

Atık Mukavva, Alçı, Pomza, Perlit, Vermikülit ve Zeolit ile Yapılan Kompozitlerin Yangın Direncinin Araştırılması

Hanifi BİNİCİ*¹

¹*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş*

Geliş tarihi: 29.11.2015

Kabul tarihi: 22.04.2016

Özet

Bu çalışmada, atık mukavva, alçı, pomza, perlit, vermicülit ve zeolit ile yapılan kompozitlerin yangın direnci ASTM E 160-50'ye göre belirlenmiştir. Numunelerin birim hacim ağırlıkları, su emme oranları ile ısı iletim katsayısı ve ultra ses geçirgenlik katsayısı bulunmuştur. Atık mukavva, alçı, pomza, perlit, vermicülit ve zeolit ile yapılan kompozitlerin ısı iletim ve ultra ses geçirgenlik katsayısı oldukça düşük bulunmuştur. Test sonuçlarına göre en uzun yanma süresi üçlü karışımlardan elde edilmiştir. En kısa sürede yanan örnekler ise ikili karışımlardan özellikle alçı ve perlit katkılı olan örneklerdir. Sonuç olarak, atık mukavvanın alçı, pomza, perlit, vermicülit ve zeolitin ikili ve üçlü karışımlarıyla elde edilen kompozitlerin yangına yeterli direnç gösterdiği ve yanmayı geciktirdiği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yangın, Atık mukavva, Alçı, Pomza, Perlit, Vermikülit, Zeolit

The Investigation of Fire Resistance of Composites Made with Waste Cardboard, Gypsum, Pumice, Perlite, Vermiculite and Zeolite

Abstract

In this paper, fire resistance of the composite made with waste cardboard, gypsum, pumice, perlite, vermiculite and zeolite was determined according to ASTM E 160-50. Unit weight, water absorption rate, ultra sonic penetration, heat conductivity and permeability coefficient of the samples was found. Thermal conductivity, ultra-sound transmission coefficient of composites made with zeolite, waste cardboard, plaster, pumice, perlite and vermiculite is very low. According to the test results the longest burn time were obtained from the triple mixes. Fire resistance of gypsum and perlite binary mixtures was lowest. As a result, it was found that the ternary and binary mixture made with waste cardboard, gypsum, pumice, perlite, vermiculite and the zeolite showed enough resistance to fire and by delaying burning.

Keywords: Fire, Waste cardboard, Gypsum, Pumice, Perlite, Vermiculite, Zeolite

* Yazışmaların yapılacağı yazar: Hanifi Binici, *Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş. hbinici@ksu.edu.tr*

1. GİRİŞ

Ateş, insanlığın ilk çağlarından günümüze kadar ulaşan en önemli gelişmedir. İnsanoğlu 4000 yıldır ateşin bulunmasıyla beraber madenleri işleyip şekillendirmişler ve ateşi kontrol altında tutabildikleri sürece, kedilerine fayda sağlamışlardır. Ancak ateşin kontrol edilememesiyle de büyük yangınlar çıkmış ve şehir ölçeğindeki tahribatlara yol açmıştır [1-3]. Yangın, maddenin ısı ve oksijenle birleşmesi sonucu oluşan yanma reaksiyonlarının neden olduğu doğal afettir. Yangınların oluştuğu coğrafik alanda maddi hasarlara neden olmasından ziyade, orada yaşayan canlılar ve çevre dengesi üzerinde son derece olumsuz etkileri vardır.

Yangında sıcaklığın artması sonucu atomların titreşmesi ile atomlar arası bağları uzamaya başlar. Bu ise, bazı malzemelerin genleşme veya yumuşama-erime gibi değişimlere uğramasına neden olur. Zira yangın esnasında sıcaklığın artmasıyla ortaya çıkacak ısı enerjisi, kristalli malzemelerden metal ve taşların; amorf yapıları olanlardan zeolit ve plastiklerin; karma yapıları olanlardan beton, seramik gibi malzemelerin iç yapılarını etkilemektedir. Malzeme ısınarak suyunu kaybettiğinde ısıya bağlı olarak iç gerilmeler ve çatlaklar artar, dağılma etkisi yaratır [4]. Yanma, maddenin ısı ve oksijenle birleşmesi sonucu oluşan kimyasal bir olaydır. Yanma olayının oluşabilmesi için madde, ısı ve oksijenin bir arada olması gerekir. Yangınlar aşağıdaki sınıflar içerisinde tanımlanmaktadır.

A Sınıfı Yangınlar: Katı madde yangınlarıdır. Soğutma ve yanıcı maddenin uzaklaştırılması ile söndürülebilir.

B Sınıfı Yangınlar: Yanabilen sıvılar bu sınıfa girer. Soğutma ve boğma ile söndürülebilir.

C Sınıfı Yangınlar: Likit petrol gazı, hava gazı, hidrojen gibi yanabilen çeşitli gazların yanması ile oluşan yangınlardır.

