

PAPER DETAILS

TITLE: Vermikülit Agreganın Kompozit Yapılı Hafif Harç Üretiminde Kullanımı Üzerine Teknik Bir Analiz

AUTHORS: Esmehan ÇAPUN,Nükhet SAPCI

PAGES: 307-323

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2346890>



Araştırma Makalesi / Research Article

Vermikülit Agreganın Kompozit Yapılı Hafif Harç Üretiminde Kullanımı Üzerine Teknik Bir Analiz

A Technical Analysis on the Use of Vermiculite Aggregates in Composite Lightweight Mortar Production

Esmehan ÇAPUN ¹, Nükhet ŞAPCI ^{2,*}

¹ İnşaat Teknikeri, 07491, Antalya, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, 32200, Isparta, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1096993>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 01 Nisan 2022

Revize, 17 Temmuz 2022

Kabul, 09 Ağustos 2022

Online Yayınlama, 01 Ekim 2022

Anahtar Kelimeler

Hafif agrega, Vermikülit,
Kompozit harç, Isı yalıtımı

ARTICLE INFO

Article History

Received, 01 April 2022

Revised, 17 July 2022

Accepted, 09 August 2022

Available Online, 01 October 2022

Keywords

Lightweight aggregate,
Vermiculite, Composite mortar,
Thermal insulation

ÖZ

Son yıllarda doğal ve hafif agregaların inşaat endüstrisinde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle hafif agregalarla üretilen kompozit yapıda yalıtım amaçlı hafif harç uygulamaları günümüzün önemli konularından birisi haline gelmiştir. Bu bağlamda, bu çalışmada hafif agrega kategorisinde değerlendirilebilecek ülkemizde rezerv potansiyeli olan, ancak sadece tarım sektöründe kullanımı bilinen Vermikülitler ana hammadde olarak kullanılmıştır. Çimento esaslı Vermikülit agregalı polimer katkılı harç karışım tasarımları yapılarak bir dizi sıva numunesi üzerinde analizler yapılmıştır. Ayrıca deneysel çalışmada teknik mukayesenin yapılabilmesi için bu örnekler vermikülit agregalı polimer bileşensiz hazırlanan kontrol örnekleri ile analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre polimer bileşenli kompozit harç örneklerinin sırasıyla, kuru birim hacim ağırlık değerleri 560 kg/m³-659 kg/m³ arasında, basınç dayanım değerleri 0,94 N/mm²-1,81 N/mm² arasında, kapiler su emme oranları 0,328 kg/m² dak^{0.5}-0,249 kg/m² dak^{0.5}, ısı iletkenlik katsayıları ise 0,083 W/mK-0,094 W/mK olarak ölçülmüştür. Kontrol örneklerinde ise sırasıyla teknik bulgular 780 kg/m³, 2,64 N/mm², 1,620 kg/m² dak^{0.5}, 0,156 W/mK olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar bize ısı işlem görmüş vermikülit agreganın özellikle polimer katkı ile kullanımları durumunda, birim hacim ağırlığı düşük ısı yalıtımlı kompozit harç üretimlerinde değerlendirilebileceğini göstermiştir.

ABSTRACT

In recent years, the use of natural and light aggregates in the construction industry has become increasingly common. Light mortar applications for insulation purposes have become one of the important issues of today,

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: capunesmehan@gmail.com (Esmehan ÇAPUN), nukhetsapci@isparta.edu.tr (Nükhet ŞAPCI)

especially in composite structure produced with light aggregates. In this context, vermiculites, which have reserve potential in our country that can be evaluated in the light aggregate category in this study but are known only for use in the agricultural sector, were used as the main raw material. Cement-based Vermiculite aggregate polymer additive mortar mixture designs were made and analyzed on a series of plaster samples. In addition, in order to make technical comparison in the experimental study, these samples were compared with control samples prepared without vermiculite aggregate polymer components and analysis results. According to the findings, the dry unit volume weight values of the polymer component composite mortar samples are between 560 kg/m³ and 659 kg/m³, respectively, the compressive strength values are between 0.94 N/mm² and 1.81 N/mm², and the capillary water absorption rate is 0.328. kg/m²min^{0.5}-0.249 kg/m²min^{0.5}, thermal conductivity coefficients were measured as 0.083 W/mK-0.094 W/mK. In the control samples, the technical findings were determined as 780 kg/m³, 2.64 N/mm², 1.620 kg/m²min^{0.5}, 0.156 W/mK, respectively. These results have shown us that the heat-treated vermiculite aggregate can be evaluated in the production of thermally insulated composite mortars with low unit volume weight, especially when used with polymer additives.

1. GİRİŞ

Son yıllarda insanlığın karşılaştığı en büyük sorunlardan bir tanesi iklim değişikliğidir. Ülkemizi de içine alan bu sorunun en büyük nedeni ise atmosfere salınan sera gazlarıdır. Sera gazı salınımlarının kontrol altına alınabilmesi için yaşanan konutlarda enerjinin verimli kullanılması gerektiği de bilinen bir gerçektir [1]. Bu nedenle tüm endüstriyel alanlarda olduğu gibi inşaat endüstrisinde de enerji verimli yapı malzemelerinin üretilmesi ve kullanılması gerekmektedir.

Kibert'e [2], göre Yeşil bina, toplam çevresel etkileri en aza indirmek için tasarlanmış, inşa edilmiş ve çevresel açıdan sürdürülebilir ve enerji tasarruflu binadır.

Binaların ısısal performansları enerji tasarrufu bakımından günümüzün en önemli konularından birisi olmuştur. Özellikle doğal malzemelerle kompozit yapıda yalıtım elemanlarının geliştirilmesi ve ısı yalıtım analizlerinin yapılması da bir o kadar önemli konu olmuştur. Bununla birlikte ısı, ses, yangın ve su yalıtımı açısından performans sağlayan çimento esaslı polimer katkı harçların geliştirilmesi üzerine de yoğun araştırmaların sürdürüldüğü görülmektedir [3].

Yapılan bilimsel araştırmalarda, özellikle ısı yalıtım amaçlı kullanılan ekolojik yapıdaki sıva malzemelerinin içeriğini pomza, volkanik cüruf, genişlemiş perlit, mikronize kalsit gibi agregaların oluşturduğu görülmüştür. Bu nedenle, bu çalışmada diğer mineral esaslı sıvalardan farklı olarak ülkemizde rezervi olan ancak sadece tarım sektöründe kullanımı bilinen Vermikülit agregası ana hammadde olarak kullanılmıştır.

Shoukry ve diğ., Köksal ve diğ., Binici ve diğ., Abidi ve diğ., Gencel ve diğ., Chung ve diğ., Demirçivi ve Saygılı [4-10], genişlemiş vermikülit'in 200 °C ile 1200 °C arasındaki sıcaklıklar için iyi

bir ısı ve ses yalıtım malzemesi olduğunu yanıcı olmadığını belirtmişlerdir. Isıl işlem gördüğünde genleşen vermikülit'in ucuz, evre dostu bir malzeme ayrıca toksik olmayan bir malzeme olduğunu belirtmişlerdir.

