



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**KENEVİR LİFLİ KOMPOZİT MALZEMELERDE
FARKLI BAĞLAYICILARIN ISI, NEM, YANGIN
VE SES PERFORMANSINA ETKİSİ**

Muhammed İsmet KAPTANOĞLU

YÜKSEK LİSANS

İnşaat Anabilim Dalı

Nisan-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Muhammed İsmet Kaptanoğlu tarafından hazırlanan “Kenevir Lifli Kompozit Malzemelerde Farklı Bağlayıcıların Isı, Nem, Yangın ve Ses Performansına Etkisi ” adlı tez çalışması 15/04/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Oğuzhan ÖZTÜRK

Danışman

Prof. Dr. Mustafa ALTIN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hayri ÜN

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması Konya Teknik Üniversitesi-Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 241022029 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezde yer alan bilgiler, etik ilkeler ve akademik kurallar çerçevesinde toplanmış ve sunulmuştur. Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilgiye, kaynaklarına uygun şekilde tam atıflar yapılmıştır.

DECLARATION PAGE

The information presented in this thesis has been gathered and presented in accordance with ethical principles and academic standards. This work has been prepared following the thesis writing guidelines, and all expressions and information not belonging to me have been fully cited with their respective sources.

Muhammed İsmet KAPTANOĞLU

15.04.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KENEVİR LİFLİ KOMPOZİT MALZEMELERDE FARKLI BAĞLAYICILARIN ISI, NEM, YANGIN VE SES PERFORMANSINA ETKİSİ

Muhammed İsmet KAPTANOĞLU

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ALTIN

2025, 99 Sayfa

**Jüri
Prof. Dr. Mustafa ALTIN
Doç. Dr. Oğuzhan ÖZTÜRK
Dr. Öğr. Üyesi Hayri ÜN**

Kenevirin sağladığı düşük yoğunluk, yüksek ısı yalıtım kapasitesi ve kenevirin hızlı büyümesi, biyolojik çeşitlilik, karbon tutma kapasitesi gibi çevre dostu özellikler, bu levhaların enerji verimliliğini artırırken, yapıların dayanıklılığını da desteklemektedir. Bu tez çalışması, bu levhaların potansiyel kullanım alanlarını, malzeme karışımındaki farklı oranların etkisini ve levhaların performansını incelemektedir. Yapılan bu çalışma, yapı sektöründe yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler arayışına önemli bir katkı sağlanması hedeflenmektedir. Kenevir kütüğünün yapı malzemesi olarak kullanımı, hem çevresel etkileri azaltma hem de enerji verimliliğini artırma potansiyeli taşımaktadır. Konya Teknik Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu İnşaat Laboratuvarı'nda ham MDF malzemeden deney düzeneği oluşturulmuştur. Oluşturulan deney düzeneğinde 1. grup olarak %35, %25 ve %15 oranında ağırlıkça kenevir kütüğü, kil ve kireç karışımından eni ve boyu 50 cm ölçülerinde 5 cm kalınlığında levhalar üretilmiştir. 2. Grup olarak %35, %25 ve % 15 oranında ağırlıkça kenevir kütüğü, kil, kireç ve çimento karışımından eni ve boyu 50 cm ölçülerinde 5 cm kalınlığında levhalar üretilmiştir. Üretilen bu levhalarla içten kaplanarak her bir malzeme için mevcut ortam sıcaklığı, 15, 20, 25, 30, 35 ve 40 °C sıcaklıklarda ve sabit sıcaklık için de 100, 125, 250, 500, 1000 ve 2000 Hz'de olmak üzere deneyler yapılmıştır. Isı ve ses deney sonuçları, ayrıca 6 farklı malzeme için tek noktadan yanma deneyi ve nem sonuçları kıyaslanmıştır. Yapılan deneyler sabit sıcaklıkta ses geçirimsizliği ve ısı geçirimsizliği en düşük %35 oranında kenevir kütüğü, kil ve kireç karışımı levha olmuştur. Tek nokta yanma deneyinde ise yanma dayanımı en yüksek %15 oranında kenevir kütüğü, kil, kireç ve çimento olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Nem oranı deneyinde ise nem oranının en yüksek olan levha %35 oranlı kenevir kütüğü, kil ve kireç karışımıdır.

Anahtar Kelimeler: Isı yalıtımı, Kenevir kütüğü, Nem yalıtımı, Ses yalıtımı, Yangın

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECT OF DIFFERENT BINDERS ON THE THERMAL, MOISTURE, FIRE AND ACOUSTIC PERFORMANCE OF HEMP FIBER COMPOSITE MATERIALS

Muhammed İsmet KAPTANOĞLU

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Mustafa ALTIN

2025, 99 Pages

Jury

**Prof. Dr. Mustafa ALTIN
Assoc. Prof. Dr. Oğuzhan ÖZTÜRK
Assit. Prof. Dr. Hayri ÜN**

Hemp's low density and high thermal insulation capacity, along with its environmentally friendly properties such as rapid growth, biodiversity support, and carbon sequestration, contribute to improved energy efficiency and structural durability in building boards. This thesis explores the potential applications of these boards, the effects of varying material ratios, and their overall performance. The study aims to contribute significantly to the development of innovative and sustainable solutions in the construction industry. Using hemp shiv as a construction material has the potential to reduce environmental impacts while enhancing energy efficiency. An experimental setup was established using raw MDF at the Construction Laboratory of Konya Technical University, Technical Sciences Vocational School. In this setup, Group 1 boards were produced using 35%, 25%, and 15% hemp shiv, clay, and lime. Group 2 boards were made with the same hemp shiv ratios, but with the addition of cement to the mixture. All boards were produced with a width and height of 50 cm and a thickness of 5 cm. The boards were used for internal wall cladding. Experiments were conducted at ambient temperatures of 15, 20, 25, 30, 35, and 40°C. Additionally, tests were performed at fixed temperatures for frequencies of 100, 125, 250, 500, 1000, and 2000 Hz. Thermal and acoustic performance, single-point combustion resistance, and moisture content were evaluated across six different material types. Results showed that the board with 35% hemp shiv, clay, and lime had the lowest heat and sound transmission. The highest fire resistance was observed in the board containing 15% hemp shiv, clay, lime, and cement. The highest moisture content was found in the board with 35% hemp shiv, clay, and lime.

Keywords: Thermal insulation, Crushed hemp, Moisture insulation, Sound insulation, Fire

ÖNSÖZ

Değerli büyüğüm, hocam ve danışmanım Prof. Dr. Mustafa ALTIN, yüksek lisans tezimin her aşamasında sağladığınız büyük destek ve rehberlik için en derin teşekkürlerimi sunarım. Özellikle, araştırma konusunun belirlenmesinden literatür taramasına, veri analizlerinden sonuçların yorumlanmasına kadar geçen süreçte gösterdiğiniz sabır ve paylaştığınız değerli bilgiler benim için çok kıymetliydi. Akademik ve kişisel gelişimime katkılarınız için size minnettarım. Sizden aldığım bu dersler ve ilham, kariyerim boyunca yol gösterici olacaktır.

Sevgili ailem, bu uzun ve zorlu süreç boyunca sabırla yanımda durduğunuz için sonsuz teşekkür ederim. Özellikle, beni desteklemek için yaptığınız her şey çok özel ve önemliydi. Verdiğiniz manevi destek, bu başarıya ulaşmamda en büyük etkenlerden biri oldu.

Muhammed İsmet KAPTANOĞLU
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Kenevirin Tarihçesi.....	3
1.1.1. Kenevir liflerinin kimyasal özellikleri	3
1.1.2. Kenevir liflerinin fiziksel özellikleri	4
1.1.3. Kenevirin uygulama sahaları	5
1.1.4. Kenevir lif üretimi	8
1.1.5. Türkiye’de ve Dünya’da kenevir potansiyeli ve geleceği, sürdürülebilirlik ve ekonomik katkılar	9
1.2. Kireç.....	16
1.3. Çimento.....	18
1.3.1. Çimento ana sınıfları.....	18
1.4. Killi Toprak.....	18
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1. Deneilerin Yapıldığı Laboratuvarın Teknik Özellikleri	25
3.2. Denei Düzenegi Hakkında Bilgi	28
3.3. Malzemeler ve Düzenekler	30
3.4. Karışımların Hazırlanması	31
3.4.1. Kenevir kitiğı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kitiıklı levha deneyi.....	42
3.4.2. Kenevir kitiğı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kitiıklı levha deneyi.....	46
3.4.3. Kenevir kitiğı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kitiıklı levha deneyi.....	49
3.4.4. Kenevir kitiğı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kitiıklı levha deneyi	52
3.4.5. Kenevir kitiğı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kitiıklı levha deneyi	55
3.4.6. Kenevir kitiğı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kitiıklı levha deneyi	58
3.5. Tek Noktadan Yanma Deneyi.....	63
3.5.1. Kenevir kitiğı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kitiıklı yanma deneyi.....	64

3.5.2. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kıtıklı yanma deneyi.....	65
3.5.3. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kıtıklı yanma deneyi.....	66
3.5.4. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kıtıklı yanma deneyi	67
3.5.5. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kıtıklı yanma deneyi	68
3.5.6. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kıtıklı yanma deneyi	69
3.6. Nem Oranı Deneyi	70
3.6.1. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kıtıklı nem deneyi	71
3.6.2. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kıtıklı nem deneyi	72
3.6.3. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kıtıklı nem deneyi	72
3.6.4. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kıtıklı nem deneyi	73
3.6.5. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kıtıklı nem deneyi	73
3.6.6. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kıtıklı nem deneyi	74
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	75
4.1. Ses Deneyi	75
4.2. Isı Deneyi.....	77
4.3. Tek Noktadan Yanma Deneyi.....	78
4.4. Nem Oranı Deneyi	79
4.4.1. Boşluklu Birim Hacim Ağırlık	80
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
5.1 Sonuçlar	82
5.2. Öneriler	84
KAYNAKLAR	86

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Cm: Santimetre
°C: Sıcaklık birimi
Db: Desibel
Hz: Hertz
N: Newton
Sn: Saniye
THC: Tetrahidrokanabinol
UV: Ultraviyole
W/m.k: Isıl iletkenlik katsayısı
MPa: Megapascal

Kısaltmalar

H: Kenevir kütüğü
Ha: Kil
L: Kireç
MHF: Fas keneviri
MDF: Medium Density Fiberboard
PÇ: Çimento

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü dünyanın en geniş çaplı endüstri dallarından bir tanesidir. Dünyada küresel ısınmanın artması, enerji ve hammadde kaynaklarının azalmasından dolayı enerji verimliliği ve tasarrufu önem kazanmıştır.

İnşaat sektörü, hızlı büyümesi ve hammadde kullanımındaki yüksek payı (%40-45) nedeniyle, ekonomik ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı yeni ürün ve kaynak arayışını zorunlu kılmaktadır. Hammadde azalması, nüfus artışı ve iklim değişikliği gibi faktörler, gelecek nesiller için ciddi sıkıntılar yaratabileceğinden, sürdürülebilirlik kavramı ve yenilenebilir kaynaklar önem kazanmaktadır. Bu kapsamda, ekolojiye duyarlı, kendi enerjisini üreten ve tasarruflu binaların inşası için doğal ve çevre dostu malzemelere ve farklı uygulanabilir tekniklere yönelmek büyük önem taşımaktadır.

Binaların enerji performansını değerlendirirken, sadece ısıtma ihtiyacını değil, aynı zamanda toplam birincil enerji tüketimini de dikkate almak gerekiyor. Bu durum, yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendirmenin önemini artırıyor. Özellikle yenilenebilir kaynaklardan elde edilen yalıtım malzemeleri gibi çevre dostu yapı malzemelerine olan talep, hızla yükselişe geçiyor. Enerji tasarrufu yapma zorunluluğu, doğal kaynakların kullanımına yönelme, mimari ve inşaatı sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu hale getirme isteği ve EPS gibi yaygın kullanılan yalıtım malzemelerinin çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesinin gerekliliği hakkındaki güncel tartışmalar, doğal malzemelerin kullanımını giderek daha önemli hale getiriyor (Azra ve ark. 2011).

20. yüzyılın sonlarından itibaren, artan çevre kirliliği nedeniyle tüketiciler, çevre dostu ve geri dönüştürülebilir malzemelere olan talebi artırmış, doğayı koruyan alternatif kaynaklara yönelmişlerdir. (Zhang ve ark., 2016).

Ekolojik bilinç ve taleplerin artmasıyla birlikte, endüstriyel ürünlerin doğa dostu bir yaşam döngüsüne sahip olacak şekilde tasarlanması ve üretim süreçlerinde kullanılan teknolojilerin çevreye duyarlı bir şekilde seçilmesi gerekmektedir (İşmal ve ark., 2011).

Küresel karbondioksit salınımları, son yıllarda %39 oranında bir artış göstererek Dünya'nın ikliminde gözle görülür değişikliklere yol açmıştır. Bu iklim değişikliğinin başlıca kaynağının insan faaliyetleri olduğu yaygın olarak kabul edilmekte ve binaların, enerji tüketimi açısından en fazla etkiye sahip sektörlerden biri olduğu araştırmalarla

kanıtlanmıştır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı'na göre, küresel enerji tüketiminin %40'ı, suyun %25'i ve doğal kaynakların %40'ı, sadece yapı malzemelerinin üretimiyle değil, binaların yaşam döngüsü boyunca enerji sağlama ve ısıtma amaçlı kullanılan enerjiyle de ilişkilidir. (Sarez P. ve ark., 2020).

Yapı ve malzeme tasarımıyla ilgilenen uzmanların, doğru ürün seçimleri yaparak hem yapı güvenliğini hem de kullanıcı sağlığını gözetmeleri büyük önem taşımaktadır. Yapı elemanlarının yangına dayanıklılık sınıflarının bilinmesi ve tasarımda dikkate alınması, hem can güvenliğini sağlamak hem de yangın risklerini azaltmak açısından kritik bir rol oynar. Bu bilinç, olası sorunların tasarım aşamasında önlenmesini sağlayarak daha güvenli ve sürdürülebilir yapılar oluşturulmasına katkı sunar. Doğru malzeme seçimi, yalnızca yapının dayanıklılığını değil, aynı zamanda kullanıcıların yaşam kalitesini de artırır (Altın ve Kılıçarslan, 2023).

Kenevir, yenilenebilir kaynaklar alanında önemli bir yer tutan ve doğanın dengesini değiştirme potansiyeline sahip bir malzemedir. Karbon ayak izi düşüktür, çünkü büyüme sürecinde yüksek miktarda karbondioksit emerek atmosfere zarar vermez. İyi bir ısı yalıtım kapasitesine sahip olup, ısı depolama özelliği de bulunur. Ayrıca buhar geçirgenliği vardır ve kullanım sonrasında organik gübre olarak değerlendirilebilir. Tamamen biyolojik olarak çözünebilen bir malzemedir (Pochwała ve ark., 2020).

Doğada dişi ve erkeği kolayca ayırt edilebilen tek bitki olan kenevir, birçok farklı endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Hem doğal lifleriyle tekstil sektöründe hem de güçlü yapısal özellikleriyle inşaat, gıda, kozmetik ve ilaç sanayisinde önemli bir hammadde olarak yer almaktadır. Kenevirin bu çok yönlü kullanımı, ona sürdürülebilirlik ve çevre dostu üretim süreçlerine duyarlı bir alternatif olma özelliği kazandırmaktadır. Kenevir geniş kullanım alanları ve endüstriyel uygulamalarıyla (Gıda katkı maddelerinde, hayvancılık sektöründe yem katkısı olarak, ambalaj malzemelerinde, deri yerine kullanılan sentetik malzemelerin üretiminde, izolasyon malzemelerinde, yeşil bina inşaatlarında sürdürülebilir malzeme olarak, ağaç veya bambu yerine kullanılan kompozitler için, biyolojik bozunma sağlayan malzemelerin üretimde) önemli bir malzeme olmaktadır (Ulaş, 2018).

Kenevirin sağladığı avantajlar, gelecekte daha da geniş bir kullanım alanına yayılmasını sağlayarak, birçok sektördeki çevresel ve ekonomik ihtiyaçlara çözüm sunmaktadır. (Gusovius ve ark., 2010 ; Salentijn ve ark.,2014).

1.1. Kenevirin Tarihçesi

Kenevir, Cannabinaceae familyasına ait, odunsu yapılı ve tek yıllık bir bitkidir. Anavatanı Asya olan bu bitki, tarihsel süreçte farklı yollarla tüm dünyaya yayılmış ve günümüzde çok çeşitli kullanım alanları bulmuştur. Hem endüstriyel hem de tıbbi açıdan büyük bir potansiyele sahip olan kenevir, önemli bir tarım ürünü olarak dikkat çekmektedir. Kenevirin başlıca iki alt türü vardır: Cannabis sativa ve Cannabis indica. Endüstriyel kullanım için önemli olan ve lif üretiminde tercih edilen tür Cannabis sativa olup, Cannabis indica ise uyuşturucu olarak kullanıldığı için birçok ülkede üretimi yasaklanmıştır. Kenevir, tarih boyunca en eski kültür bitkilerinden biri olarak insanlık için önemli bir rol oynamıştır (Acar ve Dönmez 2016).

1.1.1. Kenevir liflerinin kimyasal özellikleri

Kenevir lifleri, pektin zıncığı ile birleşerek sağlam bir yapı oluşturur. Pektin, su tutma kapasitesi yüksek olan polisakkaritlerdir ve kenevir liflerinde primer hücre duvarı ve orta lamel katmanlarında bulunur. Bu pektin, suda çözünmeyen bir formda olup, pektik asidin kalsiyum, magnezyum ve demir tuzları halinde yer alır. Kenevir liflerinin bir diğer bileşeni ise lignindir. Lignin, fenilpropanan türetilen birimler içerir ve kısa zincirli, kristal yapısı olmayan izotropik bir bileşiktir. Lignin, lif demetlerinde orta lamel, odunsu çekirdek ve epidermal ile kortikal hücrelerde bulunur. Yüksek lignin içeriği nedeniyle kenevir lifleri, genellikle daha sert ve kalın olur (Başer, 2002). Çizelge 1.1'de kenevir ve selülozik liflerin kimyasal içerik analiz değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.1. Kenevir ve selülozik liflerin kimyasal içerik analizleri (Gedik ve ark., 2010).

	%Selüloz	%Hemiselüloz	%Lignin	%Pektin
Kenevir	74	18	4	1

Lignin, doğada en fazla bulunan biyopolimerlerden biri olup, selülozdan sonra ikinci sıradadır. Hem hoş kokulu hem de alifatik gruplar içeren lignin, kimyasal ve enzimatik ayrıştırmalara karşı büyük bir direnç gösteren karmaşık bir moleküldür. Özellikle toprak yüzeyinin üstünde büyüyen bitkilerde yoğun olarak bulunur (Ulaş, 2018).

Kenevirin olumsuz yönlerinden biri, ikincil liflerin bulunmasıdır. Bu ikincil lifler, genellikle bitkinin alt kısmında başlar ve gövdenin orta kısmına kadar uzanır. İkincil liflerin yaklaşık %40'ı, endüstriyel kullanımda kabul edilebilir kenevir lifi standartlarına uygun sayılabilir. Ancak bu lifler, birincil liflere göre daha kısa, kalın, daha kırılabilir ve yapısal olarak daha düzensizdir. Bu özellikleri, eğirme süreci için onları genellikle uygun olmayan bir hale getirir. Ayrıca, ikincil liflerin bu tür fiziksel nitelikleri, liflerin işlenmesini zorlaştırabilir ve bu da üretim verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Sonuç olarak, ikincil lifler daha düşük kaliteli kabul edilir ve çoğunlukla farklı endüstriyel amaçlar için kullanılmak üzere ayrılır (Cierpucha ve ark., 2004).

1.1.2. Kenevir liflerinin fiziksel özellikleri

Kenevir, nem tutma kapasitesi bakımından oldukça etkileyici bir özelliğe sahiptir. 20°C sıcaklıkta %65 bağıl nemde %12, %95 bağıl nemde ise %30 oranında nem çekebilir. Bu değerler, pamuk ve keten gibi diğer doğal liflerden çok daha yüksektir. Kenevirin yüksek nem tutma kapasitesi, onu nemli koşullarda kullanım için ideal bir seçenek haline getirir. Bu özellik, tekstil ürünlerinden yapı malzemelerine kadar geniş bir yelpazede dayanıklılık ve performans açısından önemli avantajlar sunar. Pamuk ve ketene kıyasla daha fazla nem çekebilmesi, keneviri birçok endüstride öncelikli tercih yapmaktadır (Tekoğlu ve Özdemir, 2013).

Kenevir lifleri, tekstil ürünlerine sağladığı çeşitli avantajlarla dikkat çeker. Elektrostatik özelliklerinin iyi olması, UV ışınlarına karşı koruma sağlaması ve antialerjik özellikleri, bu liflerin en önemli niteliklerindedir. Kenevir liflerinin kısa boyutlu diğer liflerle karıştırılabilmesi için, kotonizasyon adı verilen pamuğa benzetme işlemi uygulanır. Bu işlem sırasında, kenevir lifleri keten liflerinde olduğu gibi kimyasal veya biyolojik yöntemlerle işlenerek kısa kesikli lifler haline getirilir. Böylece kenevir, tekstil sektöründe daha geniş bir kullanım potansiyeline ulaşır ve farklı malzemelerle kolayca harmanlanabilir. Çizelge 1.2.'de kenevir lifleriyle selülozik liflerin yapısal özellikleri verilmiştir (Gedik ve ark., 2010).

Çizelge 1.2. Kenevir lifleriyle selülozik liflerin yapısal özellikleri (Gedik ve ark., 2010)

Lif Cinsi	Tel Lif Uzunluğu (cm)	İşlem Görmüş Lif Uzunluğu (cm)	Kuru Özgül Mukavemet (cN/dtex)	Yaş Özgül mukavemet (%kuru)	E-modül (MPa)	Yıllık Lif Verimi (kg/hektar)
Kenevir	100-300	65-75	35-70	105	12,7	3000

Kenevir, su tüketiminin düşük olması ve gübre ile tarım ilacı kullanımı gerektirmemesi nedeniyle çevre dostu bir tarım ürünü olarak öne çıkmaktadır. Bu özellikleri, çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirirken, sürdürülebilir tarım uygulamaları için de ideal bir seçenek sunar. Ayrıca, kenevir ürün rotasyonuna uygun bir bitki olduğu için, ekildiği toprakta yabancı otları baskılayarak toprağın temizlenmesine yardımcı olur. Bu sayede, bir sonraki ekim için toprağın verimliliğini artırır ve ekim döngüsünü daha sağlıklı hale getirir. Kenevirin bu özellikleri, toprak ve çevrenin korunmasına katkı sağlarken, tarımsal üretimde verimliliği ve sürdürülebilirliği teşvik eder (Ulaş, 2018).

