



VAKIF KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA
UYGULAMA ve ARAŞTIRMA MERKEZİ

KURAM

**15.04.2026 ÜRETİM TARİHLİ VE 32715 SERİ NUMARALI
FİXA RENOVAFİX ENJ PUZOLANİK KİREÇ ESASLI ENJEKSİYON HARCİ
MALZEME ANALİZ RAPORU**



RAPOR NO: 1115



**FATİH
SULTAN
MEHMET**
VAKIF ÜNİVERSİTESİ

AĞUSTOS 2026

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	2
2. ÖRNEK TANIMI.....	2
3. ANALİZLER.....	3
3.1. Yığın Yoğunluk Testi.....	3
3.2. Elek Analizi.....	3
3.3. Tuz, Protein ve Yağ Analizi.....	4
3.4. Sülfat, Serbest Kireç, Serbest Su Muhtevası, Kızdırma Kaybı ve Asitte Kayıp Tayini	4
3.5. SEM-EDX Analizi	5
3.6. X-Işını Floresans (XRF) Analizi	6
3.7. X-Işını Difraktometresi (XRD) Analizi.....	6
3.8. Eğilme Dayanımı	8
3.9. Tek Eksenli Basınç Dayanımı	8
4. DEĞERLENDİRME	9
5. REFERANSLAR.....	10
6. NOTLAR	12

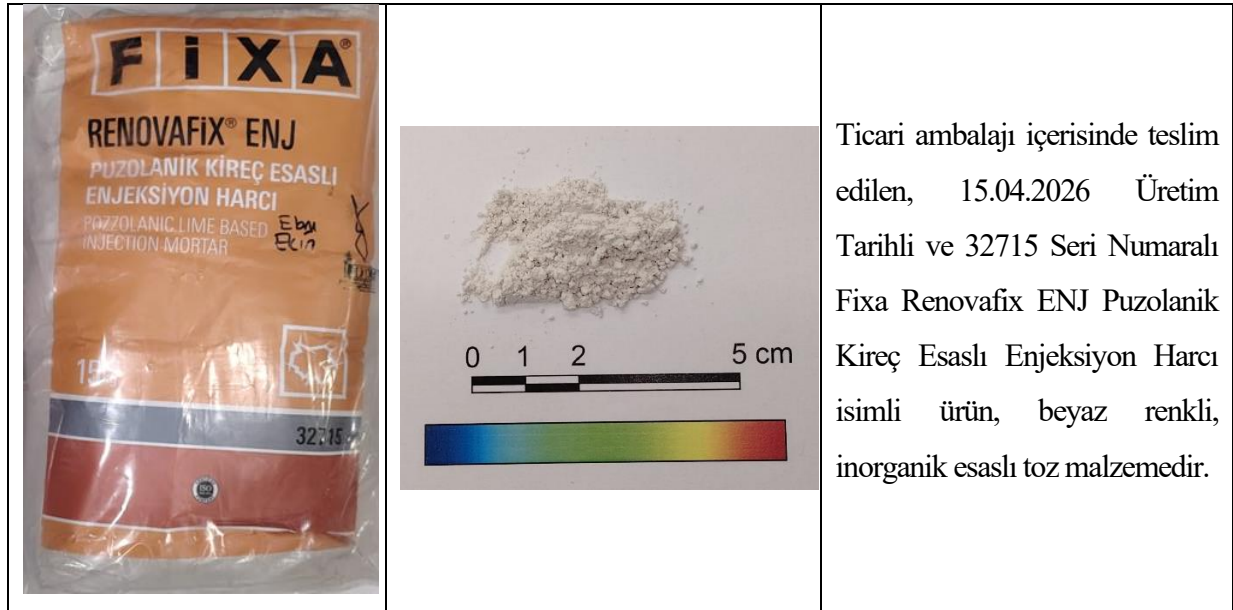
1. GİRİŞ

Fixa Yapı Kimyasalları San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından **15.04.2026 Üretim Tarihli ve 32715 Seri Numaralı Fixa Renovafix ENJ Puzolanik Kireç Esaslı Enjeksiyon Harcı** isimli ürünün malzeme analiz raporu için, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma, Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne (KURAM) 02.07.2026 tarihli dilekçe ile başvuruda bulunulmuştur.