Gündüz ve diğ., [11], Açılmış Vermikülit agreganın yalıtım amaçlı kompozit harçların termal özelliklerine etkisi konulu bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada ham haldeki vermikülit agregalarına ısıl işlem uygulayarak 3 farklı açılma oranında (%50, %70, %90) vermikülit agrega üretmişlerdir. Bu agregalarla kompozit yapıda yalıtımlı harç üretimleri gerçekleştirilerek bu harçların termal analizleri yapılmıştır. Analizleri yapılan tüm açılmış vermikülit agregalı harçların ısı yalıtım kategorisini TS EN 998-1 [12] standardına göre T1 sınıfı olarak belirlemişlerdir.

Gündüz ve Kalkan [13], Diyatomit kayaç oluşumlarının inşaat endüstrisinde değerlendirilmek üzere hafif harç üretiminde kullanılabilirliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Diyatomit agregalarla üretilen bu harçların birim hacim ağırlık bakımından oldukça hafif bir yapıda, ısıl ve ultrasonik ses geçişi bakımında da oldukça yalıtkan değerler sergilediğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada ülkemizde ki vermikülit oluşumlarına yeni bir endüstriyel kullanım alanı açmak ve kullanımını yaygınlaştırmak amaçlanmıştır. Bu nedenle, teknik olarak vermikülit malzemesinin ısıl işlemde geçirilerek yalıtım özelliği taşıyabilecek polimer bileşenli hafif harç üretimlerinde ana hammadde olarak inşaat endüstrisinde kullanımının etkinleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda, deneysel çalışmalarda piyasadan ham haliyle edinilen vermikülit agregası, öncelikle polimer bileşensiz olarak harç kıvamında hazırlanmış ve kontrol harç örnekleri elde edilmiştir. İkinci olarak ise piyasadan temin edilen vermikülit agregası sabit bir sürede 1000  C ısıl işleme maruz bırakılmıştır. Isıl işleme maruz bırakılan bu agregalar belirli oranda genleşmiş ve birim hacim ağırlık değerleri ham agregalara göre daha düşük oranlarda tespit edilmiştir. Bu çalışmada genleşmiş vermikülit agregaları ile polimer katkılı harç karışım kombinasyonları tasarlanmıştır. Elde edilen harç örneklerinin analizleri TS EN 998-1 standardı ve ilgili diğer standartlar kapsamında yapılmış olup teknik analiz bulguları kontrol harç örnekleri ile kıyaslanmıştır. Bu çalışmayla yeni bir hammaddenin yalıtım amaçlı sıva malzemeleri üretiminde inşaat endüstrisinde kullanılabilirliğine yönelik bu konuda araştırma yürütecek olan tüm araştırmacılara ışık tutması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Karışım tasarımlarında ana agrega olarak yerel pazardan temin edilen 0-2 mm boyutlu vermikülit agregaları kullanılmıştır. Yapılan literatür araştırmaları göstermiştir ki; genellikle ısı yalıtımlı kompozit harç ürünlerde gözenekli yapıdaki volkanik kökenli agregalar kullanılmıştır. Bu

çalışma da ise hafif bir agrega olduğu bilinen ve diğerlerinden jeolojik oluşum olarak farklı olan, vermikülit agregasının kullanılması ve sonuçların teknik olarak irdelenmesi amaçlanmıştır. Böylece inşaat endüstrisinde yeni bir hammaddenin varlığı gündeme getirilmek istenmiştir. Vermikülit, mika mineralleri ve kloritin alterasyonu sonucunda meydana gelen 2:1 katmanlı fillosilikal mineralidir. Mika mineralinin doğal süreçlerle aşınması sonucunda meydana gelmiş magnezyum alümina silikat yapıya sahip kil mineralidir [14]. Vermikülit yeterli derecede ısıtıldığında (600°C-1000°C) akordiyon şeklinde açılarak uzama göstermektedir. Bu işlem literatürde vermikülit açma olarak isimlendirilir [1]. Bu bağlamda, genel olarak genleşmiş vermikülitlere ait bazı fiziksel özellikler Tablo 1’de verilmiştir. Ayrıca vermikülit’in kimyasal bileşenlerinin büyük bir kısmı SiO₂, Al₂O₃ ve MgO’dan meydana gelmektedir. Tablo 2’de karakteristik bir vermikülit kimyasal analizi görülmektedir [14, 15]. Çalışmada kullanılan ham vermikülit ve ısıtılmış vermikülit agregalarına ait görünüm Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Genleşmiş vermikülitlerin genel fiziksel özellikleri [11]

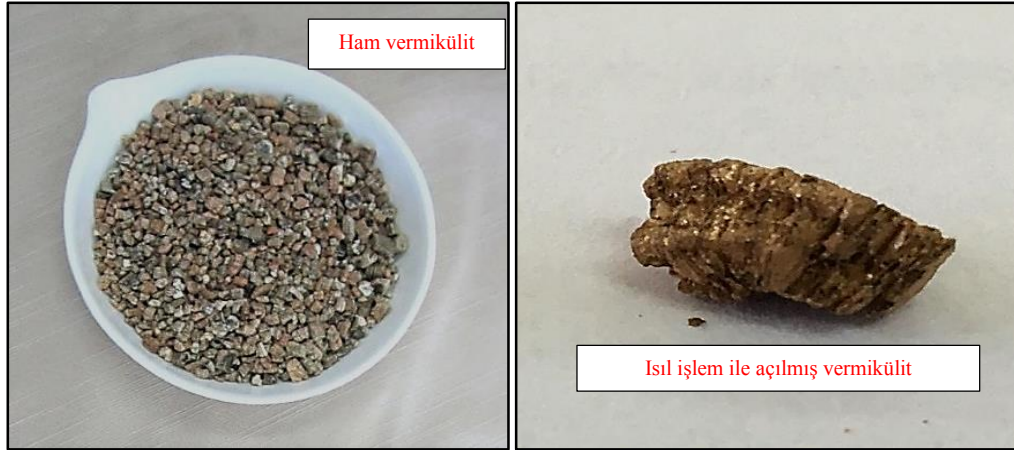
Özellik	
Renk	Altın
Şekil	Akordiyon şeklinde granül
Su tutma kapasitesi (ağırlık olarak %)	%160 >
pH (suda)	6-9
Isı iletkenlik (W/mK)	0.035-0.065
Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	90-220

Tablo 2. Vermikülitlerin genel kimyasal özellikleri [14,15]

Bileşen	Ağırlıkça Oranı (%)
SiO ₂	38-46
Al ₂ O ₃	10-16
MgO	16-35
CaO	1-5
K ₂ O	1-6
Fe ₂ O ₃	6-13
TiO ₂	1-3
H ₂ O	8-16
Diğer	0.2-1.2

Bu çalışmada bütün karışım kombinasyonlarında CEM I 52,5R beyaz portland çimento ürünü ana bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Ayrıca karışıma aderans kazandırmak için söndürülmüş toz kireç ve karışımlarda hem dolgu yapması hem de işlenebilirlik özelliğini artırması için 100 mikron boyut altı mikronize kalsit kullanılmıştır. Ayrıca sıva ürünlerinin birim hacim ağırlığını düşürmek amacıyla tüm serilerde 1 mm boyut altı genleşmiş perlit ek materyal olarak kullanılmıştır. Karışım kombinasyonlarında mikronize kalsit “*dolgu malzemesi*” olarak isimlendirilmiştir.

