



## **Doğanehir-Malatya bölgesindeki tektonomagmatik/metamorfik ve sedimanter kayalardan üretilen suni yapı taşlarının özellikleri**

*Characteristics of artificial building stones produced from*

*tectonomagmatic/metamorphic and sedimentary rocks from Doğanehir-Malatya  
region*

**Oğuzhan YAZICI<sup>1</sup>** Orcid: 0000-0002-3498-6213

**Tamer RIZAOĞLU<sup>1,2</sup>** Orcid: 0000-0002-4883-0842

<sup>1</sup>KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği ABD, Kahramanmaraş

<sup>2</sup>KSÜ, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

Geliş (received): 11/12/2023

Kabul (Accepted): 29/12/2023

### **ÖZ**

Bu çalışmada farklı jeomateryallerin polyester ve çimento gibi bağlayıcılarla birleştirilmesiyle ve yüzeylerine jelkot uygulanmasıyla yeni malzemeler üretilmiş ve üretilen bu malzemelerin fiziksel, mekanik ve estetik özellikleri araştırılmıştır. Üretilen malzemeler üzerinde birim hacim ağırlığı, su emme, ısı iletkenlik katsayısı, ultrasonik ses hızı, eğilme mukavemeti, basınç mukavemeti, Schmidt geri tepmesi, Böhme aşınma kaybı ve donma-çözülme direnci testleri yapılmıştır. En yüksek eğilme ve basınç dayanımı ile en düşük su emme değerleri 0,150-0,250 mm tane büyüklüğündeki agregalardan oluşturulan malzemelerde gözlenmiştir. Orta-iri taneli jeomateryallerden üretilen ürünlerde doğala yakın bir doku gözlenirken, ince taneli agregalarla üretilen malzemelerde hamurlu bir yapı gözlenmiştir. Nihai ürünlerde elde edilen düşük su emme ve yüksek basınç/eğilme mukavemeti özelliklerinden dolayı çalışmada kullanılan jeomateryallerin yapay yapı malzemesi kaynağı olarak değerlendirilebileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Jeomateryal, Yapı Malzemesi, Suni Taş, Mekanik özellikler

Tamer RIZAOĞLU

tamer@ksu.edu.tr

## **ABSTRACT**

*In this study, new materials were produced by combining different geomaterials with binders such as polyester and cement and applying gelcoat to their surfaces, and the physical, mechanical and aesthetic properties of these produced materials were investigated. Unit volume weight, water absorption, thermal conductivity coefficient, ultrasound speed, bending strength, compressive strength, Schmidt rebound, Böhme abrasion loss and freeze-thaw resistance tests were performed on the produced materials. The highest bending and compressive strength and lowest water absorption values were observed in materials created with 0.150-0.250 mm grain size aggregates. While a texture close to nature was observed in products produced from medium-coarse grained geomaterials, a doughy structure was observed in materials produced with fine grained aggregates. It has been observed that the geomaterials used in the study can be used as artificial building material sources due to the low water absorption and high compressive/flexural strength properties obtained in the final products.*

**Keywords:** *Geomaterial, Building material, Artificial stone, Mechanical Properties*

## **1. GİRİŞ**

İnsanoğlunun malzemelerle tanışması ve malzemeye olan ihtiyacı çok eskilere dayanmaktadır. Tarihin ilk dönemlerinde insanlar doğada bulunan malzemeleri doğrudan kullanmışlar ancak zamanla bu malzemeleri doğrudan kullanmak zorlaştığından dolayı insanlar doğal malzemelere şekil vermeye başlamışlardır. İnsanların talepleri her geçen gün artmış ve buna bağlı olarak doğal malzemelerin kullanımı ve şekillendirilmesi tek başına yetersiz hale gelmiştir. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak insanlar birden fazla doğal malzemeyi birleştirerek yeni özelliklere sahip malzemeler geliştirmişlerdir. İnşaat sektörü, tarihin ilk dönemlerinden bu yana kentleşmenin ve sanayileşmenin gelişmesi nedeniyle malzeme çeşitliliğinin en fazla görüldüğü sektördür. Bu alanda üretilecek yeni malzemenin fiziko-mekanik ve estetik özelliklerinin, kombinasyondaki bileşenlere göre daha işlevsel, kullanışlı ve üstün niteliklere sahip olması arzu edilmektedir. Kompozit malzemeler, bileşenlerin en iyi özelliklerinin bir araya getirilmesi nedeniyle diğer yapı malzemelerine göre avantajlıdır. Mukavemet, aşınma direnci, korozyon direnci, yüksek sıcaklık özellikleri, ısı iletkenlik, sertlik, ağırlık, estetik vb. özelliklerden bir veya birkaçı kompozit malzeme üretimi ile geliştirilebilir (Pişkin, 2010). Suni mermer veya bir diğer adıyla mermerit; polyester, mermer tozu, sertleştirici, kobalt oktoat ve çeşitli kayaç

agregalarının birleştirilmesiyle elde edilen kompozit bir malzemedir. Suni mermer bugün evlerimizde ve çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Suni mermerlerin evlerde kullanıma örnek olarak mutfak tezgahları, lavabo tezgahları, iç dizayn, dış dizayn vs. verilebilir. Suni mermer çeşitli renk ve desenlerde üretildiği gibi içerisinde polyester olduğu için kolay bir şekilde kırılmazlar. Suni mermerlerin esneklik payı yüksek olmakla beraber kolay kolay dış etkenlerden etkilenmezler ve yüksek sıcaklıklara karşı da dayanıklıdırlar. Suni mermerler doğal mermerlere kıyasla avantajlıdırlar. Örneğin; suni mermerler tek parça halinde montajı yapılabilmekle beraber cilalama ihtiyacı duymazlar. Üretimi yönünden bakıldığında çok hızlı ve kolaydır.

Son yıllarda jelkot uygulamasıyla jeomateryallerden polyester bazlı suni yapı taşı eldesine ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar (Rızaoğlu ve Arıcan, 2015; Arıcan ve Rızaoğlu, 2017; Rızaoğlu ve Çoşkun, 2017) yanı sıra farklı ilave malzemelerin farklı metodlar uygulanarak kompozit haline getirilmesine yönelik çalışmalar da yaygın bir şekilde görülmektedir (Silva ve ark., 2023; Gomes ve ark., 2018, 2021; Shishegaran ve ark., 2021; Lee ve ark., 2008)

Bu çalışmada Malatya-Doğanşehir ilçesi ve dolaylarında yüzeyleyen tektonomagmatik (altere granit, granodiyorit), metamorfik (kuvars plajiyoklas amfibol şist, altere kuvars plajiyoklas amfibol şist, muskovit kuvars şist, mermer) ve sedimanter kayaçlar (silttaşı, breş) çimento ve polyester bazlı suni mermer üretiminde kullanılmış, mevcut suni mermerlere kıyasla daha dayanıklı, farklı renk ve yapılarda yeni malzemelerin üretimi ve nihai ürünlerin teknik ve estetik özellikleri ortaya konulmuştur.

## **2. MATERYAL VE METOD**

### **Materyal**

Çalışmada, jelkotlu polyester ve çimento bağlayıcılı üretilen malzemelerde, Doğanşehir bölgesi ve dolaylarında yüzeyleyen tektonomagmatik birimlerden; granodiyorit, altere granit, metamorfik birimlerden; kuvars plajiyoklas amfibol şist, altere kuvars plajiyoklas amfibol şist, muskovit kuvars şist, mermer, sedimanter birimlerden; silttaşı ve breş kullanılmıştır.

Çimento bağlayıcılı malzemelerin üretiminde portland çimento (CEM I 42.5 N) kullanılmış olup kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Portland çimento (CEM I 42.5 N)'nun kimyasal bileşenleri (ÇİMSA, 2019)

Table 1. Chemical components of Portland cement (CEM I 42.5 N) (ÇİMSA, 2019)

Kimyasal Bileşim	CEM I 42.5 N (%) Portland Çimento	Kimyasal Bileşim	CEM I 42.5 N (%) Portland Çimento
CaO	62,0	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,7
SiO <sub>2</sub>	19,4	Na <sub>2</sub> O	0,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,2	Cl <sup>-</sup>	0,008
SO <sub>4</sub>	3,1	Kızdırma Kaybı	3,2
MgO	2,5	Çözünmeyen Kalıntı	0,2
K <sub>2</sub> O	0,92		

Polyester bağlayıcılı malzemelerin üretiminde döküm tipi C80 polyester kullanılmıştır. Kullanılan polyesterin kimyasal ve sıvı faz özellikleri Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan polyesterin kimyasal özellikleri (Anonim, 2008)

Table 2. Chemical properties of polyester used in the study (Anonymous, 2008)

Asit	Glikol	Modifikasyon	Hızlandırıcı	Reaktivite
Ortoftalik	Standart Glikol	Yok	İçermiyor	Orta

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan polyesterin sıvı fazdaki özellikleri (Anonim, 2008)

Table 3. Liquid phase properties of the polyester used in the study (Anonymous, 2008)

Test	Metod	Değer
Renk	-	Şeffaf-Berrak
Yoğunluk	ISO 1675 ±%0.5	1,09-1,10 gr/cm <sup>3</sup>
Kırılma İndeksi	ISO 0489 ±%0.5	1,539
Asit Değeri	ISO 2114 ±%20	<24 mg KOH/gr
Viskozite <sup>1</sup> Brookfield	ISO 2555 ±%30	350-500 cp
Tiksotropi	- -	Yok
Jel Süresi	ISO 2535 ±%40	4'00-8'00
Monomer Oranı	ISO3251 ±%12	31 % -36%
Pik Derecesi	ISO2535 -	150 <sup>0</sup> -170 <sup>0</sup>
Raf Ömrü	- -	4 Ay

Jelkotun kompozit malzeme üretiminde avantajı çoktur. Malzemeye iyi bir fiziksel ve mekanik dayanım vermesinin yanında malzemeyi dış etkenlere karşı korur, malzemeye parlaklık verir ve böylelikle malzeme estetik açıdan iyi bir görünüm kazanır. Çalışmada püskürtme tipi jelkot kullanılmıştır. Sertleştirici ise polyester, jelkot vs gibi malzemelerin içerisinde organik kimyasallar ile tepkimeye girerek, malzemenin hızlı bir şekilde sertleşmesini sağlar. Ayrıca, polyester reçine içerisinde stiren gibi maddenin kürlenmesi için çapraz bağ ile sonuçlanacak kimyasal reaksiyonu başlatır. Bu çapraz bağlar oluştuğunda, reçine jel halini alır ve son olarak reçine katı bir hal alır ve sertleşir (Sınıksıran, 2012). Çalışmada kullanılan sertleştirici organik bir peroksittir ve metil etil keton peroksit karışımıdır. Hızlandırıcı, bir diğer ifade ile kobalt oktoat, doymamış polyesterin reaksiyona girmesini ve sertleşmesini sağlamaktadır (Özdemir, 2006). Kobalt ayrıca yüzeyde kurutucu olarak etki yapar ve en ince tabaka üretiminde dahi yapışkan olmayan bir yüzey elde edilmesini sağlar (Yılmaz, 2006). Çalışmada hızlandırıcı olarak kobalt oktoat kullanılmıştır. Kompozit malzemelerin kalıptan çıkarılmasını sağlamak için vaks ve bağlayıcı olarak 200 mikronluk kalsit tozu kullanılmıştır

## **Metod**

Çalışma kapsamında kullanılan jeomateryaller, Malatya İli Doğanşehir İlçesi dolaylarından derlenmiş (Şekil 1) ve ince kesitleri hazırlanarak polarizan mikroskop altında minerolojik ve petrografik özellikleri incelenip sınıflandırılmıştır.

Çimento bağlayıcılı malzemelerde, her bir gruptan 15 adet olmak üzere toplam 120 adet döküm, polyester/jelkot bağlayıcılı dökümlerde ise her bir gruptan 16 adet olmak üzere toplam 384 döküm yapılmıştır. Numuneler 28 gün kuruması için bekletilmiş ve daha sonra fiziksel ve mekanik testler yapılmıştır.

Çimento bağlayıcılı malzemeler çimento, su ve 1,850-4,750 mm aralıkta bulunan agregaların Çizelge 4’de verilen oranlarda karıştırılıp kalıba dökülmesiyle üretilmiş ve üretilen malzemeler 28 gün kurutulduktan sonra fiziko-mekanik testlere tabi tutulmuştur.