Üretici firma tarafından ticari olarak sunulduğu ambalajında gönderilmiş olan malzeme KURAM bünyesinde bulunan **Prof. Dr. Ahmet Refik Ersen Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarı**'nda incelenmiş, bu kapsamda fiziksel, kimyasal ve mekanik deneyler ve aletli analizler ile malzemenin içeriği ve özellikleri standartlara göre belirlenmiştir.

2. ÖRNEK TANIMI

Başvuru sahibi firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilmiş olan örneğin tanımı aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. İnceleme Konusu Fixa Renovafix ENJ Puzolanik Kireç Esaslı Enjeksiyon Harcı İsimli Toz Malzemenin Görüntüsü ve Tanımı

3. ANALİZLER

Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma, Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne (KURAM'a) ilgilisi tarafından getirilen Fixa Renovafix ENJ Puzolanik Kireç Esaslı Enjeksiyon Harcı isimli toz malzemede; yığın yoğunluk, elek analizi, tuz, protein ve yağ analizi, sülfat (SO_3 cinsinden gösterilen) tayini, serbest su muhtevası, kızdırma kaybı ve asitte kayıp, SEM-EDX analizi, XRF analizi, X-ışını difraktometresi (XRD) analizi, enjeksiyon harcında eğilme deneyi ve tek eksenli basınç deneyi yapılmıştır.

3.1. Yığın Yoğunluk Testi

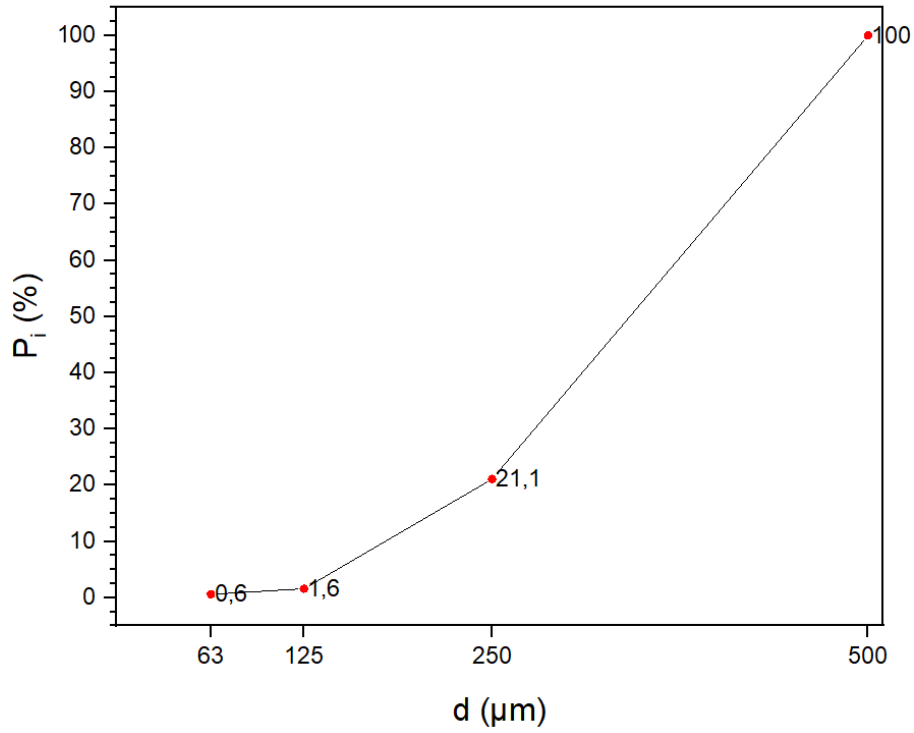
Bahsi geçen firma yetkilileri tarafından teslim edilmiş malzemede yığın yoğunluk tayini TS EN 459-2 (Yapı Kireci-Bölüm 2: Deney yöntemleri) standardına uygun olarak yapılmış, elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Toz Numunenin Yığın Yoğunluk Tayini	
Numune No	Yığın Yoğunluk (kg/dm^3)
1	0,84
2	0,84
3	0,84
Ortalama	0,84

3.2. Elek Analizi

Anılan firma tarafından teslim edilmiş olan Fixa Renovafix ENJ Puzolanik Kireç Esaslı Enjeksiyon Harcı isimli toz malzemenin dane boyutu dağılımını belirlemek için elek analizi deneyi yapılmış, elde edilen sonuçların ortalaması Tablo 2'de, granülometri eğrisi Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Toz Numunenin Elek Analizi Sonuçları				
Elek Gözü Açıklığı (μm)	63	125	250	500
Elekten Geçen, P_i (%) Ortalama	0,6	1,6	21,1	100,0



