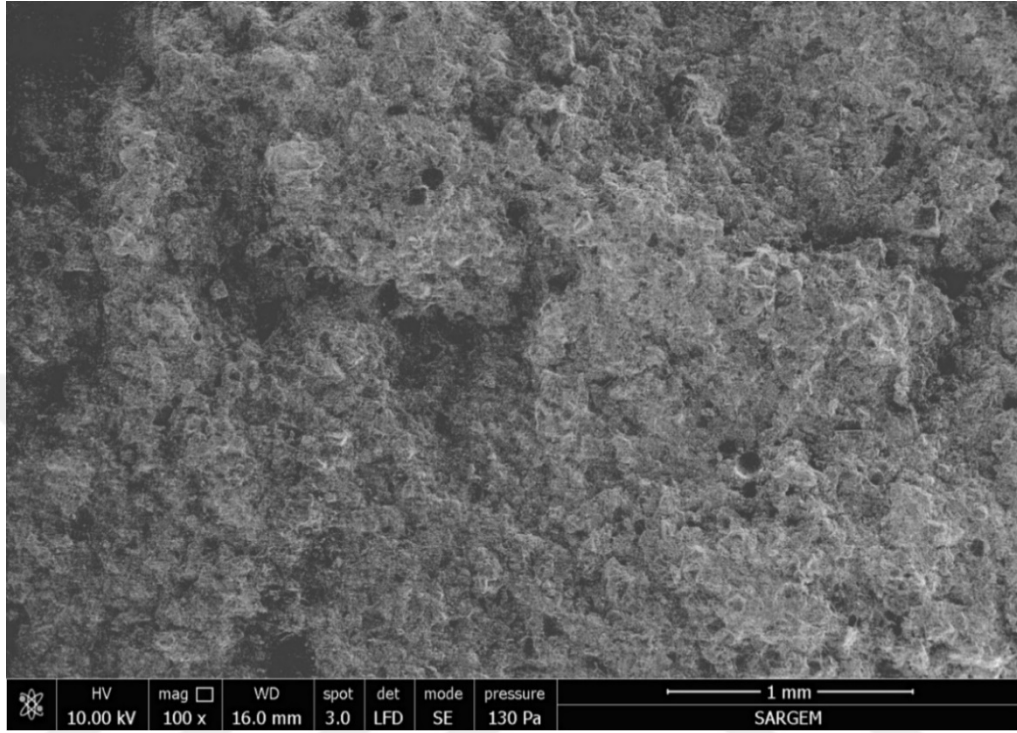
Örnek Numune	Ultrases Hızı (km/sn)	Elastisite Modülü (N/mm ²)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
Seri 1 (28.gün)	3,06	1749	5	5,46
Seri 2 (28.gün)	1,49	3077	0,6	0,54
Seri 3 (28.gün)	1,5	3126	0,61	0,58
Seri 4 (28.gün)	1,18	1769	0,89	1,33
Seri 5 (28.gün)	1,2	1929	0,66	1,24
Seri 1 (56.gün)	3,35	2082	5,48	7,11
Seri 2 (56.gün)	1,49	3245	0,64	0,62
Seri 3 (56.gün)	1,53	3282	0,65	0,75
Seri 4 (56.gün)	1,29	2100	0,92	1,65
Seri 5 (56.gün)	1,37	2299	0,8	1,59
Seri 1 (90.gün)	3,68	2582	6,82	8,89
Seri 2 (90.gün)	1,54	3404	0,69	0,72
Seri 3 (90.gün)	1,57	3568	0,73	0,79
Seri 4 (90.gün)	1,34	2301	0,95	1,91
Seri 5 (90.gün)	1,41	2513	0,84	1,81

3.1.2. Yer Döşemesi Harçlarının Minerolojik ve Petrografik Analiz Sonuçları

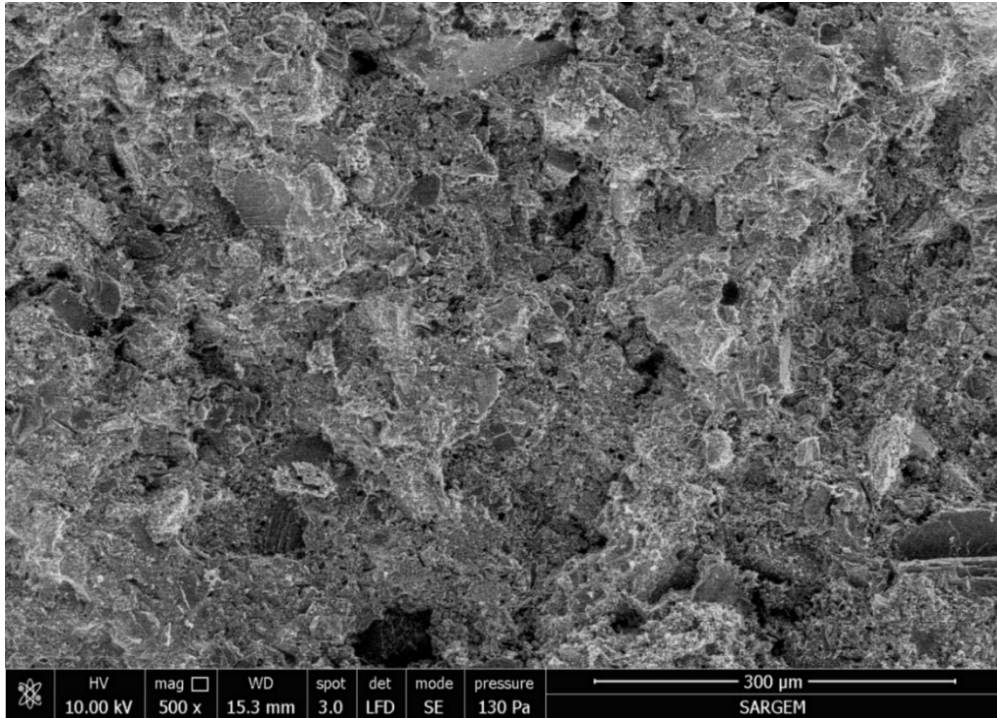
3.1.2.1. Taramalı Elektron Mikroskopi Analizi (FESEM) Sonuçları

90 gün sonunda 5 seri harç numunesinden 1 cm³ lük parça alınarak X100, X500, X2000, X5000, büyütme FESEM görüntüleri elde edilmiştir.

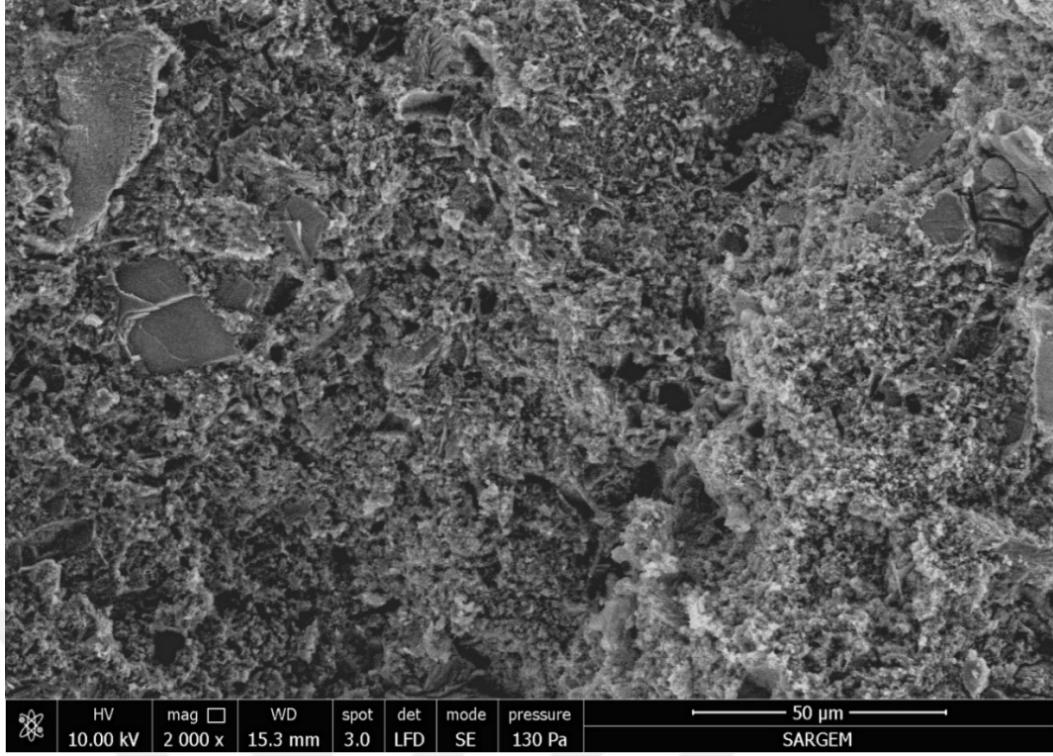
Seri 1 harç numunesine ait X100 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.12) Seri 1 harç numunesine ait X500 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.13) Seri 1 harç numunesine ait X2000 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil. 3.14) Seri 1 harç numunesine ait X5000 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.15) verilmiştir.



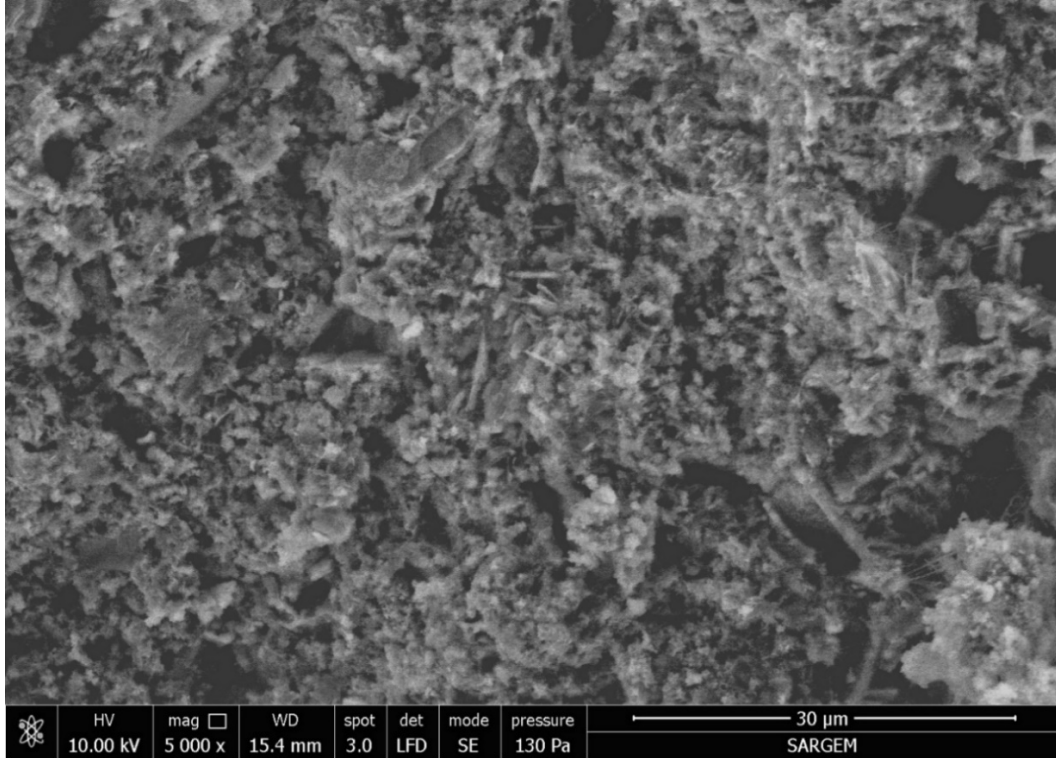
Şekil 3.12. Seri 1 harç numunesine ait X100 büyütmeli FESEM görüntüsü.



Şekil 3.13. Seri 1 harç numunesine ait X500 büyütmeli FESEM görüntüsü.



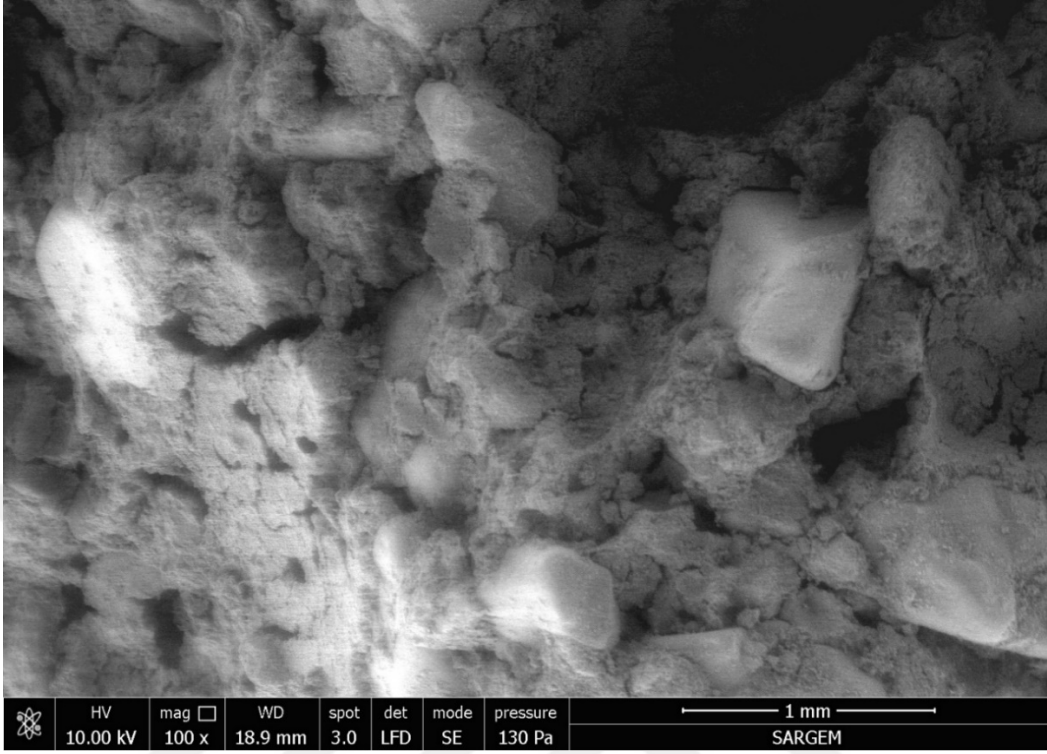
Şekil. 3.14. Seri 1 harç numunesine ait X2000 büyütmeli FESEM görüntüsü.



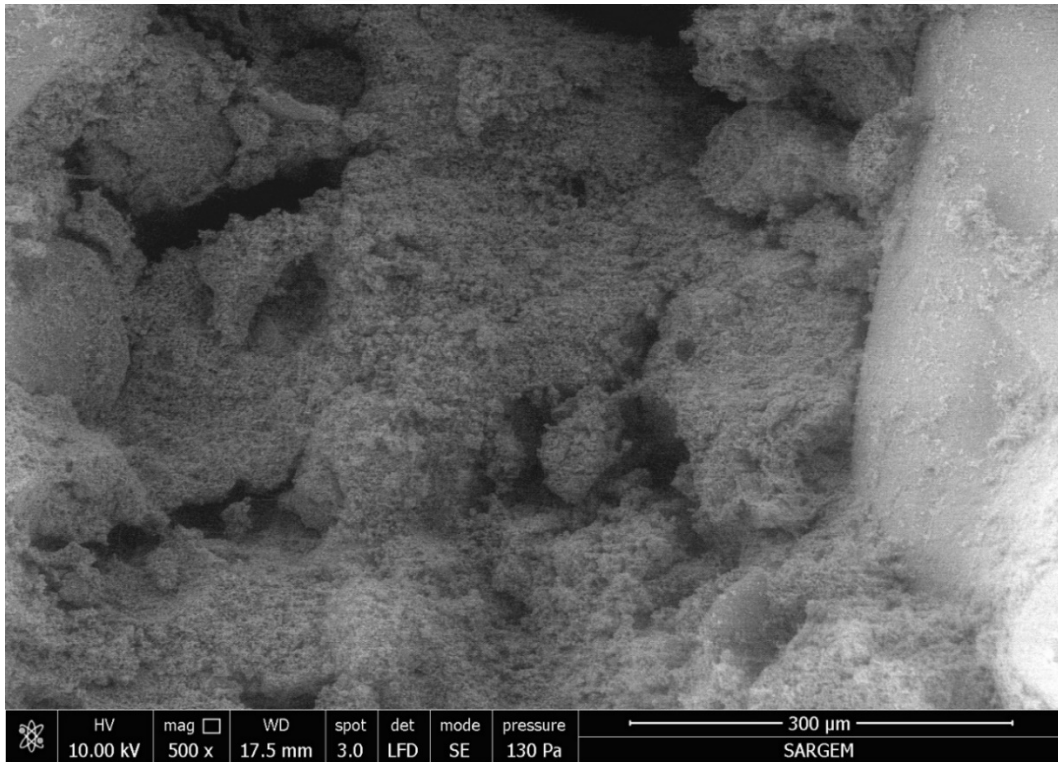
Şekil. 3.15. Seri 1 harç numunesine ait X5000 büyütmeli FESEM görüntüsü.

Seri 2 harç numunesine ait X100 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.16) Seri 2 harç numunesine ait X500 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.17) Seri 2 harç numunesine

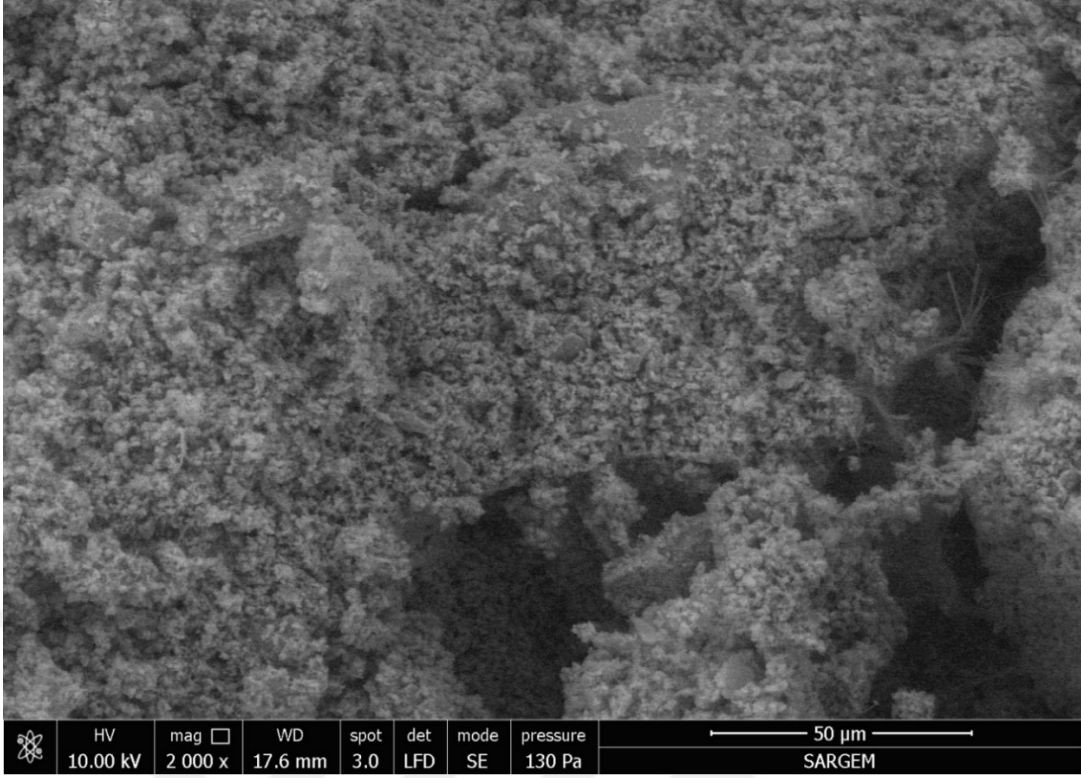
ait X2000 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.18) Seri 2 harç numunesine ait X5000 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.19) verilmiştir.



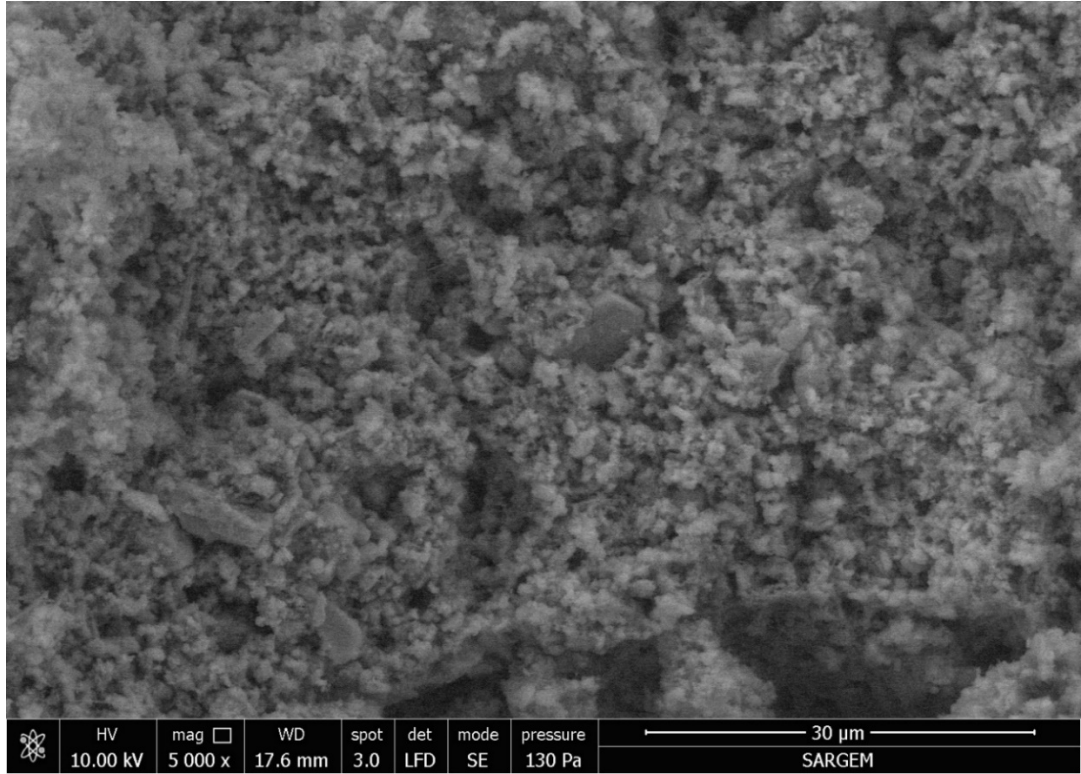
Şekil. 3.16. Seri 2 harç numunesine ait X100 büyütmeli FESEM görüntüsü.