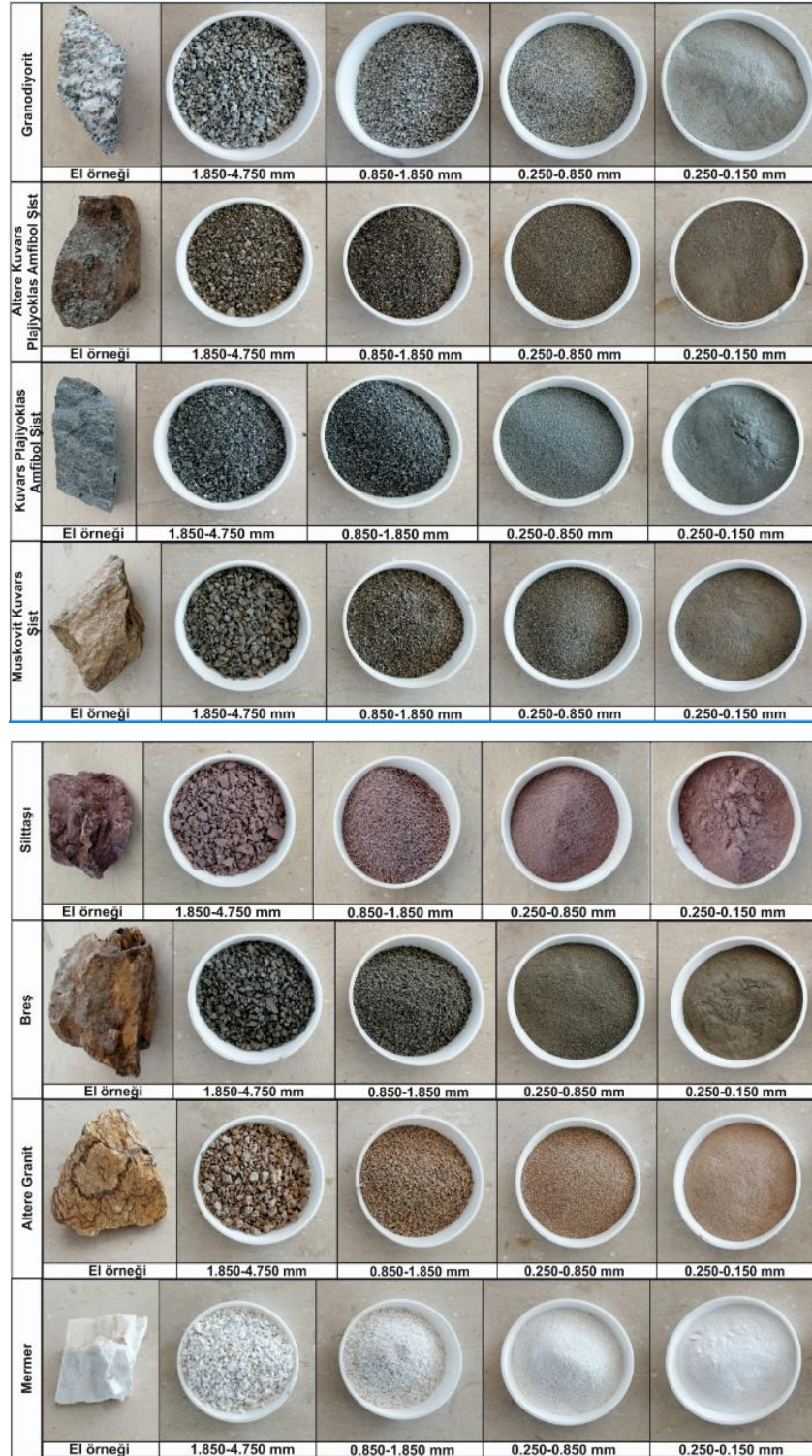
Şekil 1. Örnek lokasyonlarının uydu görüntüsü (www.googleearth.com)

Figure 1. Satellite image of sample locations (www.googleearth.com)

Bu jeolojik hammaddeler çeneli kırıcıda kırılmış ve kırılan bu malzemeler 0,150-0,250, 0,250-0,850, 0,850-1,850 ve 1,850-4,750 mm aralıklarda elenmiştir (Şekil 2).

Polyester bağlayıcılı malzemelerin üretimi Gaziantep'te ASMER suni mermer atölyesinde gerçekleştirilmiş olup polyester, mermer tozu, agrega, sertleştirici (Metil Etil Keton Peroksit; MEKP) ve hızlandırıcı (kobalt oktoat) kullanılmıştır. Bu malzemelerin üretiminde 0.150-0.250 mm, 0.250-0.850 mm ve 0.850-1.850 mm aralık boyutlarındaki agregalar Çizelge 5'de verilen oranlarla kullanılmıştır.

Üretimde ilk olarak parlak MDF kalıplar belirli ebatlarda kesilmiş ve daha sonra bu kalıplara vaks sürülerek silikon ile sallantılı (vibratörlü) masa üzerine yapıştırılmıştır. Daha sonra Çizelge 5'de verilen oranlar doğrultusunda karıştırma kazanına polyester, agrega, sertleştirici, mermer tozu ve hızlandırıcı (kobalt) eklenerek 300sn karıştırma işlemi yapılmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan agregalar

Figure 2. Aggregates used in the study

Çizelge 4. Çimento katkı malzemelerin üretiminde kullanılan oranlar

*Table 4. Ratios used in the production of cementitious materials*

Çimento Oranı (%)	Su Oranı (%)	Agrega Oranı (%)
22,22	11,11	66,67

Çizelge 5. Polyester bağlayıcı malzemelerin üretiminde kullanılan oranlar

*Table 5. Ratios used in the production of polyester binder materials*

Agrega	Polyester	Agrega	Mermer	Hızlandırıcı	Sertleştirici
0.150-0.250	20.39	64.05	15.29	0.10	0.17
0.250-0.850	20.39	64.05	15.29	0.10	0.17
0.850-1.850	20.39	64.05	15.29	0.10	0.17

Karıştırma işleminin ardından üretilen malzeme kalıplara dökülmüş ve malzeme içerisinde boşluk olmaması için sallantılı masa 1dk aktif hale getirilmiştir. Yaklaşık 30dk sonra malzemeler kalıplardan çıkarılmıştır. Nihai ürünlere estetik bir görünüm kazandırmak için üretim aşamasında polyester bağlayıcı malzemelerin üretiminden farklı olarak kalıplara ilk olarak jelkot sıkılmış ve 10-15dk jelkotun donmasının ardından üretilen malzemeler kalıplara dökülerek malzemeler üretilmiştir.

Birim hacim ağırlık deneyinde 0,01 gr hassasiyetli terazi, 0,01 mm hassasiyetli kompas, etüv ve su kabı kullanılmıştır. Bu deney için TS 1936 standartlarında yer alan hususlar göz önünde bulundurulmuş olup, deneyde 4×4×4 cm boyutlarında numuneler kullanılmıştır.

Su emme deneyinde, su kabı, 0,01 gr hassasiyetli terazi kullanılmıştır. Bu deney için TS 13755 standartlarında yer alan hususlar göz önünde bulundurulmuş olup, deneyde 4×4×4 cm boyutlarında numuneler kullanılmıştır.

Isıl iletkenlik katsayısı tayininde QTM-500 model KEM marka ölçüm cihazı kullanılmış ve bu deney için ASTM-C 1113-90 standartlarında yer alan hususlar göz önünde bulundurulmuş olup, deneyde 2×5×10 cm boyutlarında numuneler kullanılmıştır.

Ultras ses hızı tayininde malzemelerin P dalgası geçiş hızı hesaplanmış ve deneyin yapılmasında ASTM (1994) ve ISRM (2007) standartlarında yer alan hususlar göz önünde bulundurulmuş olup, deneyde 4×4×16 cm boyutlarında numuneler kullanılmıştır.



Eğilme dayanımı deneyinde Zwick-2010 Universal Test cihazı kullanılmış olup, bu alet 20 kN kapasitelidir. Test aşaması esnasında mesnet açıklığı numune yüksekliğinin 2-2,5 katı olacak şekilde 8 cm'ye ayarlanmıştır. Bu deney için TS EN 196-1 standartlarındaki hususlar göz önünde bulundurulmuş olup, deneyde 4×4×16 cm boyutlarında numuneler kullanılmıştır.

Basma dayanımı deneyinde ELE International Test aleti kullanılmış olup, yükleme hızı 2400 N seçilmiştir. Deneyde kullanılan numuneler, eğilme dayanımı sonucunda meydana gelen 2 parçanın en az 4×4×4 cm ebatlarındaki numuneleridir. Deneyde TS EN 196-1 standartlarında yer alan hususlar göz önünde bulundurulmuştur.

Schmidt geri sıçrama deneyi, prizmatik şekle sahip olan malzemelerden elde edilen geri sıçrama değerleri ile dolaylı yollardan basma dayanımı değerleri hesaplanmıştır. Deneyin yapılmasında ISRM(2007) standardında yer alan hususlar göz önünde bulundurulmuş ve basma dayanımı değerleri de Deere ve Miller, 1996'nın belirlediği abağa göre hesaplanmıştır. Deneyde 7,1×7,1×7,1 cm boyutlarındaki numuneler kullanılmıştır.

Böhme aşınma kaybı deneyinin yapılmasında TS 699 standardına göre 7,1×7,1×7,1 cm boyutlarındaki numuneler kullanılmıştır. Donma çözülme deneyinin yapılmasında ASTM C 666/C 666M(2003) standardına göre 4×4×4 cm boyutlarındaki numuneler kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araziden derlenen numuneler üzerinde yapılan petrografik analizler neticesinde Çizelge 6'daki kayaç adlandırmaları yapılmıştır.

Çizelge 6. Suni yapıtaşı üretiminde kullanılan jeomateryaller

*Table 6. Geomaterials used in artificial stone production*

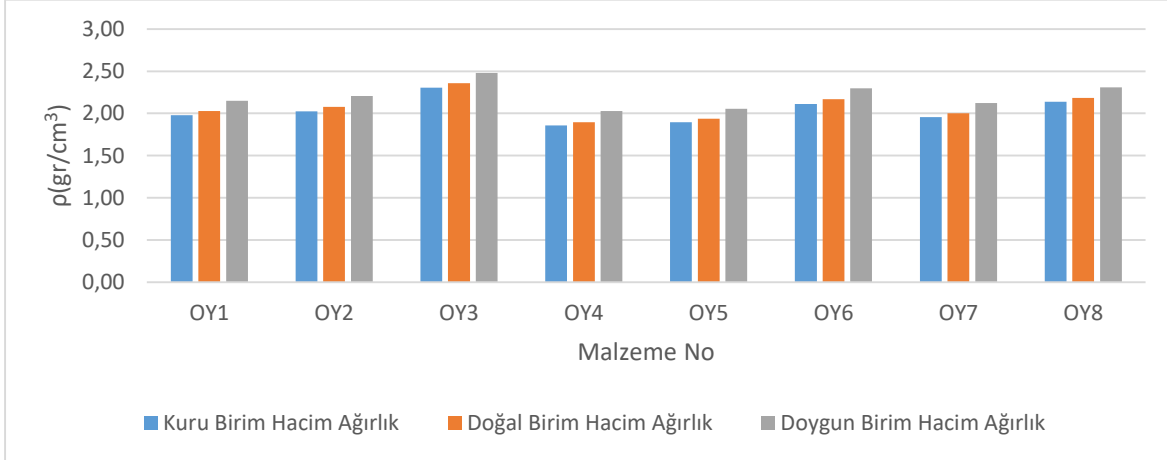
<b>Kayaç Adı</b>	<b>Malzeme No</b>
Granodiyorit	OY1
Altere kuvars plajiyoklas amfibol şist	OY2
Kuvars plajiyoklas amfibol şist	OY3
Muskovit kuvars şist (mikaşist)	OY4
Silttaşı	OY5
Breş	OY6
Altere granit	OY7
Mermer	OY8

### Birim Hacim Ağırlık

Düzgün bir şekle sahip olan prizmatik örneklerin kütsel yoğunluğunun ve birim hacim ağırlığının belirlenmesi olup birim hacim ağırlık üretilen malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen önemli bir faktördür. Birim hacim ağırlığı hemen hemen tüm yapı malzemelerinde gerek nakliyyede gerekse de kullanılacağı yerde oluşturacağı yük bakımından önemli bir parametredir.