Deneyssel çalışmada, kompozit matris yapıda harç örnekleri oluşturmak ve harcın kıvamını dengelemek amacıyla toz şeklinde kimyasal katkı ajanı kullanılmıştır. Bunlar harcın işlenebilirliğini sağlamak için selülozik, harcın kıvamını dengelemek için kıvamlaştırıcı, polimerizasyon sürecini düzenlemek için, aderans artırıcı ve hava sürükleyici özellikte ajanlardır. Ayrıca vermikülit agregası çok yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu için su itici özellikte polimer katkı bütün karışımlarda kullanılmıştır. Bütün bu özellikleri harca sağlayan katkı ajanları karışım kombinasyonlarında “*polimer katkı*” olarak isimlendirilmiştir.



şekil 1. Ham vermikülit ve ısıı işlem sonucunda açılmış vermikülit görünümü

2.2 Metot

Bu çalışmada, ana hammadde olarak kullanılan vermikülit agregası karışım tasarımlarında iki farklı şekilde kullanılmıştır. İlk olarak, piyasadan temin edildiği gibi ham şekliyle kontrol harç karışımlarında kullanılmıştır. İkinci olarak ise, 1000  C sıcaklığa maruz bırakılarak elde edilen genleşmiş vermikülit agregaları polimer bileşen katkılı kompozit yapıdaki harç karışım tasarımlarında ana hammadde olarak kullanılmıştır. Yüksek sıcaklığa maruz bırakılan vermikülit agregalarının yoğunluk değerlerinin, ham şeklindeki vermikülit agregalarının yoğunluk değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Vermikülit agregaları ile hazırlanan polimer katkılı kompozit sıva harcı örneklerinin fiziksel, mekanik ve termal özelliklerinin araştırılabilmesi amacıyla, bu çalışmada irdelemeler sabit imento oranında (%), artan dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak azalan vermikülit agregası miktarı değişimi bağlamında yapılmıştır. Bu bağlamda, çalışmada 20 farklı deneme karışım tasarımları yapılmıştır. Deneyssel çalışmalardaki gözlemler ve teknik bulgulara bağlı olarak en ideal 5 farklı kombinasyon bu çalışmada inceleme konusu olmuştur. Polimer katkılı karışımlar K₁-K₅ kodlu, polimer katkısız kontrol harçları K₀ olarak kodlanmıştır.

Deneyssel çalışmada öncelikle, vermikülitin yalıtım amaçlı kompozit harç üretiminde irdelenebilmesi amacıyla polimer katkısız bir kontrol harç örneği oluşturulmuştur (K_0). Bu kontrol harç örneğinde 0-2 mm boyutlu vermikülit agregası piyasadan temin edildiği gibi ham şekliyle ve karışımda ağırlıkça %40 oranında kullanılmıştır. Harç örneklerinin birim hacim ağırlıklarını minimum seviyeye düşürmek için karışım kombinasyonu içerisinde ağırlıkça %10 oranında genişmiş perlit kullanılmıştır. Ayrıca dolgu yapması ve aderans kazandırılması için %12 oranında mikronize kalsit, %6 oranında toz kireç kullanılmış ve çimento dozajı da ağırlıkça %32 olarak ele alınmıştır (Tablo 3).

İkinci olarak bu çalışmada, yüksek sıcaklığa (1000°C) tabi tutularak elde edilen açılmış (genleşmiş) vermikülit agregalarının, kompozit yapıda polimer katkılı hafif harçların üretimi ve ısısal performansına etkisini irdelemek amaçlanmıştır. Bunun için de ağırlıkça farklı mikronize kalsit (dolgu malzemesi) oranlarında (%6-%18 aralığında), %3 artırmalı olarak 5 ayrı karışım kombinasyonu oluşturulmuş olup (K_1 - K_5), çimento (%32), genişmiş perlit (%10), söndürülmüş toz kireç (%6) ve tüm polimer katkı (%5) kullanım oranları sabit tutulmuştur. Kontrol harç örneklerinde herhangi bir polimer katkı malzemesi kullanılmamıştır. Polimer katkılı kompozit harç karışımlarında (K_1 - K_5) azalan agrega miktarına karşı dolgu malzemesi miktarı artırılarak bir tasarım yapılmıştır. Teknik mukayesenin yapılabilmesi için diğer bileşenler bütün serilerde sabit tutulmuştur (Tablo 3). Kontrol harç karışımlarında ham vermikülit, polimerli harç karışımlarında geliştirilmiş vermikülit kullanıldığından, böylece hiçbir ısı işleme tabi tutulmamış ham vermikülit agrega ile ısı işleme tabi tutulmuş genişmiş vermikülit agregalarının etkisini de sıva numunelerinden elde edilen teknik bulgularla tespit etmiş olacağız. Tüm harç karışımlarının taze harç kıvamına getirilmesinde ASTM C 230 [16] standardına uygun akma tablası yöntemi kullanılarak optimum su miktarları belirlenmiştir [17].

Tablo 3. Vermikülit agregalı harç örneklerinin karışım tasarımları (Ağırlıkça yüzde (%) kullanım oranları)

Bileşenler	Kontrol Harcı	Polimer Bileşenli Vermikülit Agregalı Kompozit Harçlar				
	K_0	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
0-2 mm Vermikülit Agregası	40	41	38	35	32	29
Beyaz Çimento	32	32	32	32	32	32
Genleşmiş Perlit	10	10	10	10	10	10
Dolgu Malzemesi	12	6	9	12	15	18
Söndürülmüş Toz Kireç	6	6	6	6	6	6
Polimer Katkı	-	5	5	5	5	5

Hazırlanan tüm karışımlar, 40x40x160 mm boyutlu prizma kalıplara, 50x50x50 mm boyutlu küp kalıplara ve 50x400x200 mm boyutlu plaka kalıplara dökülmüştür. Bu örnekler, 24 saat sonra kalıplardan çıkartılarak TS EN 998-1 standardının öngördüğü kurallara uygun olarak kürleme

işlemlerine tabi tutulmuştur. 28 günlük priz süresini tamamlamış kontrol harç numuneleri ile polimer bileşenli kompozit harç numunelerinin birim hacim ağırlık, kapiler su emme, basınç dayanımı ve ısı iletkenlik gibi teknik özellikleri deneysel olarak analiz edilmiştir. Bütün analiz bulguları araştırma bulguları şeklinde makale içerisinde detay olarak verilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Kıvam Analizi ve Karışım Suyu Miktarı

Taze harçların kıvam ölçüm analizi için akma tablası yöntemi kullanılmıştır. Bu analiz ASTM C230 (hidrolik çimento testlerinde kullanmak üzere akma tablası için standart) standardının öngördüğü prensipler çerçevesinde yapılmıştır. Bu standarda göre, akma tablasının üst bölümü temizlenir ve daha sonra plakanın orta kısmında ki kalıba harç yerleştirilir. Kalıp düşey olarak yukarı çekilir ve harçtan ayrılır. Son olarak, plaka 25 kez 1,27 cm yükseklikten aşağı düşer ve plaka üzerindeki yayılma harcının çapı dört kez ölçülür. Ölçümün ortalaması alınarak standart bir harç kıvam değeri tespit edilir [11]. Kontrol harç örneklerinde optimum su/katı oranı 0,60 iken polimer katkılı harç örnekleri için 0,65 olarak belirlenmiştir.