Şekil. 3.17. Seri 2 harç numunesine ait X500 büyütmeli FESEM görüntüsü.



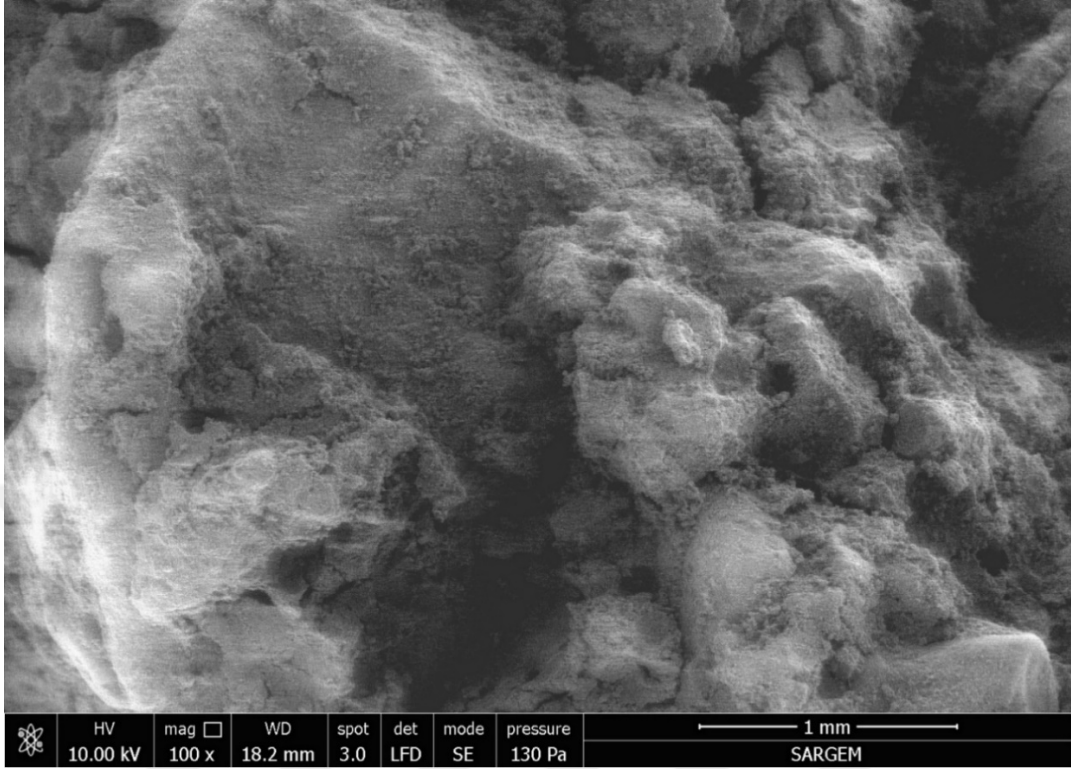
Şekil. 3.18. Seri 2 harç numunesine ait X2000 büyütmeli FESEM görüntüsü.



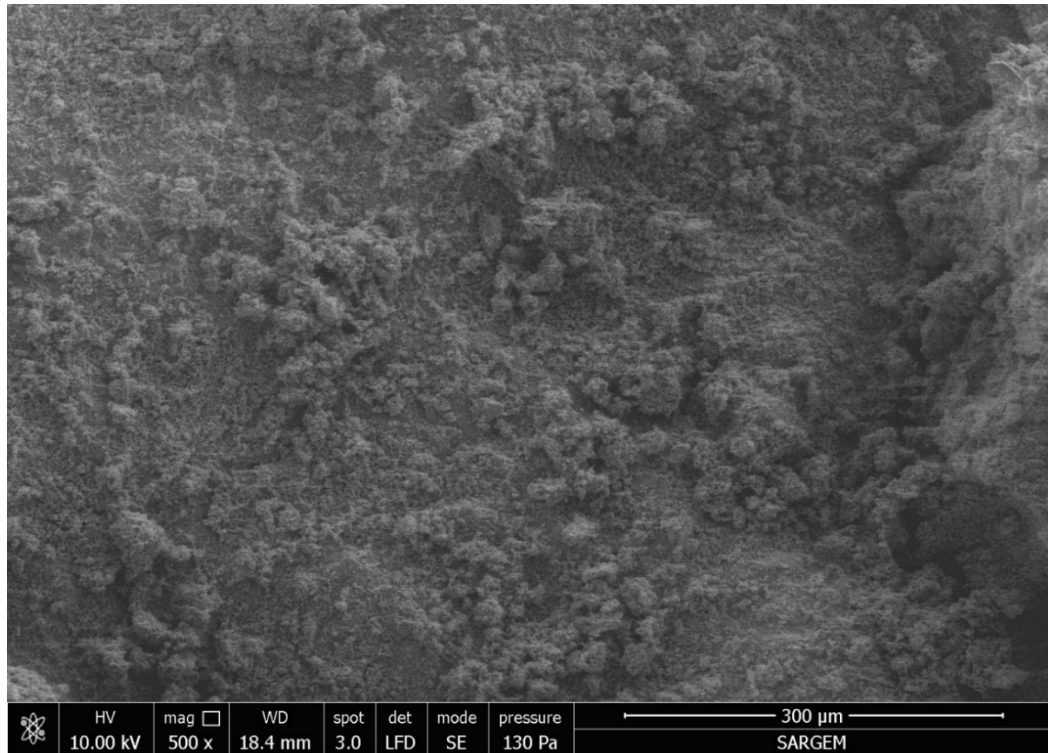
Şekil. 3.19. Seri 2 harç numunesine ait X5000 büyütmeli FESEM görüntüsü.

Seri 3 harç numunesine ait X100 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil. 3.20) Seri 3 harç numunesine ait X500 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.21) Seri 3 harç numunesine

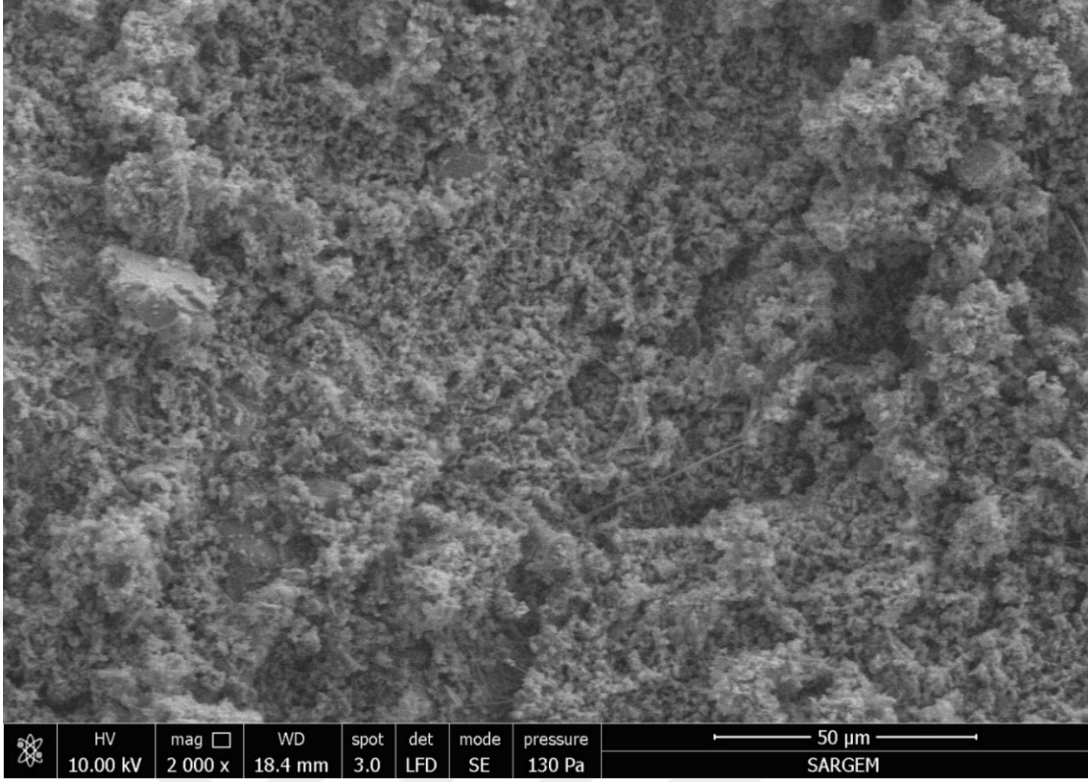
ait X2000 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.22) Seri 3 harç numunesine ait X5000 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil. 3.23) verilmiştir.



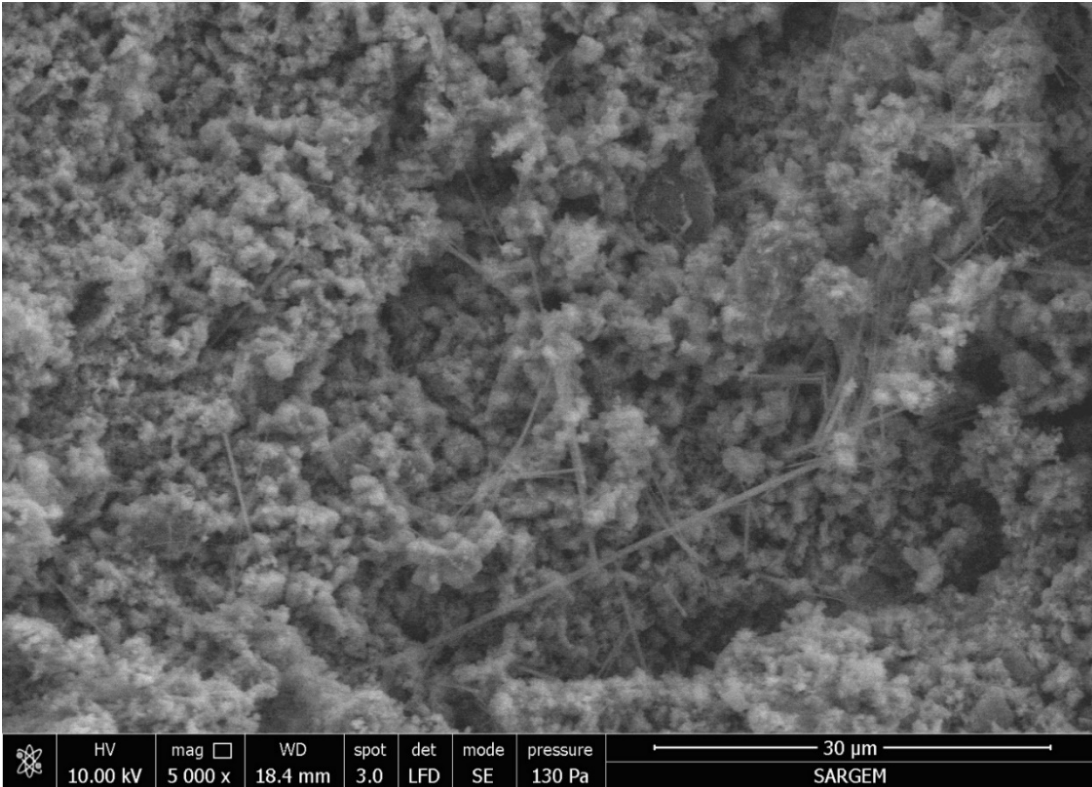
Şekil. 3.20. Seri 3 harç numunesine ait X100 büyütmeli FESEM görüntüsü.



Şekil. 3.21. Seri 3 harç numunesine ait X500 büyütmeli FESEM görüntüsü.



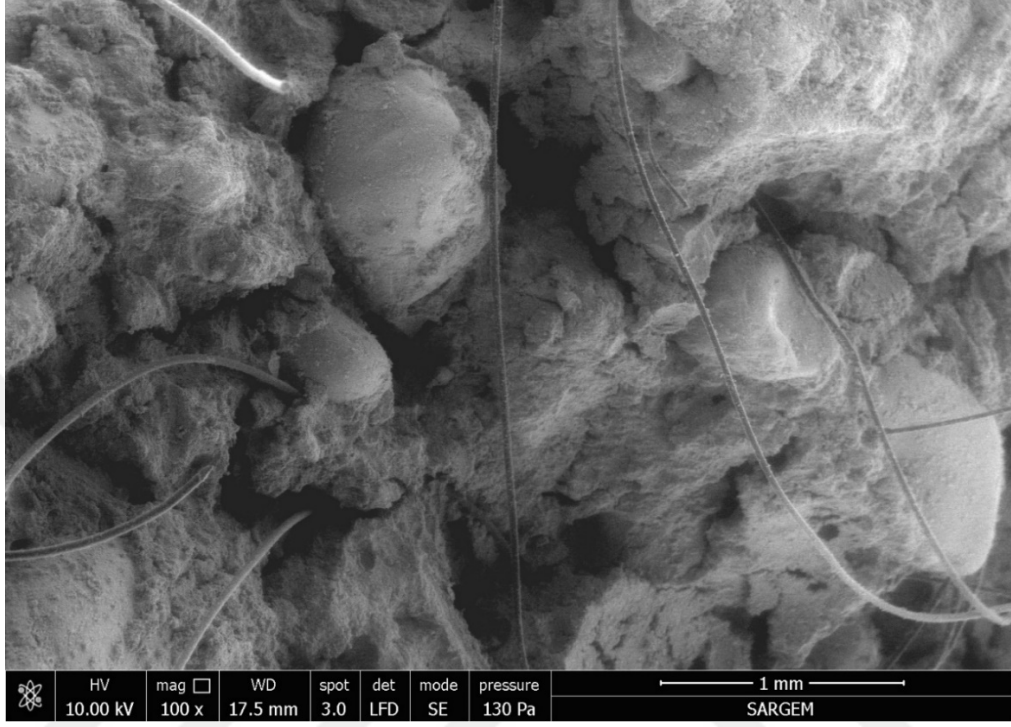
Şekil. 3.22. Seri 3 harç numunesine ait X2000 büyütmeli FESEM görüntüsü.



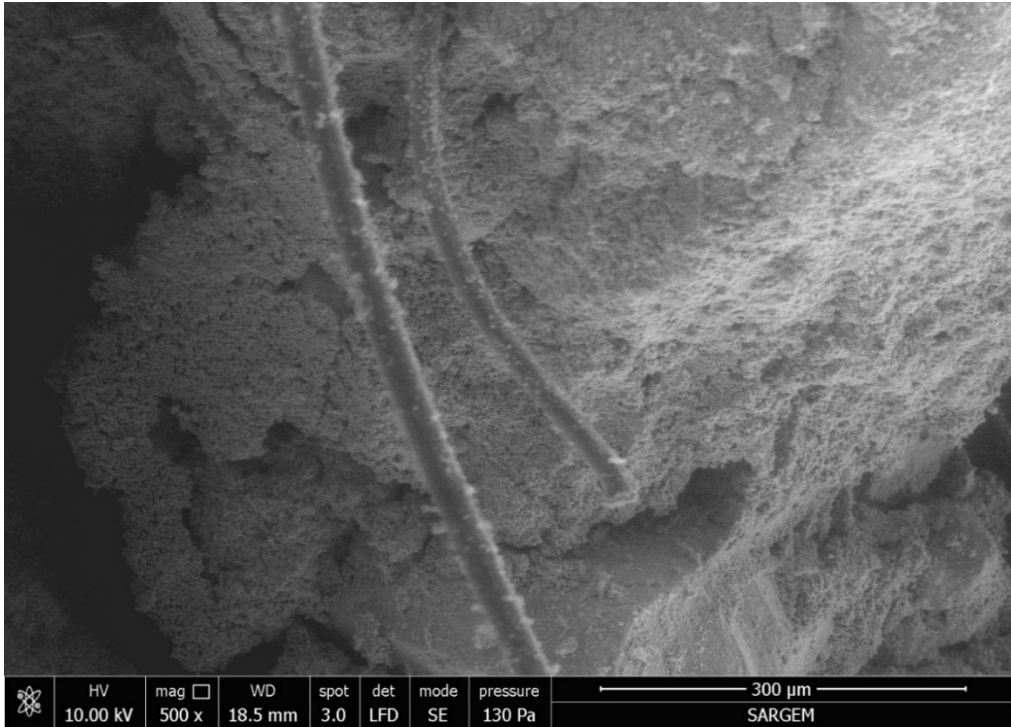
Şekil. 3.23. Seri 3 harç numunesine ait X5000 büyütmeli FESEM görüntüsü.

Seri 4 harç numunesine ait X100 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.24) Seri 4 harç numunesine ait X500 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.25) Seri 4 harç numunesine

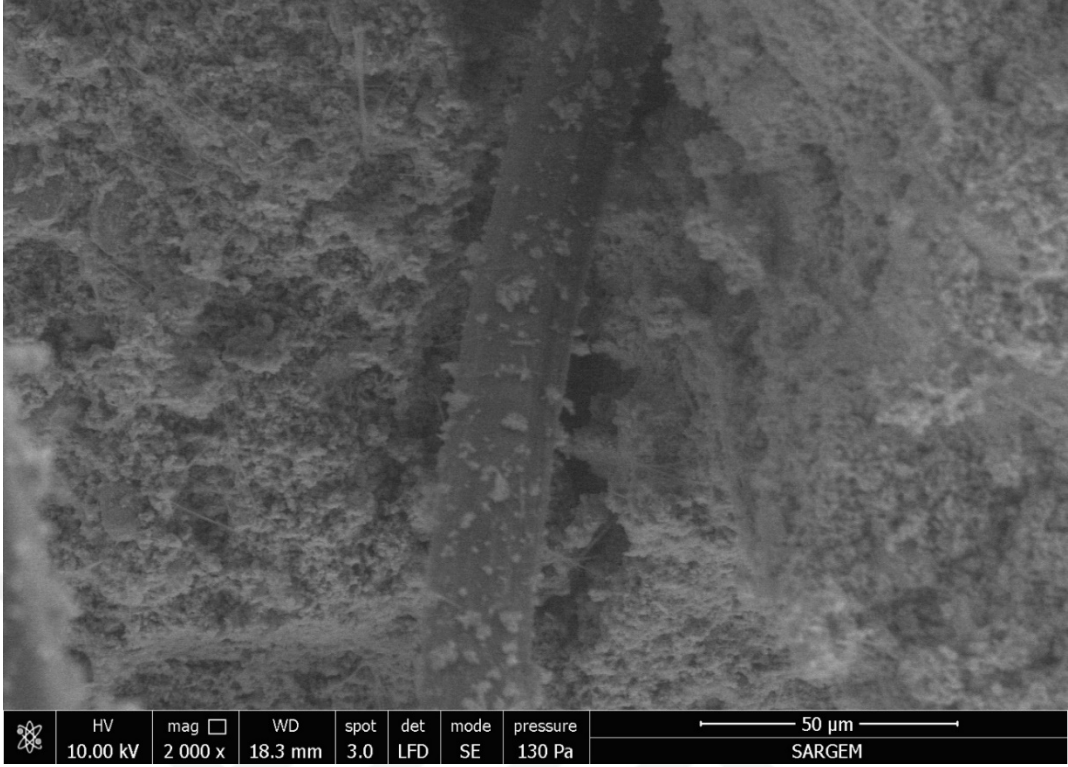
ait X2000 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.26) Seri 4 harç numunesine ait X5000 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.27) verilmiştir. FESEM görüntülerinde cam lif katkılı harçlarda cam lifin harçla yeterli aderansı sağlayamaması boşlukların oluşmasına neden olmuştur.