Çimento bağlayıcılı malzemelerde birim hacim ağırlık değerleri en yüksek olan malzeme OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist) olup, kuru, doğal, doygun birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla  $2.30 \text{ gr/cm}^3$ - $2.36 \text{ gr/cm}^3$ - $2.48 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Birim hacim ağırlık değerleri en düşük olan malzeme OY4 (muskovit-kuvars şist) olup, kuru, doğal, doygun birim hacim ağırlıkları sırasıyla  $1.86 \text{ gr/cm}^3$ - $1.90 \text{ gr/cm}^3$ - $2.03 \text{ gr/cm}^3$ 'tür (Şekil 3).

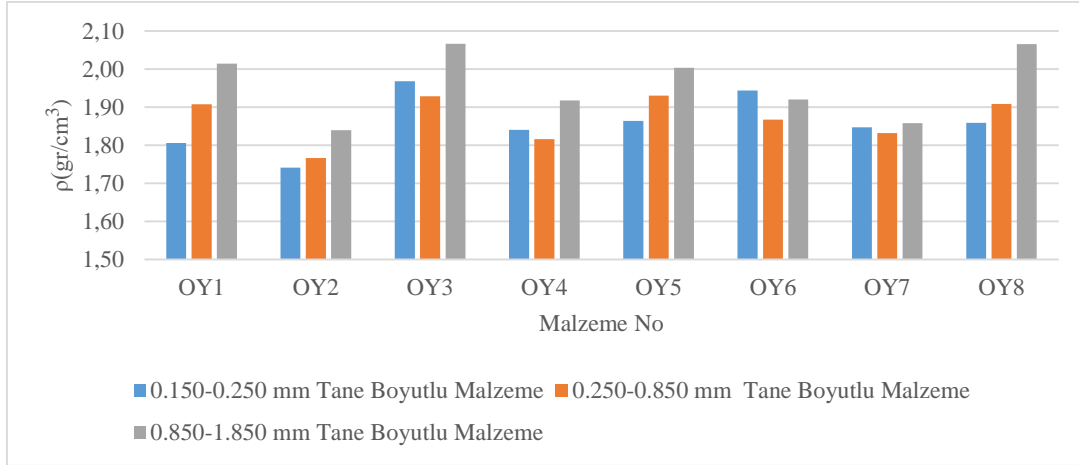
Polyester bağlayıcılı suni yapıtaşlarında tüm tane boyutlarında birim hacim ağırlığı en yüksek malzeme OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist) en düşük malzeme ise OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist) olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3. Çimento bağlayıcılı malzemelerin kuru, doğal ve doygun birim hacim ağırlıkları

*Figure 3. Dry, natural and saturated unit volume weights of cement-bonded materials*

Kuru birim hacim ağırlığı değerleri 0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde  $1.74 \text{ gr/cm}^3$  ile  $1.97 \text{ gr/cm}^3$  arasında 0.250-0.850 mm tane boyutlu malzemelerde  $1.77 \text{ gr/cm}^3$  ile  $1.93 \text{ gr/cm}^3$  arasında, 0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde ise  $1.84 \text{ gr/cm}^3$  ile  $2.07 \text{ gr/cm}^3$  arasında değişmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Polyester bağlayıcılı malzemelerin kuru birim hacim ağırlıkları

*Figure 4. Dry unit volume weights of polyester binder materials*

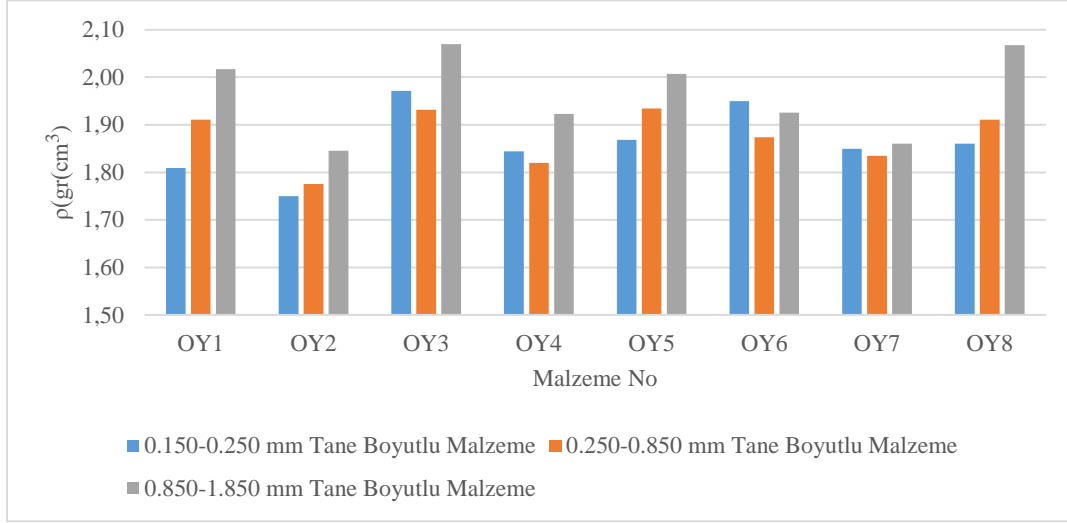
Doğal birim hacim ağırlığı değerleri 0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde 1.75 gr/cm<sup>3</sup> ile 1.97 gr/cm<sup>3</sup> arasında, 0.250-0.850 mm tane boyutlu malzemelerde 1.78 gr/cm<sup>3</sup> ile 1.93 gr/cm<sup>3</sup> arasında, 0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde ise 1.85 gr/cm<sup>3</sup> ile 2.07 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir (Şekil 5).

Doygun birim hacim ağırlığı değerleri 0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde 1.75 gr/cm<sup>3</sup> ile 1.97 gr/cm<sup>3</sup> arasında, 0.250-0.850 mm tane boyutlu malzemelerde 1.78 gr/cm<sup>3</sup> ile 1.93 gr/cm<sup>3</sup> arasında, 0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde ise 1.85 gr/cm<sup>3</sup> ile 2.07 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir (Şekil 6).

Ayrıca birim hacim ağırlık değerleri tane aralıklarına göre kıyaslandığında, en yüksek değerlerin 0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde, en düşük değerlerin ise 0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde elde edildiği görülmektedir.

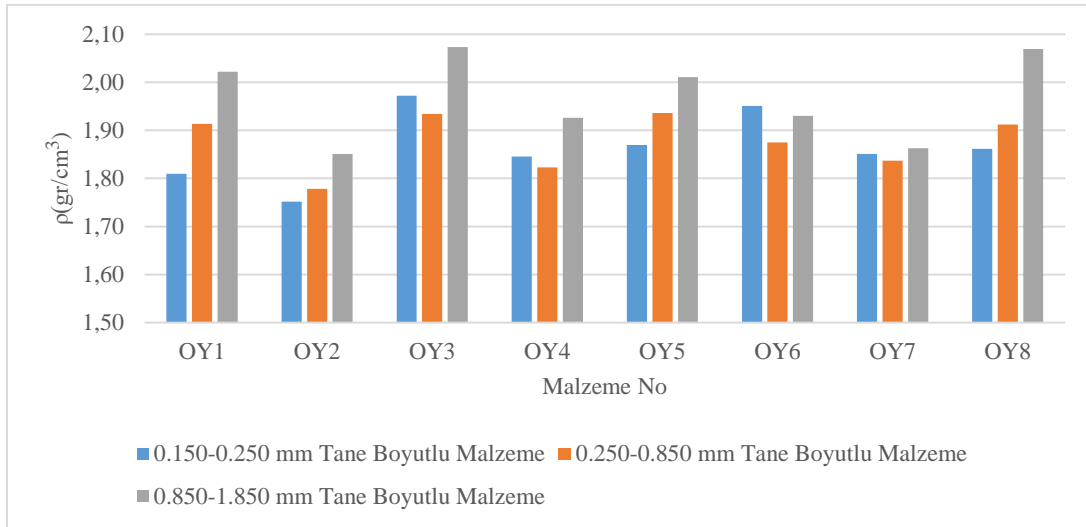
Güncel çalışmalarda doğal granitin yoğunluk aralığı 2.65 gr/cm<sup>3</sup>-2.75gr/cm<sup>3</sup> olarak belirtilmektedir (Barani ve Esmaili., 2026; Gomes ve ark., 2021). Bu çalışmada elde edilen değerler de çimento bağlayıcı malzemelerde 1.86 gr/cm<sup>3</sup> ile 2.48 gr/cm<sup>3</sup> arasında polyester bazlı malzemelerde ise 1.74 gr/cm<sup>3</sup> ile 2.07 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişen değerler almıştır. Bu durum da çalışma kapsamında üretilen suni yapıtaşlarının yoğunluk değerlerinin benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlara yakın olduğunu göstermektedir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçların doğal materyallere göre nispeten düşük olması agrega kaynaklarının minerolojik bileşiminin ve alterasyonun yanı sıra polyesterin bir özelliği olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmaya benzer

metodlarla üretilen suni yapıtaşlarında da yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir (Barani ve Esmaili., 2026; Gomes ve ark., 2021; Silva ve ark., 2023).



Şekil 5. Polyester bağlayıcılı malzemelerin doğal birim hacim ağırlıkları

*Figure 5. Natural unit volume weights of polyester binder materials*

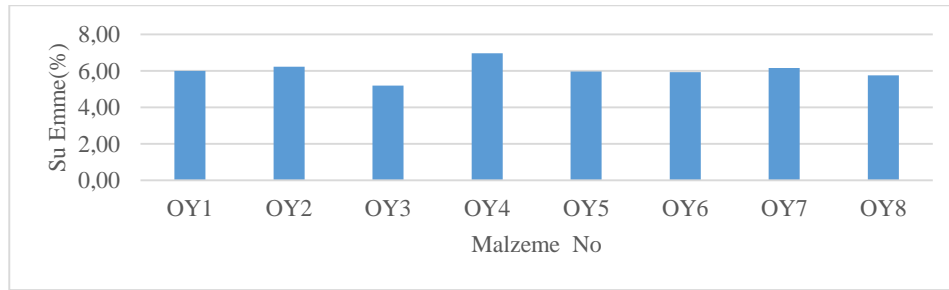


Şekil 6. Polyester bağlayıcılı malzemelerin doymun birim hacim ağırlıkları

*Figure 6. Saturated unit volume weights of polyester binder materials*

### Su Emme Oranı

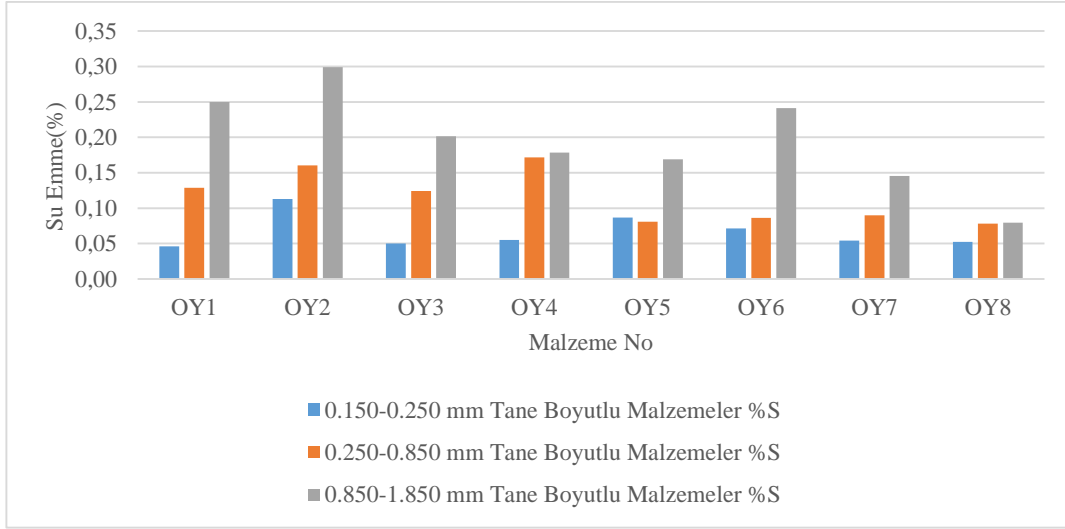
Yapı malzemelerinde su emme oranı malzemenin kullanılacağı alanı belirlemede önem arz etmektedir. Su emme değerleri agregaların bünyelerinde bulunan boşluklar ile alakalı olup, boşluklu yapılar kayaçların birim hacim ağırlığını azaltmakta ve dolayısıyla su emme değerini artırmaktadır. Bu deney üretilen malzemelerin su emme oranlarının belirlenerek potansiyel kullanım alanları konusunda fikir edinmek ve farklı tane boylarında bu parametrenin değişimini gözlemlemek amacıyla yapılmıştır. Çimento bağlayıcılı malzemelerde su emme değeri en yüksek olan malzeme OY4 (muskovit kuvars şist) olup bu değer %6.96'dır. En düşük değer ise OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'te ölçülmüş olup, %5.20'dir (Şekil 7). TS 213-1 EN 13748-1 standardında yer alan madde 5.6.2'de çimento bazlı malzemelerin su emme oranlarının %8'den fazla olmaması gerektiği belirtilmiştir.