3.2 Birim Hacim Ağırlık Analizi

Çalışmada harç numunelerinin 28 günlük priz süresi sonrası kuru birim hacim ağırlık değerleri TS EN 1015-10 [18] standardına göre analiz edilmiş olup, sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir. Kompozit harç numunelerinin birçok teknik özelliği, kuru birim hacim ağırlığının bir fonksiyonu olarak değişim göstermektedir. Birim hacim ağırlık değerinin düşük olması, o malzemenin ısı yalıtım özelliğini daha da iyileştirmektedir. Bu çalışmada, sertleşmiş kontrol numunelerin (K_0) kuru birim hacim ağırlığı 780 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan genleşmiş vermikülit agregaları kullanılarak ve polimer katkılar eklenerek hazırlanan kompozit yapıdaki sertleşmiş harç örneklerinin (K_1 - K_5) birim hacim ağırlığı 560-659 kg/m³ arasında ölçülmüştür. Karışım içerisinde genleşmiş vermikülit agregası kullanma oranı arttıkça, dolayısıyla dolgu malzeme miktarı azaldıkça sertleşmiş harcın kuru birim hacim ağırlık değerlerinde azalma eğilimi olduğu görülmüştür. Kompozit yapıdaki harç örneklerinin kontrol harç örneklerine göre yaklaşık %28 oranında daha hafif olduğu tespit edilmiştir. Sertleşmiş harç örneklerine ait görünüm Şekil 2’de verilmiştir.

Kompozit yapıdaki polimer bileşenli harç örneklerinin dolgu malzemesi (mikronize kalsit) kullanım miktarına bağlı olarak kuru birim hacim ağırlık değerlerindeki değişim Şekil 3’de gözlenmektedir. Çalışmada polimer katkısız kontrol harç örneklerinin kuru birim hacim ağırlığı 780 kg/m³ olarak ölçülmüştür. Kontrol harç örneklerinde ağırlıkça %12 oranında mikronize kalsit (dolgu

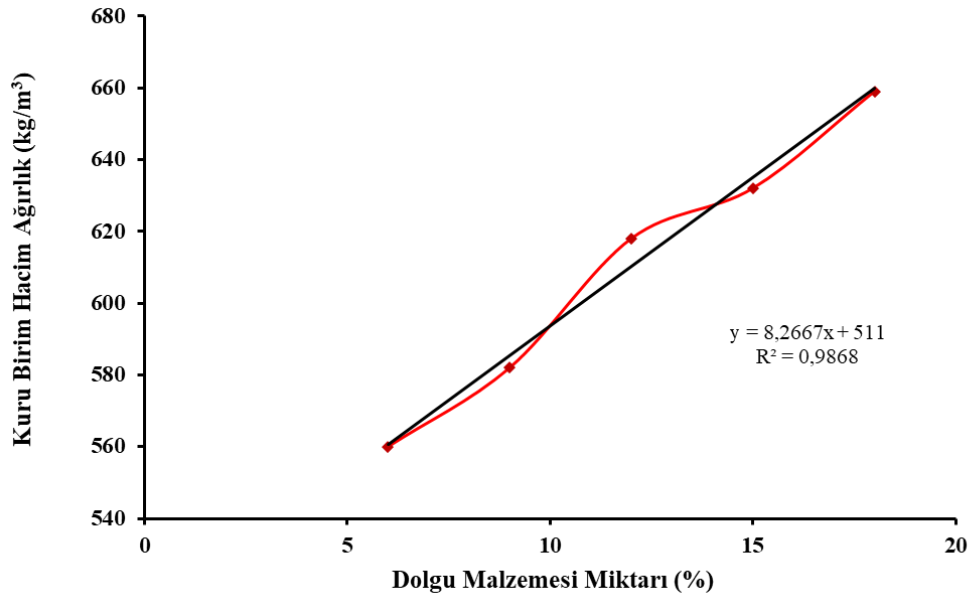
malzemesi), %40 oranında ham vermikülit agregası ve sabit miktarlarda Tablo 4'deki bileşenler kullanılmıştır. Aynı oranda mikronize kalsitin kullanıldığı polimer katkılı kompozit harç örneğinin (K_3) birim hacim ağırlık değeri 618 kg/m^3 olarak ölçülmüştür. Yani kontrol harç örneğine göre %21 oranında daha hafif kompozit harç üretmek mümkün olmuştur.

Tablo 4. Vermikülit agregalı kompozit harç karışımlarının deneysel çalışma sonuçları

Teknik Özellikler	Kontrol Harcı	Polimer Bileşenli Genleşmiş Vermikülit Agregalı Kompozit Harçlar				
	K_0	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
Dolgu Malzemesi Oranı (%)	12	6	9	12	15	18
Su/Katı Oranı	0,60	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Kuru Birim Hacim Ağırlık (kg/m^3)	780	560	582	618	632	659
Basınç Dayanımı (N/mm^2)	2,64	0,94	1,07	1,28	1,60	1,81
Kapiler Su Emme ($\text{kg/m}^2 \text{ dak}^{0.5}$)	1,620	0,328	0,306	0,282	0,265	0,249
Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	0,156	0,083	0,085	0,087	0,091	0,094



Şekil 2. Deneysel çalışmalarda kullanılan harç örneklerine ait genel bir görünüm



Şekil 3. Sertleşmiş harç örneklerinin dolgu malzemesi miktarı-kuru birim hacim ağırlık ilişkisi

K₃ serisinde vermikülit agrega kullanım oranı daha düşük, %35 civarında olmasına rağmen, agregalar ısıtılarak işlem görerek genişletilmiş agregalardır. Dolayısıyla genişlemiş vermikülit agregasının yoğunluğu ham vermikülit agregaya göre daha düşük olduğu için sertleşmiş harç örneğinin yoğunluğunu da düşürmüştür. Ayrıca numunelerin birim hacim ağırlıklarının düşük olmasında diğer bir etken ise karışım içerisinde kullanılan hava sürükleyici özellikteki polimer katkılarıdır.