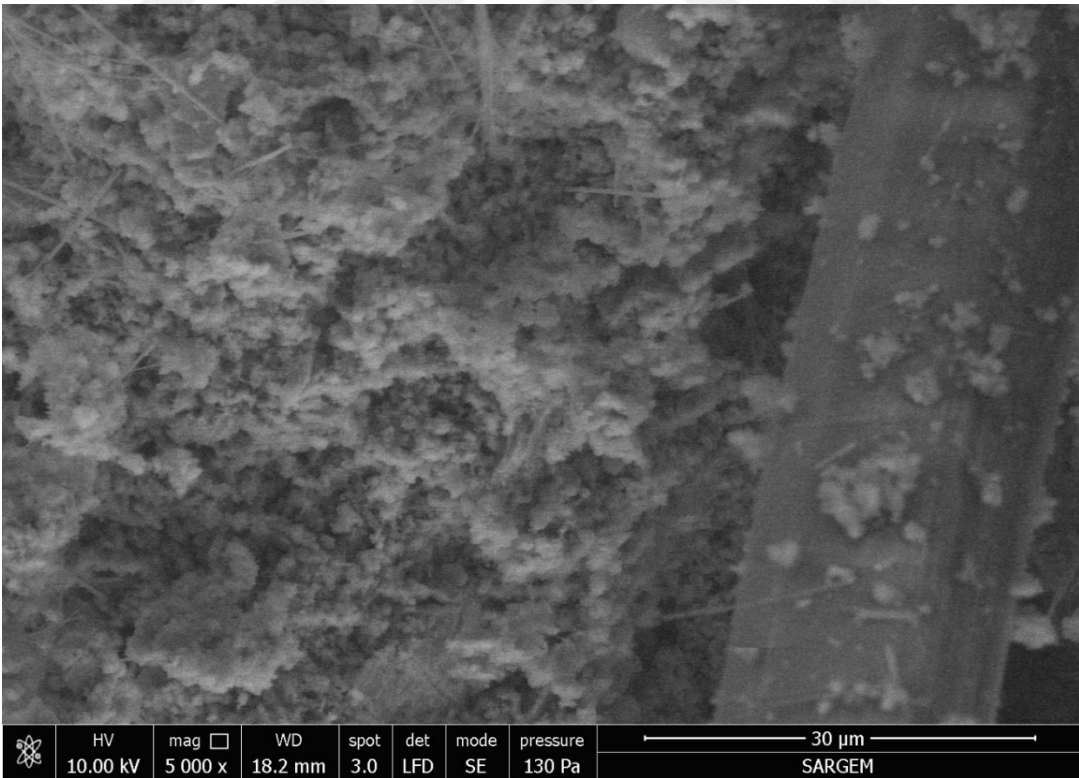
Şekil. 3.24. Seri 4 harç numunesine ait X100 büyütmeli FESEM görüntüsü.



Şekil. 3.25. Seri 4 harç numunesine ait X500 büyütmeli FESEM görüntüsü.



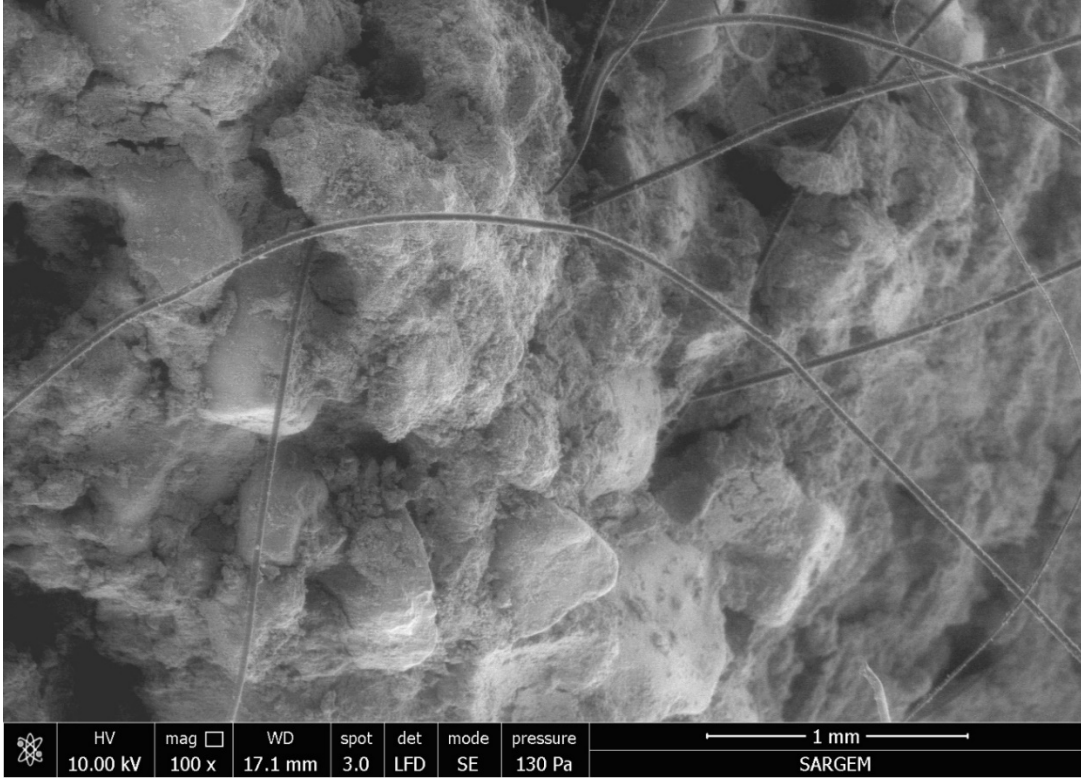
Şekil. 3.26. Seri 4 harç numunesine ait X2000 büyütmeli FESEM görüntüsü.



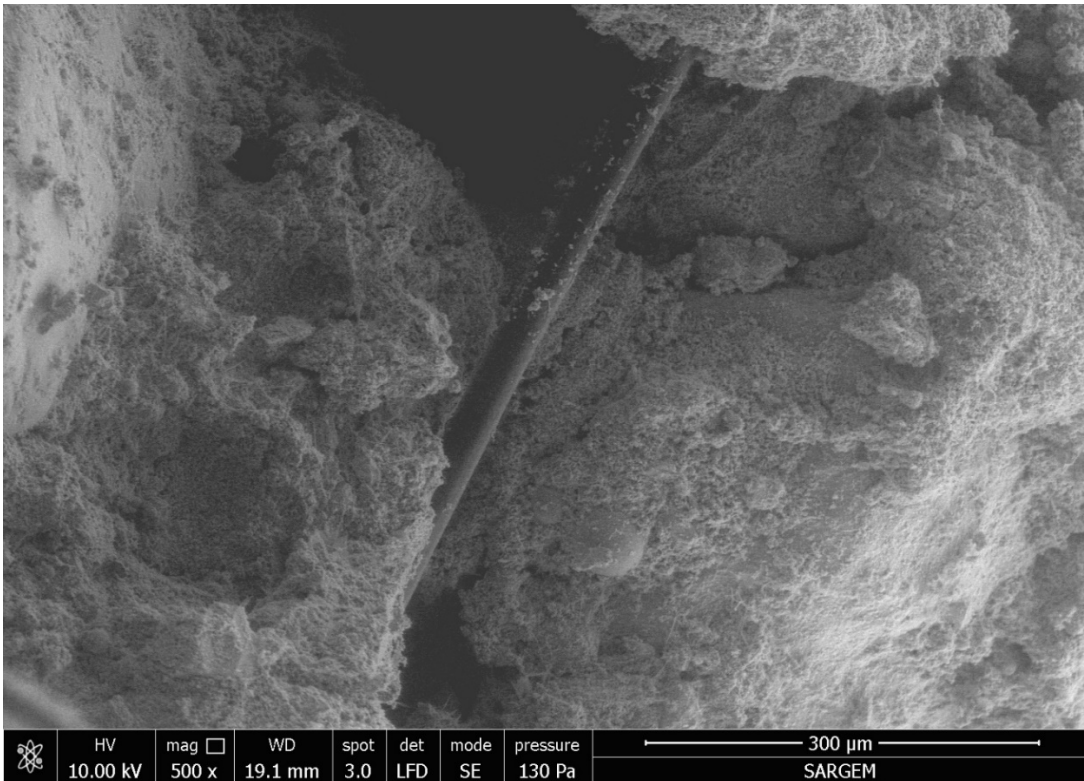
Şekil. 3.27. Seri 4 harç numunesine ait X5000 büyütmeli FESEM görüntüsü.

Seri 5 harç numunesine ait X100 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.28) Seri 5 harç numunesine ait X500 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil 3.29) Seri 5 harç numunesine

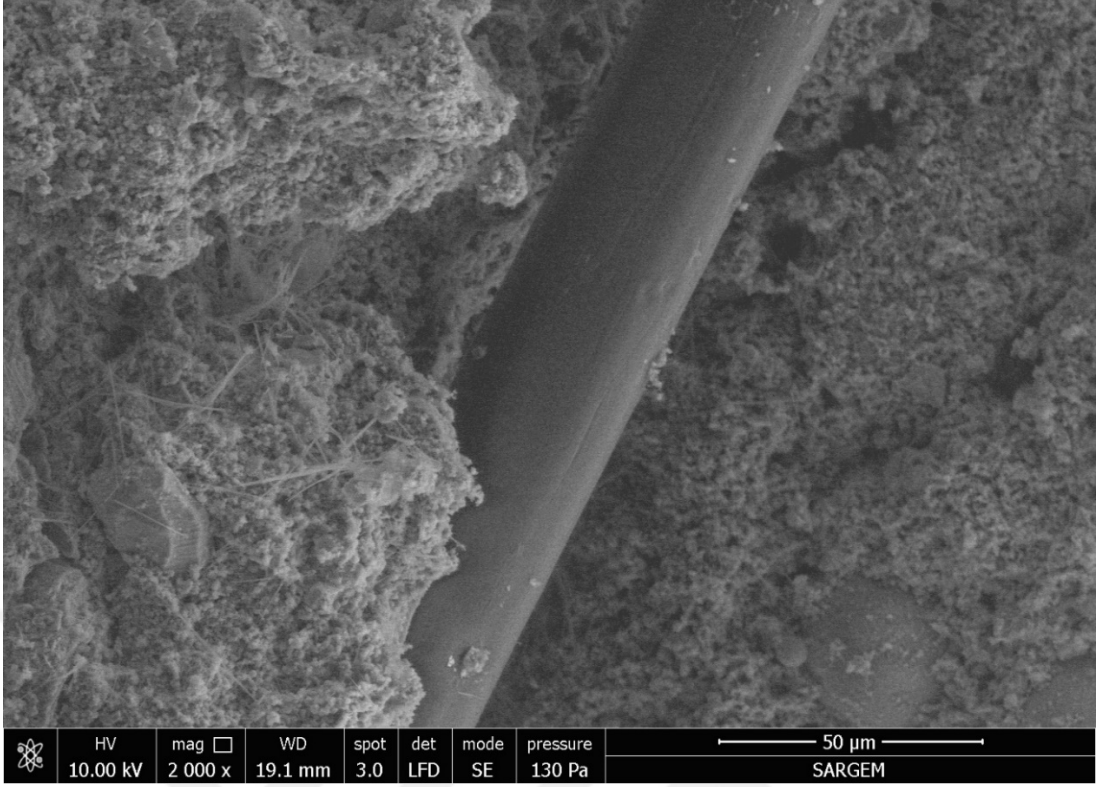
ait X2000 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil. 3.30) Seri 5 harç numunesine ait X5000 büyütmeli FESEM görüntüsü (Şekil. 3.31) verilmiştir.



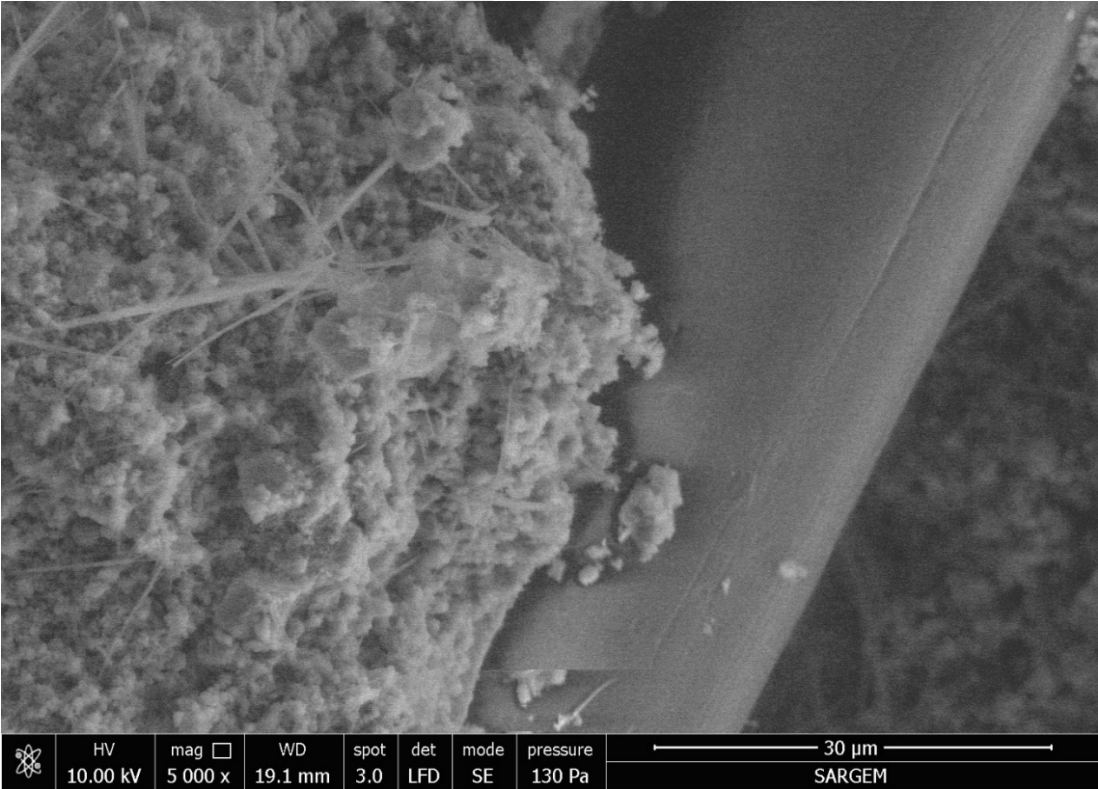
Şekil. 3.28. Seri 5 harç numunesine ait X100 büyütmeli FESEM görüntüsü.



Şekil. 3.29. Seri 5 harç numunesine ait X500 büyütmeli FESEM görüntüsü.



Şekil. 3.30. Seri 5 harç numunesine ait X2000 büyütmeli FESEM görüntüsü.



Şekil. 3.31. Seri 5 harç numunesine ait X5000 büyütmeli FESEM görüntüsü.

3.1.3.2. Taramalı Elektron Mikroskopi Analizi (EDS) Sonuçları

90 gün sonunda 5 seri harç numunesinden 1 cm³ lük parça alınarak X100, X500 büyütmeli EDS görüntüleri elde edilmiştir.

Seri 1 numunesine ait EDS analizleri incelendiğinde X100 büyütmeli, X500 EDS sonucuna göre yüksek oranda Al, Si, C, Ca, O elementlerini içeren kalsit mineralli bir malzemedir. (Şekil 3.32) Seri 1 harç numunesine ait X100 büyütmeli EDS görüntüsü, (Çizelge 3.58) Seri 1 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları, (Şekil. 3.33) Seri 1 harç numunesine ait X500 büyütmeli EDS görüntüsü, (Çizelge 3.59) Seri 1 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları verilmiştir.

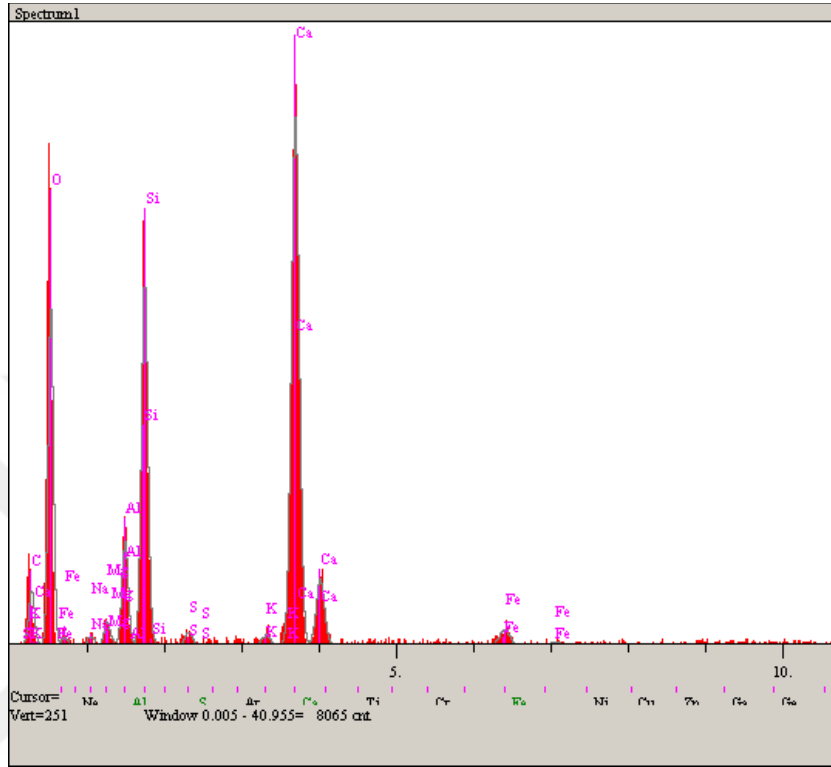
Seri 2 harç numunesine ait EDS analizleri incelendiğinde X100, X500 büyütmeli EDS sonuç tablosuna göre yüksek oranda Ca, C, O Si elementleri ile Mg, Al ve çok az miktarda K, Fe elementlerini içeren kalsit mineralli bir yapıdadır. (Şekil. 3.34) Seri 2 harç numunesine ait X100 büyütmeli EDS görüntüsü, (Çizelge 3.60) Seri 2 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları, (Şekil 3.35) Seri 2 harç numunesine ait X500 büyütmeli EDS görüntüsü, (Çizelge 3.61) Seri 2 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları verilmiştir.

Seri 3 harç numunesine ait EDS analizlerinde X100, X500 büyütmeli EDS sonuç tablosuna göre yüksek oranda Ca, C, O Si elementleri ile Mg, Al ve çok az miktarda K, S, Fe elementlerini içeren kalsit mineralli bir yapıda olduğu sonucuna varılmıştır. (Şekil 3.36) Seri 3 harç numunesine ait X100 büyütmeli EDS görüntüsü, (Çizelge 3.62) Seri 3 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları, (Şekil 3.37) Seri 3 harç numunesine ait X500 büyütmeli EDS görüntüsü, (Çizelge 3.63) Seri 3 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları verilmiştir.

Seri 4 harç numunesine ait EDS analizlerinde X100, X500 büyütmeli EDS sonuç tablosuna göre yüksek oranda Ca, C, O Si elementleri ile Mg, Al ve çok az miktarda K, S, Fe elementlerini içeren kalsit mineralli bir yapıdadır. (Şekil 3.38) Seri 4 harç numunesine ait X100 büyütmeli EDS görüntüsü, (Çizelge 3.64) Seri 4 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları, (Şekil 3.39) Seri 4 harç numunesine ait X500 büyütmeli EDS görüntüsü, (Çizelge 3.65) Seri 4 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları verilmiştir.

Seri 5 harç numunesine ait EDS analizlerinde X100, X500 büyütmeli EDS sonuç tablosuna göre yüksek oranda Ca, C, O Si elementleri ile Mg, Al ve çok az miktarda Fe elementini içeren kalsit mineralli bir yapıda olduğu sonucuna varılmıştır. (Şekil 3.40)

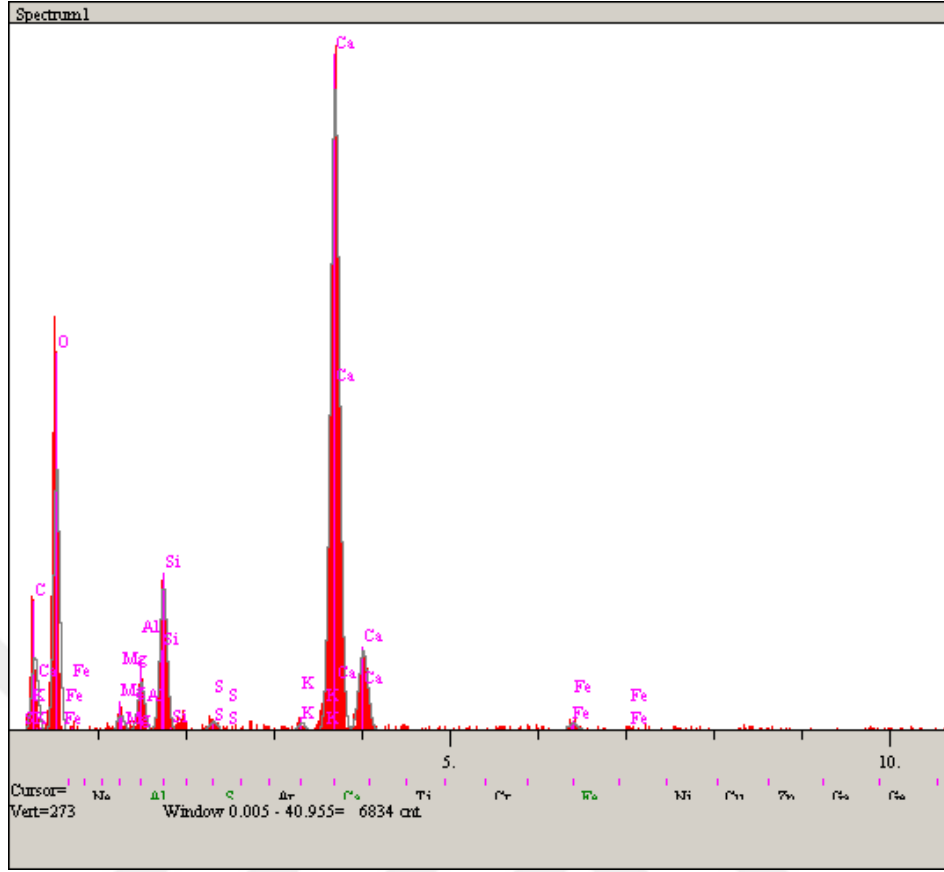
Seri 5 harç numunesine ait X100 büyütme EDS görüntüsü, (Çizelge 3.66) Seri 5 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları, (Şekil 3.41) Seri 5 harç numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü, (Çizelge 3.70) Seri 5 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil. 3.32. Seri 1 harç numunesine ait X100 büyütme EDS görüntüsü.