Şekil 7. Çimento bağlayıcılı malzemelerin su emme değerleri

Figure 7. Water absorption values of cement binder materials

Polyester bağlayıcılı suni yapıtaşlarında -0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde su emme değeri en yüksek %0.11 ile OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de, en düşük ise % 0.05 ile OY1 (granodiyorit), OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist), OY7 (altere granit) ve OY8 (mermer)'de -0.250-0.850 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek değer % 0.17 ile OY4 (muskovit kuvars şist)'te en düşük değer ise % 0.08 ile OY5 (silttaşı) ve OY8 (mermer)'de; -0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek değer % 0.30 ile OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de, en düşük ise % 0.08 ile OY8 (mermer)'de gözlenmiştir. Genel olarak kaba taneli agregalı suni yapıtaşlarının ince taneli agregalılara göre daha yüksek su emme değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir (Şekil 8).



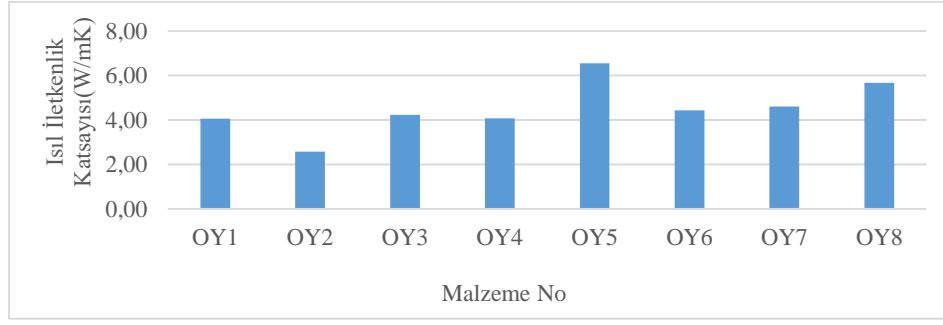
Şekil 8. Polyester bağlayıcı malzemelerin su emme değerleri

Figure 8. Water absorption values of polyester binder materials

Polyesterin birim hacim ağırlığı kayaç agregasının birim hacim ağırlığından düşük olduğu için, kayaç agregası daha fazla polyester emmiştir ve malzemenin birim hacim ağırlığını düşürmüştür. Su emme değerleri gerek çimento bağlayıcı malzemelerde gerekse de polyester bağlayıcı malzemelerde standartta istenen değerin (maksimum %8) altında kalmış olup polyester bazlı malzemelerde hem polyesterin taneler arası boşluğu doldurma özelliği hem de jelkot kaplamasından dolayı oldukça düşük değerlerde gözlenmiştir. Polyester bazlı malzemelerde elde edilen sonuçlar benzer çalışmalarla da uyumluluk göstermektedir (Çelik ve Emrullahoğlu., 1999; Barani ve Esmaili., 2026; Gomes ve ark., 2021; Silva ve ark., 2023).

### Isıl İletkenlik Katsayısı

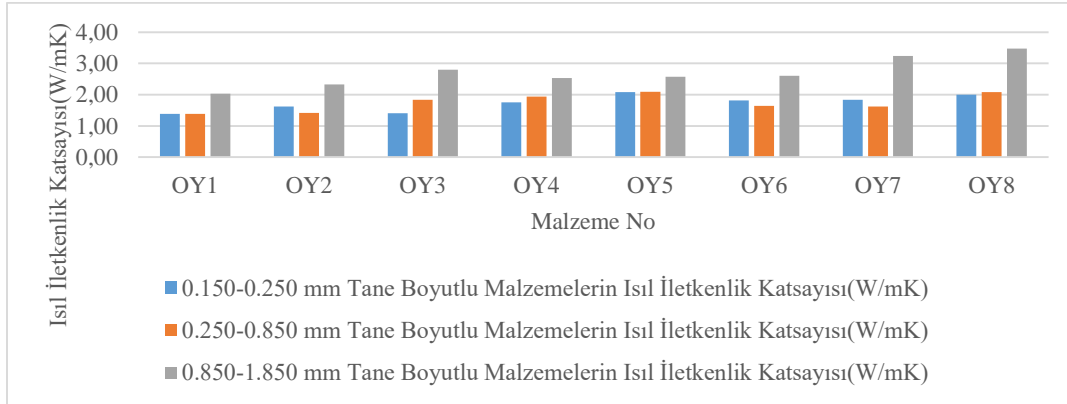
Üretilen düzgün boyuttaki malzemelerin ısı iletiminin tespiti amacıyla yapılmış olup bu parametre de malzemenin kullanılacağı yer ve iklim koşullarını belirlemede önemli rol oynamaktadır. Çimento bağlayıcı malzemelerde en yüksek ısı iletkenlik katsayısı 6.55 W/mK ile OY5 (silttaş) 'te gözlenmiş olup, En düşük değer OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist) 'de 2.58 W/mK olarak belirlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Çimento bağlayıcılı malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı değerleri

Figure 9. Thermal conductivity coefficient values of cement-bonded materials

Polyester bağlayıcılı suni yapıtaşlarında -0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri 2.08 W/mK ile OY5 (silttaşı)'de en düşük ise 1.39 W/mK ile OY1 (granodiyorit)'de -0.250-0.850 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek OY5 (silttaşı)'de 2.09 W/mK en düşük ise OY1 (granodiyorit)'de 1.38 W/mK -0.850-1.850 mm agrega tane boyutlu malzemelerde en yüksek OY8 (mermer)'de 3.47 W/mK en düşük ise OY1 (granodiyorit)'de 2.03 W/mK olarak ölçülmüştür. Genel olarak ısı iletkenlik katsayısı da tane boyutu ile doğru orantılı olarak artmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Polyester bağlayıcılı malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı değerleri

Figure 10. Thermal conductivity coefficient values of polyester binder materials

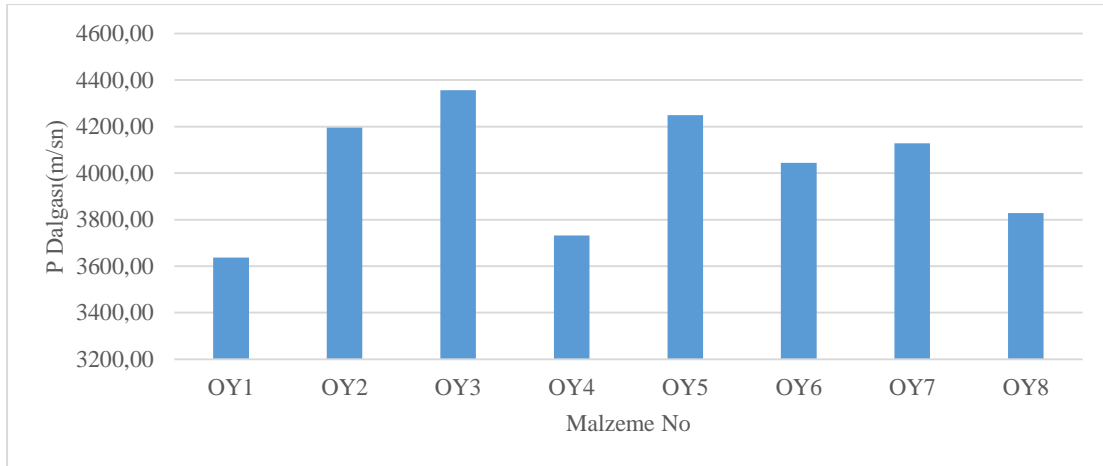
Isıl iletkenlik testi için QTM-500 model KEM marka ölçüm cihazı kullanılmış ve bu deney için ASTM-C 1113-90 standartlarında yer alan hususlar dikkate alınmıştır. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar korelasyon yapmaya uygun olup kantitatif bir değerlendirmeden ziyade malzemelerin

birbirleri ile kıyaslanmasında kullanılması uygundur. Silttaşının en yüksek değeri vermesi ve agrega tane boyu ile ısı iletkenlik katsayısının pozitif bir korelasyona sahip olması birbirini desteklemektedir.

### Ultrases Hızı Tayini

Prizmatik numuneler içerisindeki P sıkışma dalga hızlarını ölçmek amacıyla yapılmış olup bu parametre aynı zamanda malzemenin boşluklu bir yapı içerip içermediği konusunda da fikir vermekte ve dolayısıyla da dayanım özelliklerini de yansıtmaktadır.

Çimento bağlayıcılı malzemelerde en yüksek P dalgası geçiş hızı değeri 4356.37 m/sn olarak OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'te gözlenmiş olup en düşük değer OY1 (granodiyorit)'de 3636.60 m/sn olarak ölçülmüştür (Şekil 11). Bu durum da sıkı paketlenmenin ultrasonik ses hızı geçişini etkilediğini göstermektedir. Ayrıca granodiyorit şiste göre parçalanma direnci düşük olmasından dolayı ses geçiş hızının daha düşük olduğu düşünülmektedir. Yeşilkaya ve ark., 2010 volkanik tüf katkılı suni yapıtaşlarında tüf oranı arttıkça ultra ses hızında artış gözlemlenmişler ve bu durumu boşlukların volkanik tüf tarafından doldurulmasının bir sonucu olarak belirtmişlerdir.



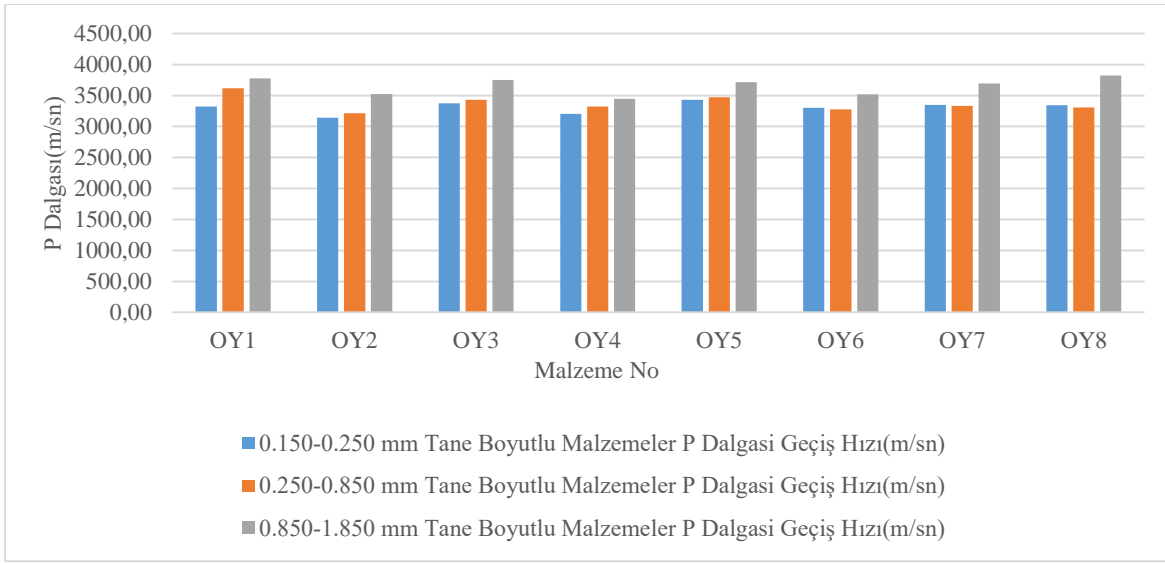
Şekil 11. Çimento bağlayıcılı malzemelerin P dalgası geçiş hızı değerleri

Figure 11. P-wave transmission velocity values of cement-bonded materials

Polyester bağlayıcılı suni yapıtaşlarında -0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek P dalgası geçiş hızı değeri OY5 (silttaşı)'de 3428.60 m/sn en düşük ise OY2 (altere kuvars



plajiyoklas amfibol şist)'de 3139.44 m/sn -0.250-0.850 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek OY1 (granodiyorit)'de 3614.57 m/sn en düşük OY2(altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 3211.48 m/sn, -0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek OY8 (mermer)'de 3821.89 m/sn en düşük ise OY4 (muskovit kuvars şist)'de 3443.35 m/sn olarak belirlenmiştir. Genel olarak en yüksek P dalgası geçiş hızı değerlerinin ince taneliden kaba taneli malzemelere doğru artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 12).

