



## OLİVİN AGREGALI HARÇLARIN YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNDEKİ MEKANİK DAVRANIŞLARI

Yusuf Tahir ALTUNCI<sup>1,a,\*</sup>, Hakan CEYLAN<sup>2,b</sup>

<sup>1\*</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMY, İnşaat Bölümü, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMY, İnşaat Bölümü, Isparta, Türkiye

<sup>a</sup>yusufaltunci@isparta.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5418-7742

<sup>b</sup>hakanceylan@isparta.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8099-9819

### ÖZET

Dünit bünyesinde yüksek oranda olivin içeren bir kayadır. Olivin ise bünyesinde serbest silis bulundurmadığı için sağlığa zarar vermeyen popüler bir mineraldir. Olivin agregalar alkali silis reaksiyonuna neden olmadığı için beton içerisinde sorunsuz bir şekilde kullanılabilir. Olivin ayrıca yüksek sıcaklığa karşı da dirençli bir malzemedir. Tüm bu özelliklerinden dolayı olivinin kullanım alanları oldukça fazladır. Bu çalışmada, yüksek sıcaklığa maruz kalabilecek yüzeylerde uygulanmak üzere, yüksek sıcaklığa dayanıklı harç agregasını belirlemek amacıyla su/çimento oranı 1 olan 200, 250 ve 300 dozlu ocak kumu agregalı ve olivin agregalı harçlar üretilmiştir. Üretilen numunelerin, 28. günün sonunda 200, 400 ve 600 °C'lik sıcaklıklarda 1'er saat yüksek sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonraki performans özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; olivin agregalı harçların 1 saat boyunca 600°C'ye kadar olan yüksek sıcaklıklarda kum agregalı harçlara göre daha yüksek mekanik performans gösterdiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Olivin agrega, kum agrega, harç, yüksek sıcaklık, mekanik davranış.

### ABSTRACT

Dunite is a rock with a high olivine content. Olivine is a popular mineral that does not harm human health because it does not contain free silica. Since olivine aggregates do not cause an alkali silica reaction, they can be used in concrete without any problems. Olivine is also a material that is resistant to high temperatures. Due to all these features, the area of use of olivine is rather high. In this study,

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

Geliş (Received): 18/10/2022

**Atıf (Citation):** Altuncu, Y.T., Ceylan, H., "Olivin Agregalı Harçların Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Mekanik Davranışları", UMÜFED Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 5(1): 1-10, 2023.

Kabul (Accepted): 31/01/2023

Yayın (Published): 16/07/2023

mortar with 200, 250 and 300 doses of excavated sand aggregate and olivine aggregate with a water/cement ratio of 1 was produced to determine the high temperature resistant mortar aggregate to be applied to surfaces that may be exposed to high temperatures. At the end of day 28, the performance properties of the resulting samples were determined after being exposed to high temperatures at 200, 400 and 600 °C for 1 hour. The results; It was determined that mortar with olivine aggregates showed higher mechanical performance than mortar with sand aggregates at high temperatures up to 600 °C for 1 hour.

**Keywords:** Olivine aggregate, sand aggregate, mortar, high temperature, mechanical behavior.

## 1. GİRİŞ

Olivin, dünit kayacının hacimce %90'ından oluşan, özgül ağırlığı 3.27 g/cm<sup>3</sup> ile 4.37 g/cm<sup>3</sup> arasında, sertliği de 6.5 - 7.0 mohs arasında değişen ve tüm yönlerde eşit bağ kuvvetlerine sahip bir nesil silikattır [1,2]. Genel formülü (Mg, Fe)<sub>2</sub> [SiO<sub>4</sub>] şeklindedir [3]. Olivinler doğada; şekilsiz, yarı şekilli ve tane boyutları birbirinden farklı yapıda [4], kırılğan ve çoğunlukla yeşil renkte bulunurlar. Olivin; demir-çelik endüstrisinde, refrakter uygulamalarında, döküm sanayinde, endüstriyel atıkların arındırılmasında, nükleer atıkların yok edilmesinde, CO<sub>2</sub> salınımının azaltılmasında, aşındırma uygulamalarında, elektrikli ısıtıcı malzemelerinde, denge malzemesi uygulamalarında, süs taşı ve renklendirici malzeme gibi birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır [3].