Şekil 2. Toz Numunenin Granülometri Eğrisi

3.3. Tuz, Protein ve Yağ Analizi

Yukarıda tanımı yapılmış olan malzemede bulunabilecek suda çözünabilir tuzların niteliklerinin (klorür, sülfat, karbonat ve nitrat tuzları) belirlenebilmesi; yağ, protein gibi katkı maddelerinin varlığının araştırılması amacı ile laboratuvarında basit spot testler yapılmış, sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Suda Çözünabilir Tuzlar ve Organik Madde Analizi [- : Yok; + : Az var; ++ : Var; +++ : Fazla var; ++++ : Çok Fazla var]								
ÖRNEK NO	SUDA ÇÖZÜNEBİLİR TUZLAR						ORGANİK MADDE	
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	NO ₃ ⁻	İLETKENLİK (μS)	pH (23,6 °C)	PROTEİN	YAĞ
1	-	+	+	-	666	11,32	-	-

3.4. Sülfat, Serbest Kireç, Serbest Su Muhtevası, Kızdırma Kaybı ve Asitte Kayıp Tayini

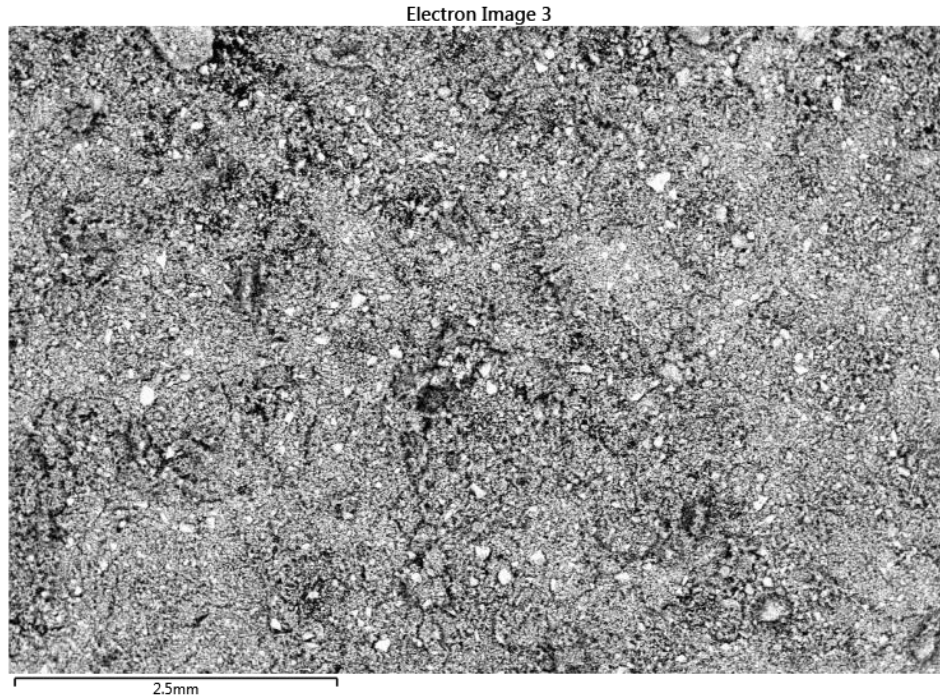
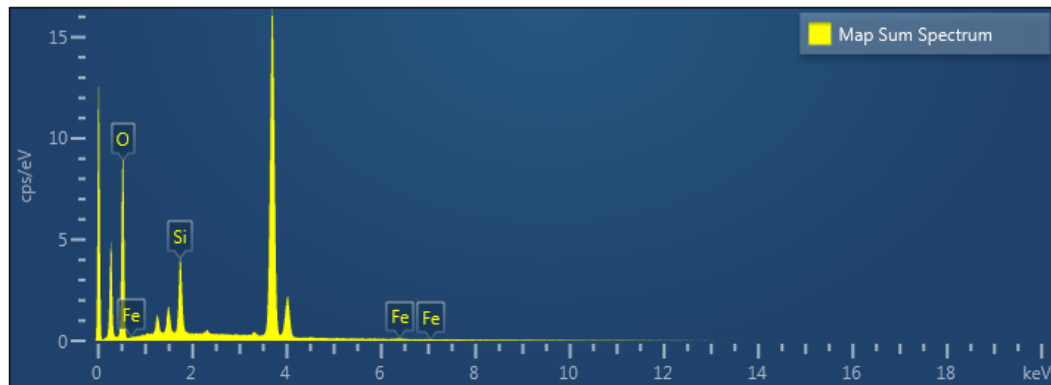
Anılan firma tarafından teslim edilmiş malzemede sülfat (SO₃ cinsinden gösterilen) miktarı, serbest kireç, serbest su muhtevası ve kalsinasyon (kızdırma kaybı) analizleri TS EN 459-2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Ayrıca asitte kayıp analizi yapılmış, sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Sülfat, Serbest Kireç, Serbest Su Muhtevası, Kızdırma Kaybı ve Asitte Kayıp Tayini