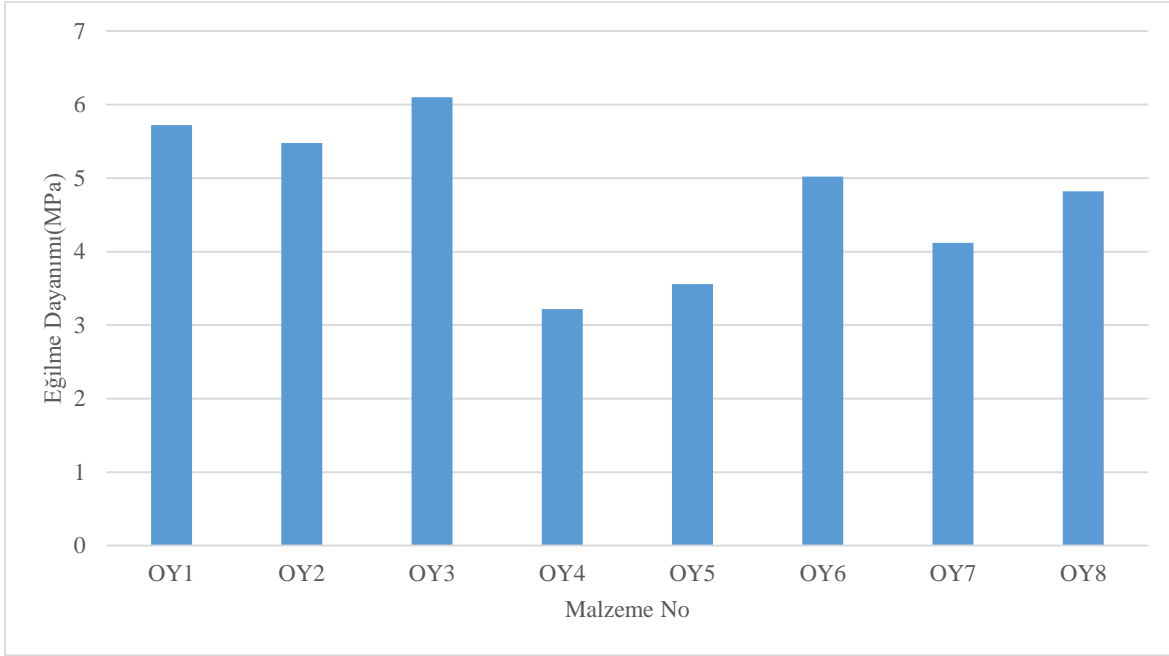


Şekil 12. Polyester bağlayıcılı malzemelerin P dalgası geçiş hızı değerleri

Figure 12. P-wave transition velocity values of polyester binder materials

### Eğilme Dayanımı

Yapı malzemelerinde mukavemet malzemedeki bilinmesi gereken en önemli parametredir. Malzemenin kullanılacağı yerden ebatlandırılmasına kadar bir çok karar bu parametre dikkate alınarak verilmektedir. Üretilen malzemelerin mukavemeti hakkında bilgi edinmek ve malzemenin eğilmeye karşı direncini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Çimento bağlayıcılı malzemelerde en yüksek eğilme dayanımı değeri OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 6.10 MPa, en düşük ise OY4 (muskovit kuvars şist)'te 3.22 MPa olarak ölçülmüştür. OY4 (muskovit-kuvars şist), OY5 (silttaşı), OY7 (altere granit) ve OY8 (mermer) standartta belirtilen değerin altında kalmıştır (Şekil 13).



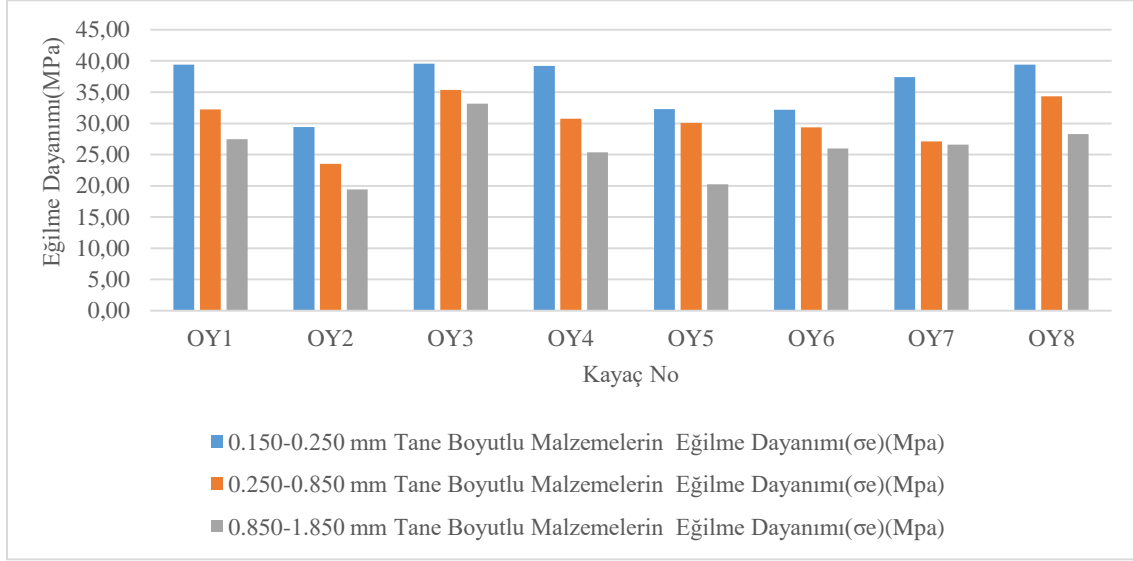
Şekil 13. Çimento bağlayıcılı malzemelerin eğilme dayanımı değerleri

*Figure 13. Flexural strength values of cement-bonded materials*

Polyester bağlayıcılı suni yapıtaşlarında -0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek eğilme dayanımı 39.57 MPa ile OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de gözlenirken, en düşük değer OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 29.43 MPa -0.250-0.850 mm tane boyulu malzemelerde en yüksek değer OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 35.37 Mpa, en düşük ise OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'te 23.50 MPa -0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek değer OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 33.17 MPa en düşük ise OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 19.40 MPa olarak belirlenmiştir. Tane aralıklarına göre ise kaba taneliden ince taneli agregalı malzemelere doğru eğilme dayanımında bir artış gözlenmiştir (Şekil 14).

Carvalho ve ark.2018 taş ocağı atıkları ve %15 epoksi reçine ile  $32 \pm 2$ MPa eğilme direnci, Agrizzi ve ark.,2022 kuvarsit atığı ve %13 epoksi reçine ile  $27,96 \pm 1,86$ MPa, Barreto ve ark.2022 cam atığı, kuvars ve %15 epoksi reçine ile  $33,54 \pm 4,05$ MPa ve Gomes ve ark.2018 tuğla atığı, kuvars tozu ve %20 epoksi reçine ile  $30 \pm 3$ MPa'lık eğilme dayanımlarını elde ettiklerini belirten Silva ve ark 2023 granit ve ayna atıkları ve epoksi bağlayıcıyla ürettikleri malzemenin 34.36 Mpa'lık eğilme direnciyle dayanıklı malzeme sınıfına girdiğini

belirtmişlerdir. Çalışmada üretilen polyester bazlı malzemelerde de benzer sonuçlar elde edilmiş olup eğilme dayanımı bakımından elde edilen ürünlerin dayanıklı olduğu görülmektedir.



Şekil 14. Polyester bağlayıcılı malzemelerin eğilme dayanımı değerleri

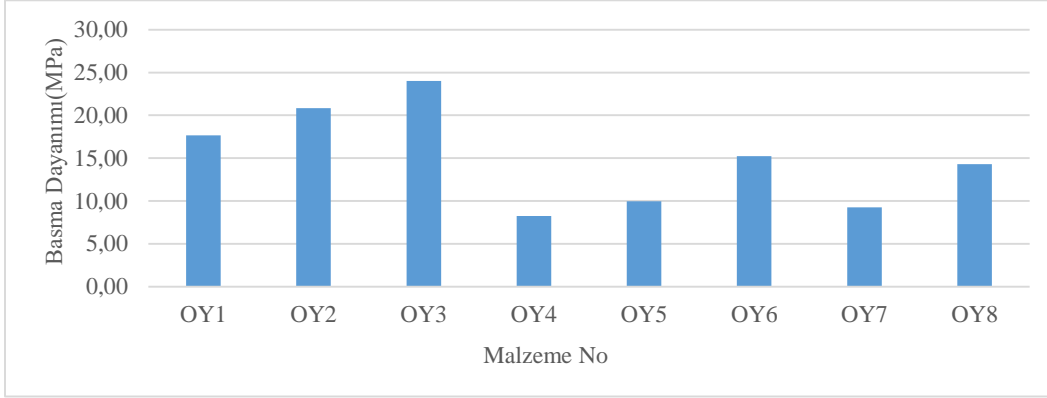
Figure 14. Flexural strength values of polyester binder materials

### Basma Dayanımı

Üretilen malzemelerin standartta belirtilen (2400 N/sn) yükleme altında basma mukavemeti gibi mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çimento bağlayıcılı malzemelerde en yüksek basma dayanımı değeri OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de gözlenmiş olup, 24.02 MPa olarak belirlenmiştir. En düşük değer ise OY4 (muskovit kuvars şist)'te 8.26 MPa olarak belirlenmiştir (Şekil 15).

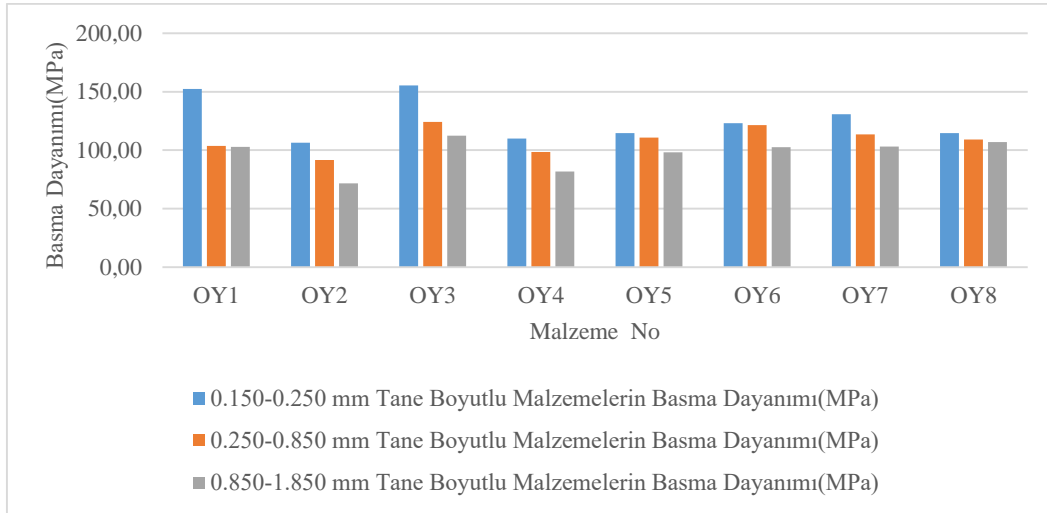
Polyester bağlayıcılı suni yapıtaşlarında -0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek basma dayanımı değeri OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 155.38 Mpa, en düşük ise OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 106.29 Mpa, -0.250-0.850 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek değer OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 124.15 Mpa, en düşük değer OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 91.59 Mpa, -0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde ise en yüksek değer OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 112.47 Mpa, en düşük değer ise OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 71.60 MPa olarak ölçülmüştür.