1.1.3. Kenevirin uygulama sahaları

Çevresel kaygıların giderek arttığı ve sürdürülebilirlik konusundaki bilincin yükseldiği günümüzde, kenevir liflerinden üretilen tekstil ürünlerine olan talep hızla artmaktadır. İnsanlar, doğal kaynakların korunmasına yönelik daha bilinçli seçimler yaparken, kenevirin çevre dostu özellikleri, bu ürünlerin tercih edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, kenevir liflerinin benzersiz fiziksel ve kimyasal yapıları, ona yüksek dayanıklılık, nem emme kapasitesi ve uzun ömür gibi üstün özellikler kazandırır. Bu özellikler, kenevir tekstil ürünlerini pazarda dikkat çeken ve tercih edilen bir seçenek haline getirirken, kullanıcıların konfor ve sürdürülebilirlik taleplerini de karşılamaktadır (Özdemir ve Tekoğlu, 2013).

Kenevir, tekstil sektöründe kumaş, çanta, ayakkabı ve giysi gibi çeşitli ürünlerin üretiminde yaygın olarak kullanılır. Ayrıca ağ, halat, halı ve tuval gibi teknik tekstil ürünlerinin yanı sıra jeotekstiller, biyokompozitler ve otomotiv gibi endüstriyel alanlarda da önemli bir ham madde olarak değerlendirilmektedir (Gizlenci vd., 2019).

Pamuk ve petrol bazlı sentetik liflerin yaygın kullanımıyla karşılaştırıldığında, kenevir lifleri, çevre dostu üretim süreçleri ve organik tarım imkânlarıyla tekstil sektöründe giderek daha fazla tercih edilmektedir. Kenevir, düşük su tüketimi, kimyasal

gübre ve tarım ilaçlarına ihtiyaç duymadan yetiştirilebilmesi sayesinde çevre üzerinde minimum etki bırakır. Ayrıca, dayanıklılığı ve uzun ömrü ile kenevir lifleri, sürdürülebilirliği ön planda tutan tüketiciler ve üreticiler için ideal bir seçenek sunmaktadır. Bu özellikleriyle kenevir, tekstil endüstrisinde çevresel farkındalık ve sürdürülebilirlik taleplerine cevap veren önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Acar ve Dönmez 2016).

Tüm bu avantajlarına rağmen, kenevir liflerinin küresel doğal lif üretimindeki payı günümüzde %0.5' ten daha azdır. Bu durum, kenevirin potansiyeline rağmen hâlâ geniş çapta benimsenmediğini ve üretiminin sınırlı kaldığını göstermektedir. Ancak, çevresel kaygıların artması ve sürdürülebilirlik odaklı talebin yükselmesiyle, kenevirin tekstil sektöründeki rolünün gelecekte büyümesi beklenmektedir (Shahzad, 2012).

Kenevir, karton, ambalaj malzemeleri, gazete kâğıdı ve sigara filtreleri gibi farklı kâğıt ürünlerinin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra biyoyakıt, etanol, erozyon kontrol matları ve briket gibi çevre dostu enerji ürünlerinin geliştirilmesinde de önemli bir hammadde kaynağıdır (Gizlenci vd., 2019).

Kenevir lifleri, sahip olduğu dikkat çekici özelliklerle dünyada giderek popülerlik kazanan bir doğal malzeme haline gelmiştir. Bu lifler, yüksek dayanıklılık ve mukavemetiyle ön plana çıkarken, aynı zamanda etkili ısı ve ses yalıtımı sağlaması, akustik performans sunması ve ultraviyole ışınlar karşı direnç göstermesi gibi avantajlara sahiptir. Çevreye duyarlı yapısıyla sürdürülebilirlik açısından önemli bir seçenek sunan kenevir lifleri, birçok sektörde yenilikçi uygulamalara kapı aralamaktadır (Awwad ve ark., 2012).

Kenevir, protein tozu, kahvaltılık gevrek, dondurma gibi farklı gıda ürünlerinin üretiminde kullanılabilir. Ayrıca hayvan yemi olarak değerlendirilen küspe gibi yan ürünlerin elde edilmesi de mümkündür. Bu çeşitlilik, kenevirin hem insan hem de hayvan beslenmesi açısından geniş bir kullanım alanına sahip olduğunu göstermektedir (Gizlenci, 2019).

Kenevir yağı; margarin, salata yağı ve kızartma yağı gibi çeşitli gıda ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, sabun, şampuan ve el kremi gibi kozmetik ürünlerin hazırlanmasında da tercih edilmektedir. Ayrıca, matbaa mürekkebi, biyodizel, kaplama malzemeleri, yağ bazlı boyalar ve vernik gibi teknik ürünlerin üretiminde de önemli bir rol oynar (Gizlenci, 2019).

Kenevir liflerinin tarımsal alanlarda kullanım potansiyeli, toprak erozyonunu önleme, eğimli arazilerin iyileştirilmesi ve düzenli depolama sahalarının rehabilitasyonu gibi çevresel sorunlara yönelik sürdürülebilir çözümler sunabileceği şeklinde değerlendirilmektedir. Bu doğal liflerin biyolojik olarak parçalanabilir yapısı, çevreye zarar vermeyen bir alternatif olarak öne çıkmakta ve özellikle tarımda ekosistem dostu uygulamalara olanak tanımaktadır. Ayrıca kenevir lifleri, dayanıklılığı ve uzun ömürlülüğü sayesinde çevresel yenilenme süreçlerinde etkin bir rol oynayabilecek özelliklere sahiptir (Najjar ve ark., 2014). Şekil 1.1.'de kenevir bitkisi görseli ve Şekil 1.2.'de kenevirin çevre dostu kullanım alanları verilmiştir (url_1), (Gizlenci vd., 2019).



Şekil 1.1. Kenevir bitkisi (url_1)



Şekil 1.2. Kenevirin çevre dostu kullanım alanları

1.1.4. Kenevir lif üretimi

Kenevir lifi üretim yöntemleri temel olarak havuzlama, mekanik ayırma ve kimyasal işleme olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilir. Her yöntemin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır; havuzlama çevre dostu olmakla birlikte uzun sürebilirken, mekanik ayırma daha hızlıdır ancak lif kalitesi düşebilir. Kimyasal işlemler ise hızlı ve kontrollü olmakla birlikte çevresel etkileri göz önünde bulundurulmalıdır (Karaca, 2020). Şekil 1.3.'de kenevir lif görseli verilmiştir.



Şekil 1.3. Kenevir lifler (url_2)

Kenevir lifi üretiminde kullanılan farklı yöntemlerin temel amacı, kenevir bitkisinin saplarında bulunan değerli lifleri, çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir hale getirmektir (Van der Werf, 2004).

Biyolojik havuzlama, dış pektin tabakasının mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması üzerine kurulu bir yöntemdir. Bu süreçte mikroorganizmalar pektin maddesini parçalayarak sapların yapısını gevşetir ve lif demetlerinin saplardan kolaylıkla ayrılmasını mümkün kılar. Çevre dostu bir uygulama olarak bilinen bu yöntem, kenevir gibi bitkilerin liflerinin işlenmesinde sıklıkla tercih edilmektedir (Gizlenci, 2019).

Mekanik yöntem, lifler ve odunsu kısımlar, özel makineler aracılığıyla fiziksel yöntemlerle ayrıştırılır. Ancak, elde edilen lifler sert yapıları ve yüksek pektin oranları nedeniyle tekstil sektöründe doğrudan kullanılamaz. Bu liflerin tekstil amaçlı

değerlendirilmesi için ek olarak yumuşatma ve pektin giderme işlemlerine tabi tutulması gerekmektedir (Kaya ve Öner, 2020).

Kimyasal yöntem, bu işlemle düzenli uzunlukta ve saf kenevir lifleri elde edilir. Süreç boyunca, sapları kesilen kenevir bitkisi alkali bir banyoda işlem görerek pektin maddesinden arındırılır. Ardından, pamuk ve diğer liflerle harmanlanarak iplik üretiminde kullanılmak üzere kurutulur (Kaya ve Öner, 2020).

1.1.5. Türkiye’de ve Dünya’da kenevir potansiyeli ve geleceği, sürdürülebilirlik ve ekonomik katkılar

Kenevir, çevreye duyarlı özellikleriyle öne çıkmasına rağmen, esrarla karıştırılması nedeniyle uzun yıllar birçok ülkede yasaklanmış ve tartışma konusu olmuştur. Kenevir bitkisinin kuru ağırlığında tetrahidrokanabinol (THC) oranı %0,3’ü geçmezken, esrar bitkilerinde bu oran %0,3’ün üzerindedir. Ancak, zamanla kenevire olan algı değişmekte ve birçok ülke, yasakları kaldırarak bu bitkiyi yeniden ekonomik döngülerine kazandırmaktadır (Schumacher vd., 2020).

Dünya genelinde kenevir üretiminde lider konumda olan Çin tekstil, ilaç ve gıda gibi birçok sektörde etkin bir şekilde kullanmasından kaynaklanmaktadır. Avrupa’da kenevir üretiminde en ön sırada yer alan Fransa, bu alandaki uzmanlığıyla dikkat çekerken, Güney Amerika’da ise Şili, üretim hacmiyle öne çıkmaktadır. Küresel endüstriyel kenevir pazarının büyüklüğünün 2025 yılına kadar 10,6 milyar doları aşacağı tahmin edilmektedir. Bu büyüme, kenevirin sürdürülebilir bir malzeme olarak giderek daha fazla değer kazanmasından kaynaklanmaktadır. Kenevir tohumundan elde edilen ürünler (örneğin, kenevir yağı ve protein tozu gibi) alanında Kanada, küresel pazarda lider konumdadır. Kanada’nın kenevir tohumlarını işleyerek elde ettiği çeşitli ürünler, hem yerel kullanımda hem de ihracatta önemli bir yere sahiptir. İnşaat ve otomotiv sektörlerinde kullanılan kenevir lifleri ise Avrupa’da özellikle Romanya, Macaristan ve Rusya gibi ülkelerde yoğun bir şekilde üretilmektedir. Türkiye’de kenevir üretimi, son yıllarda artış göstermiştir. Özellikle kenevir tohumu üretiminde Samsun gibi bölgeler öne çıkmaktadır. Ayrıca Türkiye, kenevirin hem ekonomik hem de çevresel avantajlarını göz önünde bulundurarak bu alanda yeni stratejiler geliştirmeye başlamış ve keneviri farklı sektörlerle bütünleşmiş etmeye yönelik çalışmalara ağırlık vermiştir (Orta Anadolu Kalkınma Ajansı, 2019). Şekil 1.4.’de kenevir üretiminin yapıldığı ülkeler ve bölgeler gösterilmektedir.



Şekil 1.4. Kenevir üretiminin yapıldığı ülkeler ve bölgeler (Schumacher vd., 2020)

Çizelge 1.3.' de FAO istatistiklerine göre Dünya'da kenevir tohum verilerindeki yıllara göre değişimi verilmiştir.

Çizelge 1.3. Dünya kenevir tohumu verileri (FAO, 2021)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Değişim (%)
Alan (ha)	19.621	25.000	24.640	25.768	24.983	36.291	49.907	27.694	23.339	-15,73
Verim (hg/ha)	34.875	44.988	37.400	46.151	36.458	43.976	51.919	39.969	32.876	-17,75
Üretim (ton)	68.429	112.470	92.153	118.923	91.084	159.595	259.111	110.691	76.730	-30,68

FAO (2021) verilerine göre, dünya genelinde 6 ülkede kenevir özellikle tohum amacıyla üretilmektedir. Bununla birlikte, kenevir, dünya çapında birçok ülkede lif ve tohum üretimi için yaygın olarak yetiştirilmektedir. Avrupa, kenevir endüstrisinin hızla geliştiği bir bölge olarak öne çıkmaktadır. Bu bölgede, kenevirin kullanım alanları çok geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Özellikle inşaat sektörü, kenevirin en yoğun kullanıldığı alanlardan biridir. Kenevir, düşük çevresel etki ve yüksek verimlilik gibi avantajları nedeniyle çevre dostu yapı malzemeleri olarak tercih edilmektedir. Ayrıca, tekstil, biyoyakıt, kozmetik, gıda ve ilaç sektörlerinde de kenevirin kullanımı giderek artmaktadır. Kenevirin dayanıklılığı, esnekliği ve biyolojik bozunabilirliği, onu sürdürülebilir endüstriler için ideal bir malzeme haline getirmektedir. (FAO, 2021). Avrupa'daki kenevir tohumu ekim alanlarının ve üretiminin artması, bu bitkinin çok yönlü kullanım alanları ve ekonomik potansiyeli sayesinde giderek daha fazla tercih edildiğini göstermektedir. Bu nedenle, tez çalışmamızda kenevirin çevresel

sürdürülebilirliği desteklemesi, geniş bir endüstriyel kullanım yelpazesine sahip olması, sürdürülebilir ve ekonomik potansiyeli yüksek olması sebepleriyle seçilmiştir. Çizelge 1.4.'de 2018 yılı ve 2019 yıllarında ülkelerin kenevir tohumu ekim alanı, verimi ve üretim alanı olarak detaylı bilgi verilmiştir.

Çizelge 1.4. 2018 ve 2019 yıllarında ülkelerin kenevir tohumu ekim alanı, üretim ve verimi (FAO, 2021)

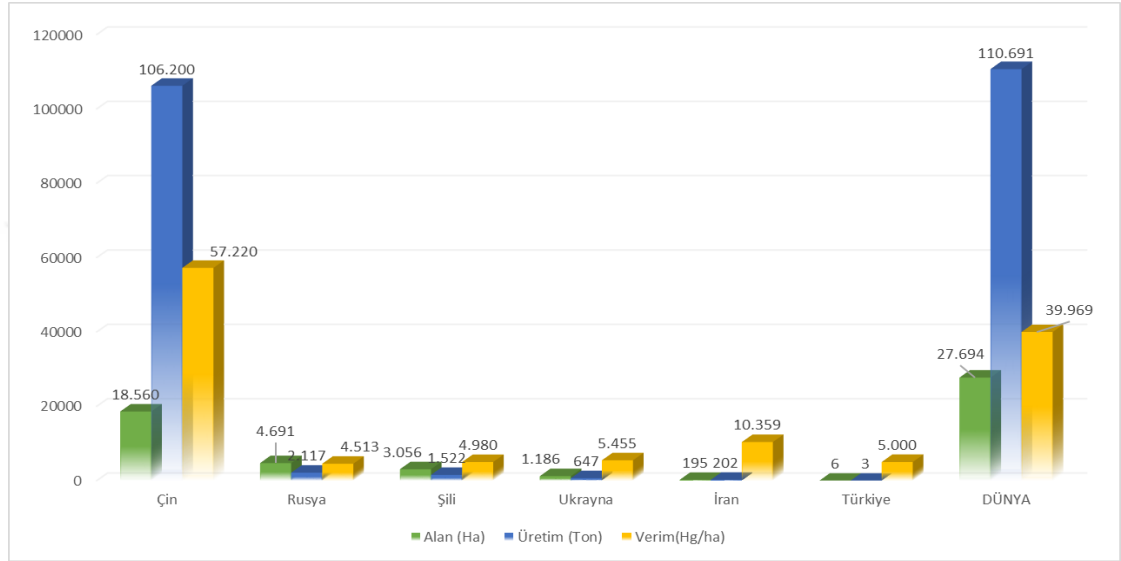
Ülkeler	2018			2019		
	Alan (Ha)	Üretim (Ton)	Verim(Hg/ha)	Alan (Ha)	Üretim (Ton)	Verim(Hg/ha)
Çin	18.560	106.200	57.220	12.603	71.423	56.671
Rusya	4.691	2.117	4.513	5.992	2.893	4.828
Şili	3.056	1.522	4.980	3.323	1.539	4.631
Ukrayna	1.186	647	5.455	1.176	650	5.527
İran	195	202	10.359	197	205	10.406
Türkiye	6	3	5.000	48	20	4.167
DÜNYA	27.694	110.691	39.969	23.339	76.730	32.876

Tablodan da anlaşılacağı üzere, 2019 yılında dünya genelinde kenevir tohumu üretimi açısından en büyük üretici ülke Çin olmuştur. Çin, toplamda 12.603 hektarlık üretim alanıyla dünya üretiminin %93,08'ini tek başına karşılamaktadır. Bu durum, Çin'in kenevir üretiminde ne denli öncü bir rol oynadığını göstermektedir. Diğer yandan, Türkiye'nin bu alandaki üretimi oldukça sınırlı kalmış ve dünya toplamının yalnızca %0.003'ünü oluşturmuştur. Bu rakamlar, Türkiye'nin kenevir üretiminde henüz istenilen düzeyde olmadığını, ancak potansiyelinin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Çin'in dünya lideri olmasındaki temel etkenler, geniş tarım alanları, köklü tarım politikaları ve kenevir üretimine verilen önem olarak sıralanabilirken, Türkiye'nin bu alandaki kısıtlı üretimi ise sınırlı tarım alanları ve bu bitkinin henüz yeterince değerlendirilmemiş olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 1.5.'de kenevir lif verileri tablo halinde ve yıllara göre değişimi verilmiştir. Şekil 1.5.'de 2018 yılına ait grafik üzerinde ki verilerle kenevir tohumu, ekim alanı, üretimi ve verimi verilmiştir.

Çizelge 1.5. Dünya kenevir lifi verileri (FAO, 2021)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Değişim (%)
Alan (ha)	40.689	40.901	42.261	43.911	44.943	42.204	40.557	59.743	69.342	16,07
Verim (hg/ha)	12.758	13.525	14.064	17.504	17.672	16.627	14.410	32.620	25.097	-23,06
Üretim (ton)	51.909	55.320	59.435	76.863	79.422	70.173	58.441	194.880	174.027	-7,01



Şekil 1.5. 2018 yılı ülkelerin kenevir tohumu ekim alanı, üretimi ve verimi (FAO, 2021)

2019 yılı itibarıyla dünya genelinde kenevir lifi üretiminde, bir önceki yıl olan 2018'e kıyasla bir miktar düşüş yaşanmıştır. Bu düşüşe rağmen, 2019 yılında toplamda 174.027 ton kenevir lifi üretilmiştir. Bu üretim, kenevirin farklı sektörlerdeki önemini koruduğunu ve dünya çapında hala yaygın bir şekilde üretildiğini göstermektedir. Türkiye ise, kenevir lifi üretimi açısından dünya toplamına kıyasla oldukça sınırlı bir paya sahiptir. Türkiye'nin toplam üretimi, dünya üretiminin yalnızca %0.04'ünü oluşturarak, bu alanda henüz rekabetçi bir konumda olmadığını ortaya koymaktadır. Bu durum, Türkiye'nin kenevir lifi üretiminde önemli bir potansiyel barındırmasına rağmen, mevcut üretim kapasitesinin ve altyapısının bu potansiyeli tam anlamıyla kullanmaya elverişli olmadığını göstermektedir. Dünya genelindeki lider üretici ülkelerle karşılaştırıldığında, Türkiye'nin kenevir tarımı ve üretim süreçlerinde daha etkin politika ve teşvik mekanizmalarına ihtiyaç duyduğu açıkça görülmektedir. 2019 verileri, kenevirin küresel pazarındaki stratejik önemini vurgularken, aynı zamanda Türkiye'nin bu pazar içindeki konumunu güçlendirmek için atması gereken adımlara işaret etmektedir.

Çizelge 1.6.'da 2018 ve 2019 yıllarına ait ülkelerin kenevir lif ekim alanı, üretimi ve verimi verilmiştir. Şekil 1.6.'da 2019 yılına ait ülkelerin kenevir lifi ekim alanı, üretimi ve verimi verilmiştir (FAO, 2021).

Çizelge 1.6. 2018 ve 2019 yıllarında ülkelerin kenevir lif ekim alanı, üretimi ve verimi (FAO, 2021)

Ülkeler	2018			2019		
	Alan (Ha)	Üretim (Ton)	Verim(Hg/ha)	Alan (Ha)	Üretim (Ton)	Verim(Hg/ha)
Avusturya	1.580	6.640	42.025	2.010	8.920	44.378
Çin	4.238	15.073	35.566	4.015	14.538	36.209
Şili	4.392	4.176	9.508	4.381	4.165	9.507
Çekya	790	370	4.684	400	180	4.500
Fransa	16.460	124.790	75.814	14.550	78.050	53.643
Macaristan	50	130	26.000	110	130	11.818
İtalya	670	4.630	69.104	910	7.710	84.725
Japonya	1	1	10.000	1	1	10.000
Hollanda	1.990	15.320	76.985	1.880	14.070	78.840
Polonya	300	1.740	58.000	1.830	13.960	76.284
Kore Cum.	16	26	16.250	16	26	16.250
Romanya	1.450	2.760	19.034	1.430	3.160	22.098
Rusya	3.166	1.212	3.828	3.102	1.187	3.827
İspanya	140	750	53.571	170	290	17.059
Türkiye	25	25	10.000	28	27	9.643
Ukrayna	1.342	655	4.881	1.333	647	4.854
DÜNYA	59.743	194.880	32.620	69.342	174.027	25.097

Çizelge 1.7. Türkiye kenevir tohumu ve kenevir lifi verileri (FAO, 2021)

	2005	2010	2015	2018	2019	2020	Değişim (%)
Kenevir Tohumu Ekilen Alanı (da)	650	221	10	59	536	4.252	396,6
Kenevir Tohumu Üretim Miktarı(ton)	13	7	1	3	20	273	682,5
Kenevir Tohumu Verimi (kg/da)	20	32	100	51	42	64	47,62
Kenevir Lifi Ekilen Alanı (da)	650	221	10	55	160	101	-36,9
Kenevir Lifi Üretim Miktarı (ton)	55	10	1	7		9	-52,6
Kenevir Lifi Verimi (kg/da)	85	45	100	127	126	94	-25,4

Çizelge 1.7.'de Türkiye'de kenevir tohumu ve kenevir lifi verileri verilmiştir (FAO, 2021). Tabloya göre Türkiye'de kenevir tohumu üretimi son yıllarda ciddi bir artış göstermiştir. 2020 yılında ekim alanı 4.252 da ulaşarak 2005 yılına göre %396,64 büyüme kaydetmiştir. Tohum üretim miktarı da 273 ton seviyesine çıkarak %682,5 oranında artmıştır. Buna rağmen, kenevir tohumu verimi 2020'de 64 kg/da olarak kaydedilmiş ve bu alanda kısmi bir toparlanma gözlemlenmiştir.