D Sınıfı Yangınlar: Yanabilen hafif metallerin ve alaşımların yanmasıyla meydana gelen

yangınlardır. Kuru kimyevi tozlar bu yangınları söndürmede kullanılırlar [5, 6].

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bir malzeme yanmaya başladığında ısı ortaya çıkarır ve malzemenin kendisi yanıcı ise bu malzemenin yanma sıcaklığı çok daha fazla olur [7]. İnsanların temel gereksinimlerinden biri de yangın güvenliğidir. Yangınlar insan hayatını ve can güvenliğini tehdit eden en önemli olaylardan biridir. Örneğin, dünyada kişi başına en çok enerji kullanan ilk üç ülke ABD, Kanada ve İngiltere'de istatistiklere göre yangın nedeni yıllık can kaybı, diğer ülkelere göre daha fazladır. Dolayısıyla teknoloji ilerledikçe ve endüstri alanında gelişmeler oldukça, ortaya çıkacak yangın olaylarında da artışlar olabilecektir. Bu nedenle hem ulusal boyutta hem de uluslararası boyutlarda var olan yangın güvenlik önlemlerini sürekli gözden geçirmek ve geliştirmek zorunludur [8]. Bu önlemlerin başında yangına daha dirençli malzeme üretimi gelmektedir. Özellikle yük taşıyıcı elemanların dışında diğer elemanların da yangın performansının dikkate alınması gerekir [4].

Yapı malzemelerinin yangına dirençli hale getirilmesi çalışmaları son yıllarda artış göstermiştir. Kuvars ve kumtaşı yerine cüruf, perlit, sünger taşı gibi hafif agregalar kullanılması yangın dayanım gücünü artıracaktır [9]. Dış duvarların yanma hızının en ve boyca caddeye açık binalarda bir saat, bina ile kapalı caddeye yüzü olmayan binalarda ise en az iki saat olması gerekmektedir. Bu sürenin sağlanması için, yapı elemanları arasında istenilen yanma süresine göre kalınlıkları belirlenmiş ateşe dayanıklı dolgu malzemeleri kullanılmaktadır. Örneğin bir saat süreli 800°C sıcaklık için; 5,3 cm kalınlıkta diatomit, 3,8 cm kalınlıkta vermicülit veya 4,3 cm kalınlıkta süngertaşı kullanılması yeterlidir. Dört saat süreli 1000°C sıcaklık için kalınlık olarak 12,5 cm perlit, 12 cm diatomit, 8 cm vermicülit, 9,2 cm süngertaşı veya taş veya cam yünü levhaları yeterlidir [10, 11].

Bu çalışmada atık mukavva, alçı, pomza, perlit, vermicülit ve zeolit ile yapılan kompozitlerin yangın direnci araştırılmıştır. Son yıllarda atıkların

geri dönüşümü büyük önem kazanmıştır. Diğer yandan enerjiye olan ihtiyaç ta ortadadır. Ayrıca, hem yeterli yalıtım özelliği olan hem de yangına direnç gösteren malzemelerin araştırılması gereği vardır. Bu çalışma ile farklı mineral ve atık mukavvalardan uygun malzeme üretimi amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Atık Mukavva

Kağdın ana hammaddesi odundur ve odun ise ya iğne yapraklı veya yapraklı ağaçlardan elde edilir. Kağdın önemli bir hammaddesi de atık kağıttır. Atık kağıt, herhangi bir amaçla kullanıldıktan sonra ve atılan her türlü kağıt, karton ve mukavvalara denir. Hızlı nüfus artışı, konforlu hayat şartlarının gelişmesi, şehirleşme ve toplumların eğitim seviyesine ambalajlama sanayisinin gelişmemesi, kağıt-karton tüketimini artırmıştır [12]. Çalışmada kullanılan mukavvalar okuldaki atıklardan elde edilmiştir.

3.1.2. Alçı

Çalışmada toz şeklinde susuz alçı kullanılmıştır.

3.1.3. Pomza

Pomza boşluklu, volkanik olaylar sonucu oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, camsı, volkanik bir kayadır. Yüksek oranda ve birbiriyle bağlantılı olmayan gözenekler içeren, %50'ye yakın nem suyu bulduran ve toz haline getirildiğinde oldukça sert malzeme özelliği kazanan, ısı ve ses yalıtkanlığına, uygun basınç dayanımına sahip malzemedir. Pomzalar asidik veya bazik bileşimli olabilir [13]. Çalışmada kullanılan bazik pomza Osmaniye bölgesinden alınmıştır.

3.1.4. Perlit

Özellikle inşaat sektörü alanında önemli bir işleve sahip olan perlit, yapı malzemesi olarak kullanılan

bir maddedir. İçeriğinde %74 civarında SiO₂ %15 civarı bir oranda da Al₂O₃ bulunur [14]. Volkanik karakterli bir maddedir. Çok hafif olması en önemli özelliğidir. Yapı malzemesi olarak kendine alternatif olan madde ve karışımlara oranla %50 oranında daha hafiftir. Çalışmada kullanılan genleştirilmiş perlit Niğde'den temin edilmiştir.