Numune No	Sülfat (SO ₃ Cinsinden) (%)	Serbest Kireç (%)	Serbest Su Muhtevası (%)	Kızdırma Kaybı (%)	Asitte Kayıp (%)
1	0,25	2,85	0,77	27,93	83,27
2	0,27	2,56	0,65	27,99	83,33
3	0,30	3,13	0,61	28,06	82,61
Ortalama	0,27	2,85	0,68	27,99	83,07

3.5. SEM-EDX Analizi

Fixa Renovafix ENJ Puzolanik Kireç Esaslı Enjeksiyon Harcı isimli toz numunenin EDX analizinin gerçekleştirildiği bölgenin SEM görüntüsü Şekil 3'de, EDX spektrumu Şekil 4'te, tespit edilen elementler ve bunlara ait oksitlerin yüzde dağılımları ise Tablo 5'te verilmiştir.

**Şekil 3.** Toz Numunenin SEM Görüntüsü**Şekil 4.** Toz Numunenin EDX Spektrumu

Tablo 5. EDX Analizinde Tespit Edilen Element ve Oksitlerinin Yüzde Dağılımları

Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma
O	K series	32.84	0.17	53.44			
Si	K series	5.82	0.07	5.40	SiO ₂	12.46	0.16
Ca	K series	56.28	0.19	36.56	CaO	78.74	0.27
Mg	K series	1.59	0.05	1.70	MgO	2.64	0.09
Al	K series	2.08	0.06	2.01	Al ₂ O ₃	3.94	0.10
S	K series	0.34	0.04	0.28	SO ₃	0.85	0.11
K	K series	0.55	0.05	0.36	K ₂ O	0.66	0.06
Fe	K series	0.30	0.12	0.14	FeO	0.39	0.16
Ti	K series	0.19	0.07	0.11	TiO ₂	0.32	0.12
Total		100.00		100.00		100.00	