Diğer taraftan, kenevir lifi üretimi gerileme göstermektedir. Ekim alanı 2005'te 650 da iken, 2020'de 101 da düşerek %36,87 azalmıştır. Lif üretim miktarı 9 ton ile %52,63 oranında gerilerken, lif verimi 94 kg/da seviyesine düşerek %25,40 oranında bir kayıp yaşamıştır.

Sonuç olarak, Türkiye'de kenevir tohumu üretimi hızlı bir yükseliş gösterirken, kenevir lifi üretiminde alan ve verim açısından düşüş devam etmektedir. Bu durum, lif üretiminde verimliliği artırmaya yönelik çalışmaların önemini vurgulamaktadır. Çizelge 1.8.'de Türkiye'nin illere göre kenevir tohumu ve kenevir lifi üretim miktarı, alanı ve verimi verilmiştir (FAO, 2021).

Çizelge 1.8. Türkiye'nin illere göre kenevir tohumu ve kenevir lifi üretim miktarı, alanı ve verimi (FAO, 2021)

İller	2005			2010			2015			2019			2020		
	Alan (da)	Üretim (ton)	Verim(kg/da)	Alan(da)	Üretim (ton)	Verim(kg/da)	Alan (da)	Üretim (ton)	Verim(kg/da)	Alan (da)	Üretim (ton)	Verim(kg/da)	Alan (da)	Üretim (ton)	Verim(kg/da)
Kenevir Tohumu															
Amasya													1433	99	69
Kastamonu	100	3	30							85	1	18	61	2	35
Kayseri										32	2	63	113	10	88
Kütahya				20	1	50				100	1	13			
Malatya										4	0	0			
Ordu										3	0	0	3	0	0
Samsun	520	9	17	221	7	32	10	1	100	297	15	51	2633	161	61
Yozgat										15	1	67	9	1	111
Çorum	10	1	0												
TÜRKİYE	650	13	20	221	7	32	10	1	100	536	20	42	4252	273	64
Kenevir Lifi															
Bartın													49	4	82
Burdur													16	1	91
Karabük													6	1	167
Kastamonu	100	6	60							9	0	6	16	1	63
Kayseri										10	1	100			
Kütahya	20	1	50												
Samsun	520	47	90	221	10	45	10	1	100	141	18	128	14	2	143
Çorum	10	1	100												
TÜRKİYE	650	55	85	221	10	45	10	1	100	160	19	126	101	9	94

2019 yılında alınan yasal düzenleme ile Türkiye’de endüstriyel kenevir üretimi, belirli kriterlere uyulması koşuluyla 19 ilde serbest bırakılmıştır. Bu karar, hem çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlamak hem de tarımsal ve ekonomik potansiyeli değerlendirmek amacıyla alınmıştır. Şekil 1.7.’de Türkiye’de kenevir ekilen iller gösterilmiştir. (Başer ve Bozoğlu, 2020).



Şekil 1.6. Türkiye'deki kenevir ekilen iller (Bozoğlu ve Başer, 2020).

Türkiye'de kenevir ekim alanları yukarıda ki haritada belirtilmiştir. Kenevir ekiminin serbest olduğu 19 il vardır. Bunlar; Antalya, Burdur, Uşak, Kütahya, İzmir, Malatya, Kayseri, Yozgat, Tokat, Ordu, Rize, Çorum, Amasya, Samsun, Sinop, Kastamonu, Karabük, Bartın, Zonguldak'tır.

1.2. Kireç

Kireç (CaO), kireçtaşındaki kalsiyum karbonatın 900-1000°C sıcaklıkta ısıtılarak ayrıştırılmasıyla elde edilir ve "sönmemiş kireç" olarak adlandırılır. Sönmemiş kireç, suyla reaksiyona girerek kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂), yani "sönmüş kireç" haline dönüşür. Ayrıca, yüksek kalsiyumlu kirecin yanı sıra magnezyum içeren dolomitik kireç ve sönmüş dolomitik kireç de üretilmektedir. Antik çağlardan bu yana çeşitli amaçlarla kullanılan kireç, Eski Mısır piramitlerinden Yunan ve Roma dönemi yapıtlarına kadar önemli bir yapı malzemesi olmuştur. Kirecin harç yapımında kullanımıyla ilgili en eski yazılı bilgi, Romalı mühendis Marcus Vitruvius Pollio'nun İmparator Augustus döneminde (MÖ 27-MS 14) yazdığı "De Architectura" adlı eserinde yer almaktadır (Austin G.T., 1984).

Kireç, doğada bol miktarda bulunan kireç taşının 850-1400°C sıcaklık aralığında fırınlanmasıyla elde edilen, beyaz renkli ve inorganik bir bağlayıcıdır. Bu işlem sırasında kireç taşı (CaCO₃) parçalanarak karbondioksit (CO₂) açığa çıkar ve geriye kalsiyum oksit (CaO) adı verilen sönmemiş kireç kalır. Sönmemiş kireç, su ile reaksiyona girdiğinde ısı açığa çıkar ve kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) adı verilen sönmüş kireç oluşur. Kireç, kimyasal özellikleri sayesinde türüne bağlı olarak su içinde veya hava ile temasta sertleşir ve uzun ömürlü, dayanıklı bir yapı malzemesi haline

gelir. Bu özellikleri sayesinde inşaat sektöründen tarıma, kimya sanayisinden çevre mühendisliğine kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir (Beydemir, 2006).

Kil oranına bağlı olarak yalnızca havada sertleşme özelliği gösteren kireç, "hava kireci" olarak adlandırılmaktadır ve bu tür kireç, yapı sektöründe en yaygın şekilde kullanılan bağlayıcı maddelerden biridir. Hava kireci, nemli ortamda havadaki karbon dioksit ile reaksiyona girerek zamanla sertleşir ve dayanıklılık kazanır. Günümüzde yapı malzemesi olarak tercih edilen kireç türleri genellikle hava kireci sınıfına girmekte olup, bu nedenle "kireç" denildiğinde, genel olarak hava kireci kastedilmektedir (Bulut, 2007).

Hidrolik özellik göstermeyen kireçlerde, priz süresi hidrolik kireçlere göre daha uzun sürelidir (Güney, 2012).

Su kireci, kalker ve kil karışımının pişirilmesiyle elde edilir; bu karışımda kil oranı %10 ile %25 arasında değişir. Pişirme işlemi sırasında kalkerin ayrışmasıyla ortaya çıkan kireç, kilin içindeki silis ve alüminyum bileşenleriyle birleşir. Bu bağlayıcı maddelerin toz haline gelmesi, kirecin doğrudan söndürülmesiyle sağlanır. Fırından çıkan kireç, suyla temas ettiğinde, kirecin reaksiyona girerek hacim artışı oluşturur ve bu da parçaların ince toz haline dönüşmesini sağlar. Bu sürecin gerçekleşebilmesi için su kirecindeki kalsiyum oksit oranının %10'dan fazla olması gereklidir (Görhan, 2006), (Tekin, 2014).

Kireç birçok özelliği nedeniyle geçmişten günümüze oldukça fazla kullanılan bir malzemedir.

Hava kireçleri, yüksek verimlilikleriyle öne çıkan malzemelerdir. 1 kilogram sönmemiş hava kirecinden, en az 2 litre kaymak kireç elde edilebilmektedir. Bu, hava kirecinin etkin ve ekonomik bir şekilde kullanılabilmesini sağlar (Beydemir, 2007).

Kireç, tarafsızlaştırma, emilim ve alkalileştirme gibi kimyasal işlemlerde yaygın olarak kullanılan, hızlı reaksiyon yeteneğiyle zararlı maddelerin uzaklaştırılmasında ve değerli kimyasalların geri kazanılmasında etkili, aynı zamanda düşük maliyetli ve kolay erişilebilir bir malzemedir (Gençtürk, 2011).

Kireç geçmişten günümüze birçok alanda farklı amaçlarla kullanılmıştır. Söndürülmüş kireç, su ile karıştırılarak basit bir kaplama malzemesi olarak kullanılabilir. Ancak, içine farklı renk pigmentleri ve plastik maddeler eklenerek, dekoratif amaçlı bir malzeme haline de dönüştürülebilir. Bu karışım, duvarlara veya diğer yüzeylere badana şeklinde uygulanarak estetik bir görünüm sağlarken aynı zamanda yüzeyi koruma işlevi de görür. Doğal yapısı, kolay uygulanabilirliği ve

ekonomik oluşu, kirecin süsleyici malzeme olarak tercih edilmesinde önemli bir rol oynar (Saraylı,1975).

1.3. Çimento

Çimento, temel olarak kalsiyum silikatlardan oluşan ve su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonu sonucu sertleşerek bağlayıcı özellik kazanan ince öğütülmüş inorganik bir malzemedir. Bu hidrolik bağlayıcı, inşaat sektöründe beton ve harç üretiminin vazgeçilmez bir bileşenidir ve farklı mineral katkı maddeleriyle çeşitli özelliklerde üretilmektedir (Lothenbach ve ark., 2011).

1.3.1. Çimento ana sınıfları

Çimento, beş temel sınıfa ayrılmaktadır: CEM I (Portland çimentosu), CEM II (Portland kompoze çimento), CEM III (Yüksek fırın cürüflü çimento), CEM IV (Puzolanik çimento) ve CEM V (Kompoze çimento). 2021 yılında yayımlanan TS EN 197-5 standardı ile bu sınıflara CEM VI – Kompoze çimento adı altında yeni bir ana grup eklenmiştir.

Bu standart, aynı zamanda CEM II grubu içinde klinker oranını daha da azaltmaya imkân tanıyan CEM II/C türünü de içermektedir. Önceki TS EN 197-1 standardına göre CEM II/B çimentosunda klinker oranı en az %65 iken, CEM II/C çimentosunda bu oran %50'ye kadar indirilebilmektedir. Bu yenilikler, çimento üretiminde daha az klinker kullanarak karbon emisyonlarını düşürmeyi ve çevresel sürdürülebilirliği artırmayı hedeflemektedir (url_3).

1.4. Killi Toprak

Killi topraklar, %40'tan fazla kil, %45'ten az kum ve %40'tan az mil içeren topraklardır. Kil oranı çoğunlukla %60-70'e kadar ulaşabilir. Su tutma kapasitelerinin yüksek olması nedeniyle aşırı sulama veya yoğun yağışla balçıklaşma eğilimi gösterirler. Bu durum, toprağın hava dolaşımını engeller, köklerin oksijensiz kalarak çürümesine yol açar. Kuruma dönemlerinde ise toprak sertleşip sıkışır, bu da bitki köklerinin gelişimini sınırlar ve büyümeyi olumsuz etkiler. Kil oranının yüksek olması, su ve besin elementlerini depolama kapasitesini artırırsa da, bu topraklar genelde tarımsal verim açısından ideal değildir (url_4).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Günümüzde ekonomik koşulları göz önüne alırsak kullanılan malzemelerin maliyetinin fazla olduğu görülmektedir. Kullanılan malzemelerin fazla maliyetinin yanında hammadde olarak da gün geçtikçe azalmaya başlamıştır. Bu sebeple kullanılan malzemelerin maliyetini düşürmek bunun yanında sürdürülebilir olması tercih sebebi olacaktır.

Maliyetinin düşük olması ve sürdürülebilirlik açısından kenevir bitkisi ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde kenevir ile çalışmalar kısıtlıdır. Bunun sebepler arasında üretimin kısıtlanması ve teşviklerin yetersiz olmasıdır.

Kenevirin yetiştirme koşulları kolay olması, maliyetin az olması ve çoğu sektörde kullanılabilmesi bizleri bu çalışmaya yönlendirmiştir.

Altın ve Yıldırım (2022) Yalıtım malzemelerinin çeşitliliği oldukça fazla olmasına rağmen, piyasada yerini koruyabilen yalıtım malzemelerinin sayısı çok azdır. Bu nedenle tüketiciler, bilimsel gerçeklere göre kendi ihtiyaçlarını tam olarak belirleyebilmeden, yalıtım uzmanının tercih ettiği en ekonomik malzemeyi seçmektedir. Yalıtım malzemelerinin çeşitliliğinin artması, tüketicinin bilinçlendirilmesi ve yapılacak işe en uygun malzemenin seçilmesi esas olmalıdır.

Sinka ve ark. (2014) Sıkıştırılmış kenevir-kireç karışımlarının termal ve mekanik özellikleri gözlemlenmiştir. Farklı sıkıştırma oranları ve bağlayıcı miktarları, yoğunluk, ısı iletkenliği ve dayanımı üzerinde etkileri incelenmiştir. Kenevir miktarı arttıkça yoğunluk ve ısı iletkenliği de artmıştır. Karışım, enerji tasarrufu sağlayan termal özellikler ve yeterli mekanik dayanım göstermiştir. Bu sonuçlar, kenevir-kireç karışımının çevre dostu bir yapı malzemesi olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Sinka ve ark. (2015) Kenevir-kireç betonun farklı üretim yöntemleriyle elde edilen özellikleri incelenmiştir. Araştırmada, kenevir-kireç karışımının mekanik dayanımını artırmak için çeşitli hidrolik katkıları kullanılmış, numuneler tamamen kurutulduktan sonra yoğunluk, ısı iletkenlik, basınç dayanımı ve eğilme mukavemeti gibi özellikler ölçülmüştür. Bu süreçte, en uygun malzeme bileşimi ve üretim teknikleri değerlendirilmiş, ayrıca bir numune üzerinde yangın dayanımı testi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, çırpıcı ve tamburla yapılan karıştırma işleminin malzemenin mekanik ve termal özellikleri üzerinde kayda değer bir fark yaratmadığını göstermiştir. Ancak tamburla karıştırma işleminin daha yavaş olduğu ve daha fazla manuel müdahale

gerektirdiği belirlenmiştir. Karıştırma tekniğinin ısı iletkenlik üzerinde büyük bir etkisinin olmadığı, bu değerlerin 0,0718 W/mK ile 0,0778 W/mK arasında değiştiği tespit edilmiştir. Isıl iletkenliğin kenevir liflerinin granül boyutuna bağlı olduğu ve aşırı büyük ya da küçük parçaların hem mekanik hem de termal performansı olumsuz yönde etkilediği vurgulanmıştır. Yangın testi sonuçları, organik dolgulu malzemelerin A sınıfı yangın dayanımına ulaşamadığını, ancak kenevir-kireç kompozitinin B sınıfı standartlarına uygun olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle, kenevir-kireç kompozitinin yalıtım malzemesi olarak kullanım potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir.

Zampori ve ark. (2013) Kenevir lifli matların geleneksel malzemelere geçerli alternatifler olduğu ve yeşil bina sektöründe uygulama için uygun olduğu sonucuna varmıştır.

Walker ve ark. (2014) Kenevir, kireç karışımlarının nem ve ısı iletimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Farklı bağlayıcı türlerinin (kireç, puzolan, hidrolik kireç ve çimento) su emme ve geçirgenlik özelliklerine nasıl etki ettiği araştırılmıştır. Sonuçlar, bağlayıcıların su emme kapasitesini belirgin şekilde değiştirdiğini, ancak karışımdaki gözenek yapısının geçirgenlik üzerinde daha büyük bir etkisi olduğunu göstermiştir. Isı iletkenliği açısından ise bağlayıcı türünün önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür. Bu bulgular, yapı malzemesi seçiminin nem dengesi ve ısı yalıtımı açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Kymäläinen ve Sjöberg (2008) Kenevir liflerinin yapı kullanımları (yani ısı yalıtımı) için uygunluğu belirtilmiş ve ayrıca kullanım ömrü sonunda çevresel etkinin azaltılmasını sağlayan lifin biyolojik olarak parçalanabilirliğine dikkat çekmişlerdir.

Collet ve ark. (2014) Araştırmada, kenevir betonlarının termal iletkenliği üzerinde formülasyon, yoğunluk ve nem içeriğinin etkileri değerlendirilmiştir. Isıl iletkenlik değerlerinin 0,09 W/mK ile 0,16 W/mK arasında değiştiği ve bu değerlerin yoğunluk artışıyla yükseldiği gözlemlenmiştir. Yüksek yoğunluklu malzemelerin termal iletkenlik değerlerinin, düşük yoğunluklu malzemelere oranla iki kata kadar daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bulgular, yapıların hidrotermal özelliklerini analiz ederken yoğunluğun temel bir parametre olduğunu ortaya koymaktadır.

S.Amziane ve ark., (2013) Kenevir bacağı, çevre dostu biyobazlı bir malzeme olarak birçok fayda sağlar (yenilenebilirlik, geri dönüşüm, karbon tutma vb.). Yoğunlukları ve dolayısıyla ısı iletkenlikleri düşük olduğundan, son yirmi yılda kullanımları artmıştır. Kenevir betonunun ısı iletkenliğinin oldukça düşük olduğu

(yaklaşık 0,1 W/(mK)) ve bu malzemelerin kenevir bıçağı ile bağlayıcının birleşimi nedeniyle yüksek higroskopik özellikler sergilediği belirlenmiştir.

Korjenic ve ark. (2011) Yaygın olarak kullanılan yapı yalıtım malzemelerinin fiziksel, mekanik ve yalıtım özelliklerine benzer yeni yalıtım malzemeleri geliştirmek için kenevir, jüt ve keten liflerinin kullanımını önermiştir. Çalışmanın bulguları, ele alınan altı numune için, ısı iletkenliğin %0 ile %14 arasındaki bir nem içeriğiyle yaklaşık 0,044 W/mK ortalama değerinden yaklaşık 0,057 W /mK ortalama değerine yükseldiğini göstermiştir. Dahası, numunelerin nem yüzdesine ve bileşimine bağlı olarak çok düşük ısı iletkenlik değerlerinin elde edilebileceği ve böylece bu malzemelerin geleneksel malzemelere göre rekabet gücünün artırılacağı gözlemlenmiştir.

Pfundstein ve diğ., (2008) Schiavoni ve diğ., (2016) Kenevir bazlı ısı yalıtım malzemeleri, kenevir bitkisinin lifleri ve atık kısımlarından üretilir ancak henüz standartlaştırılmamıştır. Yangın direncini artırmak için borik tuzu, su geçirmezlik için ise bitüm eklenebilir. Yüksek nem emme kapasitesine sahip olan bu malzeme, nem oranı arttıkça ısı iletkenliğini yükseltir. Suyu, neme ve zararlılara karşı korunması gereken malzeme, düşük basınç dayanımı nedeniyle genellikle çatı duvarları, döşeme altları ve ahşap çerçeve sistemlerinde tercih edilir.

Charai ve ark., (2021) Kenevir alçı panelleri üzerine yapılan araştırmalar, bu malzemenin enerji verimliliği ve ısı yalıtımındaki önemli potansiyel faydalarını ortaya koymaktadır. Araştırmada, alçı matrisine %6 oranında MHF eklenmesinin, panellerin yoğunluğunu önemli ölçüde azalttığı ve ısı yalıtımını artırarak ısı transfer hızını elyafsız sıva ile karşılaştırıldığında sırasıyla %24,5, %31,3 ve %8,5 oranlarında yavaşlattığı tespit edilmiştir. Ayrıca, %2 oranında MHF ilavesinin, termal ısı kapasitesi açısından en iyi sonuçları sağladığı belirlenmiştir. Geliştirilen alçı panellerinin enerji performansı, Fas'ın iki farklı yarı kurak ikliminde yer alan bir konut binası için yapılan EnergyPlus simülasyonları ile değerlendirilmiştir. Bu simülasyon sonuçları, 40 mm kalınlığındaki Fas keneviri alçı panellerinin, özellikle yaz aylarında binaların enerji tüketimini azaltma ve iç mekanlarda pasif termal konfor sağlama konusunda önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, kenevir alçı panellerinin, binalarda enerji tasarrufu sağlama ve iç mekân iklimini iyileştirme potansiyeli, sürdürülebilir inşaat malzemeleri açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, kenevirin çevre dostu ve enerji verimli bir malzeme olarak inşaat sektöründeki uygulama alanlarını genişletmeye yönelik önemli bir katkı sağlamaktadır.

Sanjay ve ark., (2015) Çalışmada, kenevir gibi doğal elyafları termoplastik kompozitlerde takviye malzemesi olarak kullanılabilceği ve cam elyaf yerine doğal liflerin kullanıldığı hibrit kompozitlerin otomotiv sektöründe yeni uygulama fırsatları sunduğu belirtilmiştir. Doğal elyafların hibrit kullanımı, düşük maliyetli uygulamalar için uygun olsa da cam elyafla karşılaştırıldığında mekanik özellikler açısından daha düşük performans göstermektedir. Ayrıca, doğal elyaf takviyeli kompozitlerin düşük bakım, yüksek gerilme/ağırlık oranı, korozyon ve darbe direnci gibi avantajları vurgulanmıştır.

Pochwała ve ark., (2020) Kenevir, doğal kaynaklar arasında çevre dostu özellikleri ile dikkat çeken bir malzemedir. Büyüme sürecinde atmosferden yüksek miktarda karbondioksit çekerek karbon ayak izini azaltır. Isı yalıtımı, ısı depolama kapasitesi ve buhar geçirgenliği gibi üstün özelliklere sahiptir. Ayrıca, kullanım ömrü sona erdiğinde gübre olarak geri dönüştürülebilir ve tamamen biyolojik olarak parçalanabilir. Bu özellikleriyle kenevir, sürdürülebilir inşaat ve endüstriyel uygulamalarda önemli bir alternatif sunmaktadır.

Özdemir ve Tekoğlu, (2013) Kenevir, yüksek dayanıklılık, kuvvet ve su emme özellikleri sunan doğal bir lifdir. Yıllık lif verimi oldukça yüksektir ve bu liflerden üretilen kumaşlarda tüylenme (pilling) sorunu yaşanmaz. Kenevir, 20 °C ve %65 bağıl nemde %12, %95 bağıl nemde ise %30 nem alır; bu değerler pamuk ve ketenden belirgin şekilde daha yüksektir.

Stevulova ve ark., (2013) Büyük bir yenilenebilir hammadde grubu bitki kaynaklı malzemelerdir. Doğal Liflerin kullanımının yanı sıra bitkilerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan atıklar, son günlerdeki malzeme araştırmalarında en önemli hedeflerden birisini oluşturmaktadır. Biyo kompozit üretmek için hızlı ve yenilenebilir bir malzeme olarak kenevire (Cannabis Sativa) büyük önem verilmektedir. Kenevirde elde edilen en yaygın malzeme, son derece güçlü ve dayanıklı olan selülozik liflerdir. Kenevir sapı veya odunsu kısmı, kenevir endüstrisinde atık olarak kabul edilir. Birçok araştırmacı, çimento, hidrolik, kireç ve alçı bağlayıcılara dayalı yapı malzemeleri için takviye olarak kenevir liflerinin kullanımını incelemişlerdir. Bu araştırmacılar kenevir liflerinin, lif kompozitlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu özellikler lif ve matris etkileşimine, matrisin özelliklerine, lifin doğası ve morfolojisine bağlıdır.