3.1.5. Vermikülit

Vermikülit, volkanik magma kaynaklarından elde edilen bir mineraldir. Yüksek ısı ile işlenerek hacmi genişler, geçirgenliği artar ve hacim ağırlığı belirgin bir şekilde düşerek şekil değiştirir. Vermikülit, mikanın doğal aşınmasıyla oluşmuş magnezyum alümino silikat kil mineralidir. Bir kil minerali olan vermikülit Sivas-Yıldızeli'nden temin edilmiştir.

3.1.6. Zeolit

Zeolitler alüminyum ve silis içeren minerallerin çeşitli reaksiyonları sonucu oluşmuştur. Zeolitler kafes yapılarında alüminyum, silis ve oksijen, gözeneklerinde ise katyon ve su içeren mikro gözenekli kristal katılardır. Silis ve alüminyum atomları ortak oksijen atomu sayesinde birbirlerine tetrahedral olarak bağlanmışlardır [15, 16]. Çalışmada kullanılan zeolit Manisa Gördes'ten temin edilmiştir. Zeolitler alkali ve toprak alkali elementlerin kristal yapıya sahip alüminyum silikatlarıdır [17]. Malzemelerin fiziksel özellikleri Çizelge 1'de ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Karışımların Hazırlanması

Öncelikle atık mukavva kağıtları 24 saat su içerisinde bekletilerek yumuşaması sağlanmıştır. Geçen süreden sonra yeteri kadar yumuşayan kağıt homojen duruma gelmesi ve hamur olması için mikser ile iyice karıştırılmıştır. Hamurun kıvamını ve fazla suyun alınması için mikro delikli bez süzmele suyu süzümüştür. Hazır olan kağıt hamuruna Çizelge 3'de verilen oranlarda alçı, pomza, perlit, vermikülit ve zeolit (Şekil 1) katılarak farklı numuneler üretilmiştir. Boyutları

16x16x4 cm örnekler hazırlanmış ve eşit miktarda sıkıştırılmıştır.

Çizelge 1. Malzemelerin fiziksel özellikleri

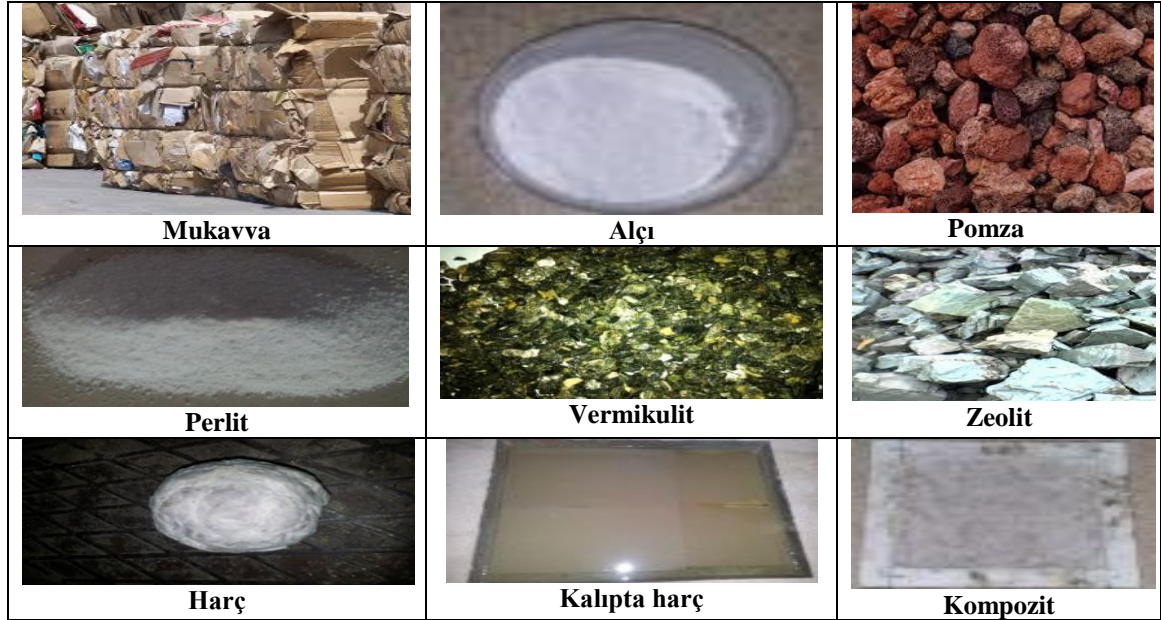
Malzeme	Birim hacim ağırlık (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	Elek analizi (%)	
			90 µm nolu elek üzerinde kalan	200 µm nolu elek üzerinde kalan
Alçı	2,24	2300	0,06	0,4
Pomza	1,870	2500	0,05	0,6
Perlit	0,678	2400	0,06	0,5
Vermikülit	0,455	2600	0,03	0,7
Zeolit	2,183	2600	0,05	0,3