3.3 Basınç Dayanımı Analizi

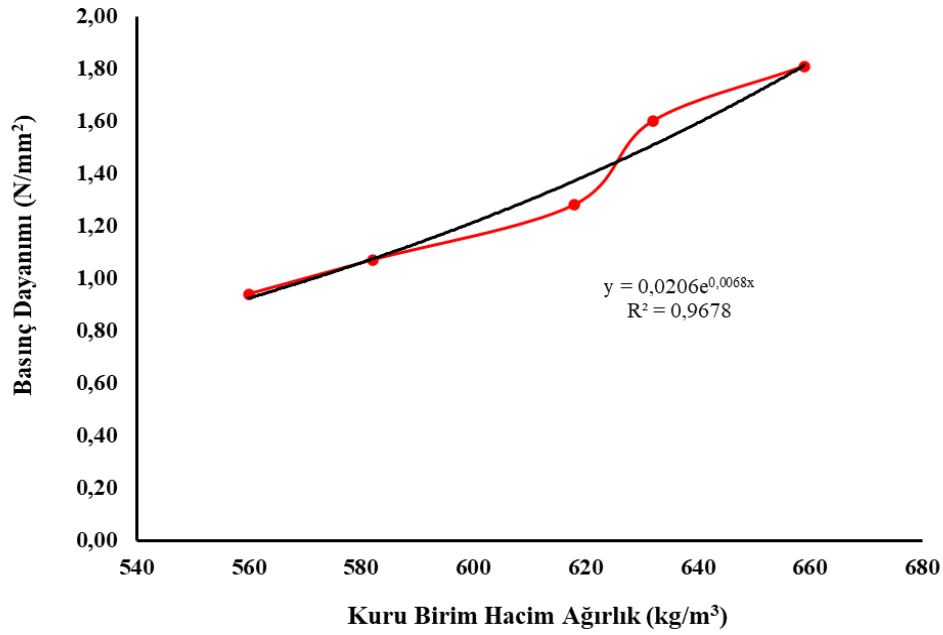
Bu çalışmada ki diğer bir deneysel çalışma ise sertleşmiş harç örneklerinin basınç dayanım analizlerinin yapılmasıdır. TS EN 998-1 standardında harç gruplarının 28 günlük priz süresi sonunda basınç dayanım değerleri için, 4 ayrı dayanım sınıfı öngörülmüştür (CS I - CS IV). Bu sınıflar için dayanım sınıfları aşağıdaki gibi verilmiştir.

CS I dayanım sınıfı için	:0.4 – 2.5 N/mm ²
CS II dayanım sınıfı için	: 1.5 – 5.0 N/ mm ²
CS III dayanım sınıfı için	: 3.5 – 7.5 N/ mm ²
CS IV dayanım sınıfı için	: ≥ 6 N/ mm ²

Kontrol harç örneklerinin ve polimer bileşenli kompozit harç örneklerinin basınç dayanım testleri TS EN 1015-11'e [19] göre analiz edilmiş olup sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Kompozit yapıdaki sıva numunelerinin basınç dayanım değerleri 0,94 N/mm²-1,81 N/mm² arasında değişmekte olup, birim hacim ağırlık arttıkça basınç dayanım değerlerinde üstel fonksiyon şeklinde bir artış görülmektedir (Şekil 4). Kompozit harç örneklerinin basınç dayanım değerlerinde dolgu malzemesi (mikronize kalsit) miktarı değişimi önemli bir rol oynamaktadır. Dolgu malzemesi miktarı arttıkça azalan vermikülit miktarına bağlı olarak harç örneklerinin basınç dayanım değeri artmaktadır.

Kompozit yapıdaki sertleşmiş harç örneklerinin basınç dayanım değerleri TS EN 998-1 standardında öngörülen sınır değerler açısından incelendiğinde CS I ve CS II sınıfı basınç dayanım sınıfına girdiği görülmüştür. Öte yandan kontrol harç örneklerinin basınç dayanım değeri ise 2,64 N/mm² olarak belirlenmiş olup, dayanım sınıfı açısından CS II kategorisinde yer aldığı görülmüştür. Kontrol harç numunelerinin basınç dayanım değeri, polimer katkılı kompozit yapıdaki harç örneklerine göre daha yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Bu sonuç, kontrol harçlarının yüksek birim hacim kütleleri ile açıklanabilir. Bugün inşaat endüstrisinde dolgu amaçlı harçlarda ve özellikle yalıtım amaçlı olarak kullanılacak dış ve iç cephe sıva harçlarında basınç dayanım değerlerinin çok yüksek olmadığı bilinmektedir. Genellikle bu harç türlerinde basınç dayanım sınıfı CS I, CS II ve nadiren CS III kategorilerinde yer aldığı bilinmektedir [20]. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen

bulgulara göre, özellikle polimer bileşenli harç gruplarının ısı yalıtımlı harç statüsünde değerlendirilebileceğini söylemek mümkündür.



Şekil 4. Kompozit harç örneklerinin birim hacim ağırlık-basınç dayanımı ilişkisi

3.4 Kılcal (Kapiler) Su Emme Analizi

Yalıtım amaçlı kompozit yapıdaki harçlar, inşaat endüstrisinde ki uygulamalarda genellikle dış ortam koşullarında kullanılabilecek özellikte olabilmelidir. Bu nedenle bu tür malzemelerin kapiler olarak yükselen suya karşı direnç göstermesi önemlidir. Bu tür uygulamalarda kompozit harç ürünlerinin sertleştikten sonra su emme değerlerini düşük tutmak ve hidrofobik bir yapı kazandırmak amacıyla taze harç içerisine oleik asit ve stearik asit bileşenli polimer katkıları kullanılmaktadır [21, 22]. Bu bağlamda, bu çalışmada da kompozit yapıdaki harçlar içerisine su itici polimer katkıları kullanılarak özellikle dış cephede kullanılacak harç formları için hidrofobik bir yapı kazandırılmıştır. DeneySEL çalışmalarda elde edilen sertleşmiş harç numunesine ait görünüm Şekil 5’de verilmiştir. TS EN 998-1 standardında harç gruplarının kılcal (kapiler) su emme değerleri için, 3 ayrı sınıf öngörülmüştür (W0-W2). Bu sınıflarda kılcal su emme değerleri aşağıdaki verilmiştir.