Carmeuse, (2023) Kenevir, ekolojik ve sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak inşaat sektöründe büyük bir potansiyele sahiptir. Hem sahada karıştırılarak

işlenebilmesi hem de önceden üretilmiş kenevir blokları şeklinde temin edilebilmesi, kullanıcılar tarafından tercih edilmesine neden olan avantajlardandır.

Carmeuse, Diary (2023) Kenevir, hafif olmasına rağmen yüksek dayanıklılığı ile sağlam ve uzun ömürlü bir inşaat malzemesidir. Çevreye katkı sağlama açısından, atmosferdeki karbona emilimi sayesinde karbon ayak izini azaltır ve enerji verimliliği sağlayan doğal bir yalıtım görevi görür. Isı yalıtımındaki etkisi sayesinde iç mekân sıcaklığını korur ve enerji tasarrufu sağlar. Yangına karşı dirençli olup, alev almaz özellik gösterir ve güvenliği artırır. Ayrıca, nem emme özelliğiyle çürüme ve küf oluşumunu engeller. Esnek tasarım imkânı sunarak farklı mimari stillere uyum sağlar.

Souza, (2020) Kenevirin kullanımında, mekanik performansının düşük olması ve doğru karışım oranlarının kullanılması gibi önemli faktörler bulunmaktadır.

Seng, ve ark., (2021) Kenevir betonu, biyolojik kaynaklı inşaat malzemeleri arasında yer almakta olup, fotosentez yoluyla karbon dioksit depolayabilme yeteneğine sahiptir. Bu özelliği sayesinde, çevresel etkiyi azaltarak karbon ayak izinin küçülmesine katkı sağlar ve bina enerji verimliliğini artırmak için potansiyel bir çözüm sunar. Ayrıca, nem ve ısı transferinin bina kabuğunda kontrol edilmesi, yalnızca enerji tasarrufu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sağlıklı yaşam koşullarını teşvik eder. Artan nem, mikroorganizma büyümesini desteklediğinden, bu seviyelerin yönetilmesi, özellikle küf gibi zararlı unsurların engellenmesinde önemli bir rol oynar.

Niyigena ve ark., (2016) Son yıllarda çevre dostu ve sürdürülebilir yapı malzemelerine olan ilgi giderek artmaktadır. Doğal kaynaklı agregalar, yenilenebilir ve karbon nötr özellikleriyle bu alanda önemli bir yere sahiptir. Termal ve akustik yalıtım avantajları sunmalarına rağmen, düşük mekanik dayanımları en büyük dezavantajlarından biridir. Kenevir betonunun özelliklerini; agrega boyutu, bağlayıcı türü, sıkıştırma enerjisi ve üretim yöntemleri gibi birçok faktör belirlemektedir. Ayrıca, yoğunluk, bileşenlerin kalitesi, miktarı, agrega boyutu ve gözeneklilikle doğrudan ilişkilidir.

Al-Oqla ve Sapuan, (2014) Son yıllarda çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik artan ihtiyaç ve bu konuda gelişen farkındalık, mühendislik ürün tasarımlarında sürdürülebilir malzemelerin kullanılmasına öncelik verilmesini sağlamıştır. Bu bağlamda, kenevir malzemesi, geri dönüştürülebilirlik potansiyeli, çevre dostu yapısı ve üstün performans özellikleriyle dikkat çekmektedir. Kenevirin hem doğal hem de işlenmiş formda sunabildiği çok yönlü kullanım avantajları, farklı disiplinlerdeki uygulamalara kolaylıkla uyum sağlamasına olanak tanımaktadır. Yapı malzemelerinden

otomotiv sektörüne, enerji tasarruflu yalıtım çözümlerinden tekstil ve kompozit üretimine kadar geniş bir yelpazede değerlendirilebilmesi, mühendislik tasarım süreçlerinde ona daha fazla öncelik verilmesine sebep olmaktadır. Bu durum, hem çevre dostu ürünlerin geliştirilmesini desteklemekte hem de yenilikçi tasarımlara ilham kaynağı olmaktadır.

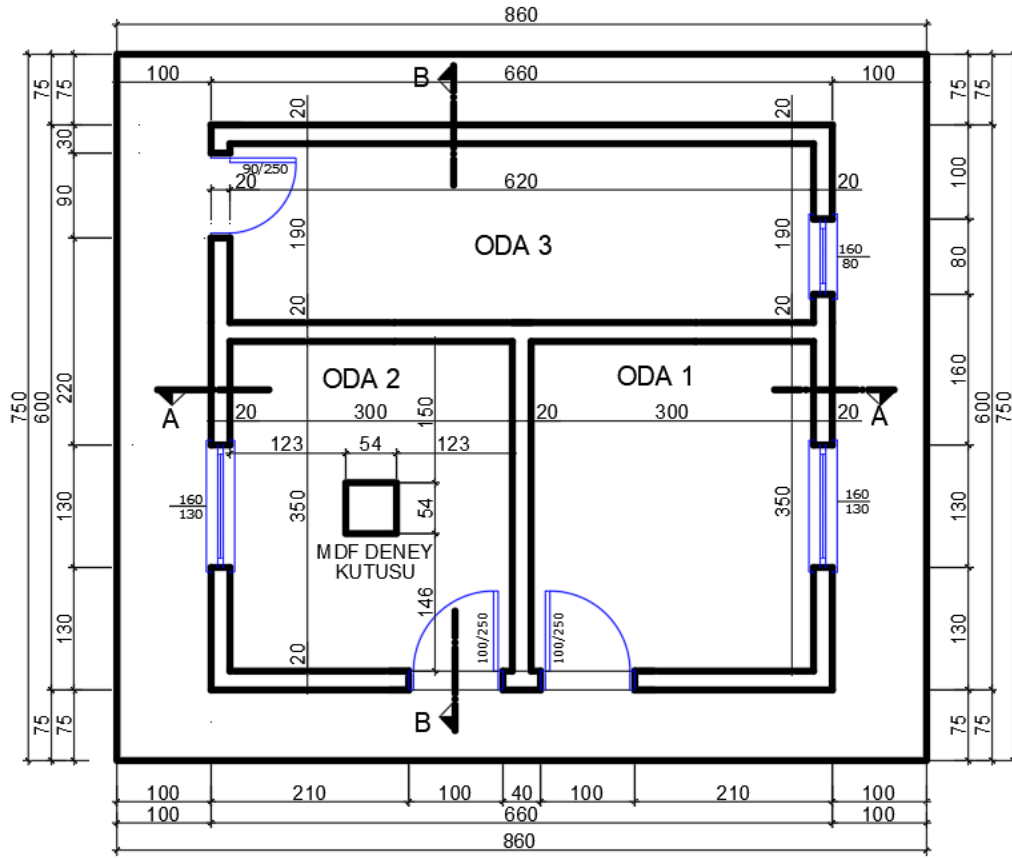
Aziz ve Ansell, (2004) Kenevir ve kenevir lifi takviyeli polyster kompozitlerin mekanik özellikleri üzerinde yapılan çalışmada, işlenmiş ve işlenmemiş lifler karşılaştırılmıştır. Alkali işlem görmüş liflerin, işlem görmemiş olanlara kıyasla daha iyi eğilme dayanımı ve modül performansı gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, doğal liflerle uyumlu özel polyster reçinelerin kullanılması, kompozitlerin mukavemetini artırıcı bir etki sağlamıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

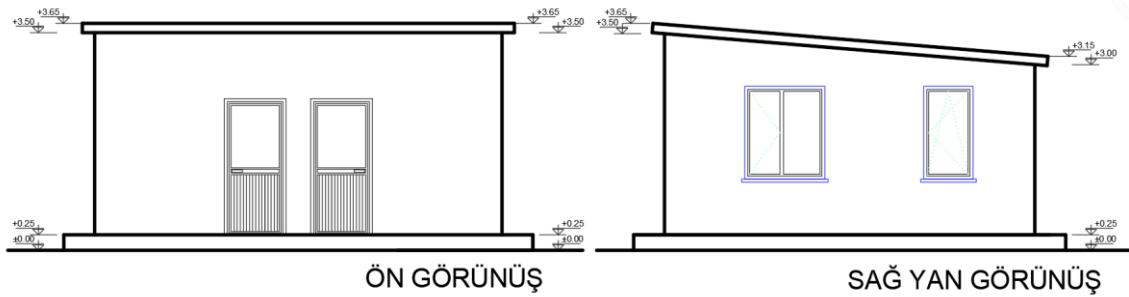
3.1. Deneylerin Yapıldığı Laboratuvarın Teknik Özellikleri

Kenevir ve farklı bağlayıcıların ısı, nem, yangın ve sese karşı incelenmesi kapsamında yapılacak deneylerin tespiti yapılmıştır. Bunun için Konya Teknik Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü bünyesinde bulunan Şekil 3.1 (a, b, c)'de planı, ön, sağ yan görünüşü ve kesitleri verilmiştir. Şekil 3.2.'de laboratuvar binasının görünüşleri gösterilmektedir.



ZEMİN KAT PLANI

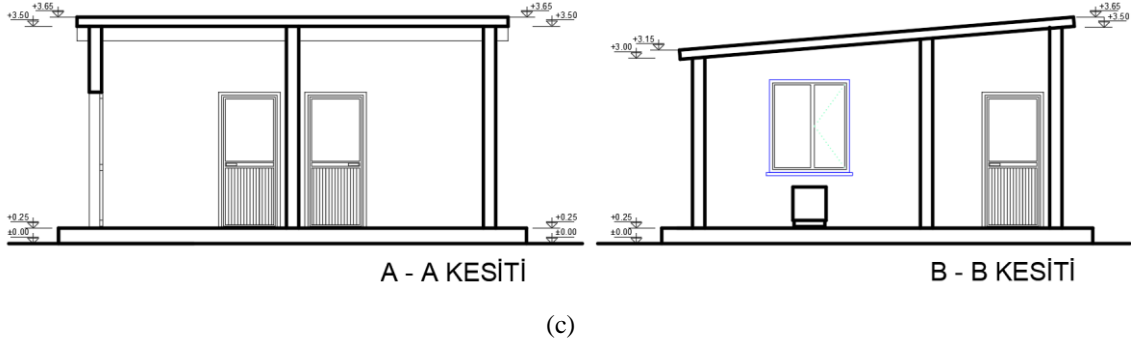
(a)



ÖN GÖRÜNÜŞ

SAĞ YAN GÖRÜNÜŞ

(b)



Sekil 3.1. Yapının planı (a), görünüşleri (b), kesitleri (c)



Sekil 3.2. Laboratuvar binası görünüşleri

Binada duvar yapımında kullanılan gaz betonun teknik özellikleri, dayanıklılık, ısı yalıtımı ve hafiflik gibi faktörler göz önünde bulundurularak Çizelge 3.1'de detaylı bir şekilde sunulmuştur. Ayrıca, çatı yapımında tercih edilen donatılı gaz betonun mekanik özellikleri, yapı güvenliği ve ısı yalıtım performansı açısından Çizelge 3.2'de verilmiştir. Binanın kapı ve pencereleri, yüksek kalite alüminyum profilden üretilmiş olup, bu yapı elemanlarının teknik detayları ve işlevsel özellikleri ise Çizelge 3.3'te ayrıntılı olarak yer almaktadır. Bu sayede, kullanılan malzemelerin tüm teknik özellikleri ve uygulama alanları daha anlaşılır bir şekilde ortaya konmuştur (Türker, 2023).

Çizelge 3.1. Gaz betonun yapısal özellikleri (Yıldırım, 2021)

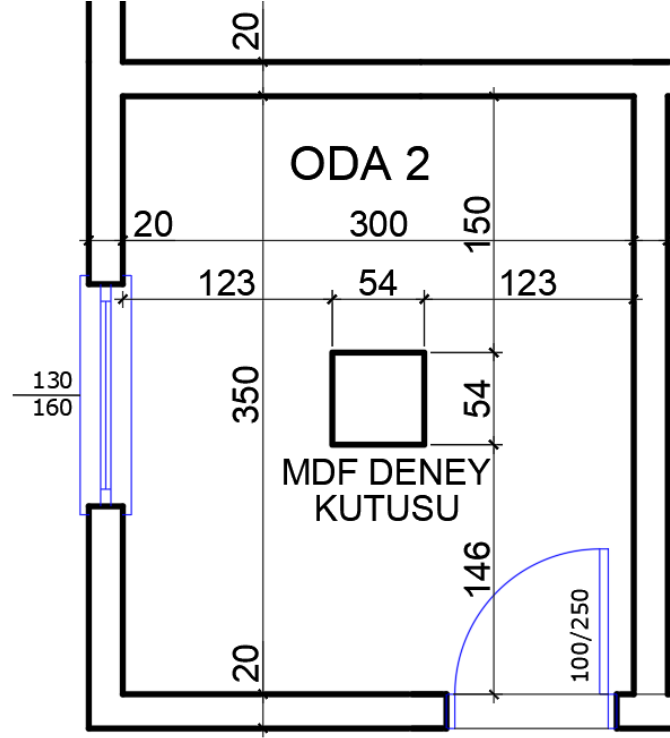
Performans Beyanı	90000005	
Uzunluk	600 mm	
Genişlik	85-400 mm	
Yükseklik	250 mm	
Kategori	TLMB	EN 771-4
Ortalama basınç dayanımı (Küp numune)	2,5 N/mm ²	EN 772-1
Yangına tepki	A1	EN 13501-1
Dayanıklılık (Donma-çözülme direnci)	Açık hava şartlarına maruz yüzeyler kaplanmalıdır	-
Su buharı geçirgenlik katsayısı	0,50	EN 1745: Tab. A10
Isıl iletkenlik	≤ 0,106 W/m.K	EN 12664
Kuruma büzülmesi (Rötre)	≤ 0,2 mm/m	EN 680

Çizelge 3.2. Gaz betonun yapısal özellikleri (Yıldırım, 2021)

PERFORMANS BEYANI	90500008	
Beyan Edilen Performans	Yyong RF1 AAC 5-600	
Basınç dayanım sınıfı	AAC 5	EN 679
Yoğunluk sınıfı	600	EN 678
Akma dayanımı	500 MPa	-
Çekme dayanımı	550 MPa	-
Yangına tepki	A1	EN 13501
Dayanıklılık (Donma-çözülme direnci)	NPD	EN 15304
Su buharı geçirgenlik katsayısı	0,50	EN 1745: Tab. A10
Su emme	Korumasız kullanmayınız	EN 772-11
Isıl iletkenlik	≤ 0,16 W/m.K	EN 1745: Tab. A10
Kuruma büzülmesi (Rötre)	≤ 0,2 mm/m	EN 680

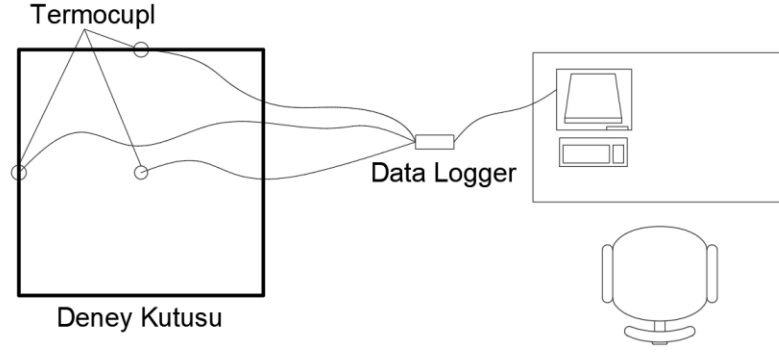
3.2. Deney Düzeneği Hakkında Bilgi

Deney laboratuvarında, 300X350 cm iç ölçülerine sahip ODA 1'de deney düzeneği yerleştirilmiştir. Bu düzeneğe ilişkin oda planı, Şekil 3.3'te gösterilmektedir. (Türker, 2023).



Şekil 3.3. Deney sisteminin bulunduğu oda planı

18 mm kalınlığında 735 kg/m³ yoğunluğunda ham MDF'den dış ölçüleri; eni 54 cm, boyu 54 cm, yüksekliği 54 cm ve 8,5 cm ayak ile toplamda 62,5 cm yüksekliğinde kapalı bir kutu oluşturulmuştur. Deney kutusunda çalışma yapabilmek için önden iki adet menteşeli kapak yapılmış ve kilit takılmıştır. Şekil 3.4'de kullanılan deney sisteminin görsel temsili ve Şekil 3.5'de ise deney sistemi görselleri verilmiştir (Türker, 2023).



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.4. Deney sistemi görsel temsili (a,b,c,d)

3.3. Malzemeler ve Düzenekler

Yapılan araştırmada, yapı malzemesi üretiminde bağlayıcı olarak kireç, killi toprak ve çimento kullanılmıştır. Kenevir ise, bu karışımların içinde kullanılan malzeme olarak özellikle sap kısmından faydalanılmıştır. Kenevir sapları, doğrudan inşaat malzemelerine eklenerek, malzemenin mekanik ve termal özelliklerini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma, kenevirin çevre dostu ve sürdürülebilir bir malzeme olarak kullanılabilirliğini vurgulamaktadır. Ayrıca, kenevirin farklı bağlayıcı malzemelerle birleştirilmesinin, beton ve sıva gibi yapı malzemelerinin fiziksel özelliklerini nasıl etkilediği de incelenmiştir. Kalıplar MDF'den eni 50 cm, boyu 50 cm ölçülerde yapılmıştır. Killi toprak elek yardımı ile elenmiştir. Şekil 3.5.'de deneysel çalışmalarda kullanılan malzeme ve düzenekler verilmiştir.



Elek



MDF kalıp 50x50



Kenevir kıtık



Killi toprak

Şekil 3.5. Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemeler

3.4. Karışımların Hazırlanması

Yapılan karışımlarda kullanılan malzemeler kenevir kütüğü, killi toprak, kireç, çimento ve sudur. Karışımdaki bileşenler, kenevir kütüğü ile birlikte farklı bağlayıcı malzemelerden oluşmaktadır. Bağlayıcı malzemeler, kireç, killi toprak ve çimento gibi çeşitli malzemelerden seçilmiş olup, her birinin belirli oranlarda karıştırılması sağlanmıştır. Karışımlar hazırlanmasında betoniyer mikseri kullanılmıştır. Karışımlar da önce bağlayıcı malzemeler koyulup su ile yaklaşık 5 dakika karıştırılmış olup sonrasında kenevir kütüğü koyulup yaklaşık 10 dakika karıştırılmıştır. Kullanılan birinci bileşende kenevir kütüğü, kil, kireç ve su karışımıdır. Karışımda ağırlıkça %35, %25 ve %15 oranlarından oluşan kenevir kütüklü, 5 cm kalınlığında levhalar üretilmiştir.

Kullanılan ikinci bileşende kenevir kütüğü(H), kil(Ha), kireç(L) karışımdan oluşmaktadır. Karışımda ağırlıkça %35, %25 ve %15 oranlarından oluşan kenevir kütüklü 5 cm kalınlığında 50x50 cm levhalar üretilmiştir. Kenevir kütüğü(H), kil(Ha) ve kireç(L) karışımından oluşan üç farklı numunenin bileşimini göstermekte ve H/HHaL(%) kodlamalı kenevir kütüğünün ağırlıkça yüzdesel olarak gösterimidir. Sabit kil ve kireç miktarlarına karşılık, değişen kenevir kütüğü miktarları ve kenevirin toplam karışıma oranı verilmiştir ve karışımda uygulanan malzemelerin kısaltma isimleri kodlanarak Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Karışımda ağırlıkça %35, %25 ve %15 oranlarında kenevir kütüğü (H), sabit miktarlarda kil (Ha), kireç (L) ve çimento (PÇ) içeren 5 cm kalınlığında 50x50 cm levhalar üretilmiştir. Kenevir kütüğü (H), kil (Ha), kireç (L) ve çimento (PÇ) karışımından oluşan üç farklı numunenin bileşimi ve H/HHaLPÇ(%) kodlamalı kenevir kütüğünün ağırlıkça yüzdesel olarak gösterimidir. Çizelge 3.4.'de kenevir kütüğünün ve bağlayıcıların karışım oranları ve yüzdeleri verilmiştir. Bu çizelge, sabit kil, kireç ve çimento miktarlarına karşılık değişen kenevir kütüğü miktarlarını, kenevirin toplam karışıma oranını göstermektedir. Kullanılan malzemelerin kısaltma isimleri de bu çizelgede kodlanmıştır.

Çizelge 3.3. Kenevirin bağlayıcılara göre karışım oranı

Numune	Kenevir Kıtık-Killi Toprak-Kireç Karışımı			
	Kenevir Kıtık (H) (kg)	Killi Toprak (Ha) (kg)	Kireç (L) (kg)	H/HHaL(%)
HHaL1	24	15	30	35
HHaL2	15	15	30	25
HHaL3	8	15	30	15

Çizelge 3.4. Kenevirin bağlayıcılara göre karışım oranı

Numune	Kenevir Kıtık, Killi Toprak, Kireç ve Çimento Karışımı				
	Kenevir Kıtık (H) (kg)	Killi Toprak (Ha) (kg)	Kireç (L) (kg)	Çimento (PÇ) (kg)	H/HHaLPÇ(%)
HHaLPÇ1	26,5	16,5	25	7,5	35
HHaLPÇ2	16,5	16,5	25	7,5	25
HHaLPÇ3	8,5	16,5	25	7,5	15

Kenevir kıtığı, kil ve kireç karışımından oluşan yapı malzemesinde, ağırlıkça %35 oranında kenevir kıtığı kullanılmıştır. Bu karışımda kenevir kıtığı, hafif yapısı ve doğal lif özellikleri sayesinde malzemenin ısı yalıtımı, nem dengeleme ve çevresel sürdürülebilirlik performansını iyileştiren temel bileşen olarak öne çıkmaktadır. Kil ve kireç ise bağlayıcı malzeme olarak kullanılmış, karışımın mekanik dayanımını artırma ve malzemeye yapısal bütünlük kazandırma amacıyla eklenmiştir. Bu tür karışımlar, özellikle ekolojik yapı malzemeleri alanında alternatif çözümler sunarak, hem enerji verimliliğini desteklemekte hem de çevresel etkiyi minimize etmektedir. Ayrıca kenevir kıtığı, kil ve kireçle birlikte kullanıldığında, malzemenin doğal nefes alabilirlik özelliklerini koruyarak yapıların iç ortam hava kalitesini iyileştirme potansiyeline de sahiptir. Bu karışım, sürdürülebilir inşaat uygulamalarında hafif ve çevre dostu yapı malzemesi arayışında önemli bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Şekil 3.6.'da ağırlıkça %35 oranında kenevir kıtığı, killi toprak ve kireç karışımı verilmiştir.