Olivin bazalt karakterli agregalar alkali-silis reaksiyonu açısından sakıncasız agregalardır [5]. Olivin sıcak karışım asfalt betonlarda filler malzeme olarak [6], dolgu işlerinde, beton ve asfalt üretiminde de agrega olarak kullanılabilir [7]. Olivinin agrega olarak kullanılabilirliği, araştırmacıları bu yönde çalışmaya yönlendirmiştir. Ülkemizde özellikle; Denizli ve Kütahya yörelerindeki olivin bazaltlarının agrega olarak kullanılabilirliği ile ilgili yapılmış çalışmalar mevcuttur [8,9]. Bununla birlikte, olivinin ısıya karşı dirençli bir malzeme olduğu bilinmekle birlikte [10,11], çimento yerine %10 oranına kadar yapılan olivin ikamesi ile korozyon hızı yavaşlatılabilmektedir [12].

Bu bağlamda; çalışmada, yüksek sıcaklığa maruz kalabilecek yüzeylerde uygulanmak üzere, yüksek sıcaklığa dayanıklı harç üretmek amaçlanmıştır. Bu amaçla; olivin agregalı harçların yüksek sıcaklık etkisindeki performanslarını belirlemek amacıyla su/çimento oranı 1 olan 200, 250 ve 300 dozlu olivin agregalı ve ocak kumu agregalı harçlar üretilmiştir. Yüksek sıcaklık etkisindeki betonların, 900 °C sıcaklıkta basınç ve çekme dayanımlarını belirgin olarak

kaybettiği; 1200 °C'lik sıcaklıkta ise basınç ve çekmeye maruz kaldıklarında da dağıldıkları bilindiğinden [13] numunelerin yapısal bütünlüğünün korunabilmesi ve fiziksel ve mekanik özelliklerinin olumsuz etkilenmesini engellemek için deneylerde kullanılmak üzere üretilen numuneler 200, 400 ve 600 °C'lik sıcaklıklarda 1'er saat yüksek sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonra, önce eğilme dayanımı ardından da basınç dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur. Ayrıca yüksek sıcaklık uygulamalarından önce ve sonra numunelerin ağırlıkları ölçülerek ağırlık kayıpları da hesaplanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında; 3.13 g/cm<sup>3</sup> özgül ağırlığındaki CEM I 42.5 R tipi Portland çimento, 2.32 g/cm<sup>3</sup> özgül ağırlığındaki kum agregası (0-2mm) ve 2.61 g/cm<sup>3</sup> özgül ağırlığındaki olivin agregası (0-2mm) ve şebeke suyu kullanılmıştır. Olivin agregasının ağırlıkça su emmesi % 1.55, kum agregasının ağırlıkça su emmesi ise %3.11'dir. Kullanılan CEM I 42.5 R tipi çimentoya ait kimyasal analiz sonuçları ise Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** CEM I 42.5 R tipi çimentoya ait kimyasal analiz sonucu

Bileşen (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	LOI
	18.39	4.46	3.58	63.18	1.74	2.76	0.299	0.646	3.13

Numuneler dozaj ve agregası türüne göre kodlandırılmıştır. Numune kodunun başındaki 200, 250 ve 300 rakamları numunenin dozajını, sonrasındaki S harfi kum agregalı referans numuneyi, O harfi ise olivin agregalı numuneyi ifade etmektedir. Örneğin; 200 S kodlaması 200 dozajlı ocak kumlu harcı, 250 O kodlaması ise 250 dozajlı olivin agregalı harcı ifade etmektedir. Çalışmada kullanılan kodlamalar Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Kullanılan kodlamalar