Çizelge 3.60. Seri 1 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.

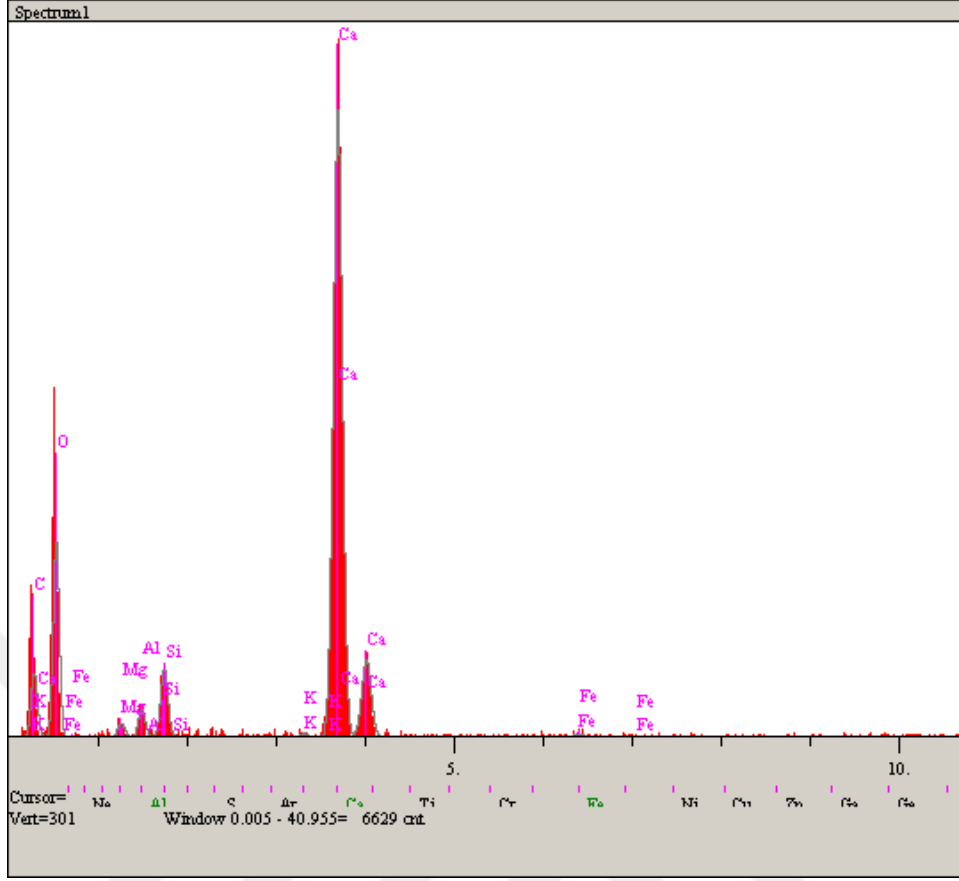
Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	20.06	2.831	6.211	wt.%	
O	Ka	116.37	6.820	43.899	wt.%	
Na	Ka	3.43	1.171	0.418	wt.%	
Mg	Ka	8.67	1.862	0.782	wt.%	
Al	Ka	41.03	4.050	3.365	wt.%	
Si	Ka	152.90	7.817	11.918	wt.%	
S	Ka	5.68	1.506	0.476	wt.%	
K	Ka	4.92	1.402	0.473	wt.%	
Ca	Ka	271.68	10.420	29.702	wt.%	
Fe	Ka	9.70	1.969	2.755	wt.%	
				100.000	wt.%	Total



Şekil. 3.33. Seri 1 harç numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.

Çizelge 3.61. Seri 1 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.

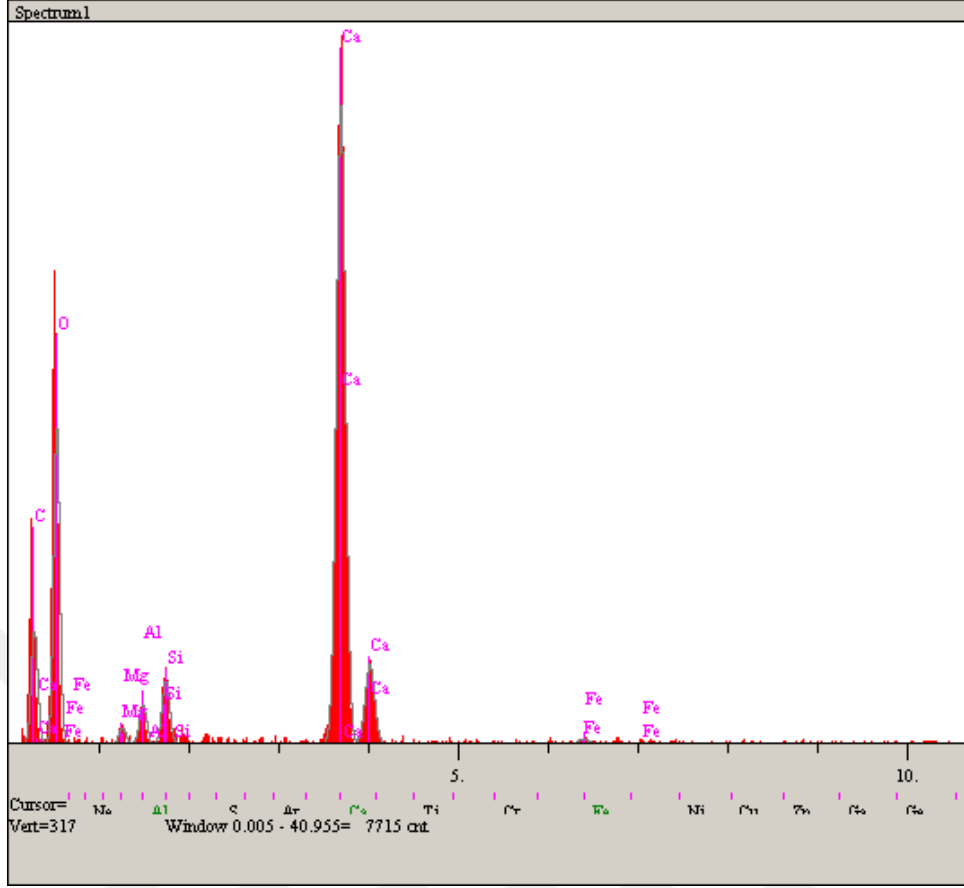
Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	26.44	3.252	6.919	wt.%	
O	Ka	86.78	5.892	44.147	wt.%	
Mg	Ka	6.08	1.560	0.647	wt.%	
Al	Ka	18.33	2.708	1.762	wt.%	
Si	Ka	57.85	4.810	5.154	wt.%	
S	Ka	3.97	1.260	0.364	wt.%	
K	Ka	3.17	1.126	0.329	wt.%	
Ca	Ka	316.60	11.253	39.382	wt.%	
Fe	Ka	3.94	1.256	1.295	wt.%	
				100.000	wt.%	Total



Şekil. 3.34. Seri 2 harç numunesine ait X100 büyütme EDS görüntüsü.

Çizelge 3.62. Seri 2 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.

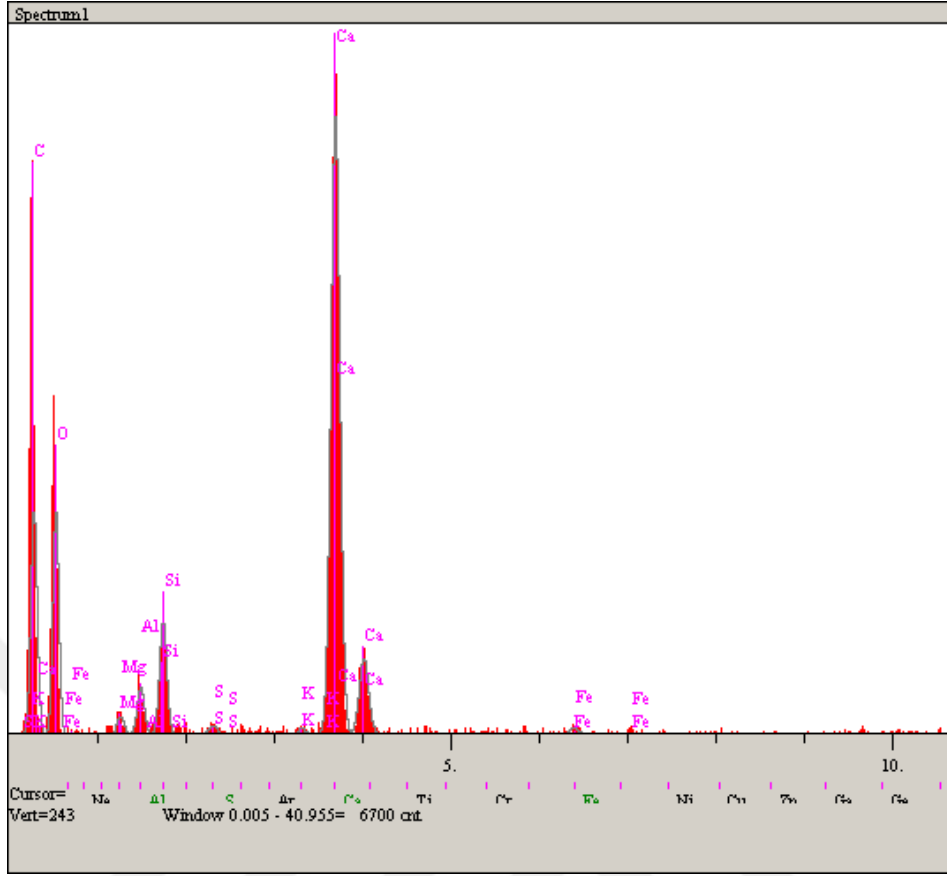
Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	25.13	3.169	6.286	wt.%	
O	Ka	70.59	5.312	42.618	wt.%	
Mg	Ka	6.06	1.556	0.708	wt.%	
Al	Ka	11.76	2.168	1.241	wt.%	
Si	Ka	29.55	3.436	2.862	wt.%	
K	Ka	1.84	0.858	0.199	wt.%	
Ca	Ka	336.94	11.605	45.365	wt.%	
Fe	Ka	2.02	0.898	0.722	wt.%	
				100.000	wt.%	Total



Şekil. 3.35. Seri 2 harç numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.

Çizelge 3.63. Seri 2 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.

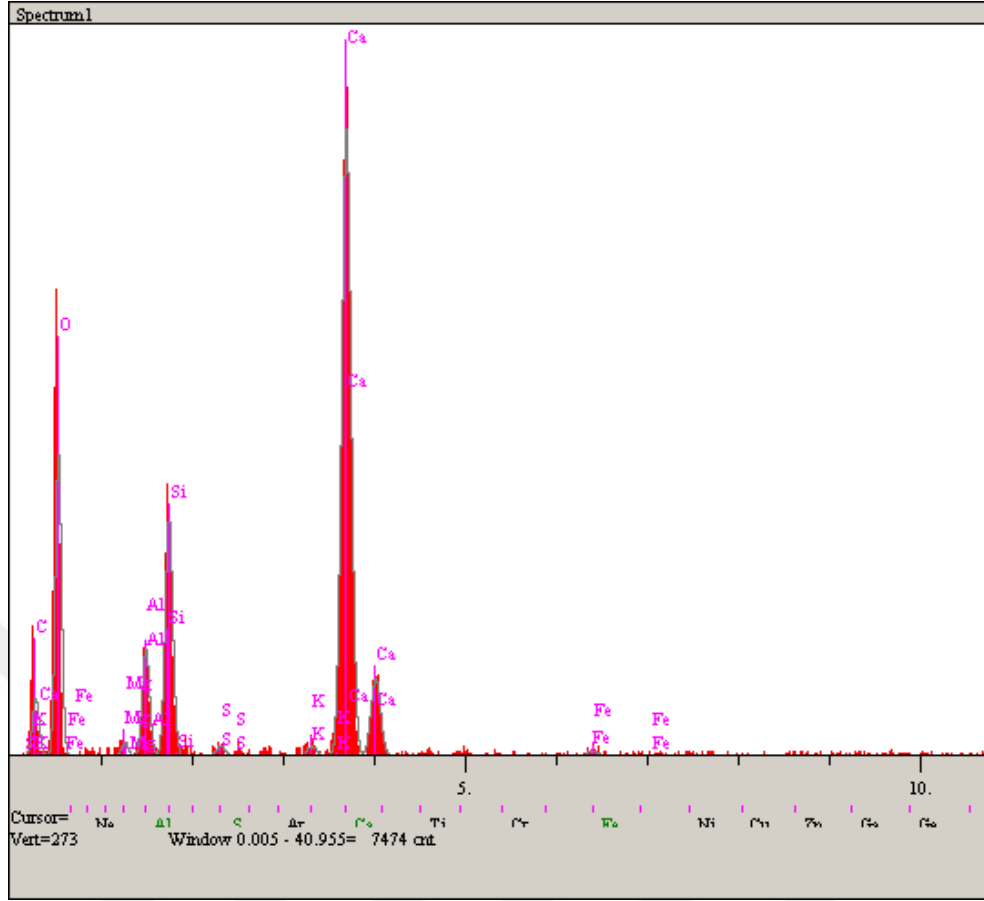
Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	45.72	4.275	8.609	wt.%	
O	Ka	118.97	6.897	48.854	wt.%	
Mg	Ka	7.09	1.684	0.645	wt.%	
Al	Ka	16.73	2.586	1.372	wt.%	
Si	Ka	29.23	3.418	2.205	wt.%	
Ca	Ka	358.14	11.967	37.469	wt.%	
Fe	Ka	3.05	1.104	0.846	wt.%	
				100.000	wt.%	Total



Şekil. 3.36. Seri 3 harç numunesine ait X100 büyütme EDS görüntüsü.

Çizelge 3.64. Seri 3 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.

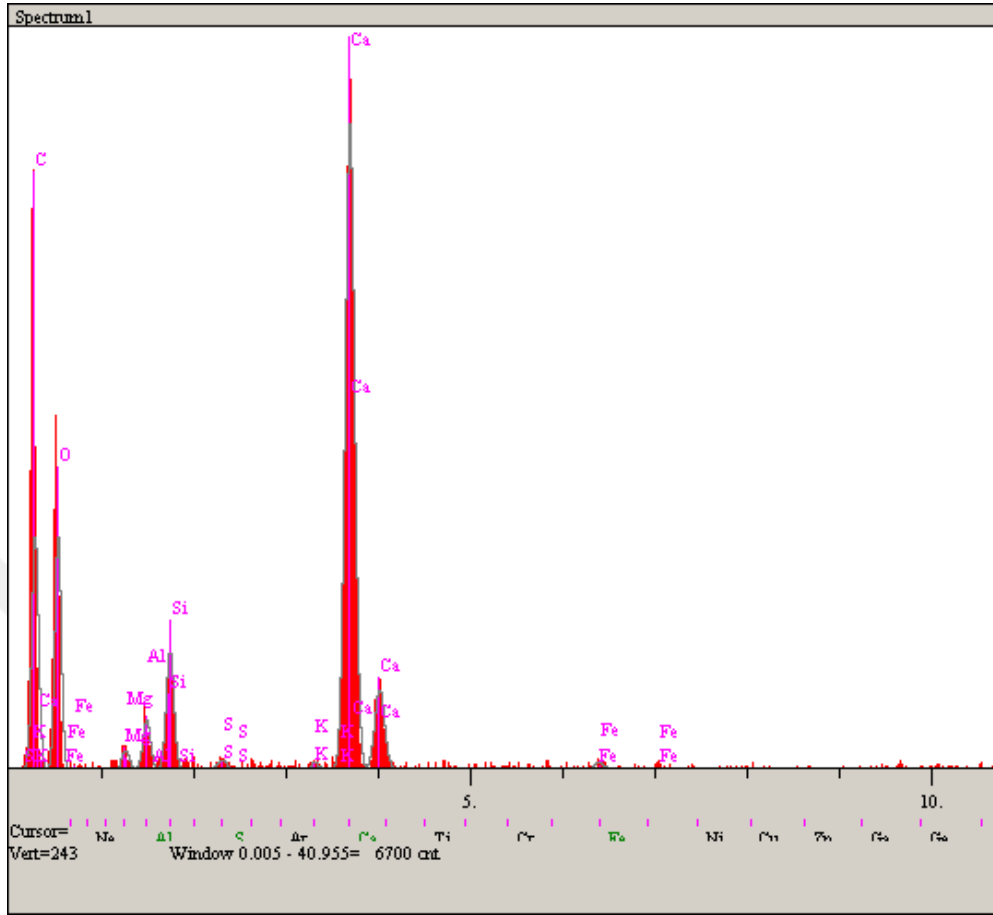
Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	70.11	5.294	17.943	wt.%	
O	Ka	65.32	5.110	38.052	wt.%	
Mg	Ka	6.12	1.564	0.685	wt.%	
Al	Ka	15.95	2.525	1.625	wt.%	
Si	Ka	40.40	4.018	3.833	wt.%	
S	Ka	3.62	1.202	0.354	wt.%	
K	Ka	2.17	0.931	0.241	wt.%	
Ca	Ka	270.64	10.401	36.253	wt.%	
Fe	Ka	2.86	1.069	1.015	wt.%	
				100.000	wt.%	Total



Şekil. 3.37. Seri 3 harç numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.

Çizelge 3.65. Seri 3 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.

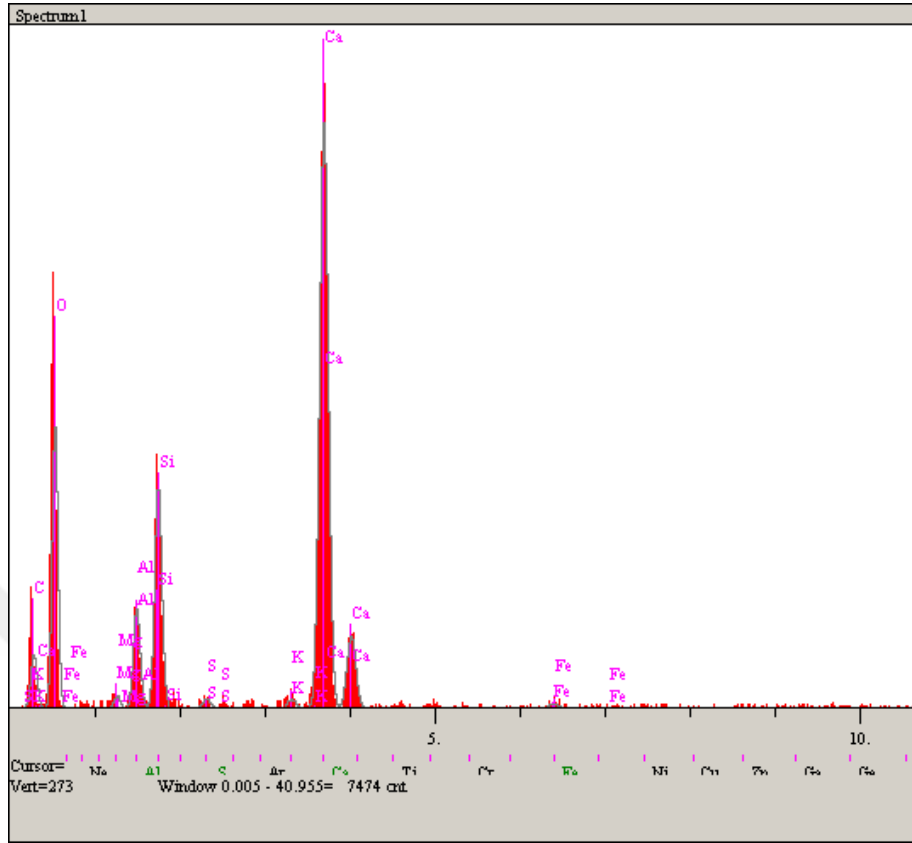
Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	19.86	2.818	5.789	wt.%	
O	Ka	96.69	6.218	44.509	wt.%	
Mg	Ka	4.59	1.355	0.459	wt.%	
Al	Ka	39.78	3.988	3.600	wt.%	
Si	Ka	92.70	6.088	7.961	wt.%	
S	Ka	4.33	1.316	0.390	wt.%	
K	Ka	4.70	1.370	0.481	wt.%	
Ca	Ka	299.74	10.947	35.913	wt.%	
Fe	Ka	2.86	1.070	0.898	wt.%	
				100.000	wt.%	Total



Şekil. 3.38. Seri 4 harç numunesine ait X100 büyütme EDS görüntüsü.

Çizelge 3.66. Seri 4 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.