Şekil 3.6. Killi toprak, kireç ve %35 oranında kenevir kıtığı karışımı

Kenevir kıtığı, kil ve kireç karışımından oluşan yapı malzemesinde ağırlıkça %25 oranında kenevir kıtığı kullanılmıştır. Bu karışım, hafiflik, ısı yalıtımı ve nem dengeleme özellikleriyle öne çıkmaktadır. Kil ve kireç bağlayıcı malzeme olarak kullanılarak karışımın dayanıklılığı artırılmıştır. Doğal ve nefes alabilir bir yapı malzemesi olan bu karışım, çevre dostu ve enerji verimli bir alternatif sunmaktadır. Ayrıca, karbon ayak izini azaltma ve sürdürülebilir yapı sektöründe kullanıma uygun olma potansiyeline sahiptir. Ağırlıkça %25 oranında kenevir kıtığı, killi toprak ve kireç karışımından oluşan levhalar Şekil 3.7.'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Killi toprak, kireç ve %25 oranında kenevir kıtığı karışımı

Kenevir kitiğı, kil ve kireç karışımından oluşan yapı malzemesinde ağırlıkça %15 oranında kenevir kitiğı kullanılmıştır. Bu karışım, hafiflik, ısı yalıtımı ve nem dengeleme özellikleriyle ne çıkmaktadır. Kil ve kireç bağlayıcı malzeme olarak kullanılarak karışımın dayanıklılığı artırılmıştır. Doğal ve nefes alabilir bir yapı malzemesi olan bu karışım, evre dostu ve enerji verimli bir alternatif sunmaktadır. Ayrıca, karbon ayak izini azaltma ve sürdürülebilir yapı sektöründe kullanıma uygun olma potansiyeline sahiptir. Ağırlıkça %15 oranında kenevir kitiğı, killi toprak ve kireç karışımından oluşan levhalar Şekil 3.8.'de verilmiştir.



Şekil 3.8. Killi toprak, kireç ve %15 oranında kenevir kitiğı karışımı

Kenevir kitiğı, kil, kireç ve imento karışımından oluşan yapı malzemesinde ağırlıkça %35 oranında kenevir kitiğı kullanılmıştır. Bu karışım, yapı sektöründe doğal ve sürdürülebilir malzemeler arayışına önemli bir katkı sağlamaktadır. Kenevir kitiğı, düşük yoğunluğu ve yüksek ısı yalıtım kapasitesi sayesinde yapı malzemelerine hafiflik kazandırırken, aynı zamanda enerji tasarrufu sağlama potansiyeline sahiptir. Kil, kireç ve imento bağlayıcı malzemeler olarak kullanılarak karışımın mekanik dayanımı artırılmış ve malzemenin uzun ömürlü olmasđ hedeflenmiştir. Ayrıca, malzemenin nem dengeleyici özelliği i mekânlarda sağlıklı ve konforlu bir ortam oluşmasına yardımcı olurken, nefes alabilir bir yapı malzemesi olarak hava kalitesini de iyileştirmektedir. Bu tür malzemelerin karbon ayak izini azaltma ve çevreye duyarlı yapılar oluşurma potansiyeli, sürdürülebilir inşaat teknolojileri açısından büyük bir avantaj sunmaktadır. Ağırlıkça %35 oranlı kenevir kitiğı, killi toprak, kireç ve imento karışımından oluşan levhalar Şekil 3.9.'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Killi toprak, kireç, çimento ve %35 oranında kenevir kıtığı karışımı

Kenevir kıtığı, kil, kireç ve çimento karışımından oluşan yapı malzemesinde ağırlıkça %25 oranında kenevir kıtığı kullanılmıştır. Bu karışım, yapı sektöründe doğal ve sürdürülebilir malzemeler arayışına önemli bir katkı sağlamaktadır. Kenevir kıtığı, düşük yoğunluğu ve yüksek ısı yalıtım kapasitesi sayesinde yapı malzemelerine hafiflik kazandırırken, aynı zamanda enerji tasarrufu sağlama potansiyeline sahiptir. Kil, kireç ve çimento bağlayıcı malzemeler olarak kullanılarak karışımın mekanik dayanımı artırılmış ve malzemenin uzun ömürlü olması hedeflenmiştir. Ayrıca, malzemenin nem dengeleyici özelliği iç mekânlarda sağlıklı ve konforlu bir ortam oluşmasına yardımcı olurken, nefes alabilir bir yapı malzemesi olarak hava kalitesini de iyileştirmektedir. Bu tür malzemelerin karbon ayak izini azaltma ve çevreye duyarlı yapılar oluşturma potansiyeli, sürdürülebilir inşaat teknolojileri açısından büyük bir avantaj sunmaktadır. Ağırlıkça %25 oranlı kenevir kıtığı, killi toprak, kireç ve çimento karışımından oluşan levhalar Şekil 3.10.'da verilmiştir.



Şekil 3.10. Killi toprak, kireç, çimento ve %25 oranında kenevir kütüğü karışımı

Kenevir kütüğü, kil, kireç ve çimento karışımından meydana gelen ağırlıkça %15 oranında kenevir kütüğü kullanılmıştır. Ağırlıkça %15 oranlı kenevir kütüğü, killi toprak, kireç ve çimento karışımından oluşan levhalar Şekil 3.11.'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Killi toprak, kireç, çimento ve %15 oranında kenevir kütüğü karışımı

Deneyde, farklı karışım oranlarından yapılan levhalarımız deney kutusuna içten tüm yüzeye monte edilmiştir. Ses deneyleri için 50 cm iç ölçülere sahip deney kutusu içerisine, ultimate ears wonderboom3 hoparlör kullanılmıştır. Teknik özellikleri Çizelge 3.5.'de ve Şekil 3.12'de ses deneyi için kullanılan hoparlör verilmiştir. Hoparlörler aracılığıyla kutu içine sırasıyla 100, 125, 250, 500, 1000 ve 2000 Hz frekanslarında sabit ses dalgaları gönderilmiştir. Ses yalıtım performansını ölçmek için kutunun dış yüzeylerinde sol (left), arka (back), sağ (right) ve üst (top) olmak üzere dört noktadan desibel ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler, her bir yüzeyin merkez noktasından alınmıştır. Desibel ölçümleri için kullanılan Wintact WT1357 Digital Sound Level Meter'in teknik özellikleri Çizelge 3.6.'da ve Şekil 3.13.'de desibel ölçümünde kullanılan cihaz verilmiştir. Şekil 3.14.'de sabit hızda hoparlörden verilecek Hz'leri ayarlamak için kullanılan program ve görüntüsü verilmiştir. Ses ölçümleri sırasında kullanılan program, bilgisayar ve hoparlör ses seviyesi 100% olacak şekilde ayarlanmıştır (Türker S., 2023).

Çizelge 3.5. Ultimate Ears Wonderboom 3 teknik özellikleri

Sürücüler	İki adet 40 mm aktif sürücü
Frekans Tepkisi	70 Hz - 20 kHz
Maksimum Ses Seviyesi	86 dBC
Boyutlar	104 x 95.3 x 95.3 mm
Ağırlık	420 gram
Bluetooth menzili	30 metreye kadar

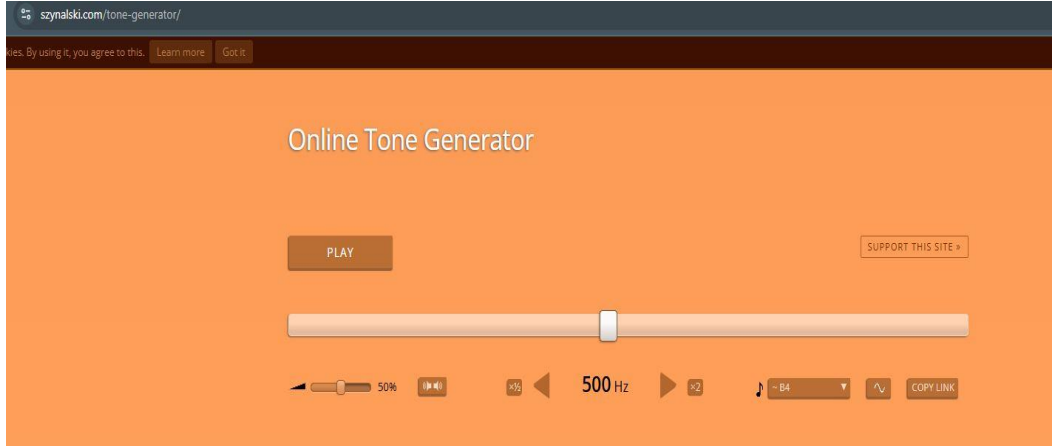


Şekil 3.12. Ses deneyi için kullanılan hoparlör

Çizelge 3.6. Wintact WT1357 desibel ölçer teknik özellikleri (url_5)

Ölçüm aralığı	30 ~ 130 dBA, 35 ~ 130 dMÖ
Doğruluk	+/- 1,5 dB (referans koşulları altında)
Frekans aralığı	31.5Hz ~ 8.5KHz
Seviye aralığı	30~80,50~100,60~110,80~130, 30~130dB
Doğrusallık aralığı	50dB / 100dB
Frekans ağırlıklandırma	A / C
Dijital Gösterge	4 basamak
Çözünürlük	0,1 dB
Örnekleme hızı	2 kez/saniye
DC çıkışı	10mV/dB, çıkış yalıtımı yaklaşık 100ohm
Zaman ağırlığı	HIZLI / YAVAŞ
Mikrofon	1/2 inç elektret kondenser mikrofon
Max	MAX
Güç kaynağı	1.5V AA alkalın hücreler veya DC 6V 100mA (maksimum DC9V)
Güç ömrü	Yaklaşık 30 saat (alkalin pil)
Kendi kendine kalibrasyon süresi	3 sn
Operasyon durumu	0 ~ 40 °C,% 10 ~ 85 Bağıl Nem
Depolama koşulu	-10 ~ 40 °C,% 0 ~ 70 Bağıl Nem

**Şekil 3.13.** Desibel ölçümünde kullanılan cihaz



Şekil 3.14. Hoparlörden verilecek Hz'i ayarlama için kullanılan program ara yüzü

Kenevir kitiğinden üretilen malzemelerinin farklı sıcaklıklarda ki geçirimsizliklerini gözlemleyebilmek için deney kutusunun ortasına 1 adet 500 W'lık 220 V özelliğinde elektrikli ısıtıcı yerleştirilmiştir. Şekil 3.15.'de ısı deneyinde kullanılan ısıtıcı verilmiştir. Deney kutusunun içerisinde ki ısı ölçümü için 1 adet termokupl yerleştirilmiştir. Dış yüzeydeki ısı ölçümleri için 4 farklı yüzeye termokupl yerleştirilerek ısı ölçüm yapılmıştır. Isı değerlerini almak için termokupl verileri kaydedici (dataloger) picolog marka cihaza bağlanmış ve bilgisayara indirilen yazılım ile veri kaydediciden gelen veriler kayıt altına alınmıştır. Kullanılan veri kaydedicinin teknik özellikleri Çizelge 3.7.'de ve bilgisayara kurulan yazılıma ait programın görüntüsü Şekil 3.16. (a) ve (b)'de verilmiştir.



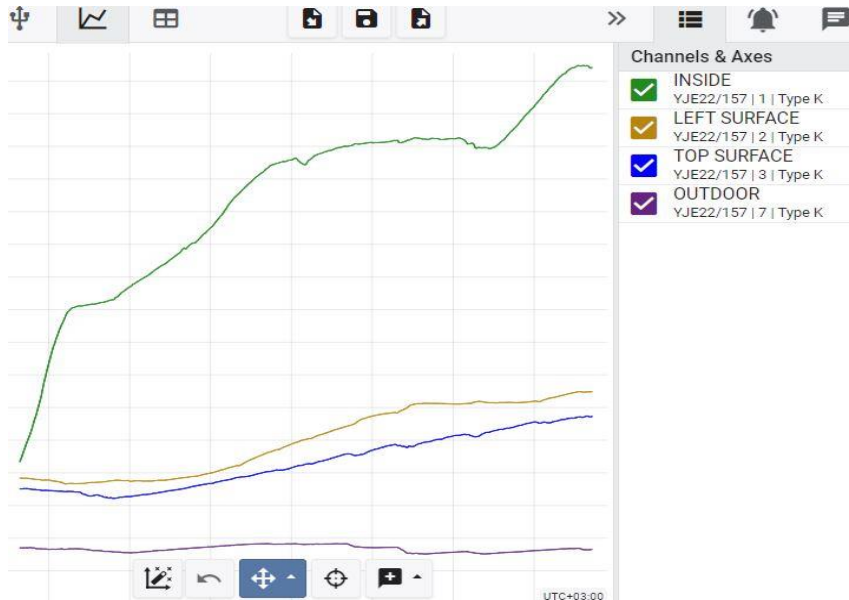
Şekil 3.15. Isı deneylerinde kullanılan ısıtıcı

Çizelge 3.7. Pico Technology TC-08 teknik özellikleri (url_6)

Ürün Adı	Pico Technology USB TC-08 - Termokupl Data Logger
Ürün Kodu	Pico Technology USB TC-08
Teknik Özellikler	8 kanallı termokupl data logger
	-270 - +1820 °C arası ölçüm
	Hızlı örnekleme hızı — saniyede 10 ölçüme kadar
	USB bağlanabilir ve beslenebilir
	20 ünite / 160 kanala kadar genişletilebilir
	Yüksek çözünürlük ve doğruluk



(a)



(b)

Şekil 3.16. Veri kaydedici yazılımının program ve veri görüntüleri (a, b)

Farklı kenevir kıtık oranlarına ve çeşitli bağlayıcılara sahip levhalara ait deney düzenekleri fotoğraflarda sunulmuştur. Bu deneyde kullanılan kenevir kıtıklı levhaların hazırlanış aşamaları ve test kurulumları detaylı bir şekilde görselleştirilmiştir. Fotoğraflar, farklı kompozisyonlardaki levhaların deney sırasındaki konumlarını ve kullanılan ölçüm cihazlarını açıkça göstermektedir. Bu görseller, deneyin gerçekleştirilme biçimini ve veri toplama sürecini somut bir şekilde ortaya koymaktadır.

Deneyde kullanılan kenevir kıtıklı levhalara ait deney düzeneği fotoğrafları Şekil 3.17' de görülmektedir.





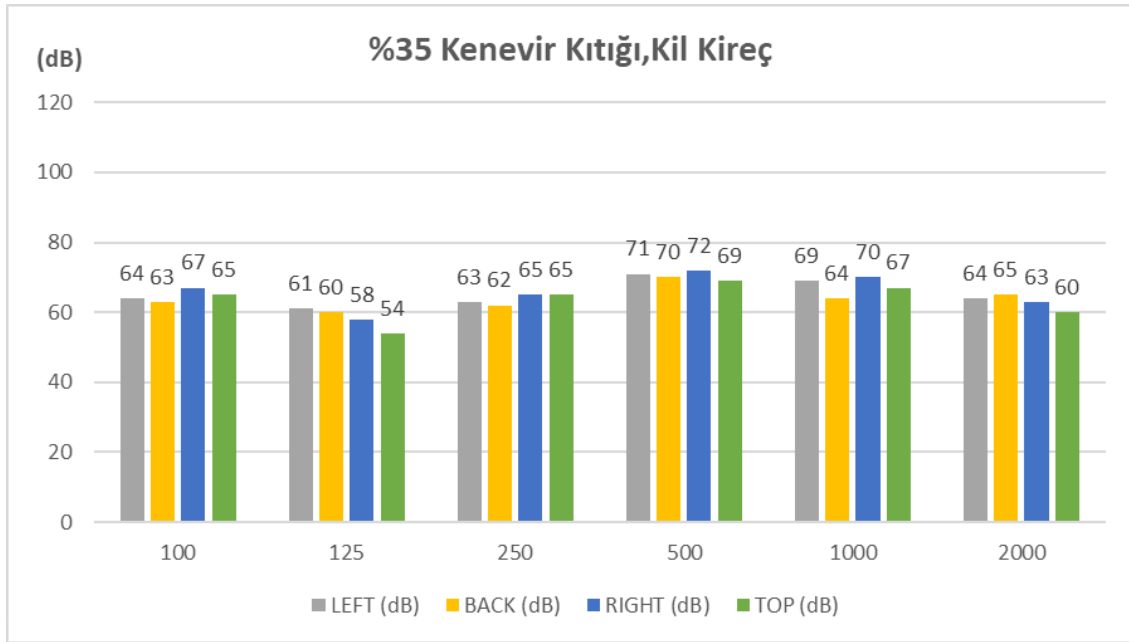
Şekil 3.17. Denede kullanılan kenevir kıtıklı levhalara ait deney düzeneği fotoğrafları

3.4.1. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak karışımından oluşarı ağırlıkça %35 oranında kenevir kıtıklı levha deneyi

Ağırlıkça %35 kenevir kıtıklı levha malzemesi ile yapılan deneylerde sabit sıcaklığa göre elde edilen ses sonuçları Çizelge 3.8.'de, elde edilen sonuçlara göre hazırlanan grafik Şekil 3.18'de görölmektedir.

Çizelge 3.8. %35 kenevir kıtığı, killi toprak ve kireç malzemesine ait sıcaklık değeri ile kutu dış yüzeyi desibel ölçümleri

AÇIKLAMA	KUTU DIŞ YÜZEYLER	KOD	KUTU İÇ SICAKLIK (°C)	FREKANSLAR(Hz)						
				SAAT	100	125	250	500	1000	2000
%35 Kenevir Kıtığı, Killi Toprak ve Kireç	Sol (dB)	1	20	10.25	64	61	63	71	69	64
	Arka (dB)	2			63	60	62	70	64	65
	Sağ (dB)	3			67	58	65	72	70	63
	Üst (dB)	4			65	54	65	69	67	60

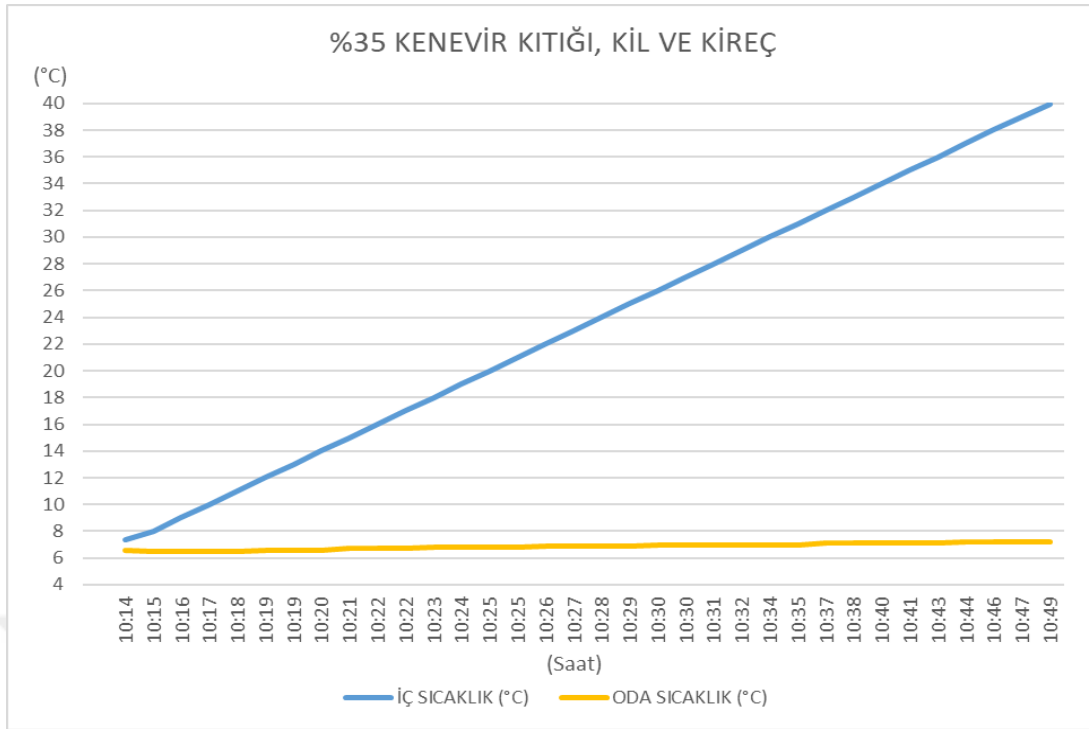


Şekil 3.18. %35 kenevir kıtığı, killi toprak ve kireç malzemesine ait sabit sıcaklıkta 4 farklı yüzeyde desibel ölçümleri

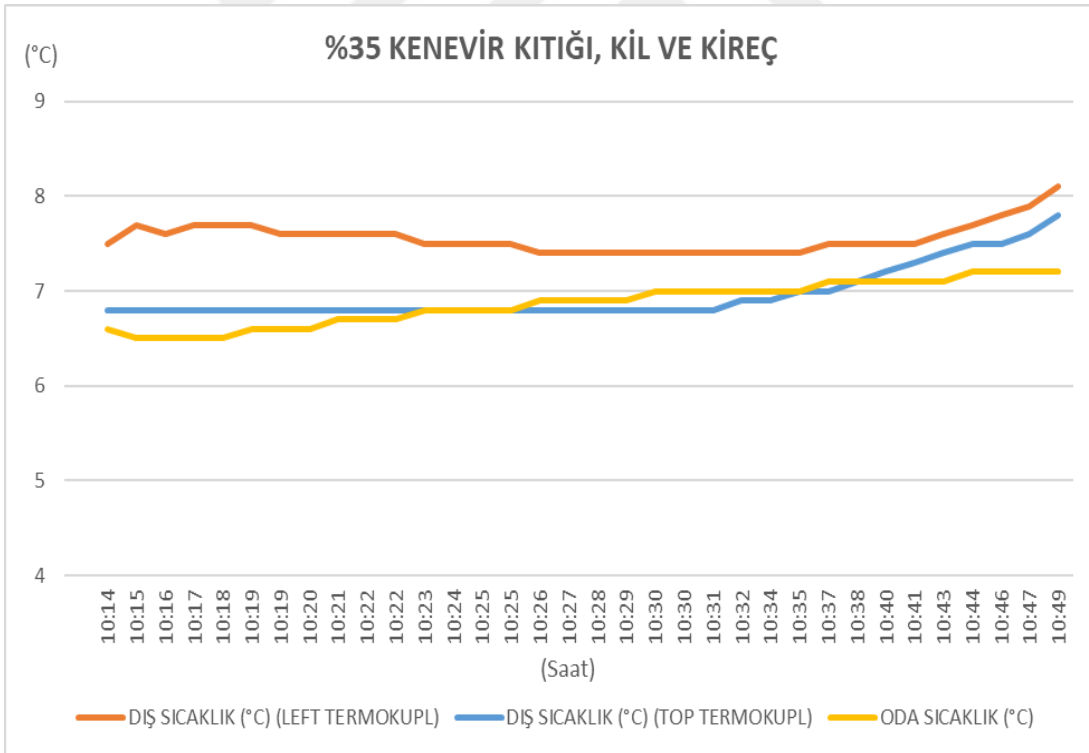
Ağırlıkça %35 kenevir kıtıklı levha malzemesi kullanılarak gerçekleştirilen ısı deneylerinin detaylı sonuçları yer almaktadır. Bu tabloda, farklı zamanlarda ve değişen iç-dış ortam sıcaklıkları altında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler, kenevir kıtıklı levhaların ısı yalıtım performansı Çizelge 3.9.'da ve grafikler Şekil 3.19. ve 3.20.'de verilmiştir.