Çizelge 2. Malzemelerin kimyasal içerikleri

Malzeme	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Pomza	43,6	14,8	12,6	9,8	8,9	1,1	1,6
Perlit	67,1	11,8	3,7	1,2	0,2	1,5	0,8
Vermikülit	44,3	12,4	13,5	-	12,2	1,4	1,1
Zeolit	67,1	11,8	1,5	2,2	1,2	2,5	2,9

Çizelge 3. Karışım miktarları (g)

Numune no	Mukavva	Alçı	Pomza	Perlit	Vermikülit	Zeolit	Su
MA10	200	20	-	-	-	-	25
MA20	200	40	-	-	-	-	25
MAPO10	200	-	20	-	-	-	25
MAPO20	200	-	40	-	-	-	25
MPE10	200	-	-	20	-	-	25
MPE20	200	-	-	40	-	-	25
MV10	200	-	-	-	20	-	25
MV20	200	-	-	-	40	-	25
MZ10	200	-	-	-	-	20	25
MZ20	200	-	-	-	-	40	25
MA10Z10	200	10	-	-	-	10	25
MA20Z20	200	20	-	-	-	20	25
MPO10V10	200	-	10	-	10	-	25
MPO20V20	200	-	20	-	20	-	25
MPE10V10	200	-	-	10	10	-	25
MPE20V20	200	-	-	20	20	-	25
MPO10V10Z10	200	-	10	-	10	10	30
MPO20V20Z20	200	-	20	-	20	20	30
MPE10V10Z10	200	-	-	10	10	10	30
MPE20V20Z20	200	-	-	20	20	20	30



Şekil 1. Malzemeler ve üretilen kompozit

3.2.2. Birim Hacim Ağırlığı ve Su Emme Oranı

Üretilen örneklerin birim hacim ağırlıkları TS EN 2823'e göre ve su emme değerleri ise ASTM C 67-03'e göre bulunmuştur.

3.2.3. Ultrasonik Ses Geçirgenliği ve Isı İletim Katsayısı

Üretilen kompozitin ısı iletim katsayısı KEM marka QTM-500 model termal iletkenlik cihazı ile ölçülmüştür. Termal iletkenlik tayini deneyi ASTM C 1113-90'a göre yapılmıştır. Ultrasonik test cihazının kullanılmasıyla, malzeme içerisine gönderilen P ve S dalgalarının malzemenin bir yüzeyinden diğerine geçme süresi ölçülmekte, dalga hızı hesaplanmaktadır. Hesaplanan ses üstü dalga hızı ile malzemenin basınç dayanımı ve diğer özellikleri arasındaki ilişki yaklaşık olarak elde edilebilmektedir [18]. Numunenin bir yüzeyinden içeriye gönderilen ses üstü dalganın, bloğun diğer bir yüzeye ne kadar zamanda geçtiği ölçüldükten sonra, dalga hızı Eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır:

$$V = (S/t) \cdot 10^6 \quad (1)$$

Burada; V = Dalga hızı (km/ sn), S= Proplar arası mesafe (Malzeme bloğunun ses üstü dalga gönderilen yüzeyi ile dalganın alındığı yüzeyi arasındaki mesafe, kilometre), t= Dalganın gönderilmiş olduğu malzeme yüzeyinden, alındığı yüzeye kadar geçen zamandır (sn) [19]. Bu deneyde numunelerin karşılıklı olarak pürüzsüz yüzeyleri belirlenmiş ve pundit cihazının iki başlığı gres yağı ile yağlanmıştır. Yağlanan bu iki başlık numunenin yüzeyine karşılıklı gelecek şekilde sabitlenmiş ve sonra pundit cihazının okumaları yapılmıştır. Bu okumaların en küçük olanı alınmış ve yukarıda verilen formül ile ultra ses hızı belirlenmiştir.

3.2.4. Yangın Direncinin Belirlenmesi

Üretilen malzemelerin yangın direnci kül fırınında değişik sıcaklıklarda ve standarda göre yapılmıştır.

3.2.4.1. Kül Fırınında Yakma İşlemi

Kür işleminin ardından numuneler 50, 100, 150 ve 200°C sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Numunelerin yüksek sıcaklıklarda ağırlık değişimleri belirlenmiştir.