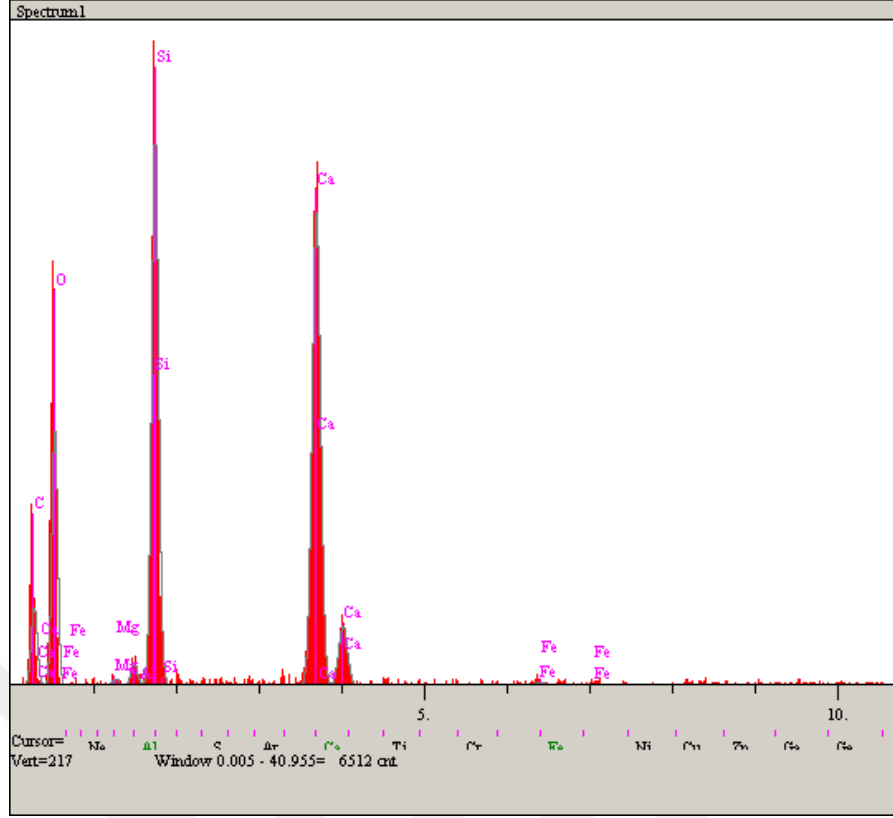
Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	70.11	5.294	17.943	wt.%	
O	Ka	65.32	5.110	38.052	wt.%	
Mg	Ka	6.12	1.564	0.685	wt.%	
Al	Ka	15.95	2.525	1.625	wt.%	
Si	Ka	40.40	4.018	3.833	wt.%	
S	Ka	3.62	1.202	0.354	wt.%	
K	Ka	2.17	0.931	0.241	wt.%	
Ca	Ka	270.64	10.401	36.253	wt.%	
Fe	Ka	2.86	1.069	1.015	wt.%	
				100.000	wt.%	Total



Şekil. 3.39. Seri 4 harç numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.

Çizelge 3.67. Seri 4 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.

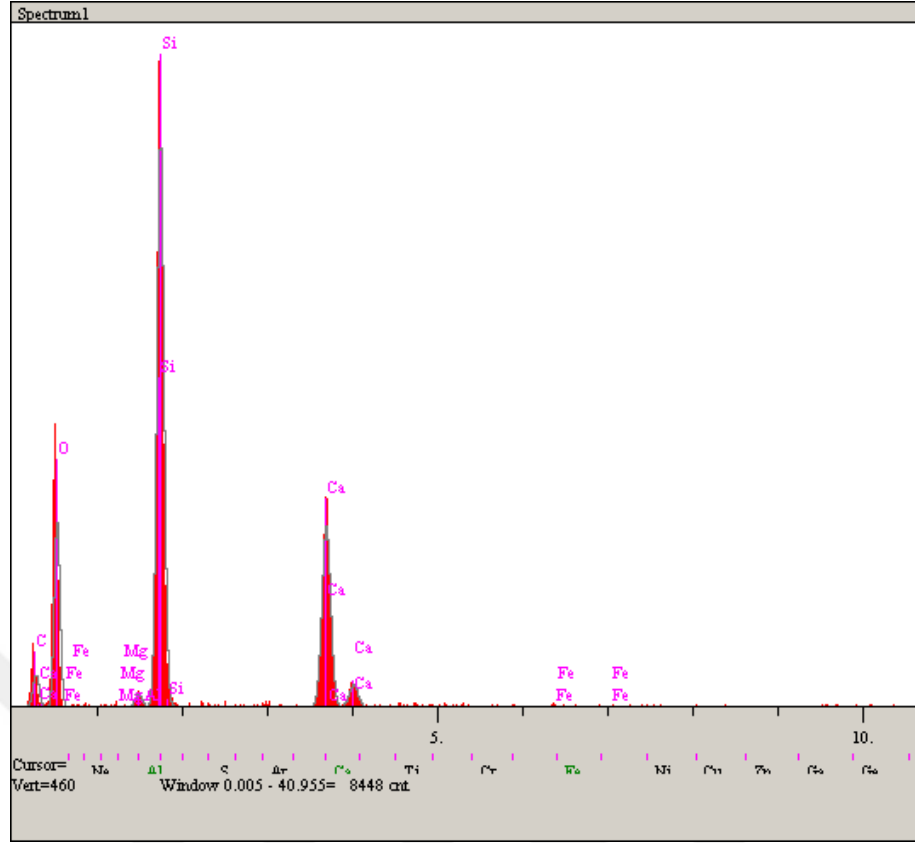
Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	19.86	2.818	5.789	wt.%	
O	Ka	96.69	6.218	44.509	wt.%	
Mg	Ka	4.59	1.355	0.459	wt.%	
Al	Ka	39.78	3.988	3.600	wt.%	
Si	Ka	92.70	6.088	7.961	wt.%	
S	Ka	4.33	1.316	0.390	wt.%	
K	Ka	4.70	1.370	0.481	wt.%	
Ca	Ka	299.74	10.947	35.913	wt.%	
Fe	Ka	2.86	1.070	0.898	wt.%	
				100.000	wt.%	Total



Şekil. 3.40. Seri 5 harç numunesine ait X100 büyütme EDS görüntüsü.

Çizelge 3.68. Seri 5 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.

Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	23.08	3.038	10.672	wt.%	
O	Ka	71.55	5.349	39.289	wt.%	
Mg	Ka	2.08	0.913	0.245	wt.%	
Al	Ka	7.10	1.685	0.759	wt.%	
Si	Ka	186.90	8.645	18.821	wt.%	
Ca	Ka	197.34	8.883	29.421	wt.%	
Fe	Ka	2.05	0.906	0.793	wt.%	
				100.000	wt.%	Total



Şekil. 3.41. Seri 5 harç numunesine ait X500 büyütme EDS görüntüsü.

Çizelge 3.69. Seri 5 harç numunesine ait EDS analiz sonuçları.

Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	20.21	2.842	10.369	wt.%	
O	Ka	106.93	6.539	39.000	wt.%	
Mg	Ka	0.74	0.544	0.065	wt.%	
Al	Ka	8.87	1.883	0.712	wt.%	
Si	Ka	398.73	12.627	30.778	wt.%	
Ca	Ka	155.32	7.881	18.541	wt.%	
Fe	Ka	1.77	0.840	0.536	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

3.1.3.2. XRD Analiz Sonuçları

Alternatif olarak yer döşemesine özgü üretilen Seri 1-Seri 2- Seri 3-Seri 4 ve Seri 5 harç numunelerinin X ışını analizlerinde harcı oluşturan hammaddelerin XRD analizleri yapılmıştır. 90 gün yaş sonundaki numunelerden alınan 1cm³lük parçalar toz haline getirilerek numunelerin minerolojik yapıları belirlenmiştir.

Seri 1 numunesinin kırınım desenlerinde pirit, (sülfür minerali), kalsit (C), yapıştırma özelliği olan kriyolit, portlantid (P) mineralleri tespit edilmiştir. Harcın XRD grafiği incelendiğinde yüksek oranda kalsit, CaCO₃ (kalsiyum karbonat) içeren bir malzeme olduğu tespit edilmiştir. Kalsit, harçta dayanım kazanma hızını olumlu yönde etkiler, C-S-H (kalsiyum silikat hidrat) oluşumuna uygun çekirdek oluşturarak hidrasyon reaksiyonlarının hızlandırmasına neden olur. (Şekil. 3.42) Seri 1 harç numunesine ait XRD sonuç grafiği verilmiştir.

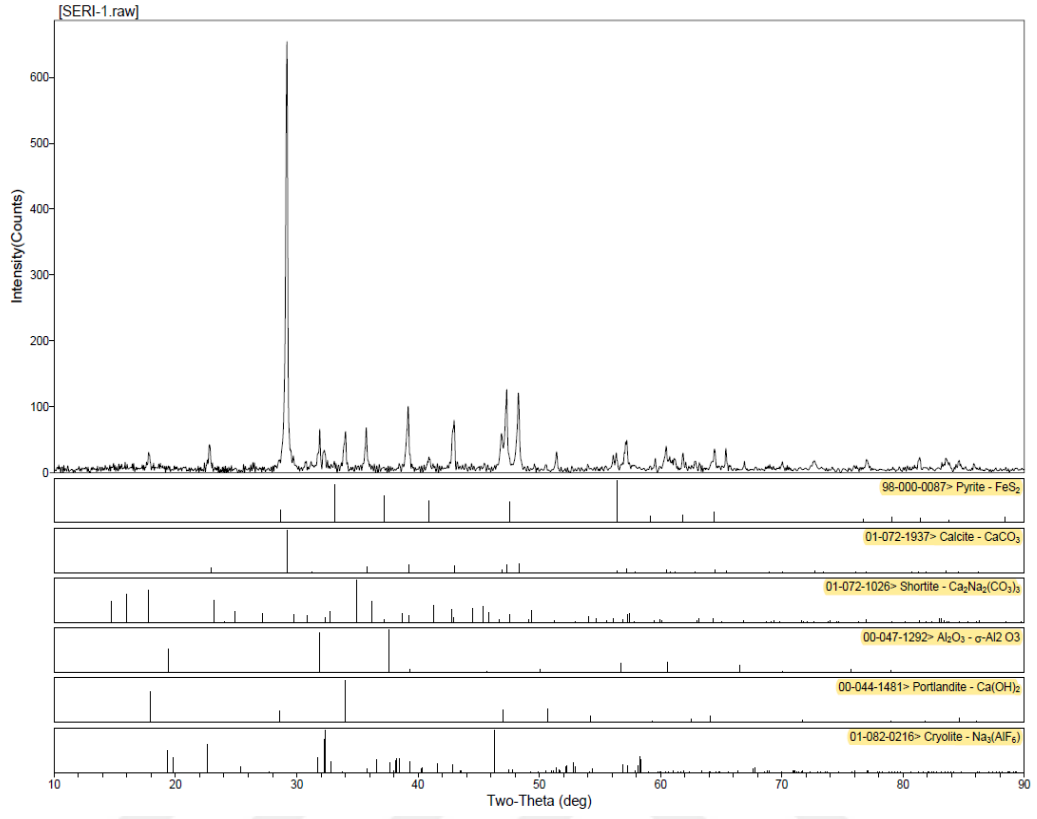
Seri 2 harç numunesinin kırınım desenlerinde pirit, (sülfür minerali), kalsit (C), kuvars (Q), silikat (S) mineralleri tespit edilmiştir. Harcın XRD grafiği incelendiğinde yüksek oranda kalsit, CaCO₃ (kalsiyum karbonat), silikat (SiO₂) içeren bir malzeme olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 3.43) Seri 2 harç numunesine ait XRD sonuç grafiği verilmiştir.

Seri 3 harç numunesinin kırınım desenlerinde kalsit (C), portlantid (P), (quintinin) karbonat minerali, kayaç yapıcı pirop minerali, silis mineral grubundan olan kristobalit, kuvars (Q), yapıştırma özelliğine sahip silikat (quadridavyne) mineralleri tespit edilmiştir. Harcın XRD grafiği incelendiğinde yüksek oranda kalsit, CaCO₃ (kalsiyum karbonat), içeren bir malzeme olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 3.44) Seri 3 harç numunesine ait XRD sonuç grafiği verilmiştir.

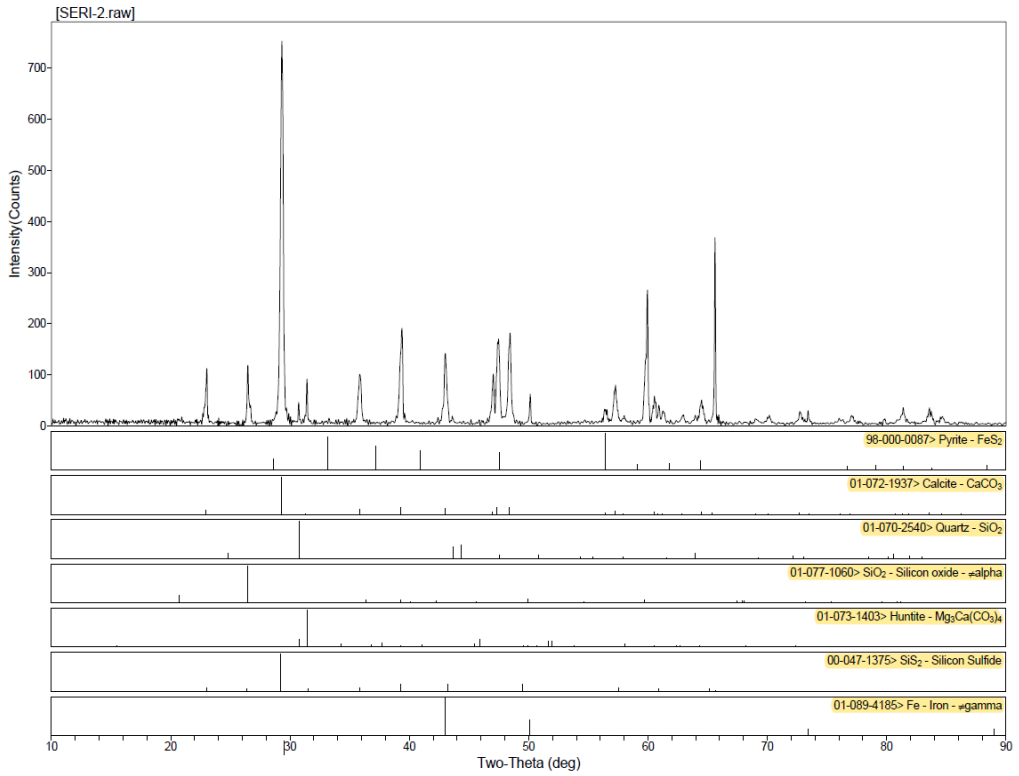
Seri 4 harç numunesinin kırınım desenlerinde kalsit (C), silikat (Si), manyetit (demir oksit), kiyanit alüminyum açısından zengin alüminosilikat mineralleri tespit edilmiştir. Harcın XRD grafiği incelendiğinde yüksek oranda kalsit, CaCO₃ (kalsiyum karbonat), içeren bir malzeme olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 3.45) Seri 4 harç numunesine ait XRD sonuç grafiği verilmiştir.

Seri 5 harç numunesine ait XRD sonuç grafiği yandaki şekilde verilmiştir. Seri 5 harç numunesinin kırınım desenlerinde kalsit (C), kuvars (Q), manyetit (demir oksit) mineralleri tespit edilmiştir. Harcın XRD grafiği incelendiğinde yüksek oranda kalsit, CaCO₃ (kalsiyum karbonat), takiben kuvars ve demir mineralleri içeren bir malzeme olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 3.46) Seri 5 harç numunesine ait XRD sonuç grafiği

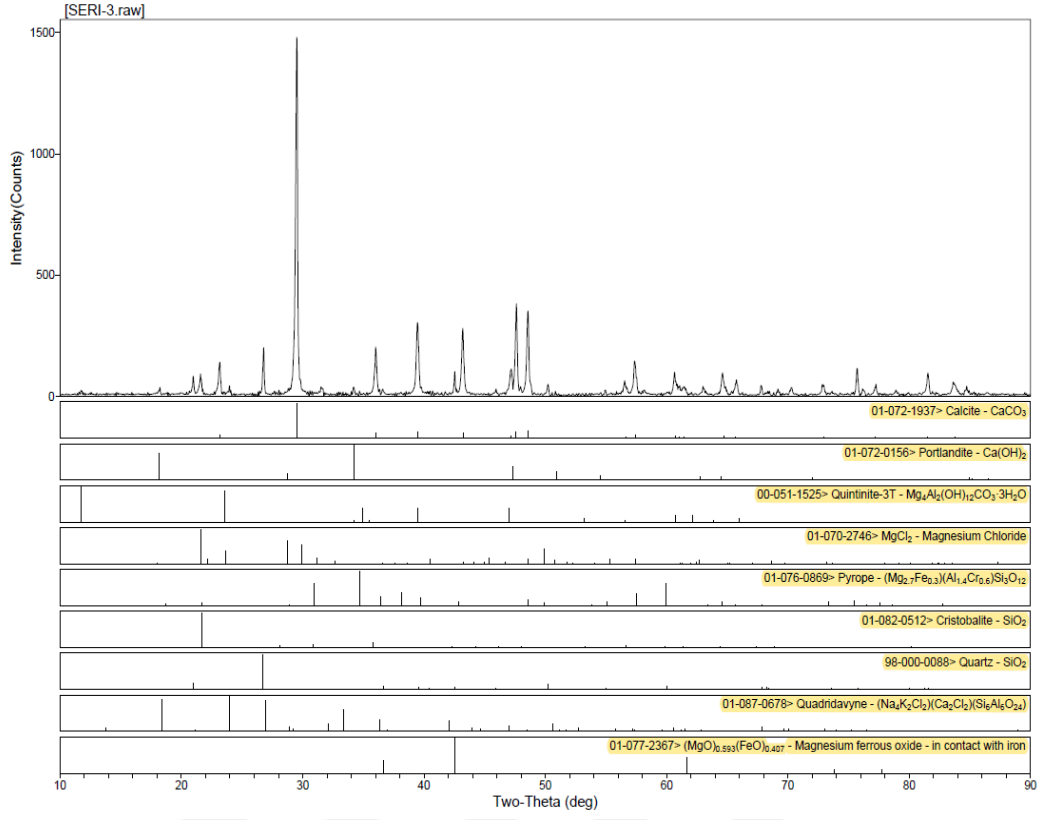
verilmiştir.



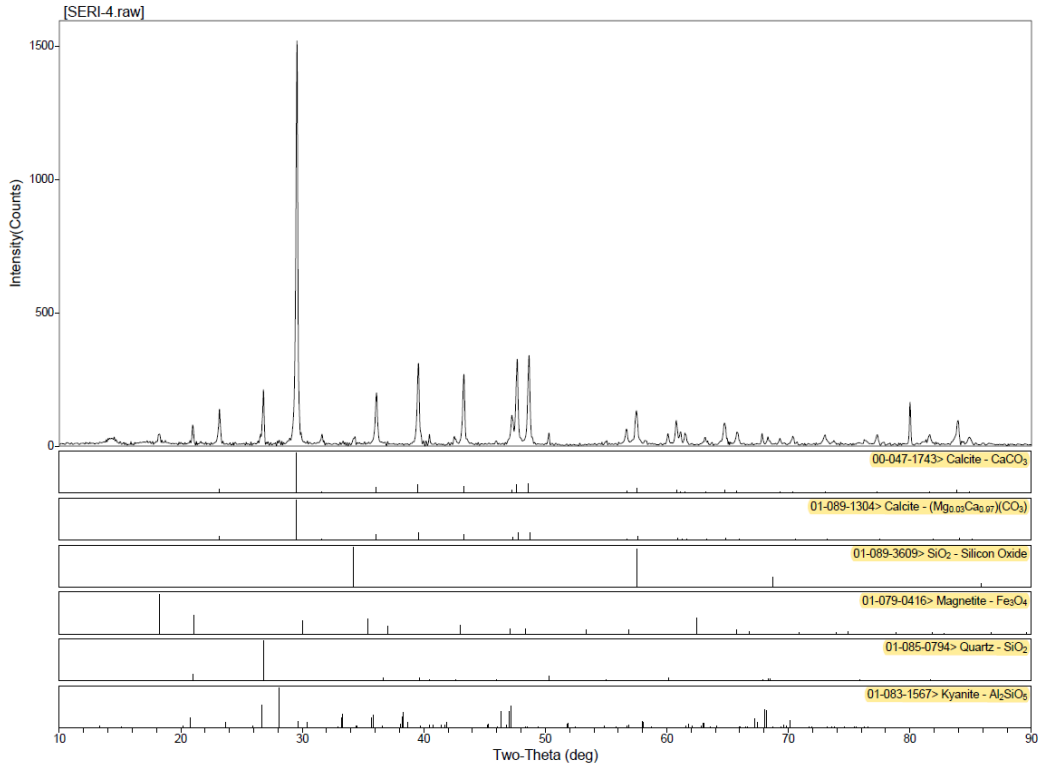
Şekil. 3.42. Seri 1 harç numunesine ait XRD grafiği.



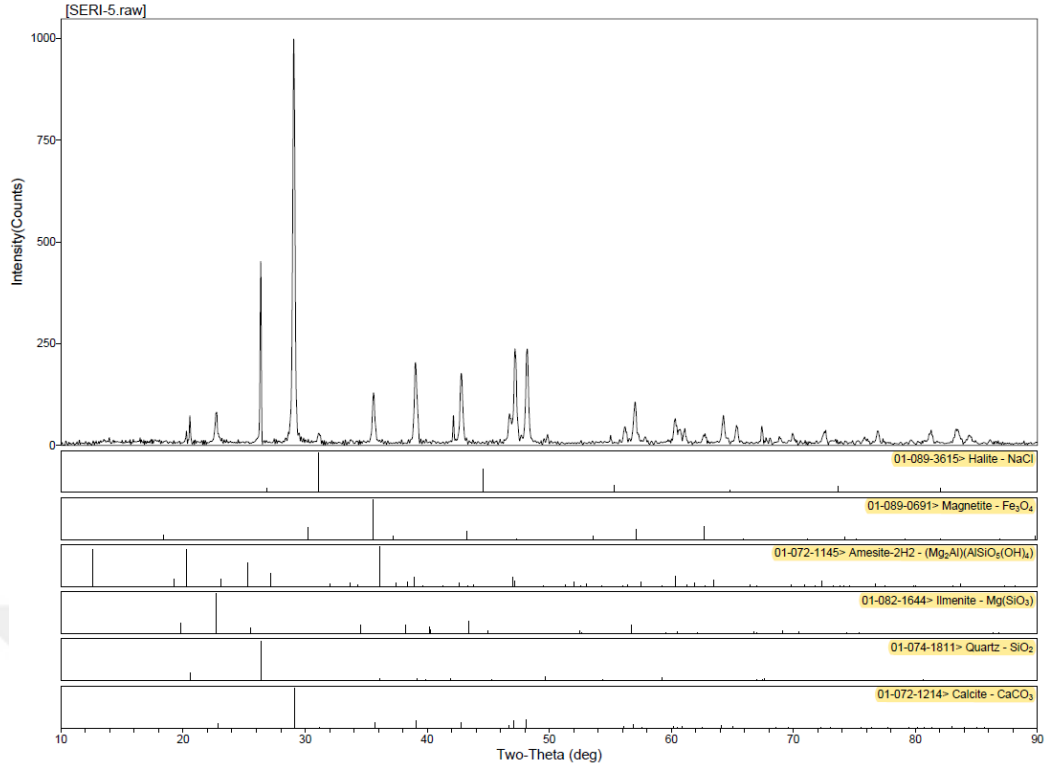
Şekil. 3.43. Seri 2 harç numunesine ait XRD grafiği.