Çizelge 3.9. %35 kenevir kitiği, killi toprak ve kireç malzemeye ait detaylı kutu iç sıcaklık, oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

%35 KENEVİR KITIĞI, KİLLİ TOPRAK VE KİREÇ				
SAAT	İÇ SICAKLIK (°C)	DIŞ SICAKLIK (°C) (LEFT TERMOKUPL)	DIŞ SICAKLIK (°C) (TOP TERMOKUPL)	ODA SICAKLIK (°C)
10.14	7,4	7,5	6,8	6,6
10.15	8	7,7	6,8	6,5
10.16	9	7,6	6,8	6,5
10.17	10	7,7	6,8	6,5
10.18	11	7,7	6,8	6,5
10.19	12	7,7	6,8	6,6
10.19	13	7,6	6,8	6,6
10.20	14	7,6	6,8	6,6
10.21	15	7,6	6,8	6,7
10.22	16	7,6	6,8	6,7
10.22	17	7,6	6,8	6,7
10.23	18	7,5	6,8	6,8
10.24	19	7,5	6,8	6,8
10.25	20	7,5	6,8	6,8
10.25	21	7,5	6,8	6,8
10.26	22	7,4	6,8	6,9
10.27	23	7,4	6,8	6,9
10.28	24	7,4	6,8	6,9
10.29	25	7,4	6,8	6,9
10.30	26	7,4	6,8	7
10.30	27	7,4	6,8	7
10.31	28	7,4	6,8	7
10.32	29	7,4	6,9	7
10.34	30	7,4	6,9	7
10.35	31	7,4	7	7
10.37	32	7,5	7	7,1
10.38	33	7,5	7,1	7,1
10.40	34	7,5	7,2	7,1
10.41	35	7,5	7,3	7,1
10.43	36	7,6	7,4	7,1
10.44	37	7,7	7,5	7,2
10.46	38	7,8	7,5	7,2
10.47	39	7,9	7,6	7,2
10.49	39,9	8,1	7,8	7,2



Şekil 3.19. %35 kenevir kitiği, killi toprak ve kireç malzemeye ait kutu iç sıcaklık, oda sıcaklığı değerleri



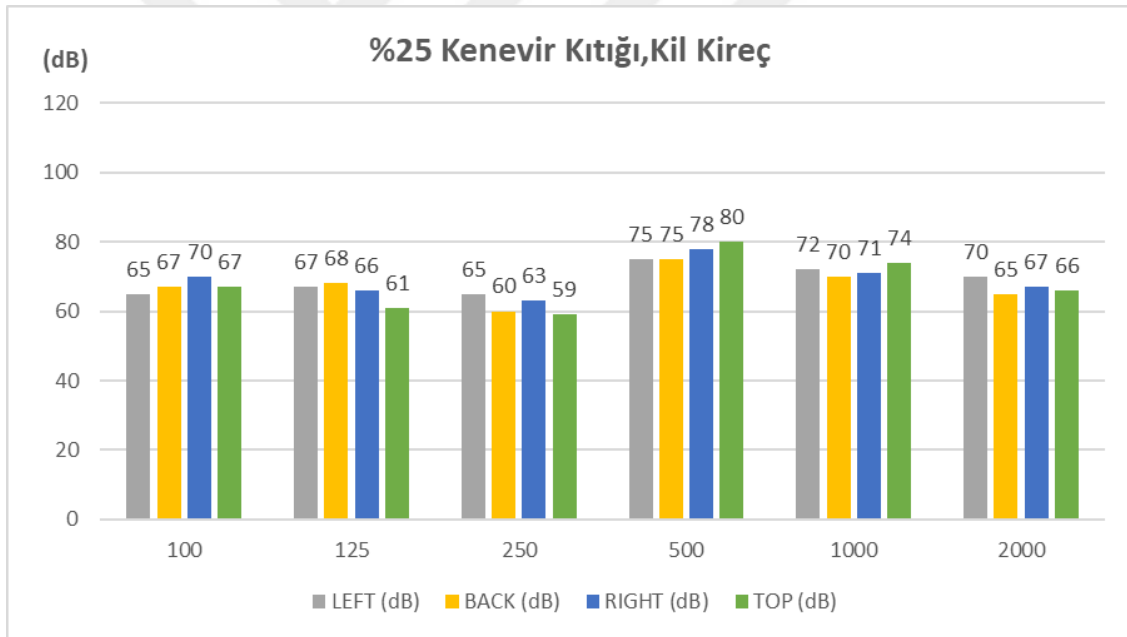
Şekil 3.20. %35 kenevir kitiği, killi toprak ve kireç malzemeye oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

3.4.2. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kütüklü levha deneyi

Ağırlıkça %25 kenevir kütüklü levha malzemesi ile yapılan deneylerde sabit sıcaklığa göre elde edilen ses sonuçları Çizelge 3.10.'da elde edilen sonuçlara göre hazırlanan grafik Şekil 3.21.'de görülmektedir.

Çizelge 3.10. %25 kenevir kütüğü, killi toprak ve kireç malzemesine ait sıcaklık değeri ile kutu dış yüzeyi desibel ölçümleri

AÇIKLAMA	KUTU DIŞ YÜZEYLER	KOD	KUTU İÇ SICAKLIK (°C)	FREKANSLAR(Hz)						
				SAAT	100	125	250	500	1000	2000
%25 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç	Sol (dB)	1	20	15.29	65	67	65	75	72	70
	Arka (dB)	2			67	68	60	75	70	65
	Sağ (dB)	3			70	66	63	78	71	67
	Üst (dB)	4			67	61	59	80	74	66

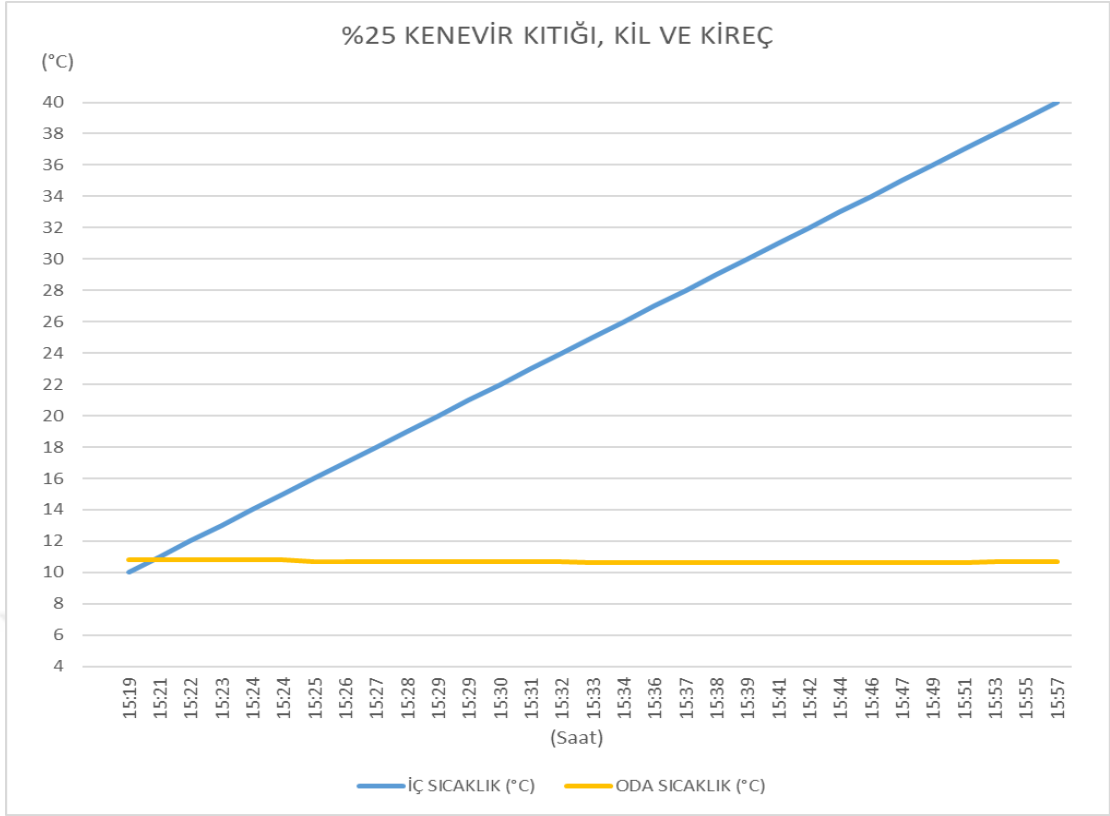


Şekil 3.21. %25 kenevir kütüğü, killi toprak ve kireç malzemesine ait sabit sıcaklıkta 4 farklı yüzeyde desibel ölçümleri

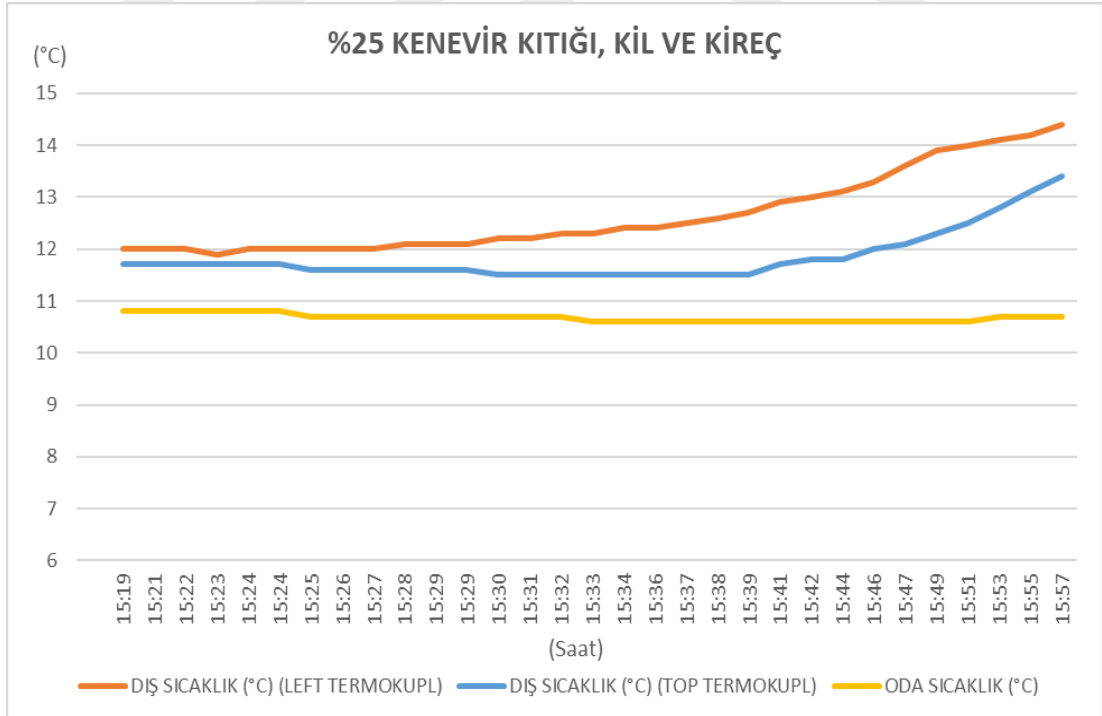
Ağırlıkça %25 kenevir kütüklü levha malzemesi kullanılarak gerçekleştirilen ısı deneylerinin detaylı sonuçları yer almaktadır. Bu tabloda, farklı zamanlarda ve değişen iç-dış ortam sıcaklıkları altında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler, kenevir kütüklü levhaların ısı yalıtım performansı Çizelge 3.11.'de ve grafikler Şekil 3.22. ve 3.23.'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. %25 kenevir kitiği, killi toprak ve kireç malzemesine ait detaylı kutu iç sıcaklık, oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

%25 KENEVİR KITIĞI, KİLLİ TOPRAK VE KİREÇ				
SAAT	İÇ SICAKLIK (°C)	DIŞ SICAKLIK (°C) (LEFT TERMOKUPL)	DIŞ SICAKLIK (°C) (TOP TERMOKUPL)	ODA SICAKLIK (°C)
15.19	10	12	11,7	10,8
15.21	11	12	11,7	10,8
15.22	12	12	11,7	10,8
15.23	13	11,9	11,7	10,8
15.24	14	12	11,7	10,8
15.24	15	12	11,7	10,8
15.25	16	12	11,6	10,7
15.26	17	12	11,6	10,7
15.27	18	12	11,6	10,7
15.28	19	12,1	11,6	10,7
15.29	20	12,1	11,6	10,7
15.29	21	12,1	11,6	10,7
15.30	22	12,2	11,5	10,7
15.31	23	12,2	11,5	10,7
15.32	24	12,3	11,5	10,7
15.33	25	12,3	11,5	10,6
15.34	26	12,4	11,5	10,6
15.36	27	12,4	11,5	10,6
15.37	28	12,5	11,5	10,6
15.38	29	12,6	11,5	10,6
15.39	30	12,7	11,5	10,6
15.41	31	12,9	11,7	10,6
15.42	32	13	11,8	10,6
15.44	33	13,1	11,8	10,6
15.46	34	13,3	12	10,6
15.47	35	13,6	12,1	10,6
15.49	36	13,9	12,3	10,6
15.51	37	14	12,5	10,6
15.53	38	14,1	12,8	10,7
15.55	39	14,2	13,1	10,7
15.57	40	14,4	13,4	10,7



Şekil 3.22. %25 kenevir kitiği, killi toprak ve kireç malzemesine ait kutu iç sıcaklık ve oda sıcaklığı değerleri



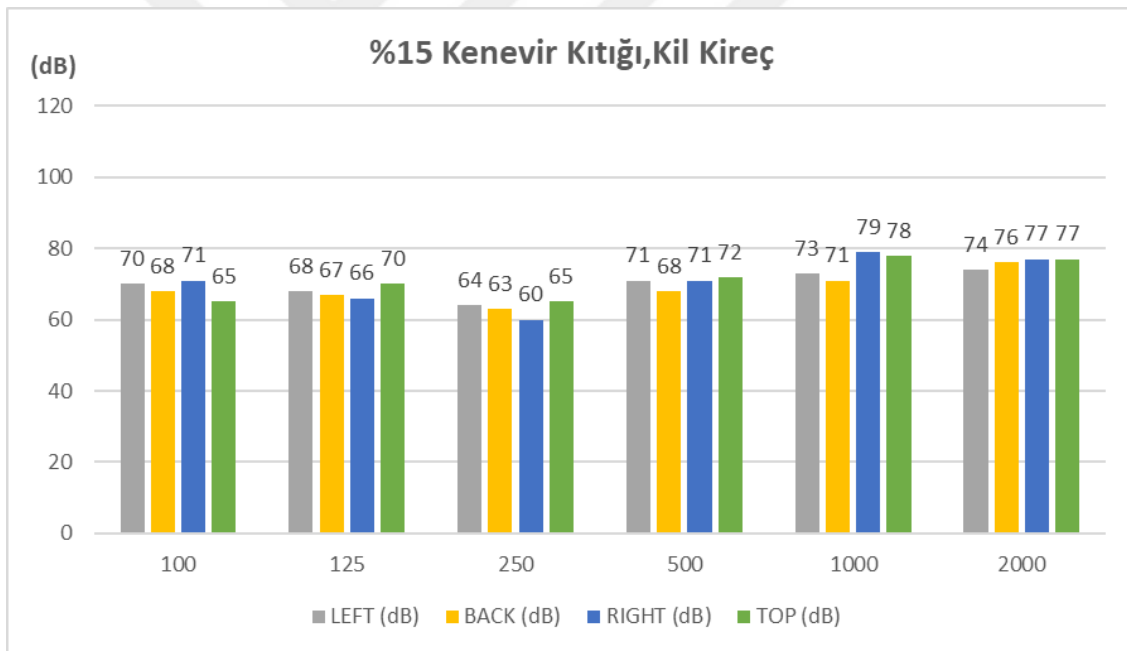
Şekil 3.23. %25 kenevir kitiği, killi toprak ve kireç malzemesine ait kutu oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

3.4.3. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kütüklü levha deneyi

Ağırlıkça %15 kenevir kütüklü levha malzemesi ile yapılan deneylerde sabit sıcaklığa göre elde edilen ses sonuçları Çizelge 3.12.'de elde edilen sonuçlara göre hazırlanan grafik Şekil 3.24'de görülmektedir.

Çizelge 3.12. %15 kenevir kütüğü, killi toprak ve kireç malzemesine ait sıcaklık değeri ile kutu dış yüzeyi desibel ölçümleri

AÇIKLAMA	KUTU DIŞ YÜZEYLER	KOD	KUTU İÇ SICAKLIK (°C)	FREKANSLAR(Hz)						
				SAAT	100	125	250	500	1000	2000
%15 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç	Sol (dB)	1	20	11.28	70	68	64	71	73	74
	Arka (dB)	2			68	67	63	68	71	76
	Sağ (dB)	3			71	66	60	71	79	77
	Üst (dB)	4			65	70	65	72	78	77

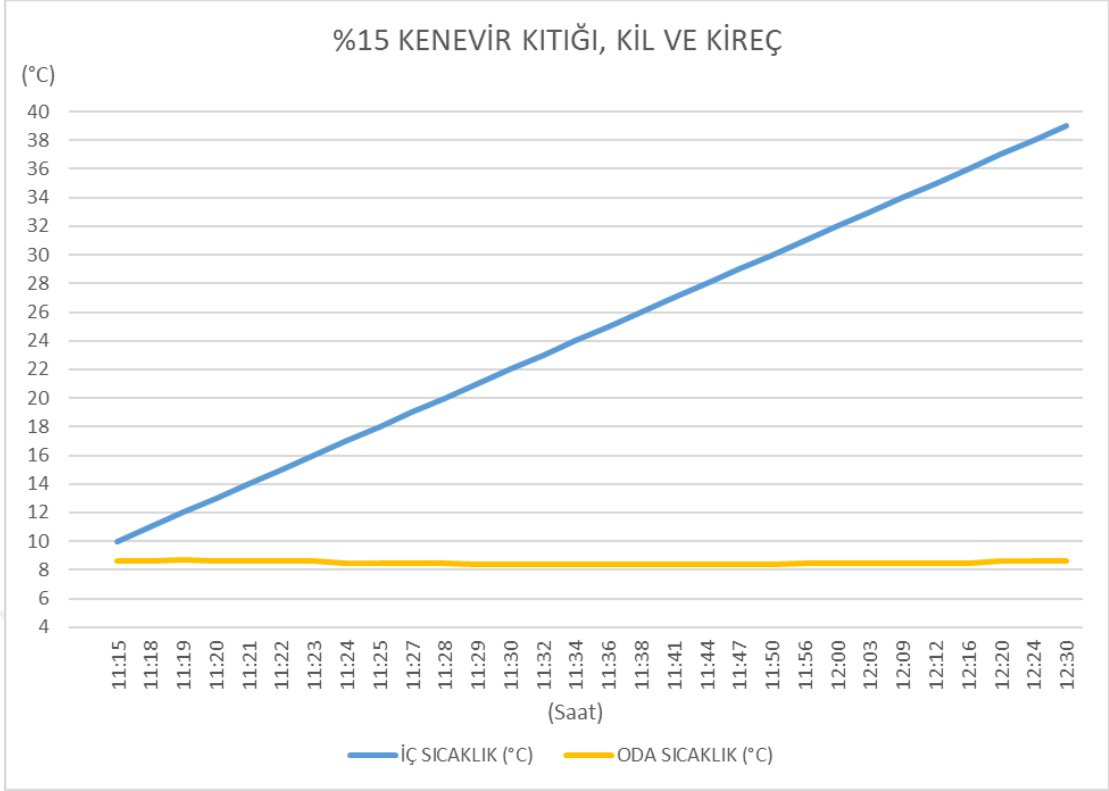


Şekil 3.24. %15 kenevir kütüğü, killi toprak ve kireç malzemesine ait sabit sıcaklıkta 4 farklı yüzeyde desibel ölçümleri

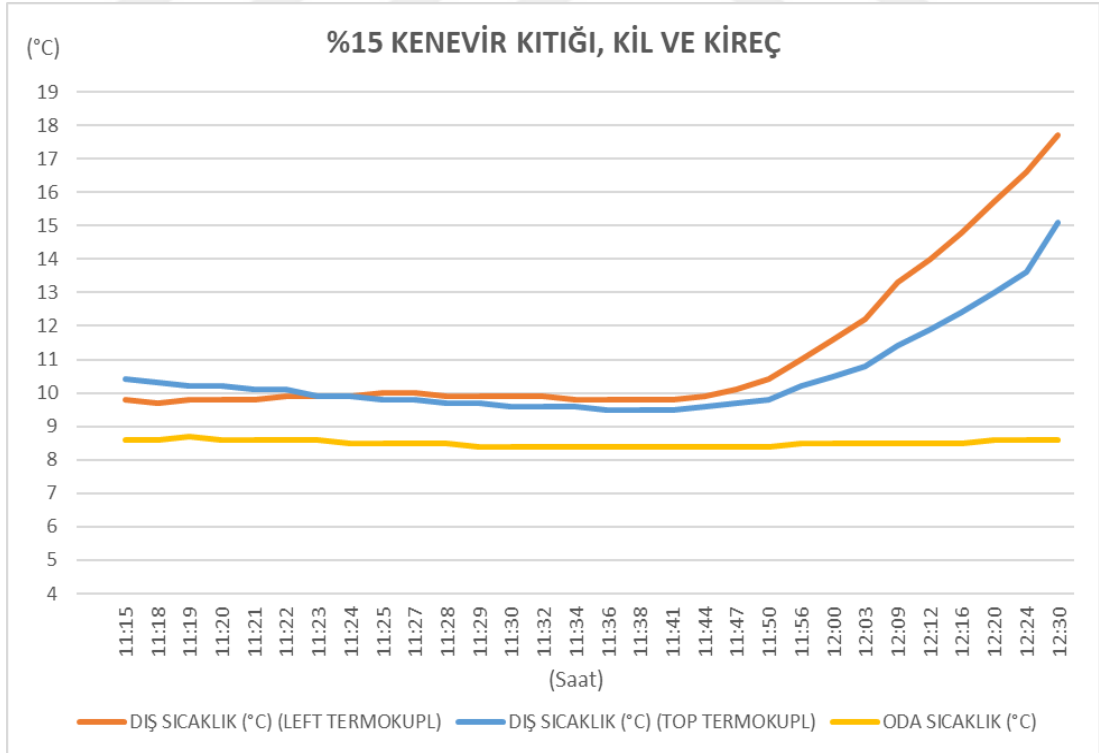
Ağırlıkça %15 kenevir kütüklü levha malzemesi kullanılarak gerçekleştirilen ısı deneylerinin detaylı sonuçları yer almaktadır. Bu tabloda, farklı zamanlarda ve değişen iç-dış ortam sıcaklıkları altında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler, kenevir kütüklü levhaların ısı yalıtım performansı Çizelge 3.14.'de ve grafikler Şekil 3.25. ve 3.26' da verilmiştir.