3.2.4.2. ASTM E 160-50'e Göre Yangın Direnci

Yanma deneylerinde ASTM-E 60-50'de belirtilen esaslara uyulmuştur. Test ve kontrol örnekleri yakma işleminden önce $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%30\pm 5$ bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında $\%7$ rutubete ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir. Kontrol örneklerinden bir kısmının rutubeti $\%30$ olarak muhafaza edilmiştir. Deneyde 24 adet örnek 12 katta kare prizma şeklinde dizilerek yakılmıştır. İşlem sırasında gaz basıncı 0.5 kg/cm^2 sabit tutulmuştur. Ölçmeler alev kaynaklı, alev kaynaklı ve kor halinde olmak üzere üç aşamada yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Birim Hacim Ağırlığı ve Su Emme Oranı

Örneklerin birim hacim ağırlık ve su emme değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Birim hacim ağırlık ve su emme değerleri

Numuneler	Birim hacim ağırlık(g/cm^3)	Su emme (%)
MA10	1,48	78
MA20	1,51	71
MAPO10	1,69	81
MAPO20	2,15	76
MPE10	1,62	73
MPE20	1,68	69
MV10	1,79	74
MV20	1,35	45
MZ10	1,56	44
MZ20	2,88	47
MPO10V10	2,02	56
MPO20V20	1,25	41
MPE10V10	1,44	36
MPE20V20	1,64	30
MPO10V10Z10	1,45	43
MPO20V20Z20	1,52	35
MPE10V10Z10	1,57	45
MPE20V20Z20	1,63	32

Pomza, perlit, vermicülit ve zeolit ile üretilen yalıtım malzemelerinin birim hacim ağırlıkları

küçük iken su emme oranları daha yüksektir. Burada özellikle ikili karışımların göre üçlü karışımlarla üretilen kompozitlerin birim hacim ağırlıkları, daha büyük bulunmuştur. Pomza, perlit, vermicülit ve zeolit üçlü karışımlarıyla üretilen kompozitlerde katkı oranı arttıkça birim hacim ağırlık artarken su emme oranı azalmıştır. Alçı katkılı örneklerde ise katkı oranı arttıkça hem birim hacim ağırlık değerleri hem de su emme oranı artmıştır. Bu durum alçının yapısı ile açıklanabilir. Üçlü karışımlarla üretilen kompozitlerin da az su emmeleri bu minerallerin kompozit içerisinde dolgu etkisi yapmasının sonucudur. Bu sayede boşluk oranı azaldığından su emme oranı azalmıştır.

4.2. Ultrasonik Ses Geçirgenliği ve Isı İletim Katsayısı

Ultra ses geçiş hızları ve ısı iletim katsayıları Çizelge 5'de verilmiştir. Türk ve uluslararası standartlara göre bir malzemenin ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanması için onun sahip olduğu ısı iletkenlik katsayısının (λ) $0,1 \text{ W/mK}$ 'den küçük olması gerekir.

Çizelge 5. Ultra ses geçiş hızları ve ısı iletim katsayıları

Numuneler	Ultra ses geçiş hızları (km/s)	Isı iletim katsayıları (w/mK)
MA10	0,39	0,1061
MA20	0,31	0,1023
MAPO10	0,64	0,0194
MAPO20	0,61	0,0135
MPE10	0,65	0,0199
MPE20	0,62	0,0145
MV10	0,68	0,0205
MV20	0,66	0,0195
MZ10	0,63	0,0167
MZ20	0,69	0,0096
MPO10V10	0,75	0,0071
MPO20V20	0,72	0,0068
MPE10V10	0,75	0,0065
MPE20V20	0,71	0,0055
MPO10V10Z10	0,78	0,0051
MPO20V20Z20	0,79	0,0064
MPE10V10Z10	0,83	0,0068
MPE20V20Z20	0,86	0,0071

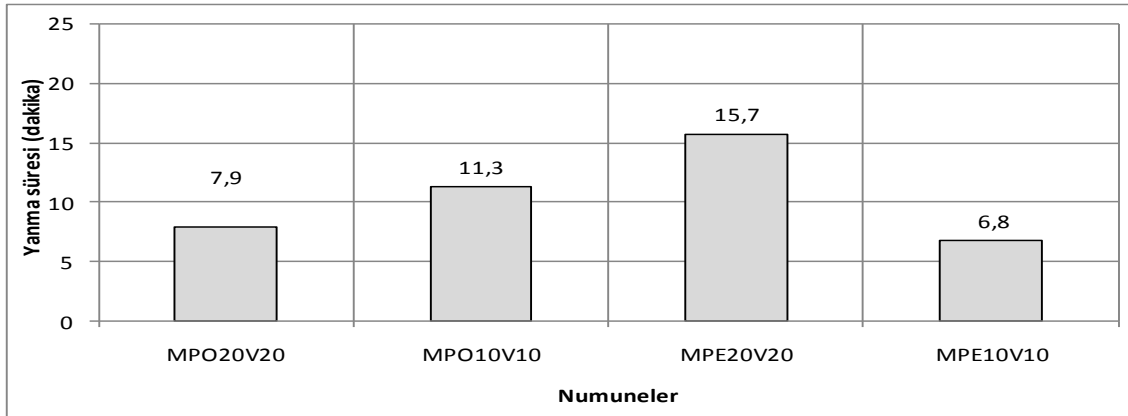
Çizelge 5 incelendiğinde MA10 ve MA20 örneklerin dışında tamamı yalıtım malzemesi kabul edilebilir. Örneklerin mikro yapılarının bir biriyle ilişkili veya ilişkisiz birçok boşluk içermesi nedeniyle ısı iletim katsayıları düşük bulunmuştur. Zira bu örneklerin ultrasonik ses geçiş hızları da bunu doğrulamaktadır. Çünkü söz konusu örneklerin ultrasonik ses geçiş hızları en küçük bulunmuştur. Bunun nedeni yine hem pomza hem de perlitin boşluklu yapısı ile açıklanabilir. Bu durum ise söz konusu ses dalgalarının yüzeyden geçerken absorbe edildiğinin bir sonucudur. Ayrıca, pomza, perlit, vermikülit ve zeolitin üçlü ve dördü karışımlarının ısı iletim katsayıları ile ultrasonik ses geçirgenlik değerleri ikili karışımlardan daha düşük bulunmuştur. Genellikle örneklerin birim hacim ağırlığı arttıkça