Tane aralıklarına göre ise kaba taneliden ince taneli agregalı malzemelere doğru basma dayanımında bir artış gözlenmiştir (Şekil 16).



Şekil 15. Çimento bağlayıcılı malzemelerin basma dayanımı değerleri

*Figure 15. Compressive strength values of cement-bonded materials*



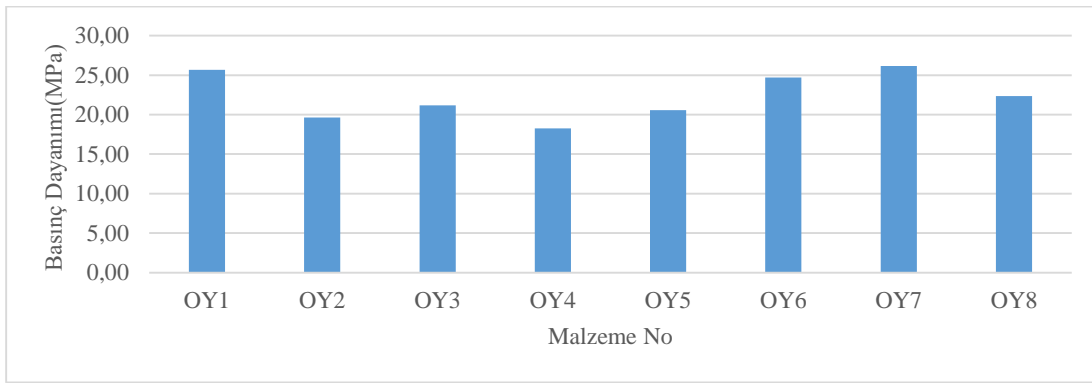
Şekil 16. Polyester bağlayıcılı malzemelerin basma dayanımı değerleri

*Figure 16. Compressive strength values of polyester binder materials*

Basma dayanımında da eğilme dayanımı ile paralel sonuçlar elde edilmiş olup üretilen malzemelerin dayanımı yüksektir.

### Schmidt Çekici Deneyi

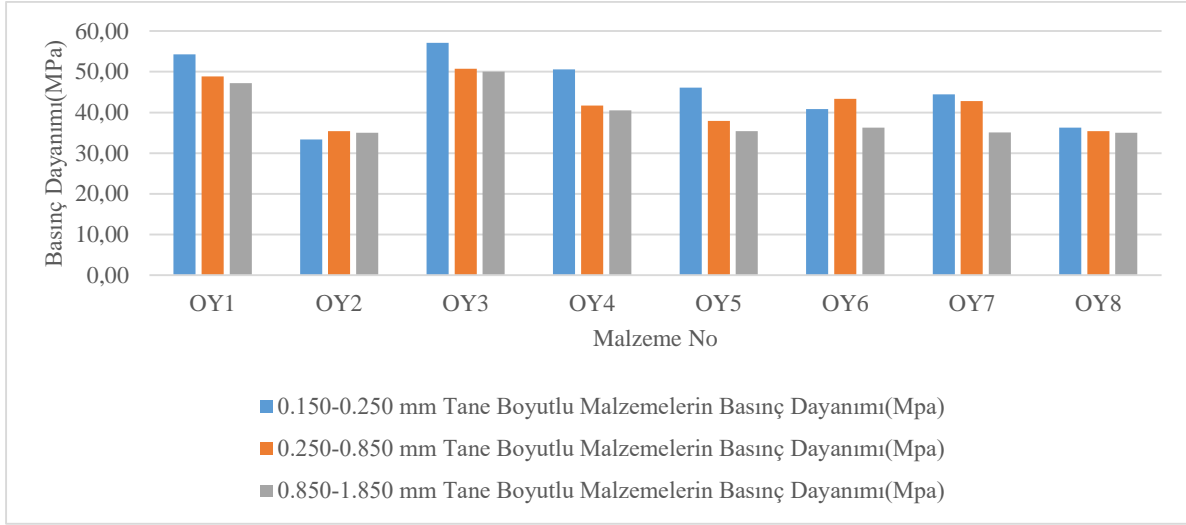
Üretilen prizmatik numuneler üzerinde Schmidt çekici geri sıçrama değerini ölçerek dolaylı olarak tek eksenli basınç dayanımı tayini amacıyla yapılmıştır. Çimento bağlayıcılı malzemelerde Schmidt geri sıçrama değerine göre hesaplanmış en yüksek basma dayanımı OY7 (altere granit)'de gözlenmiş olup 26.18 Mpa, en düşük ise OY4 (muskovit kuvars şist)'te 18.28 Mpa olarak belirlenmiştir (Şekil 17). Schmidt geri sıçrama deneyi ile noktasal geri sıçrama değerleri alındığından dolayı kuvars tanelerine gelen geri sıçrama değerleri yüksek değerler vermiş ve basma deneyine kıyasla OY7 (altere granit)'de en yüksek değer elde edilmiştir.



Şekil 17. Çimento bağlayıcılı malzemelerin Schmidt geri sıçrama değerine göre hesaplanmış basma dayanımı değerleri

*Figure 17. Compressive strength values of cement-bonded materials calculated according to Schmidt bounce back value*

Polyester bağlayıcılı suni yapıtaşlarında Schmidt çekici geri sıçrama değerine göre hesaplanmış basma dayanımı değerleri üç farklı tane boylu malzemede de en yüksek değeri OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de en düşük değeri ise OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de alırken bu değerler 0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde 33.33Mpa-57.14MPa-0.250-0.850 mm tane boyutlu malzemelerde 35.43Mpa-50.71MPa -0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde 35.00Mpa-50.00MPa aralıklarında değer almıştır (Şekil 18).



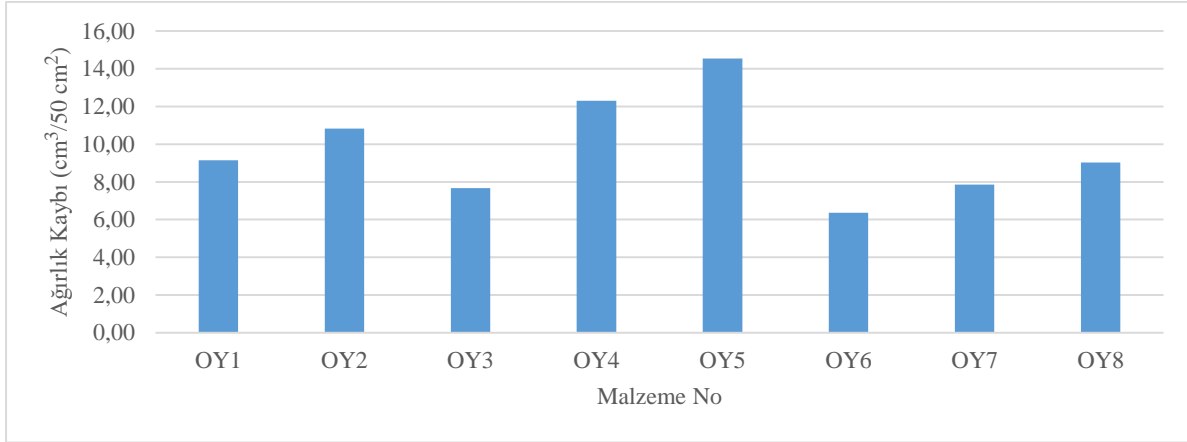
Şekil 18. Polyester bağlayıcılı malzemelerin Schmidt geri sıçrama değerine göre hesaplanmış basma dayanımı değerleri

*Figure 18. Compressive strength values of polyester binder materials calculated according to Schmidt bounce back value*

Polyester bazlı malzemeler üzerinde Schmidt çekici geri sıçrama değerlerinden yapılan hesaplamalarla elde edilen basma dayanımı değerleri de eğilme-basma dayanımı testlerinde elde edilen sonuçlarla uyumluluk göstermektedir.

### **Böhme Aşınma Kaybı Deneyi**

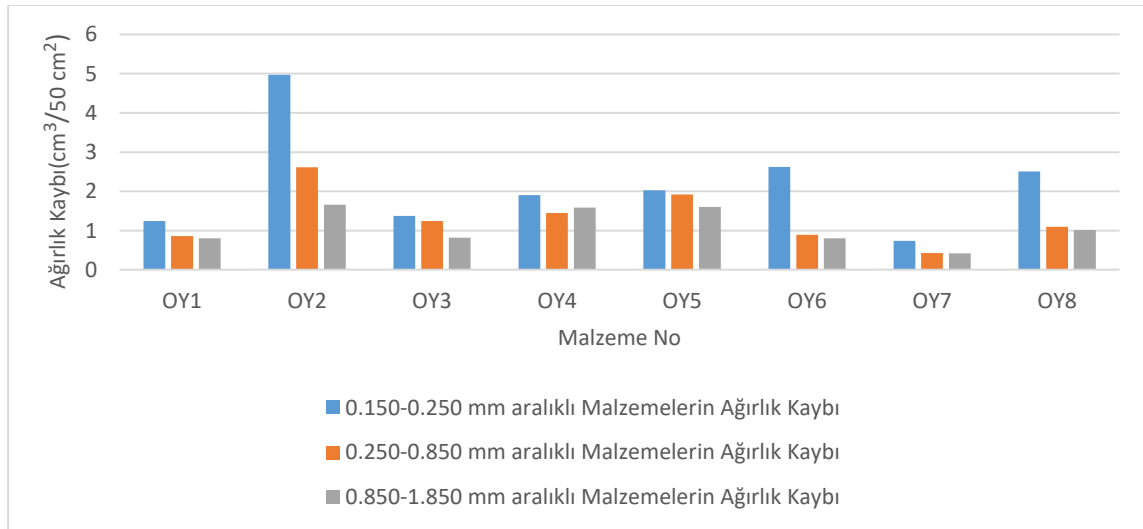
Üretilen prizmatik numunelerin yüzeylerine sürülen aşındırıcı malzeme ile kütlelerinde meydana gelen aşınma kaybının tayini amacıyla yapılmıştır. Bu deneyde malzemenin kullanılacağı alanı belirleme de önem arz etmektedir. Çimento bağlayıcılı malzemelerde en yüksek ağırlık kaybı değeri OY5 (silttaş) te  $14.54 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$  olarak en düşük ise OY6 (breş) da  $6.36 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$  olarak belirlenmiştir (Şekil 19). TS 213-2 EN 13748-2 standartında Böhme aşınma kaybı deneyinde hacimsel kaybın  $18 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ 'den fazla olmaması istenmektedir.