3.6. X-Işını Floresans (XRF) Analizi

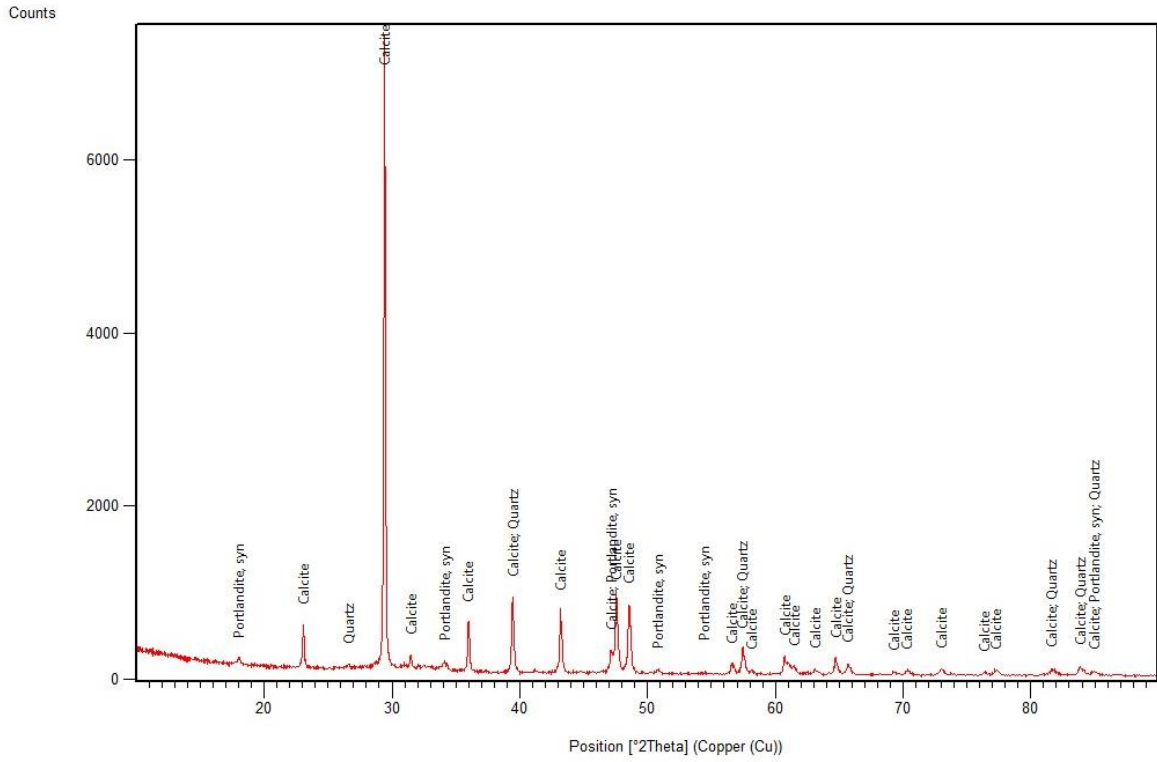
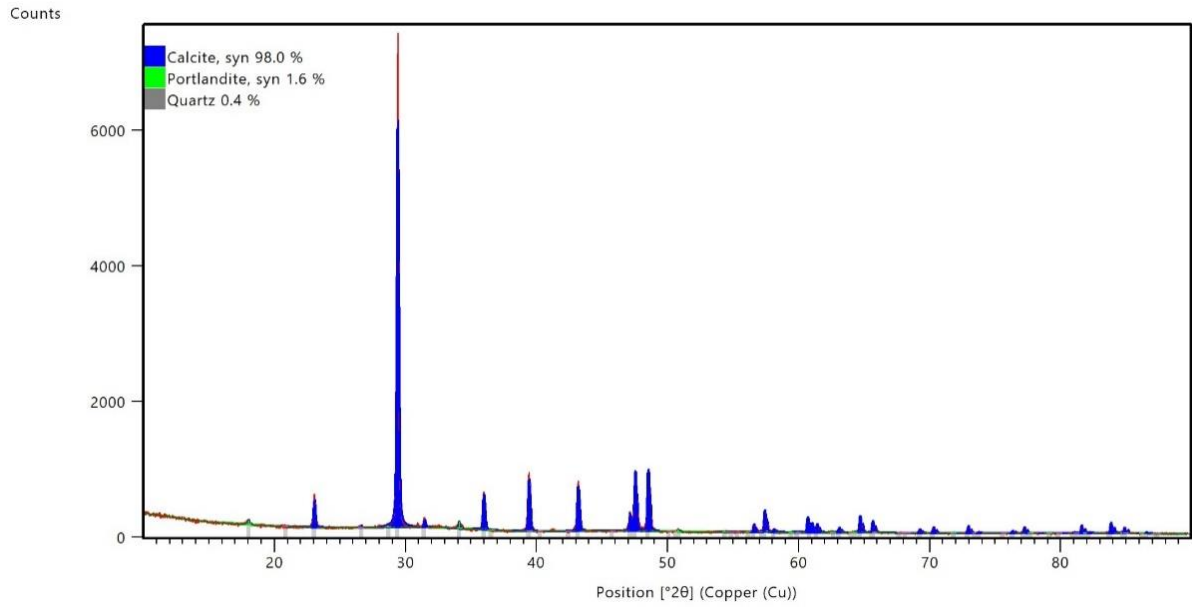
Fixa Renovafix ENJ Puzolanik Kireç Esaslı Enjeksiyon Harcı isimli toz numunenin XRF analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Toz Numunenin XRF Analizi Sonuçları