Numune kodu	Numune karışımı
200 S	Su + CEM I 42.5 R (200 Doz) + Kum agregası
250 S	Su + CEM I 42.5 R (250 Doz) + Kum agregası
300 S	Su + CEM I 42.5 R (300 Doz) + Kum agregası
200 O	Su + CEM I 42.5 R (200 Doz) + Olivin agregası
250 O	Su + CEM I 42.5 R (250 Doz) + Olivin agregası
300 O	Su + CEM I 42.5 R (300 Doz) + Olivin agregası

Üretimlerde su/çimento oranı 1 olarak sabit tutulup 200, 250 ve 300 dozajlı harçlar üretilmiştir. Kum agregalı numuneler referans numuneler olup, olivin agregalı numunelerin kıyaslanmasında kullanılmıştır. 1 m<sup>3</sup> harç üretiminde kullanılan malzeme miktarları Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 3.** 1 m<sup>3</sup> harç üretiminde kullanılan malzeme miktarları

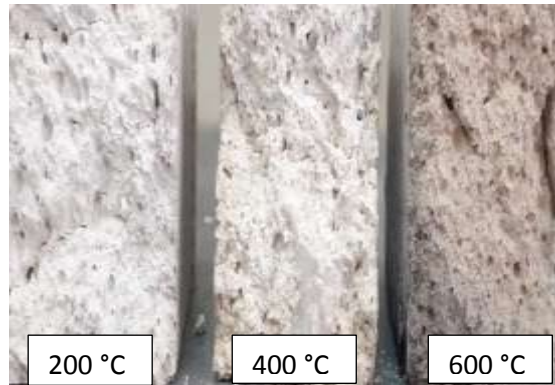
Numune kodu	Malzeme miktarı (kg/m <sup>3</sup> )			
	Su	Çimento	Kum agregası	Olivin agregası
200 S	200.00	200.00	1707.78	-
250 S	250.00	250.00	1554.70	-
300 S	300.00	300.00	1401.64	-
200 O	200.00	200.00	-	1921.25
250 O	250.00	250.00	-	1749.03
300 O	300.00	300.00	-	1576.84

Üretim aşamasında kaba önce su ardından da çimento eklenerek mikserde 1 dakika boyunca çimento hamuru oluşturulmuştur. Elde edilen çimento hamuruna ocak kumu veya olivin kumu eklenerek mikser 2 dakika boyunca çalıştırılmış ve istenilen dozajda harç üretimleri yapılmıştır. 200 S numunesine ait görsel Şekil 1’de verilmiştir.



**Şekil 1.** 200 S numunesine ait görsel

Taze haldeki harçların ağırlıkları ölçülerek, taze birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu işlemin ardından taze harç 4×4×16 cm boyutlarındaki kalıplara dökülmüştür. 24 saat kalıpta bekletilen numuneler kalıplarından çıkartılarak kür havuzlarına konmuştur. 28. günün sonunda havuzdan çıkartılan numunelerden, yüksek sıcaklığa maruz bırakılmayacak olanların yüzeyleri nemden arındırılarak ağırlıkları ölçülmüş ve TS EN 196-1 standardına göre [14] önce eğilme dayanımı ardından da basınç dayanımı testleri yapılmıştır. Yüksek sıcaklığa maruz bırakılacak numunelerde suya doygun olarak; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknik Bilimler MYO İnşaat Bölümü laboratuvarında bulunan yüksek sıcaklık fırında TS EN 1363-2 standardına göre [15] 200 °C, 400 °C ve 600 °C'lik sıcaklıklarda 1 saat süre ile yüksek sıcaklığa maruz bırakılmış ve numuneler soğuyuncaya kadar yüksek sıcaklık fırınında bekletilmiştir. Soğuyan numunelerin ağırlıkları ölçülerek ve şahit numune ile kıyaslanarak ağırlık kayıpları hesaplanmıştır. Daha sonra numunelerin yüksek sıcaklık etkisindeki mekanik performanslarını belirlemek amacıyla TS EN 196-1 standardına göre [14] önce eğilme dayanımı ardından da basınç dayanımı testleri yapılmış ve şahit numune ile yüksek sıcaklığa maruz bırakılan numunelerin dayanım değerleri % olarak kıyaslanıp dayanım kayıpları belirlenmiştir. Sırasıyla 200 °C, 400 °C ve 600 °C'lik yüksek sıcaklıktan sonra eğilme dayanımı deneyine tabii tutulan 300 O numunelerinin kesitlerine ait görsel Şekil 2'de verilmiştir.