Şekil 19. Çimento bağlayıcılı malzemelerin Böhme aşınma kaybı değerleri

Figure 19. Böhme abrasion loss values of cement-bonded materials

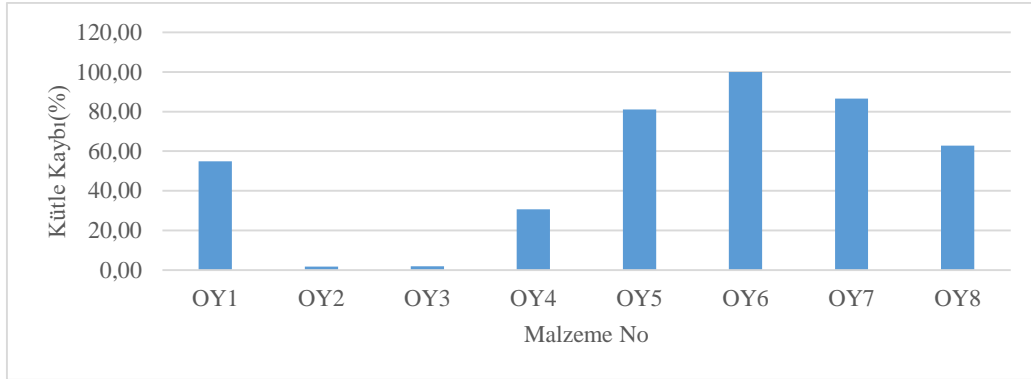
Polyester bağlayıcılı suni yapıtaşlarında Böhme aşınma kaybı değerleri üç farklı tane boyulu malzemede de en yüksek değeri OY2 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de en düşük değeri ise OY7 (altere granit)'de alırken bu değerler 0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde 0.74-4.97 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup> -0.250-0.850 mm tane boyutlu malzemelerde 0.43-2.61 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup> -0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde 0.42-1.66 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup> aralıklarında değer almıştır (Şekil 20). Bu durum da minerolojik kompozisyonun ve kayaç bileşimindeki minerallerin Mohs sertlik değerlerinin toplam aşınma direncine bir etkisi olarak ortaya çıkmaktadır. Tane boyutu azaldıkça aşınmaya maruz kalan yüzey alanının artmasından dolayı ağırlık kaybı değerlerinde artma gözlenmektedir (Şekil 20).



Şekil 20. Polyester bağlayıcılı malzemelerin Böhme aşınma kaybı değerleri  
*Figure 20. Böhme abrasion loss values of polyester binder materials*

### Donma Çözülme Direnci

Üretilen prizmatik numunelerin arka arkaya donma-çözünme etkisi altında gösterdiği davranışın tayini amacıyla yapılmıştır. Özellikle mevsimsel hava koşulları arasında önemli fark olan bölgelerde kullanılan malzemelerde donma ve çözülme etkisinin belirlenmesi önemlidir. Çimento bağlayıcılı malzemelerde donma çözülme sonrası kütle kaybı OY6 (breş)'da % 100 ile en yüksek, OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de ise % 1.75 ile en düşük olarak belirlenmiştir (Şekil 21).



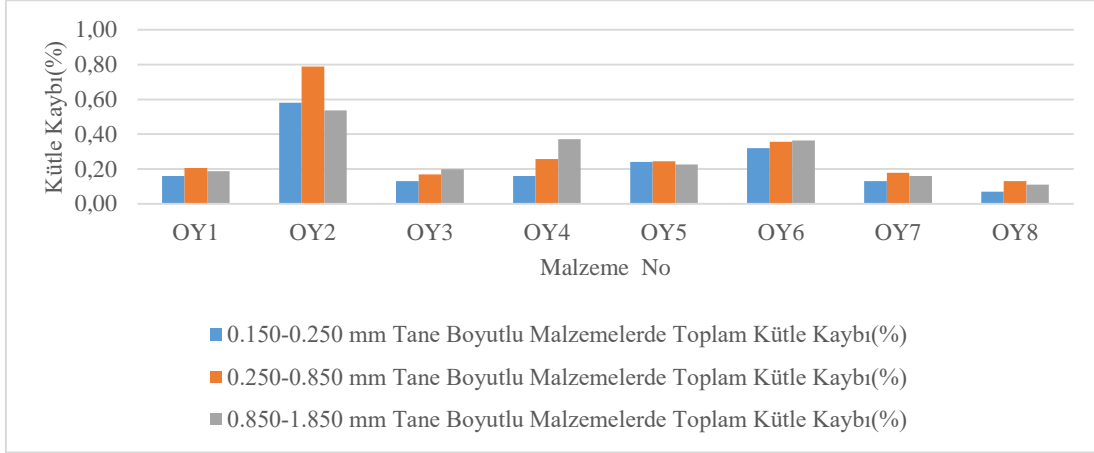
Şekil 21. Çimento bağlayıcılı malzemelerin donma çözülme deneyi sonrası kütle kaybı değerleri

*Figure 21. Mass loss values of cement-bonded materials after freeze-thaw test*

Çimento bağlayıcılı malzemelerde donma çözülme deneyi sonrası basma dayanımı deneyi sadece OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist) ve OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist) üzerinde uygulanmış olup basma dayanımı değerleri sırasıyla 18.63 MPa ve 21.46 MPa olarak belirlenmiştir. Diğer gruplar tamamen parçalandığı için basma deneyi uygulanamamıştır. Polyester bağlayıcılı suni yapıtaşlarında donma çözülme deneyi sonrası kütle kaybı değerleri üç farklı tane boylu malzemede de en yüksek değeri OY2 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de en düşük değeri ise OY8 (mermer)'de alırken bu değerler 0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde



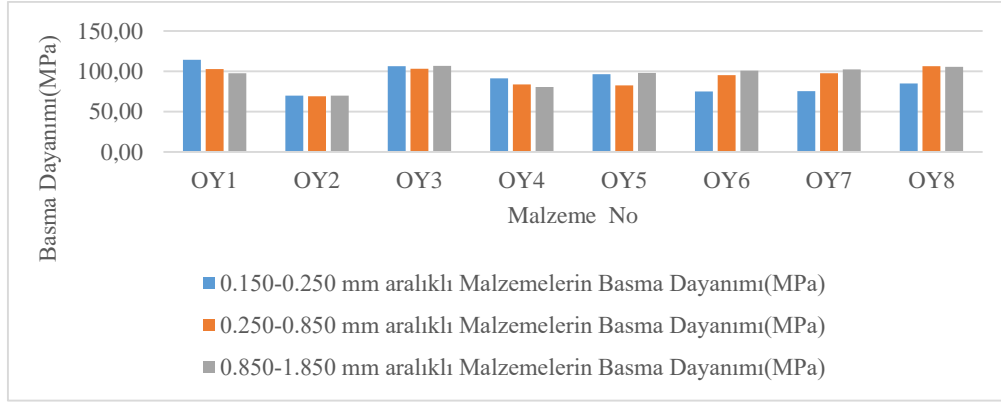
%0.08-%0.58 -0.250-0.850 mm tane boyutlu malzemelerde %0.13-%0.79, -0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde %0.11-%0.54 aralıklarında değer almıştır (Şekil 22).



Şekil 22. Polyester bağlayıcılı malzemelerin donma çözülme deneyi sonrası kütle kaybı değerleri

Figure 22. Mass loss values of polyester binder materials after freeze-thaw test

Polyester bağlayıcılı suni yapıtaşlarında -0.150-0.250 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek donma çözülme deneyi sonrası basma dayanımı 114.49 MPa ile OY1 (granodiyorit)'de gözlenirken, en düşük değer OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 69.89 MPa -0.250-0.850 mm tane boylu malzemelerde en yüksek değer OY8 (mermer)'de 106.66 MPa, en düşük ise OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'te 69.15 MPa -0.850-1.850 mm tane boyutlu malzemelerde en yüksek değer OY3 (kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 106.99 MPa en düşük ise OY2 (altere kuvars plajiyoklas amfibol şist)'de 70.14 Mpa olarak belirlenmiştir (Şekil 23). Donma çözülme testi sonrası kütle kaybı ve basınç dayanımı birbirleriyle ters orantılı olarak değişen iki unsurdur. Polyester bazlı olarak üretilen malzemelerde en dayanımsız malzemenin ve dolayısıyla da en fazla kütle kaybına uğrayan malzemenin şist türü malzemeler olduğu görülmektedir. Bu durum şistin metamorfizma esnasında kazandığı yapraklı yapının dayanıma negatif kütle kaybına pozitif etkisinin bir sonucudur.



Şekil 23. Polyester bağlayıcılı malzemelerin donma çözülme deneyi sonrası basma dayanımı değerleri

*Figure 23. Compressive strength values of polyester binder materials after freeze-thaw test*

Yapılan fiziko-mekanik testler neticesinde çimento ve polyester bazlı malzemeler için elde edilen en iyi sonuçlar, deneylerin uygulama standardı ve varsa standartta istenen limit değerler Çizelge 7’de verilmektedir. Çimento bazlı üretilen malzemelerde Birim hacim ağırlığı, Ultrases hızı, Eğilme dayanımı, basma dayanımı ve donma çözünme sonrası basma dayanımı değerlerinde (OY3) kuvars plajiyoklas amfibol şist örneğinden agregaların kullanıldığı malzemeler ön plana çıkmaktadır. Belirtilen parametrelerin hepsi birbiri ile ilgili olduğundan bu yoğun ve sıkı paketlenme sağlayabilen agregalardan beklenen bir sonuçtur. Polyester bazlı malzemelerde ise genel olarak su emme kapasitesi en yüksek değer alan (OY8) mermer agregalı malzemelerde mermerin bağlayıcılık özelliğinden dolayı taneler arası boşlukta bir azalma meydana gelmekte ve ısı iletkenlik ve ultrases hızı değerleri en yüksek olarak göze çarpmaktadır. Birim hacim ağırlığı en yüksek olan kuvars plajiyoklas amfibol şist kayacından elde edilen agregalarla üretilen malzemelerde ise basınca karşı dayanım özellikleri daha belirgin olarak gözlenmekte ve bu durum da yüksek eğilme dayanımı, basma dayanımı ve Schmidt Çekici geri sıçrama testi değerlerinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Çizelge 7). Kayaçta hem makro hem de mikro olarak gözlenen unsurlardan alterasyon dolayısıyla (OY2) altere kuvars plajiyoklas amfibol şist agregalı malzemelerde donma çözünme sonrası kütle kaybı ve aşınma testlerinden yüksek değerler elde edilmesine neden olmaktadır (Çizelge 7).

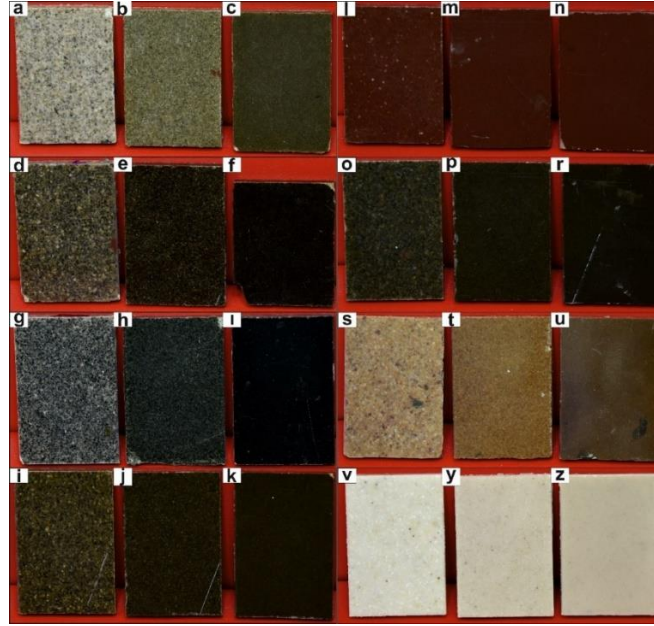
Çizelge 7. Fiziko-mekanik testlerden elde edilen en iyi sonuçlar

Table 7. Best results obtained from physico-mechanical tests

Deney Adı	En İyi Sonuç (Çimento Bazlı)	En İyi Sonuç (Polyester Bazlı)	Deneyin Uygulanma Standartı	Standartta istenilen değer
<b>Birim Hacim Ağırlık</b>	2.48 gr/cm <sup>3</sup> (OY3)	2.07 gr/cm <sup>3</sup> (0.850-1.850 mm) (OY3)	TS 1936	-
<b>Su Emme Deneyi</b>	% 6.96 (OY4)	% 0.08 (0.850-1.850 mm) (OY8)	TS 13755	Maksimum %8
<b>Isıl iletkenlik Katsayısı Deneyi</b>	6.55 W/Mk (OY5)	3.47 W/Mk (0.850-1.850 mm) (OY8)	ASTM-C 1113-90	-
<b>Ultrases Hızı Tayini</b>	4356.37 m/sn (OY3)	3821.89 m/sn (0.850-1.850 mm) (OY8)	ASTM(1994) & ISRM(2007)	-
<b>Eğilme Dayanımı</b>	6.10 Mpa (OY3)	39.57 Mpa (0.150-1.250 mm) (OY3)	TS EN 196-1	Minimum 5 MPa olmalı
<b>Basma Dayanımı</b>	24.02 Mpa (OY3)	155.38 Mpa (0.150-0.250 mm) (OY3)	TS EN 196-1	-
<b>Schmidt Çekici Geri Sıçrama Testi</b>	26.18 Mpa (OY7)	57.14Mpa (0.150-0.250 mm) (OY3)	ISRM(2007)	Deere ve Miller, 1966
<b>Böhme Aşınma Kaybı Deneyi</b>	14.54 cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> (OY5)	4.97 cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> (0.150-0.250 mm) (OY2)	TS 699	Hacimsel kayıp maksimum 18 cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>
<b>Donma- Çözünme Sonrası Kütle Kaybı</b>	% 100 (OY6)	%0.79 (0.250-0.850 mm) (OY2)	ASTM C 666/C 666M(2003)	-
<b>Donma- Çözünme Sonrası Basma Dayanımı</b>	21.46Mpa (OY3)	114.49 Mpa (0.150-0.250 mm) (OY1)	ASTM C 666/C 666M(2003)	-

### Estetik Özellik

Bu çalışmada malzeme üretiminde kullanılan jeolojik materyaller, mermer sektöründe kullanılan hammaddelerden farklıdır. Bu yüzden estetik bakımdan daha üstün olma özelliği ön plana çıkmaktadır. 0.850-1.850 mm ve 0.250-0.850 mm tane aralıklarına sahip magmatik ve metamorfik hammaddelerle üretilmiş malzemelerde taneli yapı 0.150-0.250 mm tane aralığına sahip magmatik, metamorfik ve sedimanter hammaddelerle üretilmiş olan malzemelerde hamurumsu yapı dikkat çekmektedir (Şekil 24). Her iki doku da estetik bakımdan doğal materyallerin pozitif unsurlarını ön plana çıkarmaktadır.