Çizelge 3.13. %15 kenevir kitiği, killi toprak ve kireç malzemesine ait detaylı kutu iç sıcaklık, oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

%15 KENEVİR KITIĞİ, KİLLİ TOPRAK VE KİREÇ				
SAAT	İÇ SICAKLIK (°C)	DIŞ SICAKLIK (°C) (LEFT TERMOKUPL)	DIŞ SICAKLIK (°C) (TOP TERMOKUPL)	ODA SICAKLIK (°C)
11.15	10	9,8	10,4	8,6
11.18	11	9,7	10,3	8,6
11.19	12	9,8	10,2	8,7
11.20	13	9,8	10,2	8,6
11.21	14	9,8	10,1	8,6
11.22	15	9,9	10,1	8,6
11.23	16	9,9	9,9	8,6
11.24	17	9,9	9,9	8,5
11.25	18	10	9,8	8,5
11.27	19	10	9,8	8,5
11.28	20	9,9	9,7	8,5
11.29	21	9,9	9,7	8,4
11.30	22	9,9	9,6	8,4
11.32	23	9,9	9,6	8,4
11.34	24	9,8	9,6	8,4
11.36	25	9,8	9,5	8,4
11.38	26	9,8	9,5	8,4
11.41	27	9,8	9,5	8,4
11.44	28	9,9	9,6	8,4
11.47	29	10,1	9,7	8,4
11.50	30	10,4	9,8	8,4
11.56	31	11	10,2	8,5
12.00	32	11,6	10,5	8,5
12.03	33	12,2	10,8	8,5
12.09	34	13,3	11,4	8,5
12.12	35	14	11,9	8,5
12.16	36	14,8	12,4	8,5
12.20	37	15,7	13	8,6
12.24	38	16,6	13,6	8,6
12.30	39	17,7	15,1	8,6



Şekil 3.25. %15 kenevir kitiği, killi toprak ve kireç malzemesine ait kutu iç sıcaklık ve oda sıcaklığı değerleri



Şekil 3.26. %15 kenevir kitiği, killi toprak ve kireç malzemesine ait kutu oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

3.4.4. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kütüklü levha deneyi

Ağırlıkça %35 kenevir kütüklü levha malzemesi ile yapılan deneylerde sabit sıcaklığa göre elde edilen ses sonuçları Çizelge 3.14.'de elde edilen sonuçlara göre hazırlanan grafik Şekil 3.27.'de görülmektedir.

Çizelge 3.14. %35 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait sıcaklık değeri ile kutu dış yüzeyi desibel ölçümleri

AÇIKLAMA	KUTU DIŞ YÜZEYLER	KOD	KUTU İÇ SICAKLIK (°C)	FREKANSLAR(Hz)						
				SAAT	100	125	250	500	1000	2000
%35 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	Sağ (dB)	1	20	18.00	60	58	59	68	69	65
	Arka (dB)	2			55	63	60	65	63	70
	Sağ (dB)	3			53	60	59	61	68	66
	Üst (dB)	4			54	61	61	63	68	67

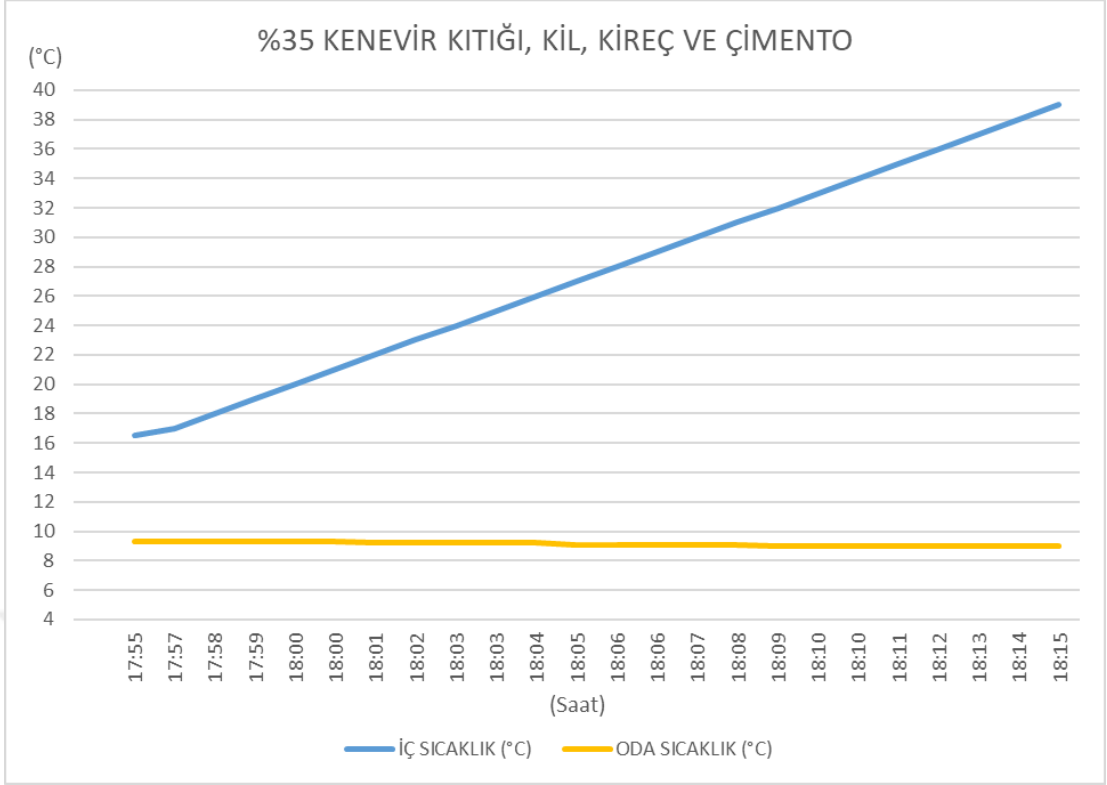


Şekil 3.27. %35 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait sabit sıcaklıkta 4 farklı yüzeyde desibel ölçümleri

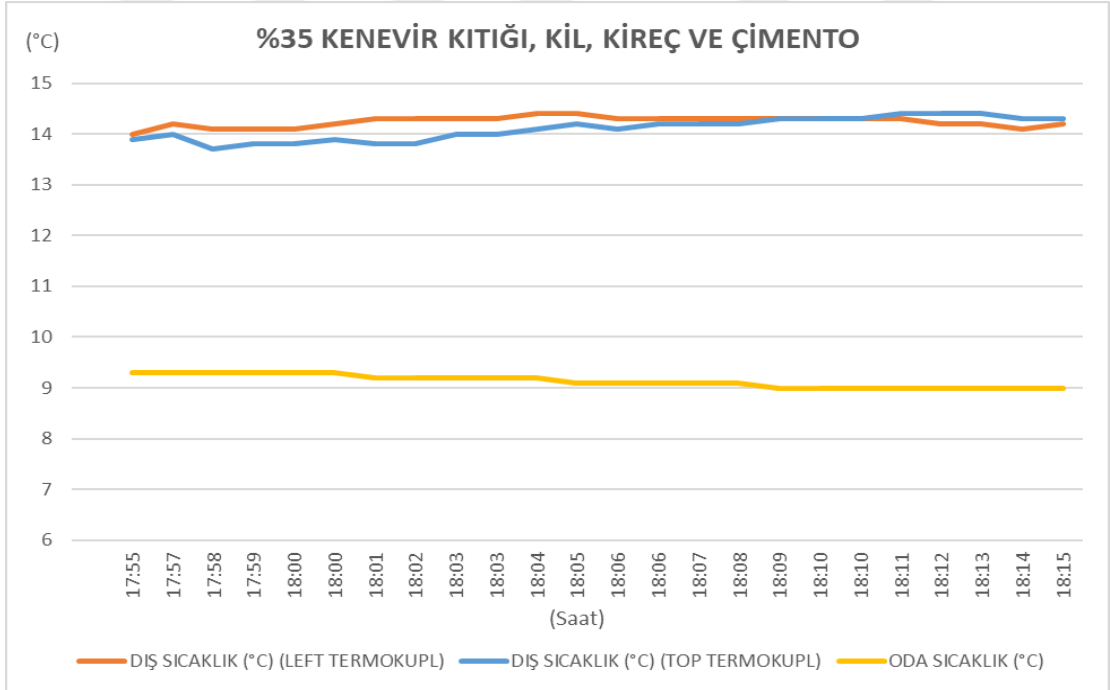
Ağırlıkça %35 kenevir kütüklü levha malzemesi kullanılarak gerçekleştirilen ısı deneylerinin detaylı sonuçları yer almaktadır. Bu tabloda, farklı zamanlarda ve değişen iç-dış ortam sıcaklıkları altında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler, kenevir kütüklü levhaların ısı yalıtım performansını Çizelge 3.15.'de ve grafikler Şekil 3.28. ve 3.29.'da verilmiştir.

Çizelge 3.15. %35 kenevir kitiği, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait detaylı kutu iç sıcaklık, oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

%35 KENEVİR KITIĞI, KİL, KİREÇ VE ÇİMENTO				
SAAT	İÇ SICAKLIK (°C)	DIŞ SICAKLIK (°C) (LEFT TERMOKUPL)	DIŞ SICAKLIK (°C) (TOP TERMOKUPL)	ODA SICAKLIK (°C)
17.55	16,5	14	13,9	9,3
17.57	17	14,2	14	9,3
17.58	18	14,1	13,7	9,3
17.59	19	14,1	13,8	9,3
18.00	20	14,1	13,8	9,3
18.00	21	14,2	13,9	9,3
18.01	22	14,3	13,8	9,2
18.02	23	14,3	13,8	9,2
18.03	24	14,3	14	9,2
18.03	25	14,3	14	9,2
18.04	26	14,4	14,1	9,2
18.05	27	14,4	14,2	9,1
18.06	28	14,3	14,1	9,1
18.06	29	14,3	14,2	9,1
18.07	30	14,3	14,2	9,1
18.08	31	14,3	14,2	9,1
18.09	32	14,3	14,3	9
18.10	33	14,3	14,3	9
18.10	34	14,3	14,3	9
18.11	35	14,3	14,4	9
18.12	36	14,2	14,4	9
18.13	37	14,2	14,4	9
18.14	38	14,1	14,3	9
18.15	39	14,2	14,3	9



Şekil 3.28. %35 kenevir kitiğı, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait kutu iç sıcaklık ve oda sıcaklığı değerleri



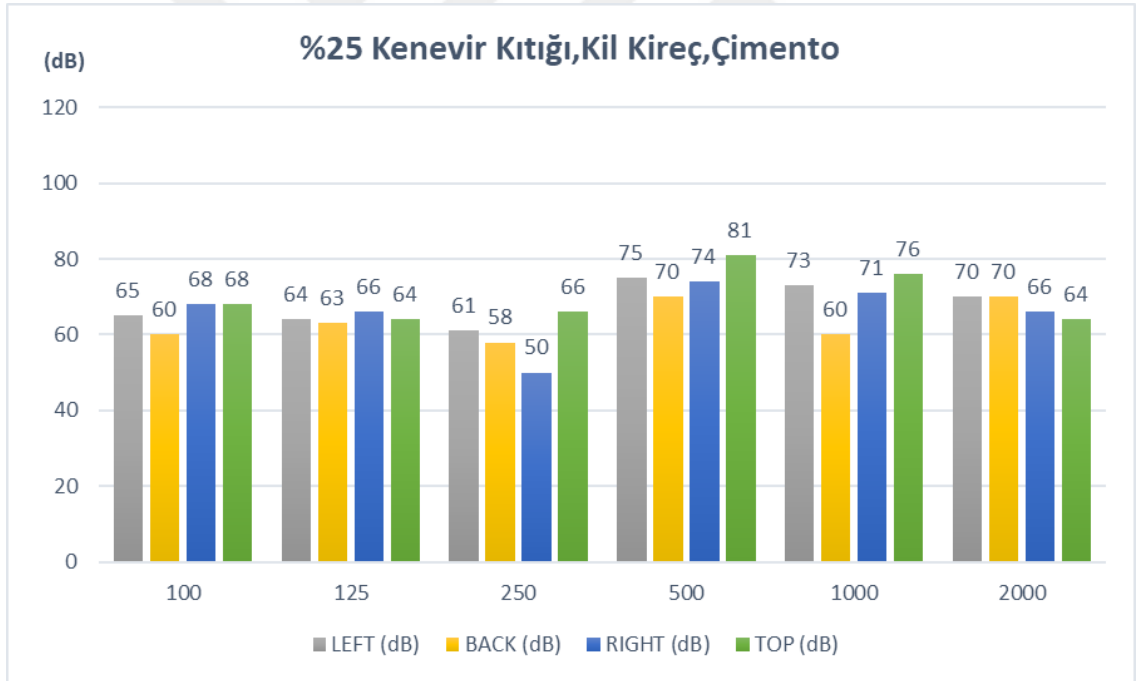
Şekil 3.29. %35 kenevir kitiğı, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait kutu oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

3.4.5. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kütüklü levha deneyi

Ağırlıkça %25 kenevir kütüklü levha malzemesi ile yapılan deneylerde sabit sıcaklığa göre elde edilen ses sonuçları Çizelge 3.16.'da elde edilen sonuçlara göre hazırlanan grafik Şekil 3.30'da görülmektedir.

Çizelge 3.16. %25 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait sıcaklık değeri ile kutu dış yüzeyi desibel ölçümleri

AÇIKLAMA	KUTU DIŞ YÜZEYLER	KOD	KUTU İÇ SICAKLIK (°C)	FREKANSLAR(Hz)						
				SAAT	100	125	250	500	1000	2000
%25 Kenevir Kütüğü, Killi toprak, Kireç ve Çimento	Sol (dB)	1	20	13.41	65	64	61	75	73	70
	Arka (dB)	2			60	63	58	70	60	70
	Sağ (dB)	3			68	66	50	74	71	66
	Üst (dB)	4			68	64	66	81	76	64

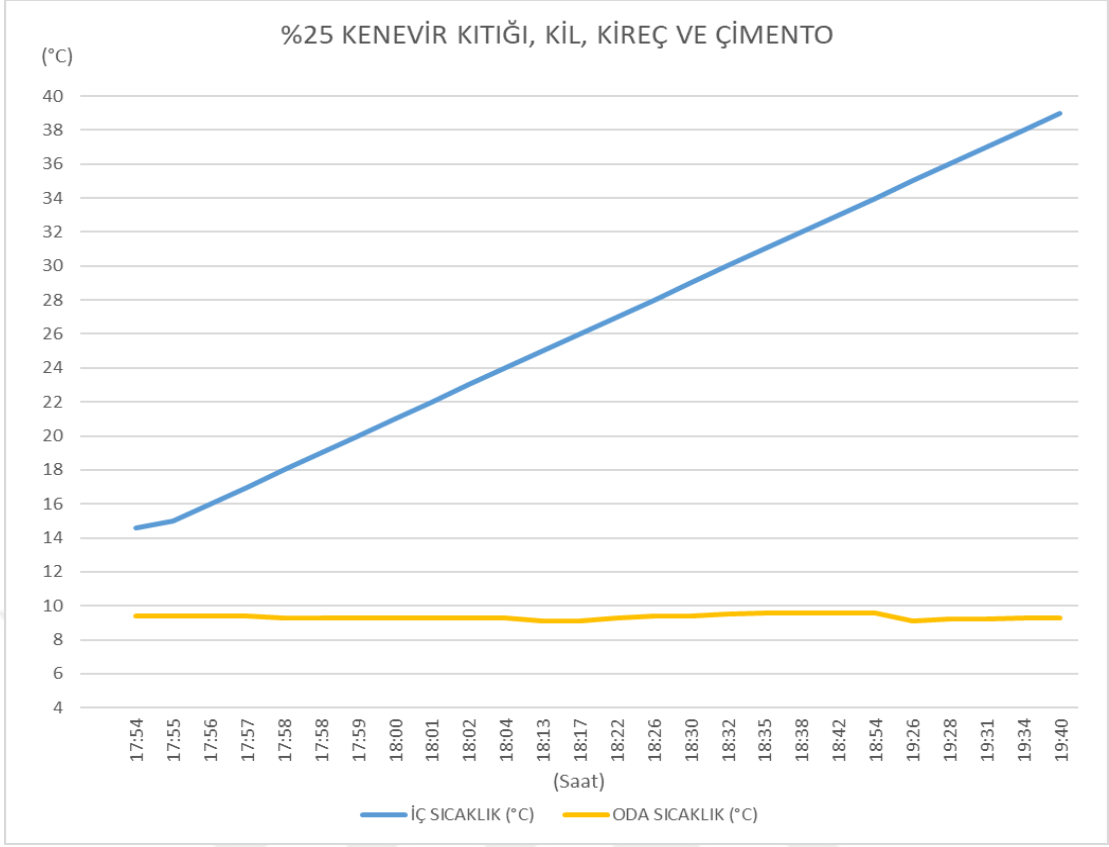


Şekil 3.30. %35 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait sabit sıcaklıkta 4 farklı yüzeyde desibel ölçümleri

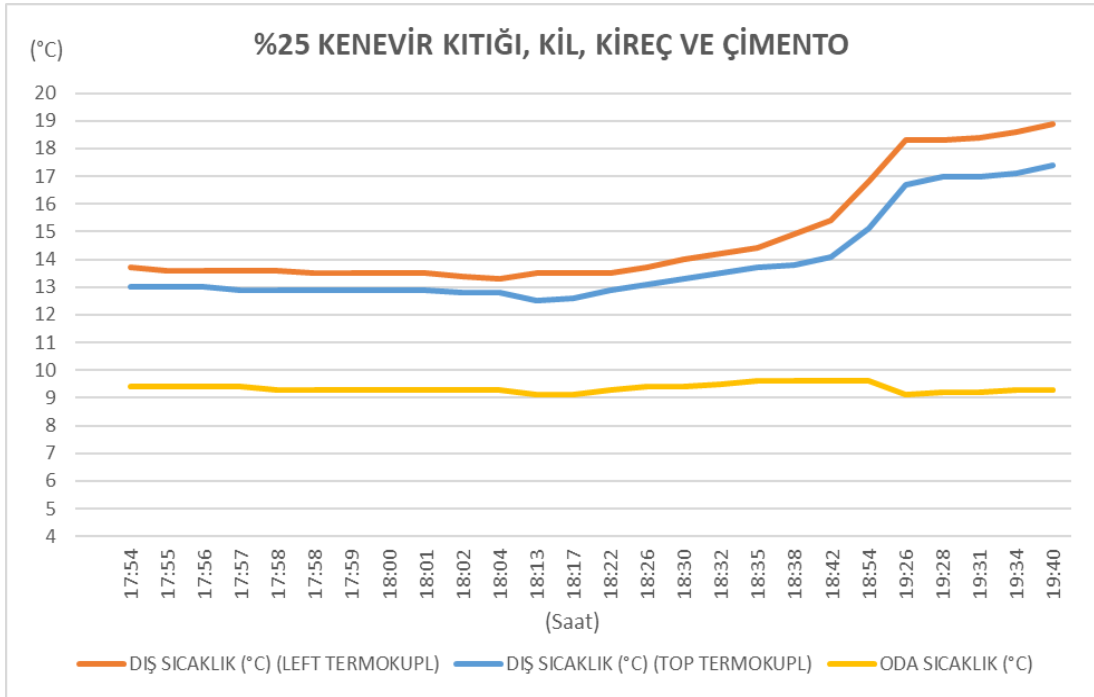
Ağırlıkça %25 kenevir kütüklü levha malzemesi kullanılarak gerçekleştirilen ısı deneylerinin detaylı sonuçları yer almaktadır. Bu tabloda, farklı zamanlarda ve değişen iç-dış ortam sıcaklıkları altında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler, kenevir kütüklü levhaların ısı yalıtım performansını Çizelge 3.17.'de ve grafikler Şekil 3.31. ve 3.32.'de verilmiştir.