W0 Kılcal (Kapiler) Su Emme Sınıfı: Belirlenmiş değer yoktur

W1 Kılcal (Kapiler) Su Emme Sınıfı: $c \leq 0.40 \text{ kg/m}^2.\text{dak}^{0.5}$

W2 Kılcal (Kapiler) Su Emme Sınıfı: $c \leq 0.20 \text{ kg/m}^2.\text{dak}^{0.5}$



Şekil 5. Polimer bileşenli sertle mi  harç örneğinin hidrofob yapısına ait bir görünüm

Bu çalışmada hazırlanan sertle mi  sıva  rne lerinin kapiler su emme analizleri TS EN 1015-18 [23] standardının  ng rd   prensipler çerçevesinde yapılmıştır. Analiz sonuçları irdelendiğinde, polimer bileşenli kompozit harç  rne lerinin kapiler su emme değerleri $0,328 \text{ kg/m}^2.\text{dak}^{0.5}$ - $0,249 \text{ kg/m}^2.\text{dak}^{0.5}$ aralığında kaldığı görülmüş olup, W1 sınıfı kategorisinde değerlendirilebilmektedir. Kontrol harç  rne lerinde ise kapiler su emme değeri $1,620 \text{ kg/m}^2.\text{dak}^{0.5}$ olarak belirlenmiş olup W0 kategorisinde yer aldığı görülmüştür. Özellikle yalıtım amaçlı su geçirimsiz harçların standarda göre W1 ve W2 kategorisinde yer alması öngörülmüştür. Kontrol harçlarında su emme değerinin yüksek çıkmasını, vermikülit agregasının su tutma özelliğinin yüksek olması ve polimer katkı kullanılmamasıyla ili kilendirebiliriz. Bu çalışmada elde edilen polimer bileşenli kompozit yapıdaki bütün harçların su geçirimsiz formda hidrofobik bir yapı sergilediği görülmüştür.

3.5 Isı İletkenlik Analizi

Bu çalışmada, yapılan diğer bir irdeleme ise vermikülit agreganın polimer bileşenli kompozit yapıdaki harç uygulamalarında ısı yalıtım açısından değerlendirilmesidir. TS EN 998-1 standardına göre, ısı yalıtımı sağlayan harç grupları için 2 ayrı sınıf belirtilmiştir (T1-T2). Bu sınıflama, harç türlerinin ısı iletkenlik değerleri bağlamında yapılmış olup, sınır değerler aşağıdaki şekilde verilmiştir.

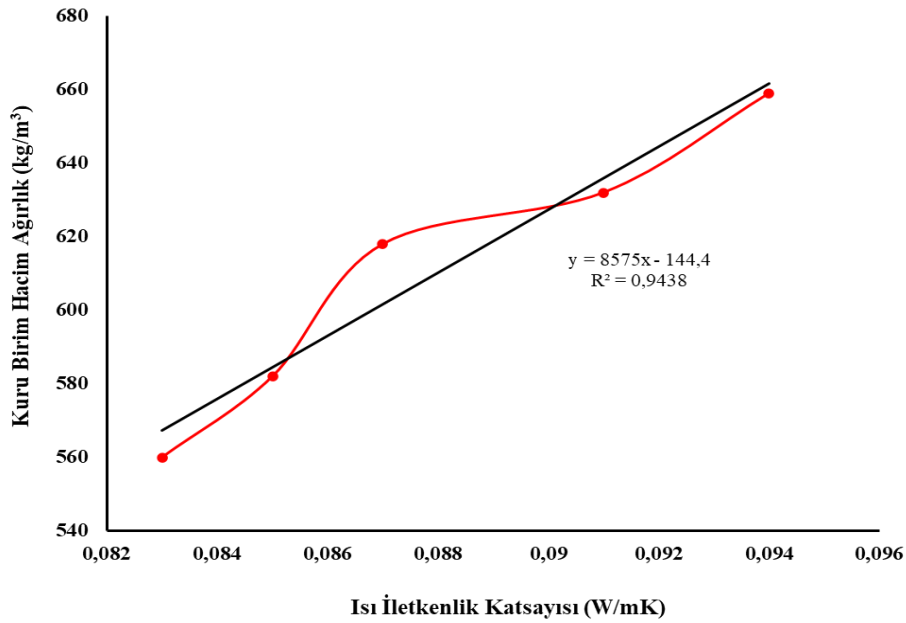
T1 Sınıfı - Isıl İletkenlik Değeri : $\leq 0.10 \text{ W/mK}$

T2 Sınıfı - Isıl İletkenlik Değeri : $\leq 0.20 \text{ W/mK}$

Bilindiği üzere, ısı her zaman sıcaktan so u a doğru geçerek bir denge oluşturma eğilimindedir. Katı malzemelerde ısı geçişine, ısı iletkenlik katsayılarına ve kalınlıklarına bağlı olarak

bir direnç gösterirler. Bir başka ifadeyle, en genel anlamda ısısal performans ısı geçişini azaltan bir dirençtir. Bunu sağlayan malzemelere de ısı yalıtım malzemesi adı verilmektedir. Isı yalıtımı sağlayan malzemelerin en önemli özelliği ısı iletkenlik katsayılarıdır. Bir malzemenin ısı iletkenlik katsayı değeri ne kadar düşük ise, bu malzemenin ısı yalıtım özelliği o kadar iyileşmektedir [13]. Polimer katkılı harç örneklerinin ısı iletkenlik değerleri ile kuru birim hacim ağırlık arasındaki ilişki grafiksel olarak analiz edilmiş olup Şekil 6’da verilmiştir.

TS EN 998-1 standardında öngörüldüğü üzere, bir harç malzemesinin ısı iletkenlik değerinin yukarıda sözü edilen iki kategoriden birinde yer alması o harcın uygulamalarda ısı yalıtımı da sağlayan harç olduğunu simgelemektedir. Bu bağlamda, bu çalışmada elde edilen bütün harç örneklerinin ısı iletkenlik değerleri “*Mahfazalı Sıcak Kutu*” yöntemine göre ölçülmüş olup, sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir.



Şekil 6. Sertleşmiş harç örneklerinin kuru birim hacim ağırlık-ısı iletkenlik katsayısı arasındaki ilişki

Analiz sonuçları incelendiğinde, artan dolgu malzemesi miktarı ve azalan vermikülit agrega miktarına bağlı olarak polimer katkılı kompozit yapıdaki harç örneklerinin ısı iletkenlik katsayı değerleri artmaktadır. Harç örneklerinin (K₁-K₅) ısı iletkenlik katsayı değerleri 0,083 W/mK - 0,094 W/mK arasında ölçülmüş olup TS EN 998-1 standardına göre T1 grubu harç kategorisinde yer aldığı görülmüştür. Kontrol harç örneklerinin ısı iletkenlik katsayı değeri ise 0,156 W/mK olup, T2 grubu harç kategorisinde yer almaktadır. Kontrol harç örnekleri de (K₀) ısı yalıtımlı harç gruplarına dahil edilebilir. Ancak polimer katkılı harç serilerinin (K₁-K₅) ısısal performans olarak daha iyi sonuçlar verdiğini söylemek mümkündür. Kompozit harç örneklerinde kullanılan vermikülitlerin ısısal işlem

sonucunda bünyesinde meydana gelen boşluklar sertleşmiş harca yalıtkan özellik kazandırmıştır. Ayrıca harç içerisindeki hava sürükleyici ve diğ r polimer katkılar da sertleşmiş harç örneklerinin kuru birim hacim ağırlıklarını düşürerek ısısal performans özelliklerini artırmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada ısıl işleme maruz bırakılarak genleştirilmiş 0-2 mm boyutlu vermikülit agregalarının kompozit yapıdaki harcın fiziko-mekanik ve termal özelliklerine etkisi ayrıntılı bir şekilde analiz edilmiştir. Ayrıca polimer katkılarının harca kattığı özelliklerde gözlemlenmiştir. Deneyssel alışmalar kapsamında, genleştirilmiş vermikülit agregalarının ana hammadde olarak kullanıldığı polimer bileşenli kompozit yapıdaki (K₁-K₅) harç örnekleri üzerinde bir dizi teknik analizler yapılmıştır. Öncelikle polimer bileşen içermeyen ve piyasadan temin edildiği şekliyle ham vermikülitlerin ana hammadde olarak kullanıldığı kontrol harç örnekleri elde edilmiş ve bu örnekler üzerinden elde edilen bulgular karşılaştırma kriteri olarak kullanılmıştır.