Şekil 24. Farklı tane boyu aralıklarında üretilen suni yapıtaşlarının görünümü (a, b, c: OY1; d, e, f: OY2; g, h, i: OY3; j, k: OY4; l, m, n: OY5; o, p, r: OY6; s, t, u: OY7; v, y, z: OY8)

*Figure 24. Appearance of artificial building blocks produced at different grain size ranges (a, b, c: OY1; d, e, f: OY2; g, h, i: OY3; j, k: OY4; l, m, n: OY5; o, p, r: OY6; s, t, u: OY7; v, y, z: OY8)*

#### 4. SONUÇLAR

Sonuç olarak, Doğanşehir (Malatya) bölgesinde yüzeyleyen tektonomagmatik/metamorfik ve sedimanter kayalardan derlenen numunelerin hem çimento bazlı hem de polyester bazlı olarak yapı malzemesi üretiminde kullanılmasıyla elde edilen ürünlerin fiziko-mekanik özellikleri bir yandan kendi içerisinde korelasyon yapmak üzere değerlendirilirken diğer yandan da ilgili standartlar ve benzer materyallerin kullanılarak malzeme üretiminin yapıldığı çalışmalarla karşılaştırılması yapılmış olup çalışma kapsamında üretilen malzemelerin fiziko-mekanik ve estetik özelliklerinin yapı malzemesi olarak kullanılmaya uygun olduğu genel sonucu ortaya konulmuştur. Farklı boylarda ve litolojilerdeki agrega ve farklı bağlayıcı türleri ile üretilen malzemelerin özelliklerinin birbirleri ile korelasyonu neticesinde ise aşağıda belirtilen özel sonuçlar elde edilmiştir:

- Gerek çimento bazlı gerekse de polyester bazlı suni yapıtaşlarında su emme ile yoğunluk arasında doğru orantılı agrega boyutu ile ise ters orantılı bir ilişki tespit edilmiştir.
- Çimento bağlayıcılı malzemelerde ısı iletkenlik katsayısı değeri en yüksek silttaşı agregalı en düşük değeri ise altere kuvars plajiyoklas amfibol şist'den elde edilmiş olup bu durum minerolojik kompozisyonun termal iletkenlikte pozitif etki sağladığına işaret etmektedir. Ayrıca polyester bazlı malzemelerde agrega tane boyu artışı ile termal iletkenliğin pozitif bir korelasyon ortaya koyduğu da görülmüştür.
- Polyester bağlayıcılı malzemelerde tane boyu artışı ile ultrasonik ses hızı arasında pozitif bir korelasyon gözlenmiştir.
- Çimento bazlı olarak üretilen yapıtaşlarında eğilme ve basma dayanımı benzer sonuçlar vermiş olup en yüksek dayanım değerleri kuvars-plajiyoklas-amfibol şist agregalı, en düşük dayanım değerleri de muskovit-kuvars-şist agregalı malzemelerden ölçülmüştür. Ayrıca tane boyu artışı ile eğilme-basma dayanımı arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir. Schmidt çekici geri sıçrama değerlerinden yapılan hesaplamalarla elde edilen basma dayanımı değerleri de benzer sonuçları göstermektedir.
- Böhme aşınma deneyine göre, çimento bağlayıcılı malzemelerde aşınmaya karşı en az dayanıklı malzeme silttaşı, en dayanıklı malzeme breş agregalı malzemeler olarak gözlenirken, polyester bazlı ürünlerde tane boyutu küçüldüğünde yüzey alanı artışından dolayı aşınmanın arttığı gözlenmiştir.
- Çalışmada üretilen malzemelerde kullanılan farklı kayaç türlerine ve tane boyutlarına bağlı olarak gelişen yapı, doğal bir doğal ve estetik bir görünüm sunmakta ve polyester bazlı ürünlerde jelkot uygulaması görselliği olumlu yönde etkilemektedir.

## 5. TEŞEKKÜR

Çalışma Oğuzhan Yazıcı'nın Yüksek Lisans Tezinden (Yazıcı,2022) üretilmiş olup Yazarlar araştırmayı 2020/3-6 YLS numaralı proje kapsamında destekleyen, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimine teşekkür ederler. Yazarlar ayrıca makalenin son halini almasında değerli görüş, öneri ve eleştirileriyle katkı sağlayan hakemlere de teşekkür ederler

## 6. KAYNAKLAR

- Agrizzi, C.P., Carvalho, E.A.S., Gadioli, M.C.B., Barreto, G.N.S., Azevedo, A.R.G., Monteiro, S.N., 2022. Comparison between synthetic and biodegradable polymer matrices on the development of quartzite waste-based artificial stone. *Sustainability*.14,6388.
- Anonim, 2008. Polipol 3456 genel amaçlı döküm tipi polyester [online]. Poliya Polyester ve Yard. Mad. San. URL(erişim tarihi: 10.10.2021). <http://www.poliya.com.tr>
- Arıcan, G., ve Rızaoğlu, T., 2017. Arenitten Granite Dönüşüm ‘Jelotlu Döküm Granit Üretim Metodu’. 40. Yıl Jeoloji Sempozyumu, 3-6 Mayıs 2017, Adana, Türkiye, 191-192.
- ASTM C, 1113-90., 1990. Test method for thermal conductivity of refractories by hot wire, Platinum Resistance Thermometer Technique. American Society for Testing and Materials, Philadelphia. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM 1994. *Annual Book of ASTM Standarts-Construction: Soil and Rock*. ASTM Publications, 4(8), s978.
- ASTM C 666/C 666M., 2003. Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing. *Annual Book of ASTM Standards: USA*, 6.
- Barani, K., Esmaili., H., 2026. Production of artificial stone slabs using waste granite and marble stone sludge samples. *Journal of Mining & Environment*, 7 (1), 135-141.
- Barreto, G.N.S., Carvalho, E.A.S., Souza, V.S., Gomes, M.L.P.M., Azevedo, A.R.G., Monteiro, S.N., 2022 Engineered stone produced with glass packaging waste, quartz powder, and epoxy resin. *Sustainability*.14,7227.
- Carvalho, E.A.S., Vilela, N.F., Monteiro, S.N., Vieira, C.M.F., Silva, L.C., 2018. Novel artificial ornamental stone developed with quarry waste in the epoxy composite. *Mater Res*. 21(1),1-6.
- ÇİMSA 2019. Çimentonun Fiziksel, Kimyasal Ve Mekanik Özellikleri. URL(erişim tarihi 10.10.2021). <http://www.cimsa.com.tr>

- Çelik, M. Y., Emrullahoğlu, Ö. F., 1999. Mermer artıklarından polyester bağlayıcılı suni mermer blok ve levha üretiminin araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 1(1), 35-50.
- Deere, D.U., Miller, R.P., 1966. Engineering classification and Index Properties of Intact Rock”, Air Force Weapons Laboratory. Technical Report No:AFNL-TR. 65-116.
- Gomes, M. L. P., Carvalho, E. A., Sobrinho, L. N., Monteiro, S. N., Rodriguez, R. J., Vieira, C. M. F., 2018. Production and characterization of a novel artificial stone using brick residue and quarry dust in epoxy matrix. Journal of materials research and technology, 7(4), 492-498.
- Gomes, M. L. P., Carvalho, E. A., Demartini, T. J., de Carvalho, E. A., Colorado, H. A., & Vieira, C. M. F., 2021. Mechanical and physical investigation of an artificial stone produced with granite residue and epoxy resin. Journal of Composite Materials, 55(9), 1247-1254.
- ISRM, 2007. “Suggested Method for Determining the Abrasivity of Rock by the Cerchar Abrasivity Test”, ISRM Suggested Method for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007-2014, R. Ulusay ed., Springer, USA, 101-106. TS 699, 1987. “Tabii Yapı Taşları Muayene Deney Metotları”, TSE, Ankara, 2015.
- Lee, M. Y., Ko, C. H., Chang, F. C., Lo, S. L., Lin, J. D., Shan, M. Y., & Lee, J. C., 2008. Artificial stone slab production using waste glass, stone fragments and vacuum vibratory compaction. Cement and Concrete Composites, 30(7), 583-587.
- Özdemir, Z., 2006. Degisik Uç Sekline Sahip Fiberlerle Güçlendirilmiş Polyester Kalsit Kompozitin Dayanımına Farklı Kür ( Fırınlama ) Sartlarının Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. 88s.
- Pişkin, A., 2010. Polimer Beton Üretiminde Cam Tozu Kullanımının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı. 89s.
- Rızaoğlu, T., Arıcan, G., 2015. The production of polyester binding molded granitoid from the arenitized Esence Granitoyid. Annual International Conferences on Earth, Geology and Geography, Athens, Greece, 47-48.
- Rızaoğlu, T., Çoşkun, C. 2017. A New Insight Into The Production Of Artificial Stone: Gel Coated Polyester Binding Molded Stone From Different Sourced Geological

- Units. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, 17(1.1), 727-734.
- Shishegaran, A., Saeedi, M., Mirvalad, S., & Korayem, A. H., 2021. The mechanical strength of the artificial stones, containing the travertine wastes and sand. Journal of Materials Research and Technology, 11, 1688-1709.
- Silva, T. L. D. C., Carvalho, E. A. S., Barreto, G. N. S., Agrizzi, C. P., de Azevedo, A. R., & Vieira, C. M. F., 2023. Characterization of Artificial Stone Developed with the Incorporation of Granite and Mirror Wastes in an Epoxy Matrix. Materials Research, 26, e20220561.
- TS 213-1 EN 13748-1, 2005. Terrazo Karolar: İç Mekanlarda Kullanım İçin, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 213-2 EN 13748-2, 2005. Terrazo Karolar: Dış Mekanlarda Kullanım İçin, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 1936, 2001. Doğal Taslar-Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam Ve Açık Gözeneklilik Tayini Föyü. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 13755, 2003. Doğal taslar-deney metotları-atmosfer basıncında su emme tayini föyü. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 196-1, 2009. Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini” Türk standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 699, 1981. Sürtünme ile Aşınma Kaybı Deneyi (Böhme Metodu), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com).
- Yazıcı,O., 2022. Doğanşehir-Malatya Bölgesindeki Tektonomagmatik/Metamorfik Kayaçalardan Üretilen Suni Yapıtaşlarının Fiziko-Mekanik ve Estetik Özellikleri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 116s, Yayınlanmamış.
- Yeşilkaya, L., Ersoy, M., Sarıçam, F. 2010. Suni Mermer Üretiminde Traverten Artığı Ve Volkanik Tüf Katkısının Etkileri.2010.Conference: 7th International Marble and Natural Stone Congress, Afyon/Turkey.