Şekil. 3.44. Seri 3 harç numunesine ait XRD grafiği.



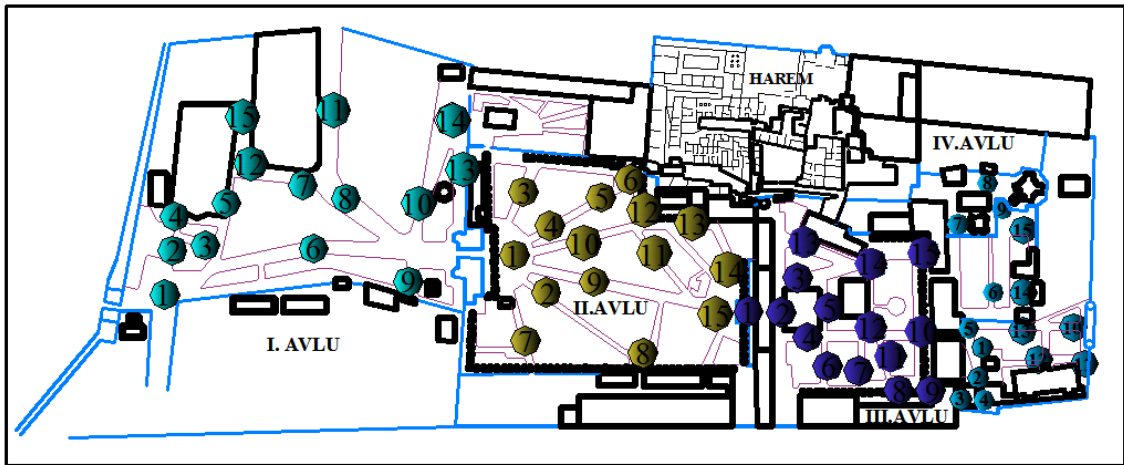
Şekil. 3.45. Seri 4 harç numunesine ait XRD grafiği.



Şekil. 3.46. Seri 5 harç numunesine ait XRD grafiği.

3.2.TOPKAPI SARAYI MÜZESİNE AİT YER DÖŞEMELERİNİN GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Topkapı Sarayı'na ait I. Avlu yer döşemeleri (Çizelge 3.70), II. Avlu yer döşemeleri (Çizelge 3.71), III. Avlu yer döşemeleri (Çizelge 3.72), IV. Avlu yer döşemeleri (Çizelge 3.73), avlulara ait doğal taş ve harç malzemeler ise plan üzerinde (Şekil 3.47) gösterilmiştir.



Şekil. 3.47. Topkapı Sarayı Müzesinin yerleşim planı üzerinde doğal taş ve harç malzemelerinin gösterimi.

Topkapı Sarayı'nın I. Avlu yürüyüş yollarına ait yer döşemelerinde traverten taşı ile bağlayıcılığı çimento olan harç malzemesi kullanılmıştır (N Koyukan 2021, sözlü görüşme).

Çizelge 3.70. I. Avlu'nun yer döşemeleri.



Çizelge 3.70 (devam). I. Avlu'nun yer döşemeleri.

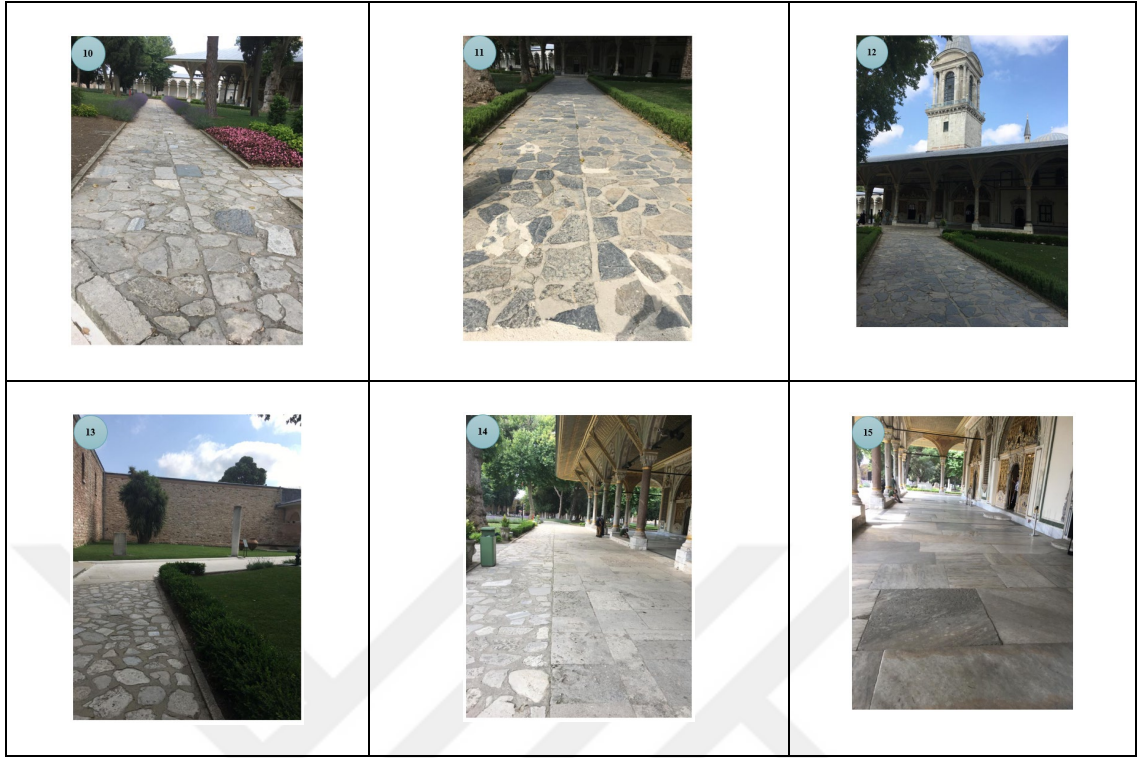


Topkapı Sarayı'nın II. Avlu yer döşemeleri farklı doğal taşlarla kaplanmıştır. Bâbüsselam Kapısının iç kısmı ile II. Avlu'ya geçişte küfeki taşı+beyaz çimento+kireç katkılı harç, revak altı ve yürüyüş yollarında ise kayrak taşı+marmara mermeri+beyaz çimento+kireç katkılı harç kullanılmıştır (N Koyukan 2021, sözlü görüşme).

Çizelge. 3.71. II. Avlu'nun yer döşemeleri.

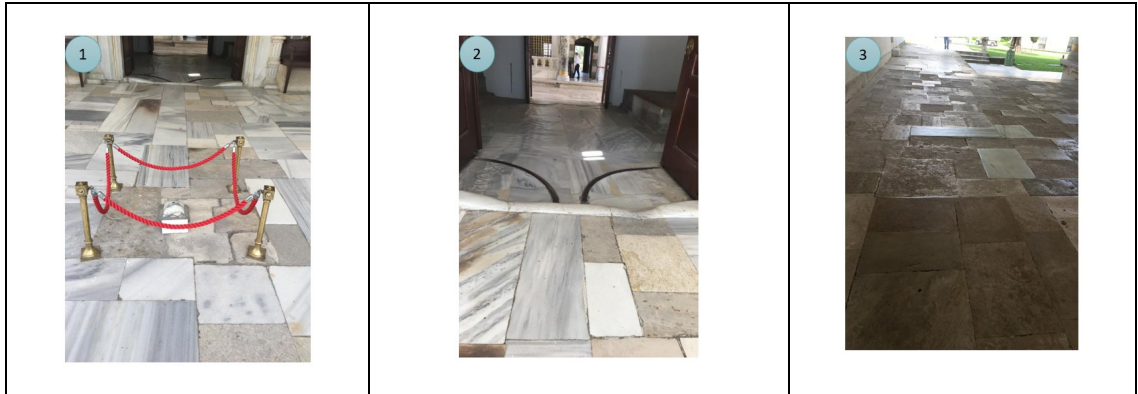


Çizelge 3.71 (devam). II.Avlu'nun yer döşemeleri.

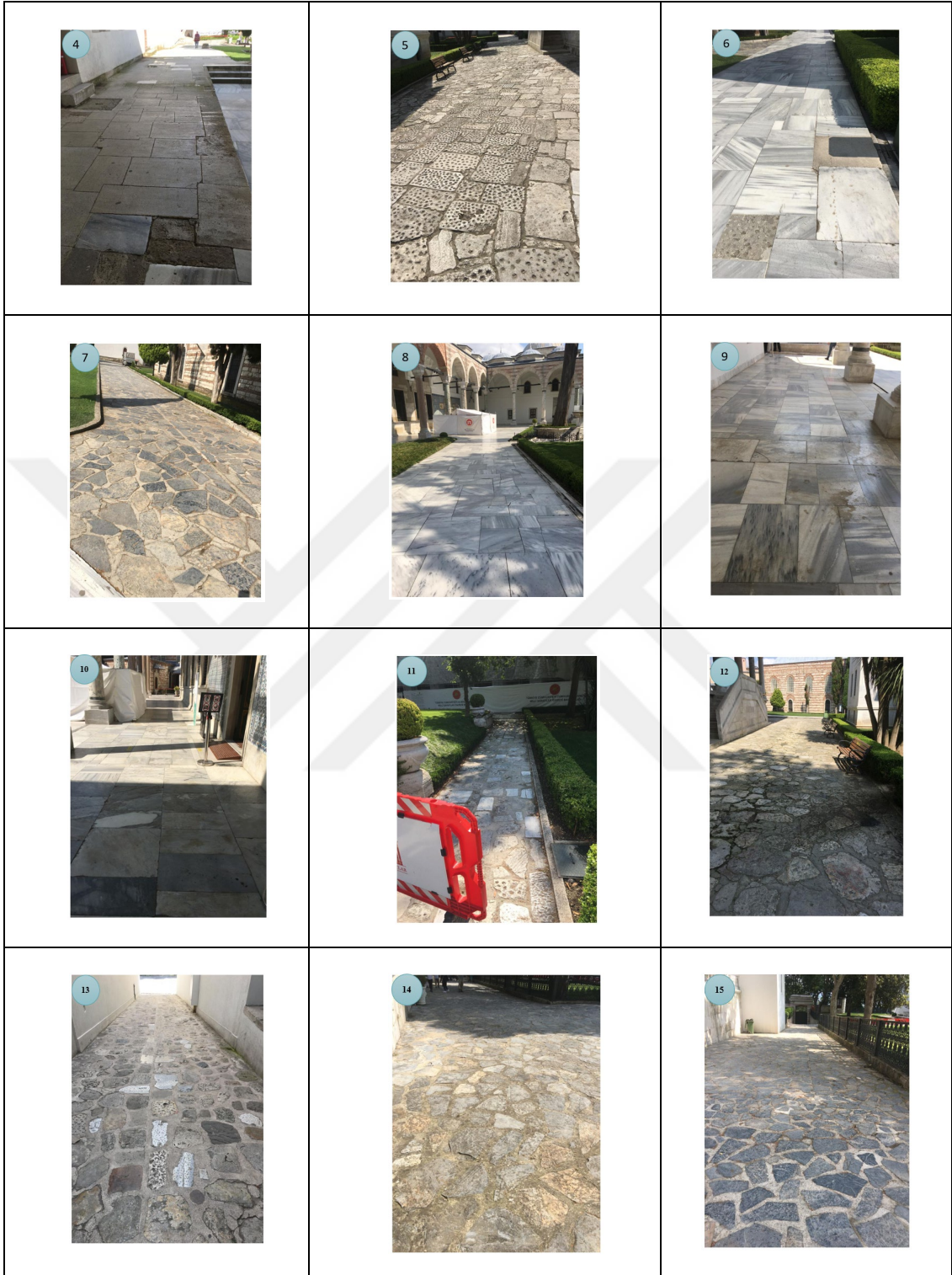


Topkapı Sarayı'nın III. Avlusu 1960 yılları öncesinde zeminin %80'i toprak olarak bırakılmıştır. 1960 yıllarından sonra çevre düzenlemesi kapsamında yer döşemeleri, farklı doğal taşlarla kaplanmıştır. Bâbüssade Kapısının önü ile iç kısım marmara mermeri+özgün harç (çimento katkısız), III. Avlu'ya geçişte küfeki taşı+beyaz çimento+kireç katkılı harç, revak altı ve yürüyüş yollarında ise küfeki taşı+marmara mermeri+podima taşı+beyaz çimento+kireç katkılı harç kullanılmıştır (N Koyukan 2021, sözlü görüşme).

Çizelge 3.72. III.Avlu'nun yer döşemeleri.



Çizelge 3. 72 (devam). III.Avlu'nun yer döşemeleri.



Topkapı Sarayı'nın IV. Avlu yer döşemeleri 1980 yıllarında mıcırlı beton asfalt olarak yapılmıştır. 1998-1999 yılları arasında siyah kayrak taşına dönüştürülmüştür. Köşkler bahçesi olarak adlandırılan IV. Avlu'nun yer döşemelerinde farklı doğal taşlarla kaplı marmara mermeri+çimento+kireç katkılı harç, revak altında podima taşı ve yürüyüş

yollarında marmara mermeri+beyaz çimento+kireç katkılı harç kullanılmıştır (N Koyukan 2021, sözlü görüşme).

Çizelge 3.73. IV. Avlu'nun yer döşemeleri.



Çizelge 3.73 (devam). IV. Avlu'nun yer döşemeleri.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarihi yapılar, günümüzde birçok defa değişikliğe uğradıkları için en korunaklı ve günümüze ulaşan yapılar arkeometrik incelemeler kapsamında yer almaktadır. Yapıların dönemsel olarak uygunluğunun da göz önünde bulundurulması gerektiğinden ülkemizde ve yurtdışında yer alan tarihi yapılar ve çevrelerindeki yer döşemelerine ait harç analizleri araştırılmış, ancak çalışmaya referans olabilecek özgün yer döşeme harçlarına ulaşamamıştır. Bu nedenle çalışmada, Topkapı Sarayı'nın yer döşemelerinde kullanılan doğal kaplama taşlarının hızlı bir şekilde hasara uğramasını engelleyip sürdürülebilirliğini, görsel ve işlevsel fonksiyonlar için korumanın sürekliliğini ve kalıcı toplum hizmetini sağlamak amacıyla mimari karşılaştırma yöntemi olarak literatür kapsamı doğrultusunda İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü ile İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvar Müdürlüğü'nün denetiminde yapılan, sarayın mutfaklar bölümünün zemin kotuna yakın duvarına ait harç analizi referans alınmıştır.

Çalışmanın literatür güncellemesi yapılarak kurumların analiz raporlarından elde edilen verilere göre harç üretimi için malzeme temini sağlanarak laboratuvar ortamında deney numuneleri üretilmiştir. Üretilen harçların fiziksel, mekanik, mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek için harç numuneleri üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Fiziksel deneyler 28 ve 90 günlük numuneler üzerinde, mekanik deneyler 28, 56 ve 90 günlük numuneler üzerinde, mineralojik ve petrografik deneyler ise 90 günlük numuneler üzerinde yapılmıştır. Deneysel çalışmada elde edilen sonuçların değerlendirilmesi aşağıda belirtilmiştir.

- Kılcallık yoluyla emdirilen suya bağlı ağırlık artışları sonuçları değerlendirildiğinde; kireç harcı numunelerinin ortalama kılcallık katsayısı değerleri (0,04886-0,04999) $\text{cm}/\sqrt{\text{dk}}$ arasında değiştiği referans alınan Seri 2 numunesine göre Seri 3 numunesi % 0,18 azalmış, Seri 4 numunesi % 1,65 artmış, Seri 5 numuneleri de %2,12 artmıştır.
- Birim hacim kütle tayini sonuçları değerlendirildiğinde; kireç harcı numunelerinin 28 gün sonunda aldığı birim hacim kütle değerleri (1,42-1,68) g/cm^3 arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesine göre Seri 3 numunesi % 0,59 azalmış, Seri 4 ve Seri 5 numuneleri de %15,48 azalmıştır. 90 gün sonunda aldığı birim hacim kütle değerleri (1,5-1,79) g/cm^3 arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesine göre Seri 3 numunesinin değeri sabit kalmış,

Seri 4 ve Seri 5 numuneleri de %0,16 azalmış ve zamana bağlı olarak kireç harcı numunelerinin birim hacim ağırlığı artmıştır.

- Özgül ağırlık tayini sonuçları değerlendirildiğinde; kireç harcı numunelerinin 28 gün sonunda aldığı özgül ağırlık değerleri (1,72-1,87) g/cm³ arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesine göre Seri 3 numunesi % 1,07 azalmış, Seri 4 ve Seri 5 numuneleri de % 8,02 azalmıştır. 90 gün sonunda aldığı özgül ağırlık değerleri (1,5-1,79) g/cm³ arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesine göre Seri 3 numunesi % 2,63 artmış, Seri 4 numunesi, %5,35 azalmış, Seri 5 numunesi de % 8,02 azalmış ve zamana bağlı olarak Seri 3 ve Seri 4 kireç harcı numunelerinin özgül ağırlık değerleri artmış, Seri 2 ve Seri 5 kireç harcı numunelerinin özgül ağırlık değerleri sabit kalmıştır.
- Su emme oranı sonuçları değerlendirildiğinde; kireç harcı numunelerinin 28 gün sonunda aldığı su emme ortalama değerleri (%17,83-%19,97) arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama su emme oranı değeri dış budak suyu katkılı Seri 3 numunesine göre yüksek, cam elyaf ve uçucu kül katkılı Seri 4 numunesi ve cam elyaf uçucu kül, dış budak katkılı Seri 5 numunesine göre düşük değer aldığı, kireç harcı numunelerinin 90 gün sonunda aldığı su emme ortalama değerlerinde ise (%16,06-%18,13) arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama su emme oranı değeri dış budak suyu katkılı Seri 3 numunesine göre yüksek, cam elyaf ve uçucu kül katkılı Seri 4 numunesi ve cam elyaf uçucu kül, dış budak katkılı Seri 5 numunesine göre düşük değer aldığı, zamana bağlı olarak kireç harcı numunelerinin su emme oranında azalma meydana gelmiştir.
- Porozite oranı sonuçları değerlendirildiğinde; kireç harcı numunelerinin 28 gün sonunda aldığı ortalama porozite oranı değerleri (%9,89-%17,6) arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama porozite oranı değeri dış budak suyu katkılı Seri 3 numunesine göre yüksek, cam elyaf ve uçucu kül katkılı Seri 4 numunesi ve cam elyaf uçucu kül, dış budak katkılı Seri 5 numunesine göre düşük değer aldığı, kireç harcı numunelerinin 90 gün sonunda aldığı su emme ortalama değerlerinde ise (%6,9-%17,1) arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama su emme oranı değeri dış budak suyu katkılı Seri 3 numunesine göre yüksek, cam elyaf ve uçucu kül katkılı Seri 4 numunesi ve cam elyaf uçucu kül, dış budak katkılı Seri 5 numunesine göre

düşük değer aldığı, zamana bağlı olarak kireç harcı numunelerinin ortalama porozite oranında azalma meydana gelmiştir.