Deneyssel çalışmada genellikle yorumlamalar, harç karışımlar içerisindeki artan vermikülit agrega miktarına karşılık azalan dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak yapılmıştır. İlk olarak kuru birim hacim ağırlık analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda polimer bileşenli harç örneklerinin, kontrol harç örneklerine göre yaklaşık olarak %28 civarında daha hafif olduğu saptanmıştır. Isıl işlem görmüş vermikülit agregalarıyla üretilen harçların kuru birim hacim ağırlık değerlerinin daha düşük olduğu da görülmüştür. Literatür araştırmaları ve daha önce yapılan ArGe alışmaları neticesinde görülmüştür ki; kompozit yapıda ısı yalıtımlı harç üretmek için genellikle kuru birim hacim ağırlık değerlerinin 800 kg/m³ civarında olduğu tecrübe edinilmiştir. Bu çalışmada üretilen bütün harçların birim hacim ağırlık sonuçları bu değerin altında tespit edilmiştir. Harçlar içerisinde ince boyut genleşmiş perlit agreganın ek materyal olarak kullanılması da sertleşmiş harçların yoğunluğunun düşürülmesinde önemli bir katkı sağlamıştır.

Çalışmada yapılan ikinci bir irdeleme ise, basınç dayanım analizidir. Kontrol  rneklerinin, polimer bileşenli harç örneklerine göre daha mukavemetli olduğu görülmüştür. Bu durum kontrol örneklerinin yüksek birim hacim ağırlıkları ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca yalıtım amaçlı olarak üretilen harçlarda çok yüksek mukavemet değerleri aranmamaktadır. Buna rağmen, polimer bileşenli harç örnekleri de TS EN 998-1 standardının öngördüğü dayanım sınıfları içerisinde yer almaktadır.

Bu çalışmada ki diğ r bir irdeleme ise, kompozit harç örneklerinin su emme değerlerini düşürmek, su geçirimsiz hidrofobik bir yapı sergileme özelliğine sahip olması amacıyla karışımlarda farklı oranlarda su itici polimer katkı kullanılmıştır. %2,8 ile en yüksek su itici katkının kullanıldığı seride, kapiler su emme değer 0,249 kg/m².dak^{0.5} değerinde ölçülmüştür. Dolayısıyla kontrol harç

örneklerine göre harcın kılcal (kapiler) su geçirimsizlik özelliği %85 oranında iyileşmiştir. Vermikülit çok fazla su tutan bir malzeme olmasına rağmen karışımlarda kullanılan su itici katkı harca hidrofob özellik kazandırmıştır.

Çalışmada son irdeleme ise, harç örneklerinin binalarda iç ve dış cephe sıva uygulamaları açısından ısısal performans özelliklerinin değerlendirilmesidir. Deneysel çalışmalardan elde edilen bulgulara göre polimer bileşenli harç gruplarının TS EN 998-1 standardına göre T1 kategori sınıfında, polimer bileşensiz kontrol harç örneklerinin ise T2 kategori sınıfında yer aldığı görülmüştür. Her iki harç grubunun da bu standarda göre ısı yalıtımlı harç grubu kategorisine dahil edilebileceği görülmüştür. Ancak polimer bileşenli harç örnekleri, kontrol harç örneklerine göre %47 oranında daha yalıtımlı yani ısısal performans özelliğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada deneysel çalışmalardan elde edilen teknik bulgular, TS EN 998-1 standardı kapsamında değerlendirildiğinde T grubu ısı yalıtım harçlarında aranılan tüm özellikleri sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca konu ile ilgili uluslararası literatür taramaları da yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda genellikle bu kapsamda üretilen harçların ana hammaddesini pomza, genişmiş perlit, volkanik curuf gibi malzemelerin oluşturduğu görülmüştür. Ancak; Gündüz ve diğ. 2018 yılında yapmış oldukları bir çalışmada; farklı sıcaklıklarda geliştirilmiş vermikülit agregaları ve farklı oranlarda volkanik kül malzeme kullanarak ısı yalıtım amaçlı kompozit harçlar üretmişlerdir. Bu harç örneklerinin kuru birim hacim ağırlık değerleri 556 kg/m^3 - 877 kg/m^3 , basınç dayanım değerleri $0,48 \text{ N/mm}^2$ - $2,21 \text{ N/mm}^2$, ısı iletkenlik katsayı değerleri ise $0,052 \text{ W/mK}$ - $0,084 \text{ W/mK}$ arasında ölçülmüştür. Bu makale çalışmamızda ise ilgili standartlar kapsamında geliştirdiğimiz harçların elde edilen teknik bulguları ile karşılaştırma yaptığımızda benzer sonuçların elde edildiği ve T grubu ısı yalıtımlı harç kategorilerinde değerlendirilebileceği görülmüştür.

Elde edilen tüm bu sonuçlara göre, vermikülit agregaları yüksek sıcaklığa maruz bırakıldığında agregalarda önemli oranlarda açılma gerçekleşerek genleşme özelliği gösterdikleri görülmüştür. Bu durum vermikülit agregalarının yoğunluklarını daha da düşürmüş ve dolayısıyla harç içerisinde kullanıldıklarında, harcın birim hacim ağırlığını da önemsenecek oranlarda düşürdüğü görülmüştür. Ayrıca ısı işlem görerek tıpkı bir akordiyon gibi açılan vermikülit agregaları içerisinde, boşluklar oluşmuş bu durumda harca yalıtkanlık özellik kazandırdığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada karışım kombinasyonları dizayn edilirken çimento oranları, polimer katkıları ve diğer bileşenler sabit tutularak mukayese edilebilmesi sağlanmıştır. Başka çalışmalarda bu oranlar ve katkı malzemeleri değiştirilerek farklı karışım kombinasyonları elde etmek mümkündür. Ayrıca vermikülit hammaddesi yerine başka doğal veya suni agregalar ana hammadde olarak kullanılmasıyla farklı sonuçlar elde edilebilir. Bu makale çalışmada, ülkemizde sadece tarım sektöründe kullanıldığı bilinen vermikülit agregasının inşaat endüstrisinde ki bazı uygulamalarda kullanılabileceği de tespit edilmiştir. Böylece

bu çalışma ile bundan sonra konu ile ilgili araştırma yapacak bilim insanlarına önemli katkılar sağlaması hedeflenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, TÜBİTAK 2242 Üniversite Öğrencileri Araştırma Proje Yarışmalarında Enerji ve Çevre Kategorisinde 2020 Yılı Konya Bölgesi Derecelerinde, İkincilik almıştır. TÜBİTAK'a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz (Başvuru numarası: 1139B422001184, Başvuru dönemi: 2020/1, 13.03.2020).