No	Component	Result	Unit
1	Al ₂ O ₃	4,82	mass%
2	SiO ₂	14,80	mass%
3	SO ₃	0,72	mass%
4	K ₂ O	0,32	mass%
5	CaO	44,28	mass%
6	TiO ₂	0,10	mass%
7	MnO	0,08	mass%
8	Fe ₂ O ₃	0,22	mass%
9	NiO	0,01	mass%
10	CuO	0,01	mass%
11	BaO	0,02	mass%
12	MgO	6,58	mass%
13	S-BLEND	10,00	
14	LOI	27,99	mass%

3.7. X-Işını Difraktometresi (XRD) Analizi

Fixa Renovafix ENJ Puzolanik Kireç Esaslı Enjeksiyon Harcı isimli toz numunenin içeriğindeki minerallere karşılık gelen kristal fazlarının tespit edilmesi amacıyla X-Işını Kırınımı (XRD) yöntemi kullanılmış ve XRD kırınım deseni Şekil 5’te verilmiştir. XRD analizi sonucuna göre numunenin içerisindeki fazların miktarını tespit etmek için yapılan Rietveld kantitatif analizi sonucu Şekil 6 ve Tablo 7’de verilmiştir. Analiz sonucu X’pert HighScore Plus yazılımı ve ICDD PDF-4 kütüphanesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

**Şekil 5. Toz Numunenin XRD Kırınım Deseni****Şekil 6. Toz Numunenin Rietveld Analizi**

Bu verilere göre; Fixa Renovafix ENJ Puzolanik Kireç Esaslı Enjeksiyon Harcı isimli toz numunenin; (Tablo7) kalsiyum karbonat- CaCO_3 (**Kalsit**), kalsiyum hidroksit- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (**Portlandit**) ve silisyum dioksit- SiO_2 (**Kuvars**) içerdiği, bu fazların oranının %98,0 **Kalsit**, %1,6 **Portlandit** ve %0,4 **Kuvars** olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7. Rietveld Kantitatif Analizi Sonuçları				
Bileşen Adı	Kimyasal Formülü	Mineral Adı	Oranı (%)	Açıklama
Kalsiyum Karbonat	CaCO ₃	Kalsit	98,0	Genellikle bağlayıcı olarak değil, agrega olarak tercih edilir (hammaddenin tam pişirilmediği durumlarda da görülebilir)
Kalsiyum Hidroksit	Ca(OH) ₂	Portlandit	1,6	Hem hidrolik kireç hem de çimento hidratasyon sürecinde oluşabilir.
Silisyum dioksit	SiO ₂	Kuvars	0,4	Hidrolik kireç üretmek için katılan kilin bileşeni olabilir.

3.8. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı deneyi numuneleri, TS EN 1015-11 *Kagir harcı-Deney metotları-Bölüm 11: Sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımının tayini* standardına göre; ürünün teknik dokümanındaki %28 oranında su miktarına uygun olarak hazırlanmış, kalıplara dökülmüş; ilk 7 gün (20±2) °C sıcaklık, %95 nem, sonraki 21 gün (20±2) °C sıcaklık, %65 nem koşullarında kür edilmiştir. Eğilme dayanımı deneyinde elde edilen sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Enjeksiyon Harcının Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları					
Deney No	Numune Boyutları (mm)			[20±2) °C, %95 Nem]	[20±2) °C, %65 Nem]
	En	Boy	Uzunluk	7 Günlük Eğilme Dayanımı (MPa)	28 Günlük Eğilme Dayanımı (MPa)
1	40,00	40,00	160,00	0,68	0,31
2	40,00	40,00	160,00	0,56	0,28
3	40,00	40,00	160,00	0,56	0,51*
Ortalama				0,60	0,37

*Eğilme dayanımı numunesi ucundan kırılmıştır.

3.9. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi numuneleri, TS EN 1015-11 *Kagir harcı-Deney metotları-Bölüm 11: Sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımının tayini* standardına göre; eğilme dayanımı deneyinde iki parçaya ayrılmış olan numunelerde kuvvet uygulanan yüzey alanını 40mm x 40mm oluşturulacak başlıklar kullanılarak yapılmış, elde edilen sonuçlar Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Enjeksiyon Harcının Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları							
Gün / Numune	1	2	3	4	5	6	Ortalama
7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	8,49	7,47	7,93	7,66	8,39	7,68	7,94
28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	10,81	10,87	11,58	10,04	11,43	12,21	11,16

4. DEĞERLENDİRME

Fixa Yapı Kimyasalları San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından **15.04.2026 Üretim Tarihli ve 32715 Seri Numaralı Fixa Renovafix ENJ Puzolanik Kireç Esaslı Enjeksiyon Harcı** isimli üründe Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma, Uygulama ve Araştırma Merkezi (KURAM), **Prof. Dr. Ahmet Refik Ersen Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarı**'nda yapılan fiziksel, kimyasal ve aletli analizler ile malzemenin içeriği ve özellikleri standartlara göre incelenmiş, sonuçlar aşağıda verilmiş ve tabloda 10'da özetlenmiştir.