- Kompasite oranı sonuçları değerlendirildiğinde; kireç harcı numunelerinin 28 gün sonunda aldığı ortalama kompasite oranı değerleri (%82,39-%90,11) arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama kompasite oranı değeri dış budak suyu katkılı Seri 3 numunesine göre düşük, cam elyaf ve uçucu kül katkılı Seri 4 numunesi ve cam elyaf uçucu kül, dış budak katkılı Seri 5 numunesine göre yüksek değer aldığı, kireç harcı numunelerinin 90 gün sonunda aldığı ortalama kompasite oranı değerlerinde ise (%84,90-%95,90) arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama kompasite oranı dış budak suyu katkılı Seri 3 numunesine göre yüksek, cam elyaf ve uçucu kül katkılı Seri 4 numunesi ve cam elyaf uçucu kül, dış budak katkılı Seri 5 numunesine göre yüksek değer aldığı, zamana bağlı olarak kireç harcı numunelerinin ortalama kompasite oranında artış meydana gelmiştir.
- Ultrases geçiş hızı sonuçları değerlendirildiğinde; kireç harcı numunelerinin 28 gün sonunda aldığı ortalama ultrases hızı değerleri (1,18-1,5) km/s arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama ultrases hızı değeri Seri 3 numunesine göre %0,67 artmış, Seri 4 numunesine göre %20,80 azalmış, Seri 5 numunesine göre %19,46 azalmış, kireç harcı numunelerinin 56 gün sonunda aldığı ortalama ultrases hızı değerleri (1,29-1,53) km/s arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama ultrases hızı değeri Seri 3 numunesine göre %0,03 artmış, Seri 4 numunesine göre %13,42 azalmış, Seri 5 numunesine göre % 8,05 azalmış, kireç harcı numunelerinin 90 gün sonunda aldığı ortalama ultrases hızı değerleri (1,34-1,57) km/s arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama ultrases hızı değeri Seri 3 numunesine göre %2,01 artmış, Seri 4 numunesine göre %12,98 azalmış, Seri 5 numunesine göre %8,44 azalmış, zamana bağlı olarak kireç harcı numunelerinin ortalama ultrases hızı değerlerinde azalma meydana gelmiştir.
- Elastisite modülü tayini sonuçları değerlendirildiğinde kireç harcı numunelerinin 28 gün sonunda aldığı ortalama elastisite modülü değerleri (1769-3126) N/mm², arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama elastisite modülü değeri Seri 3 numunesine göre %1,59 artmış, Seri 4 numunesine göre % 42,50 azalmış, Seri 5 numunesine göre %37,30 azalmış, kireç harcı numunelerinin 56 gün sonunda aldığı ortalama elastisite modülü değerleri (2100-3282) N/mm²,

arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama elastisite modülü değeri Seri 3 numunesine göre %1,14 artmış, Seri 4 numunesine göre %35,28 azalmış, Seri 5 numunesine göre % 29,15 azalmış, kireç harcı numunelerinin 90 gün sonunda aldığı ortalama elastisite modülü değerleri (2301-3568) N/mm² arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama elastisite modülü değeri Seri 3 numunesine göre %4,8 artmış, Seri 4 numunesine göre %32,40 azalmış, Seri 5 numunesine göre %26,17 azalmış, zamana bağlı olarak kireç harcı numunelerinin ortalama elastisite modülü değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

- Eğilme dayanımı deneyi sonuçları değerlendirildiğinde kireç harcı numunelerinin 28 gün sonunda aldığı ortalama eğilme dayanımı değerleri (0,6-0,89) N/mm², arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama eğilme dayanımı değeri Seri 3 ve Seri 5 numunesine yaklaşık aynı değeri almış Seri 4 numunesine göre % 48,33 artmış, kireç harcı numunelerinin 56 gün sonunda aldığı ortalama eğilme dayanımı değerleri (0,64-0,92) N/mm², arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama eğilme dayanımı değeri Seri 3 numunesine göre %1,56, Seri 4 numunesine göre %43,75 Seri 5 numunesine göre % 25 artmış, kireç harcı numunelerinin 90 gün sonunda aldığı ortalama eğilme dayanımı değerleri (0,69-0,95) N/mm² arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama eğilme dayanımı değeri Seri 3 numunesine göre %5,79 Seri 4 numunesine göre %37,68, Seri 5 numunesine göre %21,74 artmış, zamana bağlı olarak kireç harcı numunelerinin ortalama eğilme dayanımı değerlerinde artış meydana gelmiştir.
- Basınç dayanımı deneyi sonuçları değerlendirildiğinde kireç harcı numunelerinin 28 gün sonunda aldığı ortalama basınç dayanımı değerleri (0,54-1,33) N/mm², arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama basınç dayanımı değeri Seri 3 numunesine göre %7,40, Seri 4 numunesine göre %146,29, Seri 5 numunesine göre %129,62 artmış, kireç harcı numunelerinin 56 gün sonunda aldığı ortalama basınç dayanımı değerleri (1,59-0,75) N/mm², arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama basınç dayanımı değeri Seri 3 numunesine göre %11,94 Seri 4 numunesine göre %146,26 Seri 5 numunesine göre % 137,31 artmış, kireç harcı numunelerinin 90 gün sonunda aldığı ortalama basınç dayanımı değerleri (0,72-1,91) N/mm² arasında değiştiği, referans alınan Seri 2 numunesinin ortalama basınç dayanımı değeri Seri 3

numunesine göre %9,72 Seri 4 numunesine göre %165,27, Seri 5 numunesine göre %151,38 artmış, zamana bağlı olarak kireç harcı numunelerinin ortalama basınç dayanımı değerlerinde artış meydana gelmiştir.

- Aşınma dayanımı deneyi sonuçları değerlendirildiğinde; kireç harcı numunelerinin ortalama kütle kaybında referans alınan Seri 2 numunesinin Seri 3 numunesine göre % 9,76, Seri 4 numunesine göre % 50,78, Seri 5 numunesine göre % 42,96 azalmış, kireç harcı numunelerinin ortalama hacim kaybında ise referans alınan Seri 2 numunesinin Seri 3 numunesine göre %6,12, Seri 4 numunesine göre %46,25, Seri 5 numunesine göre 35,37 azalma meydana gelmiştir.
- Minerolojik ve petrografik analizler için yapılan değerlendirmelere göre; 90 gün sonunda 5 seri harç numunesinden 1 cm³ lük parça alınarak X100, X500, X2000, X500, büyütme FESEM ve X100, X500 büyütme EDS görüntülerinde yer döşemesine özgü alternatif olarak üretilen numunelerde yüksek oranda Ca, C, O Si elementleri ile Mg, Al ve az miktarda Fe elementlerini içeren kalsit mineralli bir yapıda olduğu sonucuna varılmıştır.

Tarihi yapılarda kullanılan harçların daha uzun sürelerde dayanım kazanacağı tahmin edilmektedir. Aynı deneylerin uzun sürelerde tekrarlama durumunda da üretilen harçların daha iyi sonuçlar vereceği ve kültürel varlıklarımızın korunması için bu konudaki çalışmaların devamının yararlı olacağı ön görülmektedir.

Bu deneysel çalışmada, Topkapı Sarayı Müzesi'nin peyzaj yer döşemesi tasarımlarında kullanılması önerilen harç bileşenlerinin, farklı oranlar ve günümüz katkı malzemeleriyle oluşturularak harçta meydana getirdiği etkiler ve ne yönde iyileştirilebileceği araştırılmıştır.

Topkapı Sarayı Milli Saraylar Rölöve Daire Başkanlığı'ndan edilen bilgi doğrultusunda sarayın mevcut durumunda olan çimento içerikli harç numunesinde düşük gözeneklilik, yüksek birim hacim ağırlığı, yüksek mukavemet değerleri elde edilmiştir.

İstanbul Konservasyon Merkez Laboratuvarı ve İstanbul Rölöve Anıtlar Müdürlüğü'nden alınan analiz raporlarından elde edilen bilgi doğrultusunda, puzolan katkılı kireç harcı referans alınarak organik, puzolan ve kompozit katkı malzemeleriyle geliştirilerek yeni harçlar üretilmiş, yüksek poroziteli, düşük birim hacim ağırlıklı, yüksek mukavemet değerlerine sahip sonuçlar edilmiştir. Literatürde yer alan Osmanlı

döneminde yapılmış ve günümüze kadar gelerek varlığını sürdüren yapılarda kullanılmış puzolan katkılı kireç harçlarının teknik özelliklerine bağlı kalınarak elde edilen sonuçlar, geleneksel harçlarda istenilen durumu göstermiştir. Üretilen harçların tarihi yapı çevrelerinde restorasyon amaçlı kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Öneriler

Topkapı Sarayı'nın peyzaj tasarımında kullanılan doğal taşlar diğer yapı taşlarına göre atmosferik koşullarda daha düşük bir performans gösterir. Bu nedenle çok karmaşık ve heterojen bir yapıya sahip olan bu taşlara neden olabilecek bozulmaların önlenmesi ya da en aza indirilmesi için koruma ve onarım çalışmalarında bulunulması gerekir.

Peyzaj projelendirme ve uygulama çalışmalarında bulunacak uzmanlar, doğal taşların üretildikleri yerleri ve standart üretim boyutlarını, doğal taşların üretilen geleneksel harçlarla uyumlu çalışıp çalışmadığı hakkında bilinçli olmaları, tüm çalışmalar gerçekleştirilirken de ilgili disiplinler ve kurumlar arasında koordinasyonu sağlamalıdır.

Geleneksel teknolojilerde kullanılan yapay puzolan olarak bilinen tuğla tozu dışında günümüz teknolojisine uygun yapay ve doğal puzolanların kullanımına yer verilmedi. Literatür kaynaklarından elde edilen verilere göre uygun puzolanların ideal oranlarda kullanılması, harçlarda nihai dayanımı arttıracığından malzemenin yapısal özelliklerini geliştirmesine katkı sağlayacaktır. Çimento katkısız puzolan ilaveli kireç harçlarının günümüz kompozit malzemeleri ile geliştirilmesi yararlı olacak, tarihsel yapı ve çevresinin gelecek nesillere aktarılması ile yaşatılması etkin koruma yöntemi kapsamında önem arz edecektir.

Topkapı Sarayı'nın çevresine ait yer döşemesine özgü alternatif olarak üretilen harçların;

- I. Avlu yürüyüş yollarında yer döşemeleri traverten taşı ile kaplı, bağlayıcılığı çimento olan harç malzemesi kullanıldığı için çimento içerikli harç yerine mukavemet değeri yüksek olan puzolan katkılı kompozit cam elyaf malzemeyle üretilen Seri 4 harcı kullanılabilir.
- II. ve III. Avlu'ya ait yürüyüş yollarının yer döşemelerinde kayrak taşı, küfeki taşı ve marmara mermeri ile kaplanmış farklı doğal taşlar ile çimento bağlayıcı harç malzemesi olduğu için Seri 4 ve Seri 5 harcı, revak atlıları gibi kapalı alanlarda da Seri 2 ve Seri 3 harcının kullanılması önerilebilir.

- Köşkler bahçesi olarak nitelendirilen IV. Avlu'da genellikle köşk  nleri marmara mermeri, yürüyüş yollarında da genel olarak kayrak taşı olup, imento içerikli harç malzemesi kullanılmıştır. Mekanik açıdan yüksek değerlere sahip olan Seri 4 ve Seri 5 harcının yürüyüş yollarında, kapalı alanlarda ise Seri 2 ve Seri 3 harcı önerilebilir.

Tarihi yapıda farklı sebeplerle bozulmaya uğrayan alanların bakım ve onarım çalışmalarında kullanılacak restorasyon harçlarının geleneksel malzemelere uygun olması ve estetik açıdan değerlendirilmesi gerekir. İlerleyen süreçlerde, Topkapı Sarayı'nın peyzaj restorasyonu yapılması planlanan alanlarda zemin özellikleri detaylı incelenmeli, yapılacak onarımlar deneysel metotlarla gerçekleştirilmelidir.



5. KAYNAKLAR

- Acun, Ö. S. (2007). 'Tarihi Yapılarda Kullanılan Volkanik Tüflerin Konservasyonu Üzerine Bir Araştırma: Od Taşı Örneği', Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Acun, S., & Arıoğlu, N. (2016). A method concerning the preservation and restoration works of the stones used in historical buildings. *Architectural Science Review*. 49(2), 1-12.
- Ahunbay, Z. (1996). *Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon*. YEM Yayın.
- Ahunbay, Z. (1988). Mimar Sinan Yapılarında Kullanılan Yapım Teknikleri ve Malzeme. İçinde *Mimarbaşı Koca Sinan: Yaşadığı Çağ ve Eserleri*, (ss. 531-538).
- Akbulut, E. D. (2006). 'Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılacak Harçların Seçimine Yönelik Bir Öneri', Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Aksoy Y., Kocabaş, Ş., Ekinci E., & Özpaya, F., N. (2010). Zemin elemanları üzerine bir araştırma İstanbul park ve bahçelerinden örnekler tarihi çevre korunma sorunları. İçinde *Düzce, MYO Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu*.
- Akdoğan, G. (1995). *Dünden Bugüne Bahçe Kültürümüz İstanbul*. Yapı Kredi Yayınları.
- Akın, N., & Öztürk, N. (2021). Ulusal ve uluslararası koruma projeleri ilkeleri çerçevesinde 2017-2021 yılları arasında Bodrum Kalesi'nde yapılan restorasyon çalışmaları. *Türk Arkeoloji ve Etnografya Dergisi*. (82), 35-53.
- Akıncı, Ş. (1998). 'İstanbul'un Fethinden Lale Devrine Kadar Osmanlı Kagir Mimarisinde Yapım Teknikleri', Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Akman, M., Güner, A., & Aksoy, D. (2012). Horasan harcı ve betonun tarihi ve teknik özellikleri. İçinde *II. Uluslararası Türk-İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi*.
- Akman, S. (1990). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*.

- Akman, S. (1987). *Yapı Malzemeleri*. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat.
- Akman, S. (2003). *Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi*. Türkiye Mühendislik Haberleri.
- Aksoy, S., & Karaton, M. (2019). Tarihi yığma yapıların malzeme karakteristiklerinin hasarsız yöntemlerle belirlenmesi: Diyarbakır Ulu Camii örneği. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 8(1), 109 – 117.
- Altaş, Kahraman, G., Özgünler, Acun, S., & Gürdal, E. (2012). İstanbul'daki Roma Dönemi saray yapılarındaki horasan harçlarının incelenmesi. *Restorasyon Yıllığı Dergisi*. 4, 41-49.
- Altınbıçak, Y. (2012). 'Topkapı Sarayı Mutfaklarının Koruma Projesi', Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Altınçekiç, H. (2001). Bazı doğal taşların irdelenmesi ve peyzaj düzenlemelerinde kullanım olanakları. *İstanbul Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 51(1), 49-57.
- Angı, S. (2011). İstanbul tarihi yarımada'daki antik yapılarda ve anıtlarda kullanılan doğal taşların özellikleri ve korunmuşluk durumları. *Restorasyon ve Konservasyon Dergisi*. (6), 31 – 42.
- Angı, O., S. (2015). Ayasofya'nın yapımında kullanılan doğal taşlar ve günümüzdeki korunmuşluk durumları. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*. (14), 43-57.
- Angı, O., S., Yavuz, O., & Çiftçi, E. (2017). Geçmişten günümüze İstanbul'daki önemli yapılarında kullanılan yöresel yapı ve kaplama taşlarının jeo-litolojik ve arki-tektonik özellikleri. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*. 28(1), 163-196.
- Aydın, H. (2005). Türkün ruh eseri Topkapı Sarayı. *Vakıflar Dergisi*. 8-13.
- Ayaşlıgil, Y. (1989). Taş bahçeleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 39(4).
- Baronia, G., Binda L., & Lombardini, N. (1997). The role of brick pebbles and dust in conlomerates based on hydrated lime and crushed bricks. *Construction and Building Materials*. (11), 33-40.

- Berlucchi, N., & Corradini, G., R. (1995). Experimentation of a chemical-physical methodology for the reconstruction of historic mortars. İçinde *International Colloquium, Methods of Evaluating Products for The Conservation of Porous Building Materials in Monument, ICCROM* (ss.1-13).
- Böke, H., Akkurt, S., & İpekoğlu, B. (2004), Tarihi yapılarda kullanılan horasan harcı ve sıvalarının özellikleri. *Yapı Dergisi*. 269.
- Böke, H., & Uğurlu, E. (2009). The use of brick-lime plasters and their relevance to climatic conditions of historic bath buildings. *Construction and Building Materials*. (23), 2442-2450.
- Böke, H., & Uğurlu, E. (2010). Koruma amaçlı üretilecek horasan harç ve sıvalarda kullanılacak kirecin ve tuğlaların özellikleri. İçinde *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*, (ss. 396).
- Büyükmihçi, G., Kozlu, H., Kılıç, A., & Karahan, S. (2015). Çepni Surp Sarkis Ermeni Kilisesi restorasyon çalışmaları. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 39, 42-66.
- Büyüksağış, İ., S., & Gürcan, S. (2005). Comparison of TSE and ASTM natural stone standards. *Scientific Mining Journal*. 44(1), 33-41.
- Boynton, R., S. (1980), *Chemistry and technology of lime and limestone*. John Wiley & Sons.
- Canbaz, M., & Güler, E. (2017). Kireç türünün horasan harcı özelliklerine etkisi. İçinde *Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu*, (ss.543-548).
- Caner, E., Demirci, S., & Türkmenoğlu, A., G. (1985). Deterioration of dolomite by soluble salts in divriği great mosque. İçinde *5th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, (ss.453-464).
- Cerny, R., Kunca, A., Vratislav, T., Drchalova, J., & Rovnanikova, P. (2006). Effect of pozzolanic admixtures on mechanical, thermal and hygric properties of lime plasters. *Construction and Building Materials*. 20(10), 849-857.
- Cevahir, Ç., M. (2019). 'Tarihi Taş Köprülerin Yapım Teknikleri ve Malzeme Kullanımı Açısından İncelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye.

- Cevahir, Ç., M. (2019). Tunceli ili çemişgezek ilçesinin kent merkezindeki tarihi yapılarındaki bozunma analizi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 19(2), 35-51.
- Charola, A., E. (1981). Study of hydrated cement pastes of aged concretes from Acropolis monuments. İçinde *Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings Symposium*, (ss. 207-217).
- Çaçur, I. (1999). 'İslam Sarayları ve Çevrelerinin Peyzaj Analizi Topkapı Sarayı Üzerine Bir İnceleme', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Çakır, G. (2012). Peyzaj tasarımında doğal taş malzemesinin kullanımı. İçinde *Doğal Yaşam Doğal Taş Sempozyumu*. (ss.163-180).
- Çapar, E., M. (2019). 'Bazı Küfeki Taşlarının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Çelik, M., Y. (2003). Dekoratif doğal yapı taşlarının kullanım alanları ve çeşitleri. *Scientific Mining Journal*. 42(1), 3-15.
- Çelikoğlu, Ş. (2016). Çatalağzı yöresinde (Zonguldak) termik enerji yatırımları. *Marmara Coğrafya Dergisi*. 33, 510-533.
- Çimento deney metodları-bölüm 1: dayanım, Türk Standartlar Enstitüsü TS 196-1, 2002.
- Dal, M., & Öcal, A. D. (2012). *Doğal Taşlardaki Bozulmalar*. Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi.
- Dal, M., & Öcal, A., D. (2013). Investigations on stone weathering of Ottoman Architecture: A Kırklareli Hizirbey Külliye case study. *Paripex- Indian Journal of Research*, 2(11).
- Dal, M., & Öcal, A., D. (2017). Tunceli ili çemişgezek ilçesinin kent merkezindeki tarihi yapılarındaki bozunma analizi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 19(2), 35-51.

- Danacı, H., M., & Atik, M. (2013). Tarihsel çevre peyzajlarında yapı ve çevre ilişkisi. *Akdeniz Sanat Dergisi*. 6(11).
- Dannin, A. (1992). Pitting of calcareous rocks by organisms under terrestrial conditions. *Isr.J.Earth Sci.* 41, 201-207.
- Daş, E. (2018). Yeni veriler ışığında Akhisar Gülruh Sultan Camii ve restorasyon önerileri. *Sanat Tarihi Dergisi*. 27(2), 349-373.
- Dayı, M. (2017). ‘Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harçlarının İncelenmesi ve Alternatif Horasan Harcının Üretilmesi’, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Akbulut, Ekşi, D. (2006). ‘Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılacak Harçların Seçimine Yönelik Bir Öneri’, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Diker, H., F. (2010). ‘Belgeler Işığında Ayasofya’nın Geçirdiği Onarımlar’, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Doğal taşlar - Deney yöntemleri - aşınma direncinin tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 14157, 2017.
- Doğal taşlar deney metodları-atmosfer basıncında su emme tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 13755, 2009.
- Doğal taşlar deney yöntemleri*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 1936, 2007.
- Doğal taşlar deney metodları-kılcal etkiye bağlı su emme katsayısının tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 1925, 2000.
- Doğal taşlar deney Yöntemleri gerçek yoğunluk görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 1936, 2010.
- Erguvanlı, K. (1967). *Mühendislere Jeoloji*. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını.
- Erguvanlı, K. Ahunbay, Z., (1989). Mimar Sinan’ın eserlerinde kullandığı taşların mühendislik jeolojisi ve mimari özellikleri. İçinde *Mühendislik Jeolojisi Bülteni*, (ss.109-114).
- Eriç, M. (1994). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*. Literatür Yayıncılık.