malzemenin ısı iletim katsayısının değeri de düşmektedir.

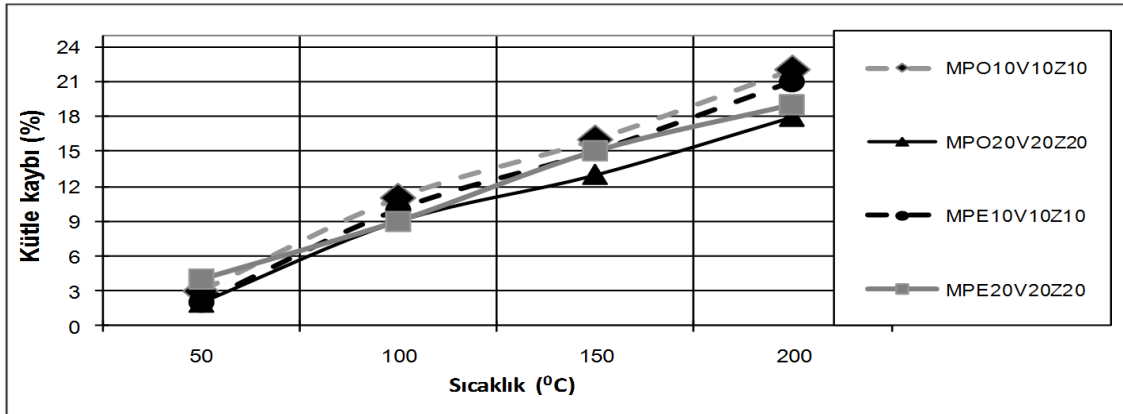
4.3. Yangın Direnci

4.3.1. Kül Fırınında Yakma İşlemi

Numuneler 50, 100, 150 ve 200°C'de 30 dakika ısı işlem gördükten sonra ağırlıklarına göre kütle kayıpları bulunmuştur. İkili katkılı numunelerin kütle kayıpları Şekil 2'de, üçlü karışımların kütle kayıpları ise Şekil 3'de verilmiştir. İkili karışımlarla üretilen kompozitlerin yanma etkisiyle kütle kayıplarına göre, fırın sıcaklığı arttıkça kütle kaybı da artmaktadır. Tüm örneklerde katkı oranı arttıkça kütle kaybı azalmaktadır.



Şekil 2. İkili karışımların yakma sonrası kütle kayıpları



Şekil 3. Üçlü karışımların yakma sonrası kütle kayıpları

Genel olarak alçı katkılı örneklerin tüm sıcaklıklarda elde edilen kütle kayıpları daha yüksek bulunmuştur. En düşük kütle kayıpları pomza katkılı örneklerde elde edilmiştir. Üçlü karışımlarla üretilen kompozitlerin yanma etkisiyle kütle kayıplarına göre, fırın sıcaklığı arttıkça kütle kaybı da artmaktadır. Tüm örneklerde katkı oranı arttıkça kütle kaybı azalmaktadır.

Genel olarak üçlü karışımlarla elde edilen örneklerin tüm sıcaklıklarda elde edilen kütle kayıpları daha düşük gözlenmiştir. Üçlü karışımların kütle kayıpları ikili katkılı örneklerinin kütle kayıplarının 50, 100, 150 ve 200°C sıcaklıklarda sırayla %12, 15, 22 ve %25 daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni daha sıkı yapıya sahip örneklerin yangına daha dirençli olması ile açıklanabilir.