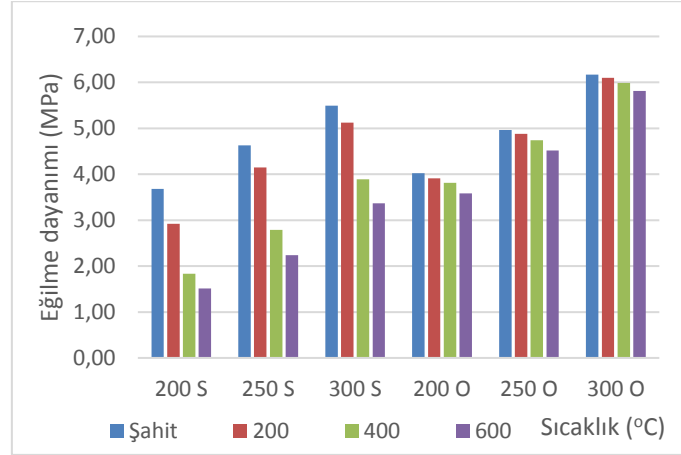


**Şekil 2.** Yüksek sıcaklığa maruz bırakılan 300 O numunelerine ait kesitler

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

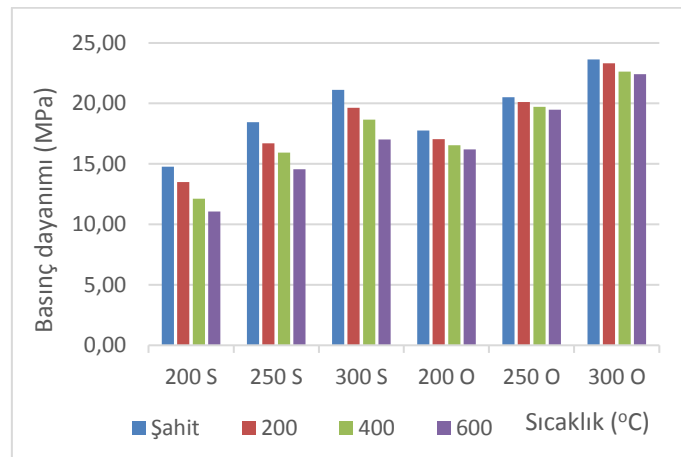
#### 3.1 Eğilme ve Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Üretilen numunelere ait 28 günlük eğilme dayanımı deney sonuçları Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Eğilme dayanımı deney sonuçları

Kum agregalı numunelerin eğilme dayanımı kaybı; 200 °C için %6.74 - %20.65 aralığında, 400 °C için %29.14 - %50.27 aralığında, 600 °C için %38.62 - %58.97 aralığındadır. Olivin agregalı numunelerin eğilme dayanımı kaybı ise; 200 °C için %1.13 - %2.74 aralığında, 400 °C için %2.92 - %5.22 aralığında ve 600 °C için %3.58 - %5.81 aralığındadır. Şekil 3’ten anlaşılacağı üzere olivin agregalı numunelerin eğilme dayanımı kayıpları kum agregalı numunelerin eğilme dayanımlarına göre daha azdır. Bu durum olivin agreganın eğilme dayanımı açısından yüksek sıcaklıktan en az etkilenen agrega olduğunu göstermektedir. Üretilen numunelere ait 28 günlük basınç dayanımı deney sonuçları ise Şekil 4’de verilmiştir.