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Esmehan ÇAPUN: Deneysel çalışma, test ve verilerin toplanması, yazma ve düzenlemede yardımcı. Nükhet ŞAPCI: Çalışma metodolojisinin geliştirilmesi, veri kontrol, yazma ve düzenleme, gözetim ve liderlik sorumluluğu, analiz, inceleme ve sonuçların yorumlanması.

KAYNAKLAR

- [1] Ş. O. Kalkan, L. Gündüz, “Açılmış Vermikülit Agregaların Kompozit Yapılı Sıva Harçlarında Harcın Termal Özelliklerine Etkisi”, 3. *Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi Bildiriler Kitabı*, 4-5 Mayıs 2018, pp. 225-226.
- [2] C. J. Kibert, “Green Buildings: An Overview of progress”, *Journal of Land Use and Environmental Law*, vol. 19, no. 2, pp. 491-502, 2003.
- [3] N. Şapcı, M. Karcı, M. Şahin, L. Gündüz, H. Ceylan, “Mikronize Andezitin Yalıtım Amaçlı Kompozit Harç Üretiminde Değerlendirilmesi Üzerine Teknik Bir Analiz”, 5. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 1-2 Aralık 2009, pp. 77-88.
- [4] H. Shoukry, M. F. Kotkata, S. A. Abo-El-Enein, M. S. Morsy, S. S. Shebl, “Enhanced Physical, Mechanical and Microstructural Properties of Lightweight Vermiculite Cement Composites Modified with Nano Metakaolin”, *Construction and Building Materials*, vol. 112, pp. 276-283, 2016.

- [5] F. Koksall, O. Gencel, M. Kaya, “Combined Effect of Silica Fume and Expanded Vermiculite on Properties of Lightweight Mortars at Ambient and Elevated Temperatures”, *Construction and Building Materials*, vol. 88, pp. 175-187, 2015.
- [6] H. Binici, A. H. Sevinç, V. Efe, “The Production of Insulation Materials Made with Waste Newsprint”, *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, vol. 30, no. 2, pp.13-23, 2015.
- [7] S. Abidi, B. Nait-Ali, Y. Joliff, C. Favotto, “Impact of Perlite, Vermiculite and Cement on The Thermal Conductivity of a Plaster Composite Material”, *Experimental and numerical approaches. Composites: Part B*, vol. 68, pp. 392-400, 2015.
- [8] O. Gencel, J. J. D. C. D. Diaz, M. Sutcu, F. Koksall, F. P.A. Rabanal, G. Martinez-Barrera, W. Brostow, “Properties of Gypsum Composites Containing Vermiculite and Polypropylene Fibers: Numerical and Experimental Results”, *Energy and Buildings*, vol. 70, pp. 135-144, 2014.
- [9] O. Chung, S. G. Jeong, S. Kim, “Preparation of Energy Efficient Paraffinic Pcms/Expanded Vermiculite and Perlite Composites for Energy Saving in Buildings”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 137, pp. 107-112, 2015.
- [10] P. Demirçivi, G. N. Saygılı, “Sorption Isotherms and Modeling Studies of Hdtma for Adsorption onto Vermiculite, Perlite and Zeolite Clays”, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, vol. 32, pp. 311-320, 2014.
- [11] L. Gündüz, Ş. O. Kalkan, A. M. İsker, “A Technical Analysis on The Effect of Exfoliated Vermiculite Aggregate on Thermal Comfort Parameters of Composite Mortars for Insulation Purposes” in Proc. *3rd International Energy & Engineering Congress*, 18-19 October, 2018, Gaziantep University, pp. 706-722.
- [12] TS EN 998-1 Kâğır Harı-Özellikler, “Bölüm 1: Kaba ve İnce Sıva Harcı”, Ankara, TSE, Şubat, 2006.
- [13] L. Gündüz, Ş. O. Kalkan, Diatomit Agregaların Çimento Esaslı Hafif Harç Özelliklerinin Gelişimine Etkisi, “8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu Bildiriler Kitabı”, 13-14 Ekim 2016, pp. 284-294.
- [14] Ş. Tapık, “Sivas-Yıldızeli Yöresi Vermikülit Hammaddesinin Seramik Sektöründe Kullanımının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 2019.
- [15] M. Kaya, “Genleştirilmiş Vermikülit Kullanılarak Üretilen Silis Dumanı Katkılı Çimento Esaslı Kompozitlerin Yüksek Sıcaklık Dirençleri”, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yozgat, 2011.
- [16] ASTM C230 / C230M-08. “Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement”, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2005.
- [17] L. Gündüz, M. Bekar and N. Şapcı, “Influence of a new type of additive on the performance of polymer-lightweight mortar composites”, *Cement and Concrete Composites*, vol. 29, no. 8, September, pp. 594-602, 2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.03.007>.
- [18] TS EN 1015-10, Kâğır Harcı-Deney Metotları, “Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlesinin Tayini”, Ankara, TSE, Nisan, 2001.
- [19] TS EN 1015-11, Kâğır Harcı - Deney Metotları, “Bölüm 11: Sertleşmiş Harcın Basınç ve Eğilme Dayanımının Tayini”, Ankara, TSE, Ekim, 2000.
- [20] N. Şapcı, “Technical Evaluation of Composite Component Mortars in the Production of Cement-Based Exterior Coating Materials”, *El-Cezerî Journal of Science and Engineering*, vol. 8, no. 21, pp. 981-993, 2021, doi: <https://doi.org/10.31202/ecjse.904032>.

- [21] Ő. O. Kalkan, L. G  nd  z, ‘‘Hafif Agregalı Kompozit Har  ların Hidrofobluk   zelliğinin Geliştirilmesinde Biopolimer Katkı Kullanımı   zerine Bir İnceleme’’, *Uluslararası Yapılarda Kimyasal Katkılar 5. Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, 19-20 Ekim 2017, pp. 269-285
- [22] N. Şapcı, L. G  nd  z, ‘‘Kayseri B  lgesi Pomza Oluşumlarının Yalıtımlı Kompozit Har     retiminde Kullanımı   zerine Bir İnceleme’’, in *Proc: International Symposium of Scientific Research and Innovative Studies ISSRIS’21*, Bandırma Onyed   Eyl  l   niversitesi, 22-25 Şubat 2021, pp. 69-83
- [23] TS EN 1015-18 K  g  r harcı - Deney Metotları, ‘‘B  l  m 18: Sertleşmiş Harcın Kapiler Etkiler Esnasında Su Emme Katsayısının Tayini’’, Ankara, TSE, Ocak, 2004.

Copyright    2022   apın and Şapcı. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).