4.3.3. ASTM E 160-50'ye Göre Yangın Direnci

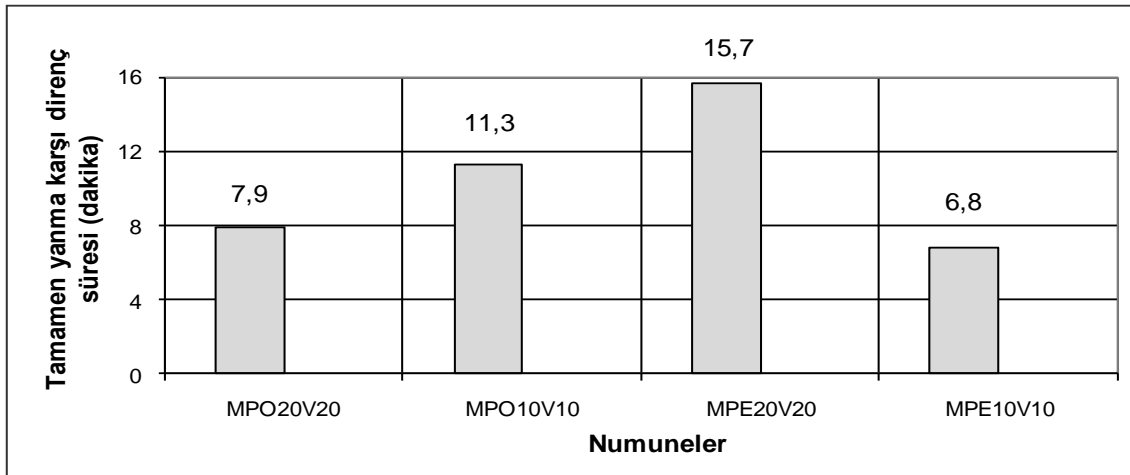
İki mineral katkılı örneklerin tamamen yanma süreleri Şekil 4'de, üçlü mineral katkılı örneklerin yanma süreleri ise Şekil 5'de verilmiştir. Isı transferinin sınırlı kalması hem aleve maruz kalan yüzey, hem de o yüzeyin yakın çevresindeki herhangi bir maddenin tutuşmaması açısından önemlidir [20]. İkili mineral katkılı kompozitlerin yanmaya karşı en uzun dayanan örnek %20 zeolit

katkılı örnektir. Bu grupta en kısa sürede tamamen yanan örnek ise %10 alçı katkılı MA10 örneğidir. Diğerlerinin %20 pomza+%20 perlit+%20 zeolit katkılı örneğin yanmaya direnci en iyi bulunmuştur. Bu örneğin tamamen yanma süresi 15,7 dakika iken %10 pomza+%10 perlit+%10 vermikülit katkılı örneğin tamamen yanma süresi 6,8 dakika'dır. Bu sonuç zeolit'in yanmaya karşı daha dirençli olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar önceki çalışmalarla [21] paralellik göstermektedir.

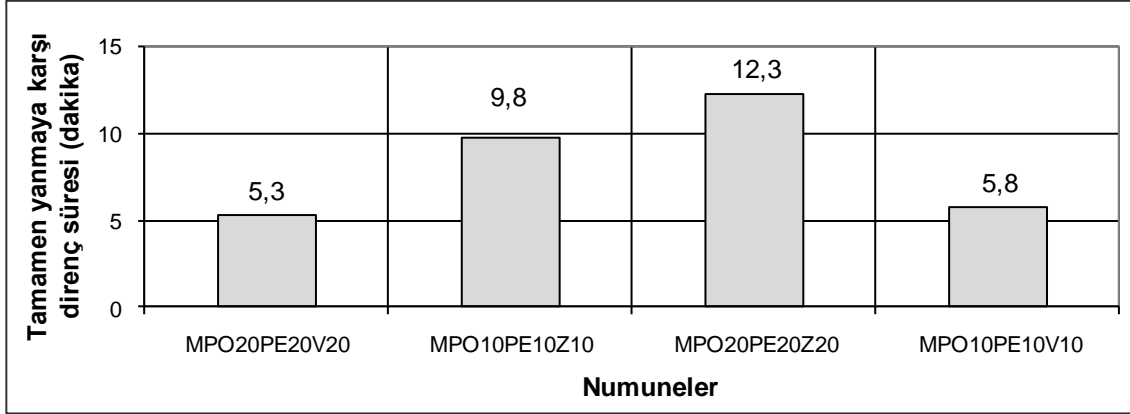
5. SONUÇLAR

Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Yanma deneyi sonuçlarına göre, en fazla ağırlık kaybı alçı katkılı örneklerde gerçekleşmiştir. Ağırlık kaybında en uygun sonucu pomza, perlit, vermikülit ve zeolit üçlü karışımlarla üretilen kompozitler vermiştir.
2. Yanmada oluşan ağırlık kayıpları ve yanma sıcaklık değerleri literatürde verilen sonuçlarla ve standartlarda belirtilen değerlerle uyumludur.
3. Çalışmada alçı, pomza, perlit vermikülit, zeolit katkılı numunelerin ikili karışımlarının ultra ses geçiş hızı ve ısı iletim katsayısı daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4. İki mineral katkılı örneklerin tamamen yanma süreleri



Şekil 5. Üçlü mineral katkılı örneklerin tamamen yanma süreleri

4. Alçı, pomza, perlit vermikülit ve zeolitin üçlü karışımlarıyla üretilen kompozitlerin birim hacim ağırlıkları daha yüksek, ancak su emme oranları diğerlerine göre daha düşük bulunmuştur.