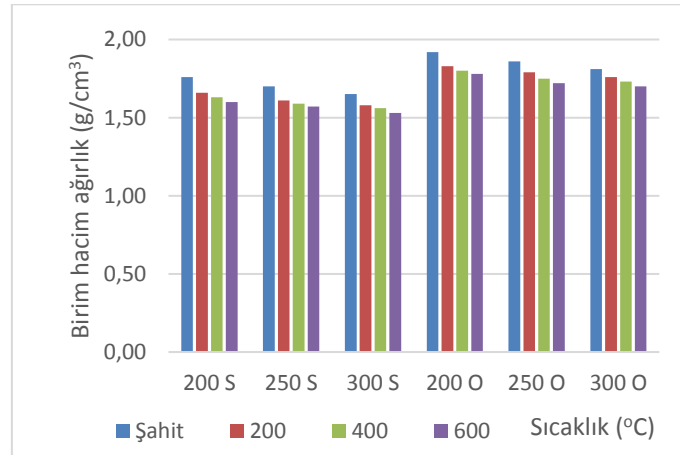
Şekil 4. Basınç dayanımı deney sonuçları

Şekil 4'e göre, çimento dozajı artışına paralel olarak tüm numunelerin basınç dayanımlarının arttığı gözlemlenmiştir.

Bu veriler ışığında, yüksek sıcaklık artışı ile eğilme ve basınç dayanımlarında azalmaların görüldüğü söylenebilir. Ancak 200 °C'deki basınç dayanım kayıpları oldukça düşük seviyededir. Suyun 100 °C'den sonra buharlaşmaya başlaması, numunelerin bünyesinde bulunan suyu kaybetmesine neden olmuştur. Özellikle 200 °C'lik yüksek sıcaklıktan sonra oluşan dayanım kayıpları, basınç dayanımına oranla eğilme dayanımında daha belirgindir. Bu durum sıcaklık artışı ile oluşan mikro çatlak kusurlarının eğilmeye maruz kalan numunelerde kendini daha fazla göstermesi ile açıklanabilir [16]. Ayrıca hidrat yapıdaki suyun 250 - 300 °C'den sonra buharlaşmaya başlaması numunelerde oluşan büzülme önemli seviyelere çıkararak [17], 400 ve 600 °C'lik yüksek sıcaklıklarda oluşan dayanım kayıplarının artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte kum agregalı numunelerin eğilme ve basınç dayanımları yüksek sıcaklıkta daha belirgin bir şekilde azalmışken, olivin agregalı numunelerin eğilme ve basınç dayanımları yüksek sıcaklık etkisinden daha az etkilenmiştir. Bu durum olivinin yüksek sıcaklığa karşı daha dirençli bir malzeme olmasından kaynaklanmaktadır.

### 3.2 Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları

Üretilen numunelere ait 28 günlük birim hacim ağırlık deney sonuçları Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Birim hacim ağırlık deney sonuçları

Kum agregalı numunelerin; 200 °C'deki birim hacim ağırlık kayıpları %4.24 - %5.68 aralığında, 400 °C'deki birim hacim ağırlık kayıpları %5.45 - %7.39 aralığında ve 600 °C'deki birim hacim ağırlık kayıpları %7.27 - %9.09 aralığındadır. Olivin agregalı numunelerin ise; 200 °C'deki birim hacim ağırlık kayıpları %2.76 - %4.69 aralığında, 400 °C'deki birim hacim ağırlık

kayıpları %4.42 - %6.25 aralığında ve 600 °C'deki birim hacim ağırlık kayıpları %6.08 - %7.29 aralığındadır. Yüksek sıcaklık artışı ile birlikte artan birim hacim ağırlık kayıpları serbest ve kimyasal olarak bağlı suyun kaybindan oluşmaktadır ve bu durum literatür ile uyumludur [17].