- Faria, P., Henriques, F., & Rato, V. (2008). Comparative evolution of lime mortars for architectural conservation. *Journal of Architectural Heritage*, 9, 338-346.
- Ferrari, N., K. (2009). Türk-Osmanlı saray literatürü (12.-20. Yüzyıl). *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi*. 7(13), 205-240.
- Galan, E., Carretero, M., I., & Mayoral, E. (1999). “A methodology for locating original quarries used for constructing historical buildings; application to malaga cathedral, Spain”. *Engineering Geology*. 54(4), 287-298.
- Görcelioğlu, E. (1976). Yapı malzemesi olarak kullanılan başlıca doğal taş çeşitlerinin bazı teknik özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 26(1).
- Gökçer, B. (2013). ‘Mermer tozu ve cam elyaf katkılı çimento harçlarının aşınma yüksek sıcaklık ve donma-çözülme davranışlarının incelenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ, Türkiye.
- Güleç, A. (1992). ‘Bazı Tarihi Amt Harç ve Sıvalarının İncelenmesi’, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Güleç, A., & Tulun, T. (1997). Physico-chemical and petrographical studies af old mortars and plasters of Anatolia. *Cement and Concrete Research*. 27(2), 227-234.
- Güleç, A., (2004). Restoration and conservation works on fatih mosque facades. İçinde *Protection of cultural heritage symposium*, (ss. 28).
- Güneri, S. (2009). ‘Doğal Taşların Teknik Özelliklerine Göre Kullanım Alanlarının ve Parametrelerinin Bilinmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Gür, D. (2019). ‘Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılmak Üzere Puzolan Katkılı Hidrolik Kireç Esaslı Onarım Harcı Üretilme Olanaklarının Araştırılması’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Gürdal, E., Altaş, G., S., & Özgünler, S., A. (2011). İstanbul’da Bulunan Erken Bizans Dönemi Dini Yapılarında Kullanılan Horasan Harçların Özelliklerinin İncelenmesi. İçinde *Restorasyon Konservasyon Arkeoloji ve Sanat Tarihi Yıllığı*, (ss. 63-72).
- Gürdal, E., & Acun Özgünler, S. (2016). Tarihi yapıların onarımında doğal taş seçimi

- ve kullanımı. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*. (16), 27-35.
- Güven S. (1990). Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayını.
- Hasbay, U., & Hattap, S. (2017). Doğal taşlardaki bozunma (Ayrışma) türleri ve nedenleri,’’ *Bilim ve Gençlik Dergisi*. 5(1), 24-44.
- Hasbay, U., Artık, K., & Okuyucu, E., Ş. (2018). Doğal taşlarda görülen fizikomekanik hasarlar. *Bilim ve Gençlik Dergisi*. 6(1), 24-44.
- Hayran, M., & Özdemir O. (1996). *Bilgisayar İstatistik ve Tıp*, Hekimler Yayın Birliği.
- Holmstrom, I. (1981). Mortars, cements and grouts for conservation and repair, some urgent needs of research. İçinde *Mortars Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings Symposium*. (ss.19-24).
- İlhan, R., & Feyzulloğlu, E. (2019). Cam elyaf takviyeli polyester (CTP) kompozit malzemelerde kullanılan doğal elyaflar ve dolgu maddeleri. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*. 6(2), 355 – 381.
- İskender, Ö. (1995). ‘Yaşayan Kültür Mirası Olarak Topkapı Sarayı Bahçeleri’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Kadıoğlu, Y., & Özav, L. (2008). Denizli ilinde önemli bir ekonomik fonksiyon özelliği kazanan endüstriyel doğal taşlar: Mermer ve traverten. *Marmara Coğrafya Dergisi*. (18), 253 – 271.
- Kagir Harcı-deney metodları Bölüm 10: Sertleşmiş harcın boşluklu kuru birim hacim kütlelerinin tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 1015-10, 2001.
- Kahveci, H., & Bekar, M. (2021). Tarihi Çevrelerde Doğal Taş Kullanımı; Trabzon “Ortamahalle” Örneği. *BŞEÜ Sosyal Bilimler Dergisi*. 6(2), 333-347.
- Karahasan, Ü. (2005). ‘Topkapı Sarayı Müzesi Cumhuriyet Dönemi Restorasyonları’, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Kartal, B. (2009). ‘İstanbul’daki Tarihi Saray Bahçelerinin Peyzaj Mimarlığı Açısından İncelenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

- Kazancı, N., & Gürbüz, A. (2019). Jeolojik miras niteliğindeki doğal taşların peyzaj tasarımında kullanım olanakları. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*. 4(1), 69-89.
- Ketin, İ. (1977). *Genel Jeoloji*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını.
- Kılıç, İ. (2021). Horasan harcında yumurta akı kullanımının incelenmesi. *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*. 7(1), 122–134.
- Kieslinger, A., D. (1968). *Principle factors in weathering of natural building stones*. İçinde *ICOMOS Conference on Weathering of Stones*.
- Kiraz, E. (2019). ‘Topkapı Sarayı Yemiş Odası Koruma ve Onarım Çalışmalarında Yeni Buluntular’, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Koçu, R., E. (2015). *Topkapı Sarayı*. Doğan Kitap.
- Kozlu, H. H. (2010). ‘Kayseri Yöresindeki Tarihi Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçlarının Özellikleri’, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Kuban, D. (1994). 18. ve 20. Yüzyıl Osmanlı Mimarisi Topkapı Sarayı. İçinde *Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi* (ss. 87).
- Kuban, D. (2000). *Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu Kuram ve Uygulama*. YEM Yayınları.
- Kumral, M., Şans, G., Yalçın, C., Kaya, M., & Budakoğlu, M. (2019). The effects of physical and chemical properties on the formation of historical kufeki stone in Çatalca. *Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences*. 8(1), 278-287.
- Küçükkaya A., G. (2004). *Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri*. Birsan Yayınevi.
- Kürklü, G., Görhan, G., & Boğa, A., R. (2018). Atık mermer tozlarının seramik yapıştırma harcı olarak değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 295-305.
- Lanas, J., Alvarez-Galindo, & J., I. (2003). Masonry repair lime-based mortars: factos

- affecting the mechanical behaviour. *Cement and Concrete Research*, 33, 1867-1876.
- Lea, F., M. (1940). Investigations on puzzolanas, building research. *Technical Paper*. (27), 1-63.
- Lea, M., F. (1949). ‘Sands for Plasters, Mortars and External Renderings, London.
- Lea, F., M. (1970). *The chemistry of cement*. Edward Arnold Publishers Limited.
- Lee, W., H., & Rainforth, M. (1994). *Ceramic Microstructures: Property, Control by Processing*. Chapman and Hall.
- Lewin, S., Z. (1981). X-Ray diffraction and scanning electron microscope analysis of conventional mortars. İçinde *Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings Symposium*, (ss.101-132).
- Malinowski, R. (1991). Prehistory of concrete. *Concrete International*, 13(3), 62-68.
- Mavi, Ö. (2000). ‘Kireç Harç ve Sıvaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İyileştirilmesi’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Mavioğlu, Ü., A. (2011). ‘Farklı Puzolonik Katkılar ile Hazırlanan Horasan Harçlarının Değişen Parametrelerinin İncelemesi’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Medici, F., Pıga, L. & Rinaldi, G. (2000). Behaviour of polyaminophenolic additives in the granulation of lime and fly ash. *Waste Management*. 20, 491-498.
- Mirata, (2022). Tarihi Yapı Onarım ve Güçlendirme Rehberi, viewed 1 January 2022, <<https://yeykim.com.tr/ups/files/pdf/MIRATA.pdf>>.
- Moropoulou, A., Labropoulos, K., Moundoulas, P. & Bakolas, A. (2006). The contribution of historic mortars on the earthquake resistance of Byzantine monuments. İçinde *An International Symposium on Measuring, Monitoring and Modelling Concrete Properties*, (ss. 643-652).
- Ousterhout, R. (1999). Master Builders of Byzantium. *Princeton University Press*, Princeton New Jerse. 133-139.
- Özgen Ö. (2012). ‘Horasan Harcı Üzerine Deneysel Çalışmalar’, Uzmanlık Tezi, Kültür

- ve Turizm Bakanlığı İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye.
- Öztank, N., & Türkmen, F. (1998). Doğal taşların kullanım alanları. *Afyon Mermer Dergisi*.
- Öztank, N., & Türkmen, F. (2001). Türkiye 3. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Palomo, A., Blanco Varela, M., Martinez Ramirez, S., Puertas, F., & Fortes, C. (2010). Historic Mortars: Characterization and Durability, New for Research. Eduardo Torroja Institute (CSIC) viewed 30 August, 2022 <http://www.itam.cas.cz/miranda2/export/sitesavcr/utam/ARCCHIP/w09/w09_palomo.pdf>.
- Pamay, B. (1979). *Park, Bahçe ve Peyzaj Mimarisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını.
- Papayianni, I., & Stefanidou, M. (1997). Repair mortars suitable for inversions of Ottoman buildings. İçinde *Coference on Studies in Ancient Structures*. (ss. 245-263).
- Pavlik, V., & Uzkova, M. (2016). Effects of curing conditions on the properties of lime, lime-metakaolen and lime-zeolite mortars. *Construction and Building Materials*. 102, 14-25.
- Pekmezci, P., & Ersen, A. (2010). Malzeme analizleri ışığında Boğaziçi'ndeki 19. Yy sonu 20. yy başı yapı temelleri ve kalıntıları üzerine bir araştırma. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*. 3. 70-77.
- Penzer, N., M. (2000). *Harem*. Say Yayınları.
- Peroni, S., E., A. (1981). Lime based mortars for the repair of ancient masonry and possible substitutes. İçinde *In Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings. Symposium*, (ss. 63-99).
- Postacıoğlu, B. (1981). *Cisimlerin yapısı ve özellikleri- İç yapı ve mekanik özellikler*. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Postacıoğlu, B. (1986). *Bağlayıcı maddeler*. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi.
- Pusat, S. E. (2002). 'Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılacak Harç Üretimi', Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

- RILEM, 1978, *Determination of mortar consistence*, technical report no. 13-MR, Committee on Mortars and Renderings, Sweden.
- Salman, Ö. (1999). 'İstanbul'da Son Dönem Saray ve Kasırlarında Bahçe Düzenlemeleri', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Salonikios, T., Tegos, I., Kappos, A., & Penelis, G. (1995). Cyclic shear behaviour of low slenderness RC walls. *In European Seismic Design Practice*. 293-299.
- Sarıışık, A., & Can, S. (2020). Yaya yollarında kullanılan farklı zemin döşeme malzemelerinin kullanım performanslarının belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 35(1), 263-270.
- Satongar, Ş. L. (1994). 'İstanbul Şehir Surları Horasan Harçları Üzerine Bir Araştırma', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Sayar, Y., Erguvanlı, K. (1962). *Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları*. Kâğıt ve Basım İşleri A.Ş.
- Stavrakakis, E., J., Ignatakis, C., E., & Penelis, G., G. (1993). Constitutive model for concrete under biaxial stress state. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*. 4(4), 387-397.
- Seçkin, Ö. B. (1997). *Peyzaj Yapıları II*. İstanbul Üniversitesi Basım ve Film Merkezi.
- Seçkin, Ö., B. (2009). Tarihi bahçelerin korunması. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*. 1(2), 68-72.
- Seçkin, Y., Ç. (2000). XIX. Yüzyıl İstanbul Sarayları ve Dış Mekân Düzenlemeleri', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul, Türkiye.
- Schaffer, R., J. 1932, *The weathering of natural building stones*, special report no. 18, Department of Scientific and Industrial Research, London.
- Sickels, L., B. (1981). Organics and synthetics: their use as additives in mortars mortars. *Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings*. 25-52.
- Sözen, M. (1990). *Devletin Evi Sarayı*. Sandoz Kültür Yayınları.

- Stefanidou, M., & Papayianni, I. (2005). The role of aggregates on the structure and properties of lime mortars. *Cement and Concrete Composites*, 27, 914-919.
- Şahin, K., C., & Erol, E. (2009). Türk bahçelerinin tasarım özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*.
- Şimşek, O., & Erdal, M. (2004). Investigation of some mechanical and physical properties of the ahlat stone (ignimbrite). *G.U. Journal of Science*, 17(4), 71-78.
- Uğurlu, E., Böke, H. (2010). Koruma amaçlı üretilecek horasan harç ve sıvalarda kullanılacak kirecin ve tuğlaların özellikleri. İçinde 5. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*. (ss.385-396).
- Uğur T., Güleç, A. (2000). The Mortar, Plaster and Other Composite Material Binders and Their Properties, Selçuk Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü ss.77.
- Uğuryol, D. (2018). Belgeler ışığında geçmişten günümüze Çırağan Sarayı bahçeleri. İçinde I. *Uluslararası Osmanlı İzleri Sempozyumu*. (ss.1-11).
- Uzun, G. (1996). *Yapı Materyalleri*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi.
- Takıl, E., S., (2018). ‘Topkapı Sarayı İncelemesi ve Harem Dairesi İç Mekân Organizasyonu’, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Tangüler, R. (2007). ‘Uçucu Küllü Düşük ve Yüksek Mukavemetli Betonların Elastiklik Modülünün İncelenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Taştan, G. (2021). ‘Diş Budak Ağacı Yaprağı Suyunun Çimento Harcının Fiziksel, Mekanik ve Durabilite Özellikleri Üzerindeki Etkisi’, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli, Türkiye.
- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü 2009, *Restorasyon ve Konservasyon Merkez Laboratuvarı Müdürlüğü*, rapor no. B.16.0KVM.4.34.00.15/729-246.
- Taşlıgil, N., & Şahin, G. (2016). Yapı malzemesi olarak kullanılan Türkiye doğal

- taşlarının iktisadi coğrafya odağında analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*. 607-640.
- Torraca G. (1988)). *Porrous Building Materials, Science for Architectural Censervation*. Iccrom.
- Toumbakari, E., E., Malami, C., B., Adami, C., E., & Vintzileou, E., N. (2009). Development of lime-pozzolan-cement composition fort he repair and strengthening of historic structure. İçinde *The Workshop of repair Mortars for Historic Masonry, RILEM* (ss.362-373).
- Toydemir, N., Gürdal, E. & Tanaçan, L. (2000), *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*. Literatür Yayıncılık.
- Tulgar, S. (2007). ‘Sultanahmet Örne Dikilitaş'ta Ayrışmaların Teşhisi ve Önerilen Koruma Yöntemleri’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Tuncoku, S. S. (2001). Characterization of Masonry Mortars Used in Some Anatolian Seljuk Monuments in Konya, Beyşehir and Akşehir. PH.D., Middle East Technical University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Turkey.
- Türker, P., Erdoğan, B., Katnaş, F., & Yeğinoğlu, A. (2009). *Türkiye’deki uçucu küllerin sınıflandırılması ve özellikleri*. Fersa Matbaacılık.
- Vardar, K. F. (2017). Rüstem Paşa Camii taş süslemelerinin değerlendirilmesi. *Türkiyat Mecmuası*. 27(1), 367-393.
- Vicat, L., J. (1997). Mortars and cement. *A practical and scientific treatise on calcerous mortars and cements, artificial and natural etc.*, John Weale Artificial Library.1837.
- Vitruvius, (2005). *Mimarlık Üzerine On Kitap*. Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları.
- Yağız, S. (2011). Yapı malzemesi olarak Denizli civarında çıkartılan kayrak taşlarının özellikleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 17(3), 157-163.
- Yavuz, H. (2010). ‘Doğal Taş Elemanlarının Peyzaj Düzenlemelerinde Kullanımı’, Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Yıldız, T., Yıldız, S., & Keleştemur, O. (2011). Cam Lif Katkılı Betonda Filler

- Malzemesi Olarak Atık Mermer Tozunun Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*. 6(4), 1315-1326.
- Yüksel, U., & Eraslan, Ş. (2019). Jeolojik miras niteliğindeki doğal taşların peyzaj tasarımında kullanım olanakları. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*. 4(1), 69-89.
- Yüstra, M. (2013). Haliç'in tarihi peyzajı ışığında Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Haliç yerleşkesi için bir peyzaj önerisi.
- Yüzer, E., Gürdal, E., Ersen, A., Güleç, A., Eyüboğlu R., Eriş, İ., Görür, N., Vardar, M., Suner, F., Mahmutoğlu, Y., & Pehlivanoğlu, C. (2000). *Dolmabahçe Sarayı, Kullanılan Taşların Korunmuşluk Durumlarının ve Ayrışma Nedenlerinin Belirlenmesi*, Koruma ve Onarım Yöntemlerinin Saptanması Projesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Geliştirme Vakfı Araştırma Projesi Raporu, İstanbul.
- Winkler, E., M. (1994). *Stone in Architecture: Properties, Durability*, İçinde *Springer Publishing*.
- Ziyaettin, N. (2010). 'Kimyasal Uygulamalarının Kuzey Kıbrıs Yapı Taşlarının Dürabilitesi Üzerine Etkisi', Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

6. EKLER

6.1. EK 1: SERİ 2 HARÇ NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI

Alternatif olarak üretilen yer döşemesi harçlarının üretimi (Şekil 6.1) gösterildiği üzere hazırlanan Seri 2 numunesine ait harç karışımında ilk olarak killi kireç agregası, kuvars kumu agregası, sarı kum agregası, tuğla kırığı ve tozu kuru bir şekilde karıştırılmış, (Şekil 6.2) karışıma kireç ilave edilmiştir.



Şekil 6.1. Seri 2 numunesine ait harç karışımı.



Şekil 6.2. Seri 2 numunesinin harç karışımına kireç ilavesi.

(Şekil 6.3) gösterildiği üzere harç karışımına 1/3 oranında şebeke suyu eklenip, (Şekil 6.4) harcın homojen bir şekilde karışımının sağlandığı görülmektedir.



Şekil 6.3. Seri 2 numunesinin harç karışımına su ilave edilmesi.



Şekil 6.4. Seri 2 numunesine ait harcın homojen bir şekilde karıştırılması.

(Şekil 6.5) hazırlanan harç çelik kalıplara yerleştirilmiş, (Şekil 6.6) Seri 2 harç numunesine ait görünüşü verilmiştir.



Şekil 6.5. Seri 2 numunesine ait harcın demir kalıplara yerleştirilmesi.



Şekil 6.6. Seri 2 harç numunesinin görünüşü.

6.2. EK 2: SERİ 3 HARÇ NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI

(Şekil 6.7) gösterildiği üzere hazırlanan Seri 3 numunesi, Seri 2 harç numunesinde kullanılan malzemeler ile aynı olup su yerine diş budak suyu ilave edilerek (Şekil 6.8) Seri 3 harç numunesi elde edilmiştir.



Şekil 6.7. Seri 3 numunesine ait harç karışımına diş budak suyunun ilave edilmesi.



Şekil 6.8. Seri 3 harç numunesinin görünüşü.

6.3. EK 3: SERİ 4 HARÇ NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI

Seri 4 numunesine ait harç karışımında killi kireç agregası, kuvars kumu agregası, sarı kum agregası, tuğla kırığı, uçucu kül ve cam elyaf ilaveli malzemeler kuru bir şekilde karıştırılmış, (Şekil 6.9) karışıma kireç ilave edilmiştir.



Şekil 6.9. Seri 4 numunesine ait harç karışımı.



Şekil 6.10. Seri 4 numunesine ait harç karışımına suyunun ilave edilmesi.

6.4. EK 4: SERİ 5 HARÇ NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI

(Şekil 6.11) gösterildiği üzere Seri 5 numunesine ait harç karışımında Seri 4 numunesinde kullanılan malzemeler aynı olup, harç karışımına diş budak suyu ilave edilmiş, (Şekil 6.12) Seri 5 numunesine ait harcın homojen bir şekilde karışımına ait görünüşü verilmiştir.



Şekil 6.11. Seri 5 numunesine ait harç karışımına diş budak suyunun ilave edilmesi.



Şekil 6.12. Seri 5 numunesine ait harç karışımı.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Özlem ÖZKAN ÖNÜR

Yabancı Dili :İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Doktora	Kompozit Malzeme Teknolojileri	Düzce Üniversitesi	2022
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Kocaeli Üniversitesi	2021
Y. Lisans	Yapı Eğitimi	Sakarya Üniversitesi	2009
Lisans	Yapı Öğretmenliği	Süleyman Demirel Üniversitesi	2007
Ön Lisans	Endüstriyel Elektronik	Kocaeli Üniversitesi MYO	2002
Lise	Elektronik	Gebze Anadolu Meslek Lisesi	1999

YAYINLAR

Uluslararası Makaleler

Apay, A.,C., Özkan Önür, Ö., & Bideci, A. (2019). Taraklı'daki sivil mimarlık örnekleri ile Ali Pektaş Evi'nin restorasyonu. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2(1), 160–179.

Özkan Önür, Ö., Apay, A., C., & Mutlu, E. (2022). Tarihi yapılarda koruma Fatma Sevim Dönmez Evi. *Kültürel Miras Araştırmaları Dergisi*. 3(1), 17–25.

Kitap Bölümü

Apay, A., C., Özkan, Önür, Ö., & Bideci, A. (2018). Civil architecture of examples in Taraklı House of Halim Düzgün. İçinde *Innovative Approaches in Architecture, Planning and Design*, (ss.131-151).

Özkan Önür, Ö., & Yerli, Ö. (2019). Sivil mimarlık örneklerinden Ayşe Sezgin Evi'nin restorasyonu. İçinde. *Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Araştırma Makaleleri*, (ss.201-219).

Özkan Önür, Ö., & Yerli, Ö. (2022). Topkapı Sarayı Müzesinin peyzaj tasarımında kullanılan doğal taşların mevcut durumunun değerlendirilmesi. İçinde. *Mimarlık, Planlama ve Tasarımda Güncel Araştırmalar*, (ss.184-257).

Özkan Önür, Ö., & Yerli, Ö. (2022). Topkapı Sarayı Müzesinin peyzaj yer döşemelerine özgü alternatif olarak üretilen yer döşemesi harçları üzerinde yapılan deneysel çalışmalar. İçinde. *Mimarlık, Planlama ve Tasarımda Güncel Araştırmalar*, (ss.31-50).

Tam Metinli Bildiriler

Apay, A.,C., Özkan Önür, Ö., & Bideci, A. (2018). Halim Düzgün House's projeks - restoration studies in Taraklı. İçinde *3rd International Conference on Organic Electronic MaterialTechnologies, (OEMT2018)*.

Özkan Önür, Ö., & Yerli, Ö. (2019). Restoration works of İbrahim Pilavcı House belonging to civil architecture examples in works. İçinde. *International Natural Science, Engineering and Material Technologies Conference, (NEM 2019)*.

Sözlü Bildiriler

Özkan Önür, Ö., & Yerli, Ö. (2019). Taraklı civil architecture is one of the examples Ayşe Sezgin House of restoration works. İçinde. *5th International Conference on Environmental Science and Technology Instructions for Authors, Bosnia and Hercegovina, (ICOEST 2019)*.