Bu çalışmada atık mukavva, alçı, pomza, perlit, vermikülit ve zeolit ile yangına dirençli bir kompozitler üretilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara, denemeleri yapılan bu kompozitlerin yangın sırasında belirli sıcaklık etkisinin bulunduğu okul, bina, sanayi yapısı, fırın, hamam vb. yapılarda söz konusu yalıtım malzemeleri kullanılabilir. Bu şekilde yapıların yangın dayanımı artırılabilir.

6. KAYNAKLAR

1. Kanan N.O., 2014. Energy Efficiency Building Design and Fire Safety 7th National Symposium on Roof and Facade 3-4 April 2014, Yıldız Technical University, 1515-1527, Besiktas- Istanbul .
2. Whitmore TC, Burslem D., 1997. Large-scale Disturbances in Tropical Rainforests. In: Newbery DM, Prins HHT, Brown ND (eds) Population and community dynamics in the tropics. Blackwell, Oxford, 13, 123-132.
3. Jacques G, Jean C, Jean-Claude M., 1997. Alternative Fire Resistance Strategies in Savanna Trees, *Oecologia* 110, 576-583.
4. Oymael S., Relationship of Water-Humidity and Fire Effects on Stability, Material Selection and Building Design, www.imo.org.tr.
5. Bayraktar K.G., 2011. Tesisatlarda ısı, ses ve yangın yalıtımı, 4. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi ve sergisi, 665-676.
6. Temiz H, Kose M.M, Binici H., 2006. Effects of Fire on Precast Members: A Case Study, *Engineering Failure Analysis* 13, 1191-1201.
7. Liliana B. M, Exequiel S. R, Maria W, Analı 'a V., 2006. Thermal Degradation and Fire Resistance of Unsaturated Polyester, Modified Acrylic Resins and their Composites with Natural Fibres, *Polymer Degradation and Stability* 91, 255-261.
8. Basdemir H, Demirel F., 2010. A Literature Review of Passive Fire Safety Precautions in Buildings, *Journal of Polytechnic*, 13, 101-109,
9. Samrat A., 2004. Fire Safety of Buildings Covered by the Construction Product Directive 89/106/EEC(CPD), EU MEDA Programme, Support to the Quality Infrastructure in Turkey, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 05-09.07.2004.
10. Eric M., 2011. Yapılarda Mimari Planlama ve Yapı Elemanları Açısından Yangın Sorunları, *Yapı Dergisi*, 79, 41-43.
11. Gurdal E, Acun S., 2005. Isı Yalıtım Malzemeleri ve Yangın, *İzolasyon Dünyası*, 4, 48-52.

12. Binici H, Kucukonder A, Eken M, Sevinc A.H, Tufenk N., 2013. Waste Paper and Cardboard Production Use of Insulation Material, Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, 28, 21- 29.
13. Binici H, Aksogan O, Kaplan H, Gorur E.B, Bodur M.N., 2008. Performance of Ground Blast Furnace Slag (GBS) and Ground Basaltic Pumice (GBP) Concrete Against Seawater Attack, Construction and Building Materials 22, 1515–1526.
14. Erdem T.K., Meral C., Tokyay M., Erdogan T.Y., 2007. Use of Perlite as a Pozzolan Addition in Producing Blended Cements, Cement and Concrete Composites, 29, 13-21.
15. Erdoğan B., 2005. Doğal ve Modifiye Doğal Zeolitlerde Etilen Adsorpsiyonu ve Bazı Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Fizik Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi.
16. Gülen J, Zorbay F, Arslan S., 2012. Zeolites and Usage Areas, Karaelmas Science and Engineering Journal, 2, 63-68.
17. Ozkırım I, Yorukogullari E., 2005. Characterisation of Bet Isotherm from Manisa, Gördes Natural Zeolite (clinoptilolite), D.P.U. Fen Bilimleri Enstitüsü, 9, 65-70.
18. Binici H, Temiz H, Sevinç AH, Eken M, Kucukonder A, Ergul T, 2013. Linear Absorption Coefficients of Mortar Samples Made with the Eggshell, Kahramanmaraş Sütçü Imam University Journal of Engineering Sciences; 16, 11-17.
19. ASTM C 597(1994) Standart Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, Annual Book of ASTM Standard.
20. EN 13501-2 Fire Classification of Construction Products and Building Elements-Part 2: Classification Using Data from Fire Resistance Tests, Excluding Ventilation Service, European Committee for Standardization, 2003.
21. Wang M, Wang X, Li L, Ji H., 2014. Fire Performance of Plywood, BioResources, 9, 4934-4945.