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada; olivin agregalı harçların yüksek sıcaklık etkisindeki mekanik performansı araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Olivin agregalı ve kum agregalı numunelerde çimento dozajının artırıldığı tüm numuneler için eğilme ve basınç dayanımları artış göstermiştir.
- 200 S, 250 S ve 300 S notasyonlu numunelerin eğilme ve basınç dayanımı kayıpları 400°C ve sonrasında daha belirgindir.
- Olivin agregalı numunelerde çimento dozajının artışı, 200 °C, 400 °C ve 600 °C' deki yüksek sıcaklık etkisindeki eğilme ve basınç dayanımı kayıplarının azalmasına neden olmuştur.
- Sıcaklık artışı ile birlikte bozulmalar ve ağırlık kayıpları artmıştır.
- Bu bilgiler ışığında 1 saat boyunca 600 °C'ye kadar yüksek sıcaklığa maruz kalabilecek harçlarda yüksek dozajlı olivin agregalı harç kullanılmasında sakınca yoktur.

#### KAYNAKLAR

- [1] A. Lazaro, G. Quercia, H. Brouwers and J. Geus, Synthesis of a green nano-silica material using beneficiated waste dunites and its application in concrete. World Journal of Nano Science and Engineering, 3 (3), 41-51, 2013. <https://doi.org/10.4236/wjnse.2013.33006>
- [2] M. Achang & M. Radonjic, Adding olivine micro particles to portland cement based wellbore cement slurry as a sacrificial material: a quest for the solution in mitigating corrosion of wellbore cement. Cement and Concrete Composites, 121, 104078, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104078>
- [3] C. Altuğ, Türkiye'deki olivin mineralinin fiziksel ve optiksel özelliklerinin farklı tekniklerle incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, 2019.



- [4] A. Biçer, Make use of volcanic slag as aggregate in the production of concrete. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 2(2), 337-347, 2020. <https://doi.org/10.47898/ijeased.790991>
- [5] M. Korkanç & A. Tuğrul, Beton agregası olarak kullanılacak bazaltların alkali-silis reaksiyonu yönünden incelenmesi. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 17(2), 161-169, 2004.
- [6] M. Canpolat, A. Beycioglu, N. Morova, S. Çetin, H.M., Çetin & H. Gündoğan, Atık olivin mineralinin asfalt betonunda filler olarak kullanımı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(2), 555-566, 2022. <https://doi.org/10.29130/dubited.948454>
- [7] M. Korkanç & A. Tuğrul, Niğde bölgesi agrega kaynakları ve sorunları. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(1), 122-131, 2017. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.297979>
- [8] T. Koralay, İ. Çobanoğlu & M. Demir, Ofiyolitler içerisindeki gabro dayklarının balast malzemesi olarak kullanılabilirliği: inceler (bozkurt-denizli) örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences*, 17(2), 32-48, 2014.
- [9] M.Y. Çelik & A. Şahbaz, Ilıca (Kütahya) bazaltının beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 20(4), 887-898, 2017. <https://doi.org/10.2339/politeknik.369061>
- [10] İ. Acar, Olivinin refrakter hammaddesi olarak kullanımı için demir içeriğinin manyetik ayırma ile azaltılması. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 60(1), 41-49, 2021.
- [11] M. Boyrazlı, E. A. Öztürk, Y. E. Benkli, S. Karataş, M. Yücedağ & Z. Çizmecioglu, The effect of some binders and their combinations on the porosities and strengths of the pellets produced from magnetite concentrates. *IJSTR*, 1, 30-41, 2015.
- [12] E. Sancak & Ö. Çoban, Olivin atıklarının betonda kullanımının betonarme donatısının korozyon özelliklerine etkisi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(4), 26-41, 2014.
- [13] N. Mahsanlar, Yüksek sıcaklık etkisinde beton davranışı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2006.
- [14] TS EN 196 -1, Çimento Deney Metotları - Bölüm 1: Dayanım Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2016.

- [15] TS EN 1363-2: Yangına Dayanıklılık Deneyleri - Bölüm 2: Alternatif ve İlave İşlemler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [16] K. Vijai, R. Kumutha & B.G. Vishnuram, Effect of types of curing on strength of geopolymer concrete. *International Journal of Physical Sciences*. 5(9), 1419-1423, 2010.
- [17] Y. Aygörmez, Lif takviyeli pirinç kabuğu külü ikameli beyaz çimentolu harçların bazı mekanik özelliklerinin incelenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 23(2), 543-559, 2021. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.893457>