İnceleme konusu ürünün:

- Yığın yoğunluğunun 0,84 kg/dm³, su muhtevasının %0,68 ve maksimum dane boyutunun 500 µm olduğu,
- 28. gündeki ortalama eğilme dayanımının 0,37 MPa ve ortalama basınç dayanımının 11,16 MPa olduğu,
- Sülfat (SO₃) içeriğinin %0,27 olduğu ve TS EN 459-2 standardına göre normal sınırlar (≤%2) içerisinde kaldığı,
- XRD analizinde (Tablo 7); kalsiyum karbonat-CaCO₃ (**Kalsit**), kalsiyum hidroksit-Ca(OH)₂ (**Portlandit**) ve silisyum dioksit-SiO₂ (**Kuvars**) içerdiği, bu fazların oranının %98,0 **Kalsit**, %1,6 **Portlandit** ve %0,4 **Kuvars** olduğu tespit edilmiştir.
- Di-kalsiyum silikat 2CaO.SiO₂ (Larnit); hem hidrolik kirecin hem de portland çimentosunun üretim sürecinde oluşan bir mineraldir. Hidrolik kireçli ürünlerde tespit edilen Larnit, 900-1250 °C sıcaklık aralığında pişirme işlemi sırasında oluşmaktadır. Çimento üretiminde ise sıcaklık 1400°C'nin üzerine çıktığından, bu sıcaklıkta Larnit'in bir kısmının 3CaO.SiO₂ tri-kalsiyum silikat'e (Alit'e) dönüşmesi söz konusudur. Üründe, Larnit ile birlikte Alit de bulunur ise çimentonun varlığına işaret eder, yalnızca **Larnit'in (2CaO.SiO₂ di-kalsiyum silikatın) bulunması ürünün hidrolik kireçli olduğunun göstergesidir [1-13].**

- Çimento katkısı varlığının araştırılması amacı ile üründe gerçekleştirilen deneysel çalışmadan elde edilen ve Tablo 7’de tanımlanmış fazlar ile Tablo 10’da verilen çimento fazları karşılaştırılmış, inceleme konusu üründe $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ tri-kalsiyum silikat (**Alit**), $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ tri-kalsiyum alüminat (**Mayenit**) $4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$, tetra-kalsiyum alüminoferrit (**Brownmillerit**) fazlarının bulunmadığı dolayısı ile ürünün **çimento katkısı içermediği kanaatine varılmıştır** [4].

Tablo 10. Çimento Katkısı Tespiti için Araştırılan Fazlar					
Bileşen Adı	Kimyasal Formülü ve Adı	Mineral Adı	Oluşum Sıcaklığı (°C)	Açıklama	Referanslar
Kalsiyum Silikatlar	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ tri-kalsiyum silikat	Alit Hatrurit	1250-1450	Portland çimentosu mineralidir.	[4,6,10,13]
	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ di-kalsiyum silikat	Belit Larnit (β -Belit)	900-1250	Portland çimentosu ve hidrolik kireç mineralidir.	[1–12]
Kalsiyum Alüminatlar	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ tri-kalsiyum alüminat	Mayenit	1250-1450	Portland çimentosu mineralidir.	[4]
Kalsiyum Alüminoferritler	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ tetra-kalsiyum alüminoferrit	Brownmillerit	1250-1450	Portland çimentosu mineralidir.	[4]

5. REFERANSLAR

- [1] Lanas J, Bernal JLP, Bello MA, Galindo JIA. Mechanical properties of natural hydraulic lime-based mortars. Cem Concr Res 2004;34:2191–201. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.02.005>.
- [2] Kozłowski R, Hughes D, Weber J. Roman Cements: Key Materials of the Built Heritage of the 19th Century. Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures, Springer Netherlands; 2010, p. 259–77. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2684-2_14.
- [3] Ozer N, Özgünler SA, Özdamar S. Investigation of production possibilities of natural hydraulic binders from marls. Constr Build Mater 2025;470. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140675>.
- [4] Arizzi A, Parra-Fernández C. A comprehensive review of the manufacturing process and properties of natural hydraulic limes. Materials and Structures/Materiaux et Constructions 2025;58. <https://doi.org/10.1617/s11527-025-02656-3>.
- [5] Kozlovcev P, Válek J. The micro-structural character of limestone and its influence on the formation of phases in calcined products: natural hydraulic limes and cements. Materials and Structures/Materiaux et Constructions 2021;54. <https://doi.org/10.1617/s11527-021-01814-7>.

-
- [6] Callebaut K, Elsen J, Van Balen K, Viaene W. Nineteenth century hydraulic restoration mortars in the Saint Michael's Church (Leuven, Belgium) Natural hydraulic lime or cement? *Cem Concr Res* 2001;31:397–403. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00499-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00499-3).
- [7] Kozlovcev P, Přikryl R. Compositional characteristics and experimental burning of selected Lower Palaeozoic limestones from the Prague Basin (Barrandian area, Czech Republic) suitable for the production of natural hydraulic lime. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 2017;76:21–37. <https://doi.org/10.1007/s10064-016-0882-6>.
- [8] El-Turki A, Ball RJ, Allen GC. The influence of relative humidity on structural and chemical changes during carbonation of hydraulic lime. *Cem Concr Res* 2007;37:1233–40. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.05.002>.
- [9] Bo A, Wang H, Wang D, Zhang D. Thermodynamic and kinetic analysis on the effect of CaSO₄ on calcination of natural hydraulic lime. *Mater Today Commun* 2022;31. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.103374>.
- [10] Gualtieri AF, Viani A, Montanari C. Quantitative phase analysis of hydraulic limes using the Rietveld method. *Cem Concr Res* 2006;36:401–6. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.02.001>.
- [11] Mertens G, Madau P, Durinck D, Blanpain B, Elsen J. Quantitative mineralogical analysis of hydraulic limes by X-ray diffraction. *Cem Concr Res* 2007;37:1524–30. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.08.002>.
- [12] Gnisci A. Preliminary characterization of hydraulic components of low-temperature calcined marls from the south of Italy. *Cem Concr Res* 2022;161. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.106958>.
- [13] Oktay D, Uğuryol M, Buğra Güner M, Binnaz Hazar Yoruç A, Yüzer N. Characterization of the grout produced from argillaceous limestone for the consolidation of historic buildings. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 2020;35:1387–97. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.468457>.

6. NOTLAR

“15.04.2026 Üretim Tarihli ve 32715 Seri Numaralı Fixa Renovafix ENJ Puzolanik Kireç Esaslı Enjeksiyon Harcı Malzeme Analiz Raporu” kapsamında yapılan analiz, tespit ve değerlendirmeler sadece bahsi geçen bu ürüne mahsustur. Onaylı rapor üzerinde yapılacak tahrifat ve değişikliklere telif hakları kanuna göre hukuki sonuçlar terettüp eder.

Dr. Öğr. Üyesi İrem CERAN
Restorasyon Uzm.
(Merkez Müdürü)
(İZİNLİ)

Prof. Dr. Fevziye AKÖZ
Y. Mimar/Yapı Malzemesi Uzmanı
(Danışman)

Furkan AL
Y. Mimar
(Merkez Müdür V.)

Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖZBAŞ
Kimyager

Emine TEMİZEL ÇELİKÇİ
Y. Kimyager

Hamza TERZİ
İnşaat Müh.

Oğuzhan ALPTEKİN
Restoratör

Kübra AR
Restoratör

Kemal PAMPAL
Restoratör



VAKIF KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA
UYGULAMA ve ARAŞTIRMA MERKEZİ

KURAM

FSMVÜ Topkapı Yerleşkesi
Merkezefendi Mah. Mevlevihane Cad.
No:27 Zeytinburnu/İstanbul, Türkiye
T: 0212 521 81 00 – 2081

kuram.fsm.edu.tr – kuram@fsm.edu.tr



**FATİH
SULTAN
MEHMET**
VAKIF ÜNİVERSİTESİ