Çizelge 3.17. %25 kenevir kitiği, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait detaylı kutu iç sıcaklık, oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

%25 KENEVİR KITIĞI, KİLLİ TOPRAK, KİREÇ VE ÇİMENTO				
SAAT	İÇ SICAKLIK (°C)	DIŞ SICAKLIK (°C) (LEFT TERMOKUPL)	DIŞ SICAKLIK (°C) (TOP TERMOKUPL)	ODA SICAKLIK (°C)
17.54	14,6	13,7	13	9,4
17.55	15	13,6	13	9,4
17.56	16	13,6	13	9,4
17.57	17	13,6	12,9	9,4
17.58	18	13,6	12,9	9,3
17.58	19	13,5	12,9	9,3
17.59	20	13,5	12,9	9,3
18.00	21	13,5	12,9	9,3
18.01	22	13,5	12,9	9,3
18.02	23	13,4	12,8	9,3
18.04	24	13,3	12,8	9,3
18.13	25	13,5	12,5	9,1
18.17	26	13,5	12,6	9,1
18.22	27	13,5	12,9	9,3
18.26	28	13,7	13,1	9,4
18.30	29	14	13,3	9,4
18.32	30	14,2	13,5	9,5
18.35	31	14,4	13,7	9,6
18.38	32	14,9	13,8	9,6
18.42	33	15,4	14,1	9,6
18.54	34	16,8	15,1	9,6
19.26	35	18,3	16,7	9,1
19.28	36	18,3	17	9,2
19.31	37	18,4	17	9,2
19.34	38	18,6	17,1	9,3
19.40	39	18,9	17,4	9,3



Şekil 3.31. %25 kenevir kıtığı, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait kutu iç sıcaklık ve oda sıcaklığı değerleri



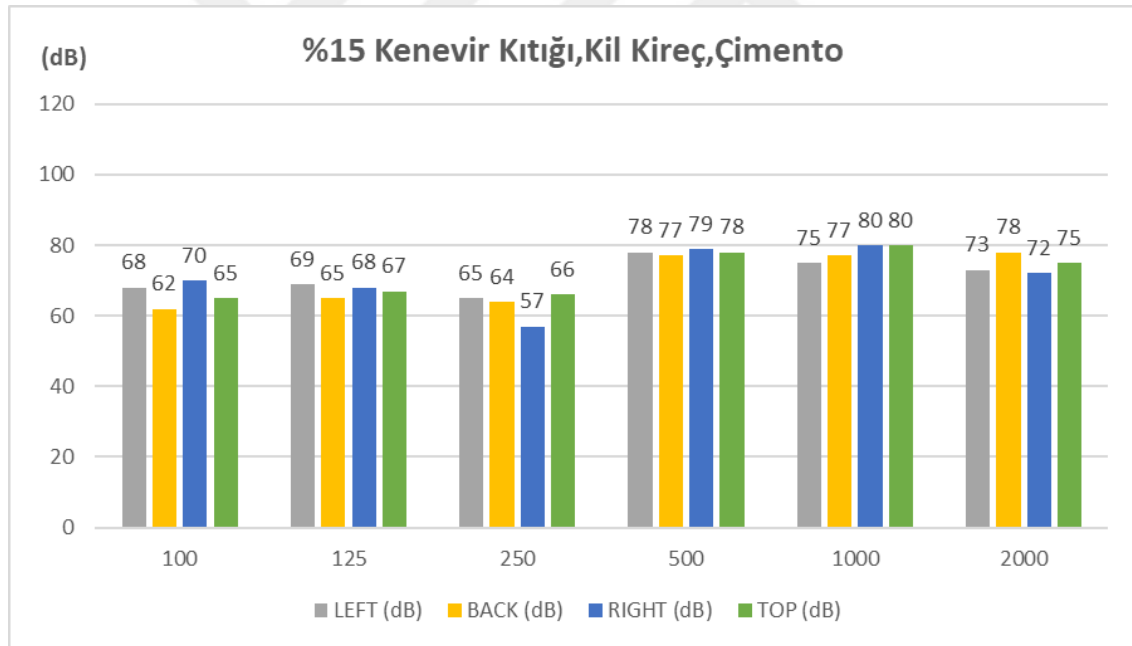
Şekil 3.32. %25 kenevir kıtığı, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait kutu oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

3.4.6. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kütüklü levha deneyi

Ağırlıkça %15 kenevir kütüklü levha malzemesi ile yapılan deneylerde sabit sıcaklığa göre elde edilen ses sonuçları Çizelge 3.18.'de, elde edilen sonuçlara göre hazırlanan grafik Şekil 3.33.'de görülmektedir.

Çizelge 3.18. %15 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait sıcaklık değeri ile kutu dış yüzeyi desibel ölçümleri

AÇIKLAMA	KUTU DIŞ YÜZEYLER	KOD	KUTU İÇ SICAKLIK (°C)	FREKANSLAR(Hz)						
				SAAT	100	125	250	500	1000	2000
%15 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	Sol (dB)	1	20	12.05	68	69	65	78	75	73
	Geri (dB)	2			62	65	64	77	77	78
	Sağ (dB)	3			70	68	57	79	80	72
	Üst (dB)	4			65	67	66	78	80	75

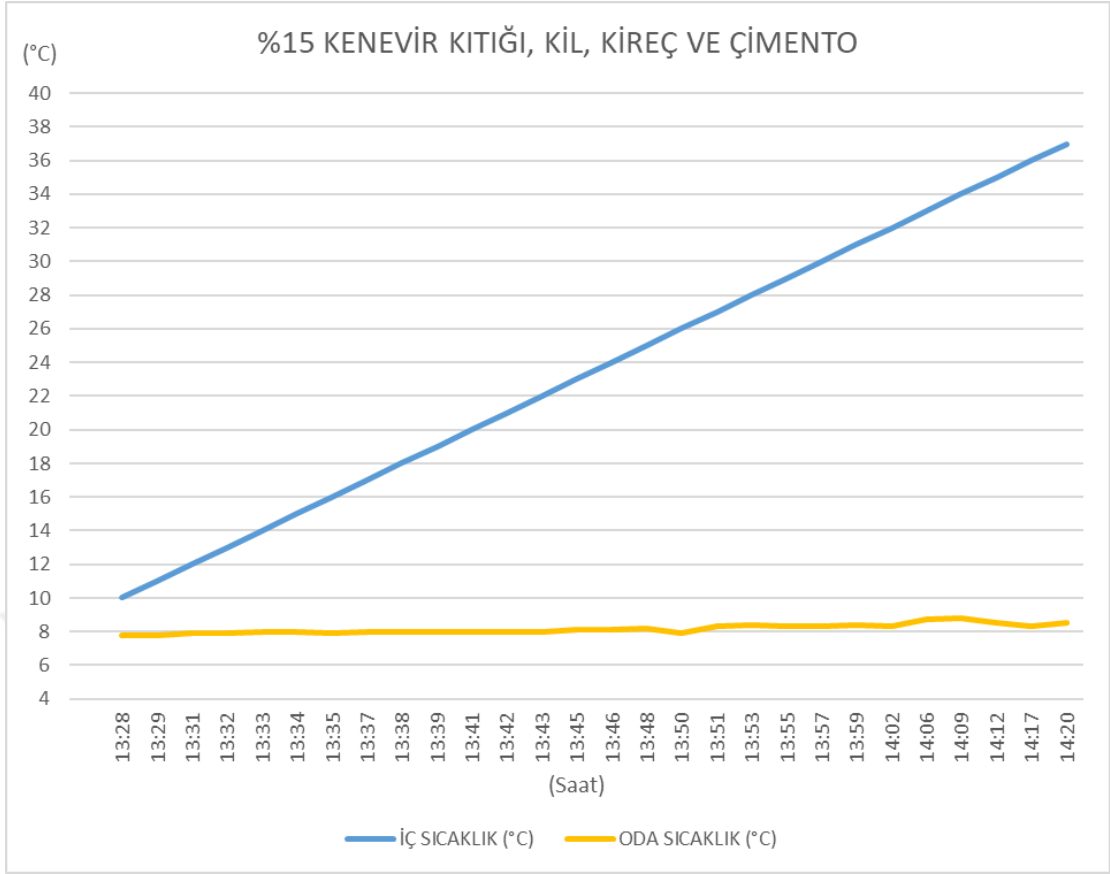


Şekil 3.33. %15 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait sabit sıcaklıkta 4 farklı yüzeyde desibel ölçümleri

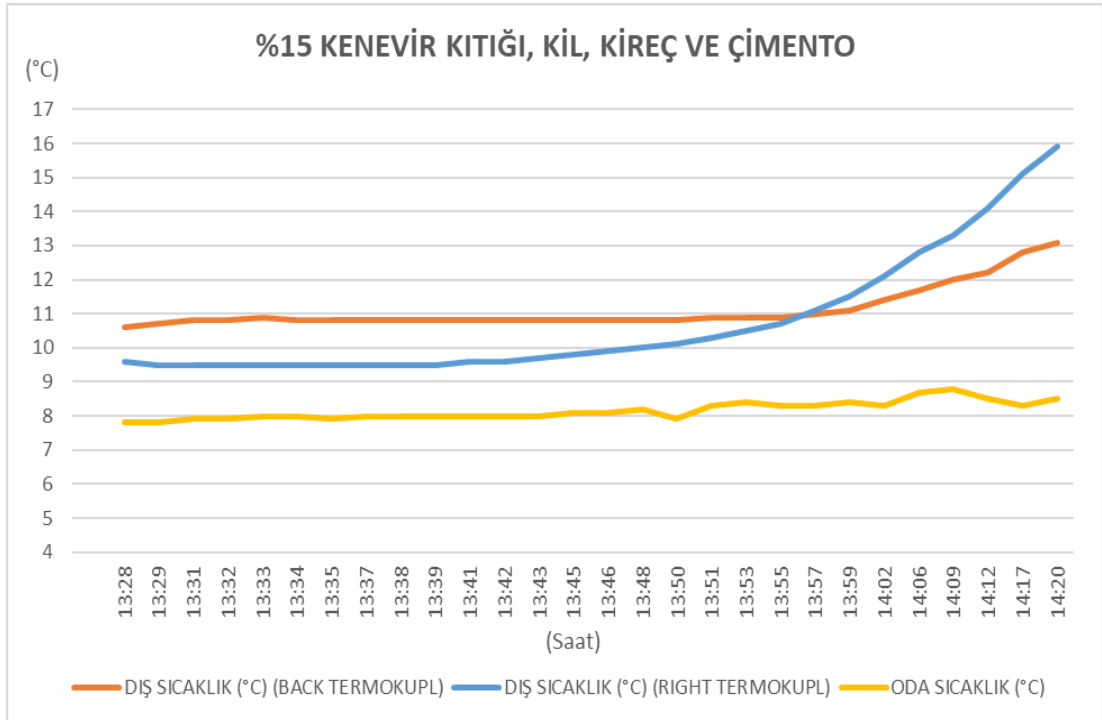
Ağırlıkça %15 kenevir kütüklü levha malzemesi kullanılarak gerçekleştirilen ısı deneylerinin detaylı sonuçları yer almaktadır. Bu tabloda, farklı zamanlarda ve değişen iç-dış ortam sıcaklıkları altında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler, kenevir kütüklü levhaların ısı yalıtım performansını Çizelge 3.19.'da ve grafikler Şekil 3.34. ve 3.35.'de verilmiştir.

Çizelge 3.19. %15 kenevir kitiği, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait detaylı kutu iç sıcaklık, oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

%15 KENEVİR KITIĞI, KİLLİ TOPRAK, KİREÇ VE ÇİMENTO				
SAAT	İÇ SICAKLIK (°C)	DIŞ SICAKLIK (°C) (BACK TERMOKUPL)	DIŞ SICAKLIK (°C) (RIGHT TERMOKUPL)	ODA SICAKLIK (°C)
13.28	10	10,6	9,6	7,8
13.29	11	10,7	9,5	7,8
13.31	12	10,8	9,5	7,9
13.32	13	10,8	9,5	7,9
13.33	14	10,9	9,5	8
13.34	15	10,8	9,5	8
13.35	16	10,8	9,5	7,9
13.37	17	10,8	9,5	8
13.38	18	10,8	9,5	8
13.39	19	10,8	9,5	8
13.41	20	10,8	9,6	8
13.42	21	10,8	9,6	8
13.43	22	10,8	9,7	8
13.45	23	10,8	9,8	8,1
13.46	24	10,8	9,9	8,1
13.48	25	10,8	10	8,2
13.50	26	10,8	10,1	7,9
13.51	27	10,9	10,3	8,3
13.53	28	10,9	10,5	8,4
13.55	29	10,9	10,7	8,3
13.57	30	11	11,1	8,3
13.59	31	11,1	11,5	8,4
14.02	32	11,4	12,1	8,3
14.06	33	11,7	12,8	8,7
14.09	34	12	13,3	8,8
14.12	35	12,2	14,1	8,5
14.17	36	12,8	15,1	8,3
14.20	37	13,1	15,9	8,5



Şekil 3.34. %15 kenevir kıtığı, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait kutu iç sıcaklık ve oda sıcaklığı değerleri



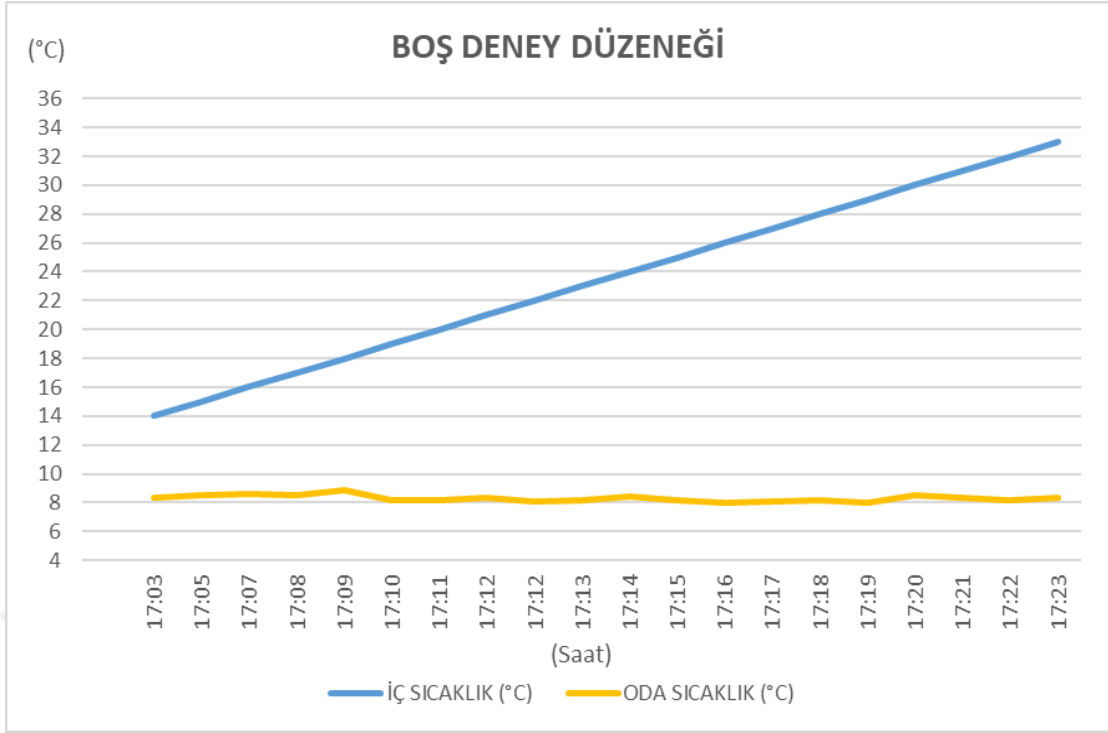
Şekil 3.35. %15 kenevir kıtığı, killi toprak, kireç ve çimento malzemesine ait kutu oda sıcaklığı ve dış yüzey sıcaklık değerleri

3.4.7. MDF kutu deneyi

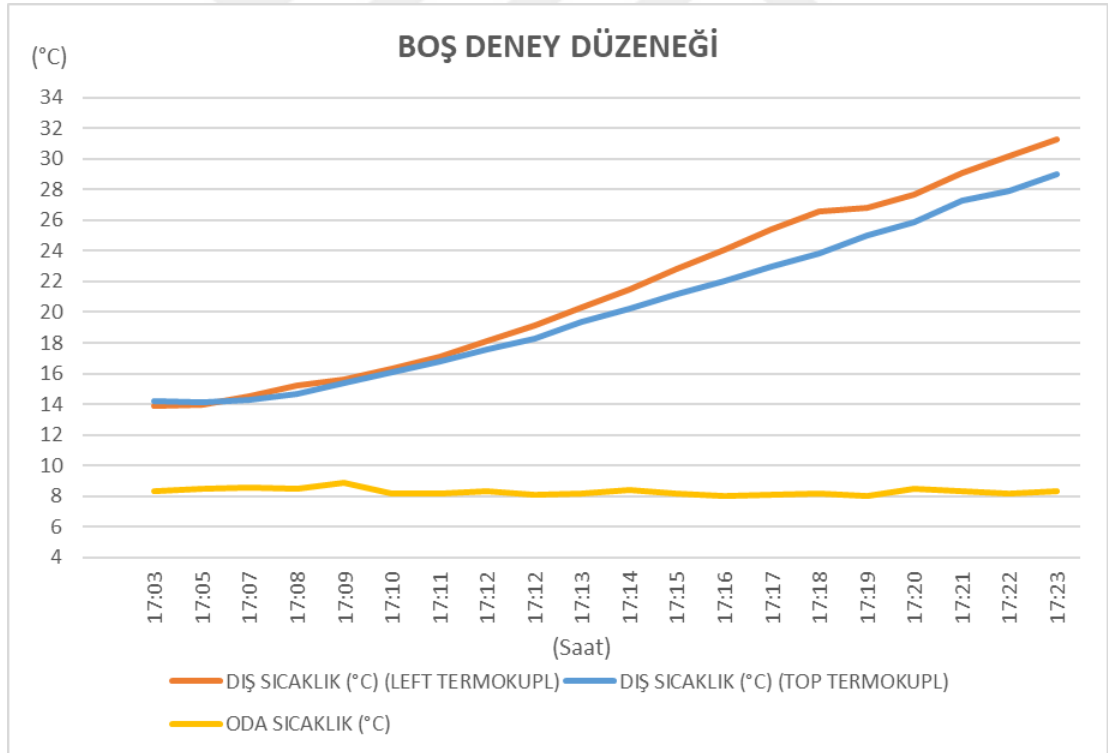
Isı deneylerinin sonuçları yer almaktadır. Bu tabloda, farklı zamanlarda ve değişen iç-dış ortam sıcaklıkları altında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler, Çizelge 3.20.'de ve grafikler Şekil 3.36. ve 3.37.'de verilmiştir.

Çizelge 3.20. Boş MDF'ye ait kutu iç sıcaklık, oda sıcaklığı ve ortalama dış yüzey sıcaklık değerleri

BOŞ DENEY DÜZENEGİ				
SAAT	İÇ SICAKLIK (°C)	DIŞ SICAKLIK (°C) (LEFT TERMOKUPL)	DIŞ SICAKLIK (°C) (TOP TERMOKUPL)	ODA SICAKLIK (°C)
17.03	14,0	13,9	14,2	8,3
17.05	15,0	14,0	14,1	8,5
17.07	16,0	14,5	14,3	8,6
17.08	17,0	15,2	14,7	8,5
17.09	18,0	15,6	15,4	8,9
17.10	19,0	16,3	16,1	8,2
17.11	20,0	17,1	16,8	8,2
17.12	21,0	18,1	17,6	8,3
17.12	22,0	19,1	18,3	8,1
17.13	23,0	20,3	19,4	8,2
17.14	24,0	21,5	20,2	8,4
17.15	25,0	22,8	21,2	8,2
17.16	26,0	24,1	22,0	8,0
17.17	27,0	25,4	23,0	8,1
17.18	28,0	26,6	23,8	8,2
17.19	29,0	26,8	25,0	8,0
17.20	30,0	27,7	25,9	8,5
17.21	31,0	29,1	27,3	8,3
17.22	32,0	30,2	27,9	8,2
17.23	33,0	31,3	29,0	8,3



Şekil 3.36. Boş MDF deney düzeneğine ait kutu iç sıcaklık ve dış oda sıcaklık değerleri

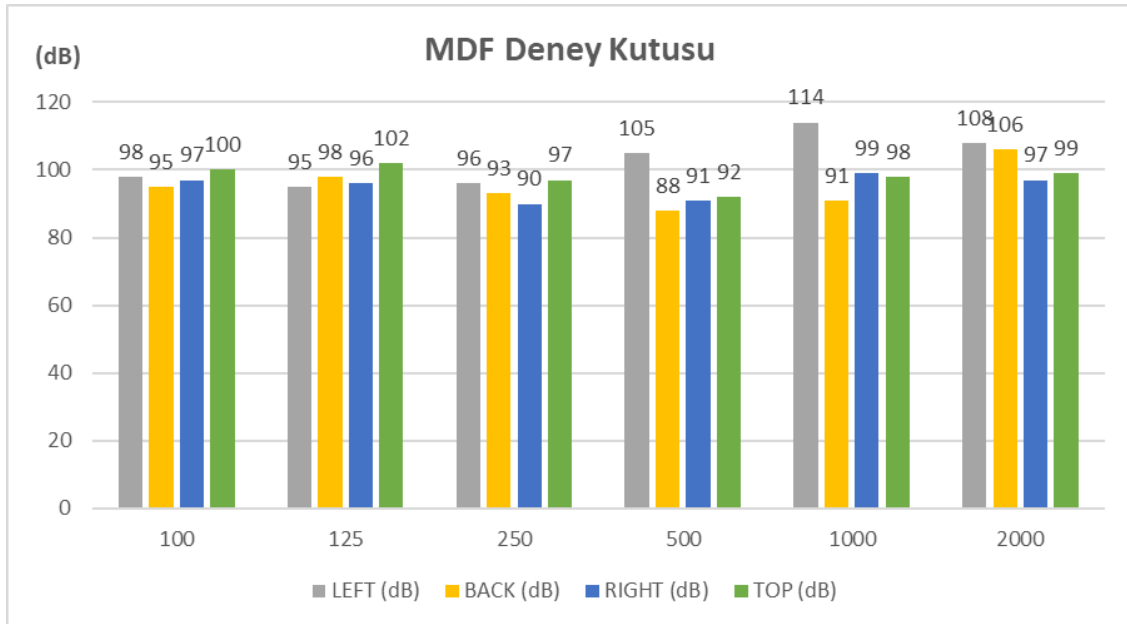


Şekil 3.37. Boş MDF deney düzeneğine ait kutu dış yüzey sıcaklıkları ve oda sıcaklık değerleri

MDF kutu için yapılan deneylerde sabit sıcaklığa göre elde edilen ses sonuçları Çizelge 3.21.'de, elde edilen sonuçlara göre hazırlanan grafik Şekil 3.38.'de görülmektedir.

Çizelge 3.21. Boş Mdf kutusuna ait sıcaklık değeri ile kutu dış yüzeyi desibel ölçümleri

AÇIKLAMA	KUTU DIŞ YÜZEYLER	KOD	KUTU İÇ SICAKLIK (°C)	FREKANSLAR(Hz)						
				SAAT	100	125	250	500	1000	2000
MDF Deneysel Kutusu	Sol (dB)	1	20	11.28	98	95	96	105	114	108
	Arka (dB)	2			95	98	93	88	91	106
	Sağ (dB)	3			97	96	90	91	99	97
	Üst (dB)	4			100	102	97	92	98	99



Şekil 3.38. Boş MDF deney düzeneğine ait sabit sıcaklıkta 4 farklı yüzeyde desibel ölçümleri

3.5. Tek Noktadan Yanma Deneyi

Yapılan tek kaynaklı yangın testi, TS EN 11925-2 standartlarına bağlı kalınarak gerçekleştirilmiştir. Bu standart kapsamında malzeme boyutları, alevin malzemeye temas açısı, alev-malzeme arasındaki mesafe ve yangın sınıflandırması gibi kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Ancak, TS EN 11925-2 standartlarında belirtilen kapalı hazne koşulu bu çalışmada uygulanmamış olup, deney farklı bir ortamda gerçekleştirilmiştir.

Deneysel çalışmalar, Konya Teknik Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu İklimlendirme ve Soğutma Programı laboratuvarında yapılmıştır. Deney

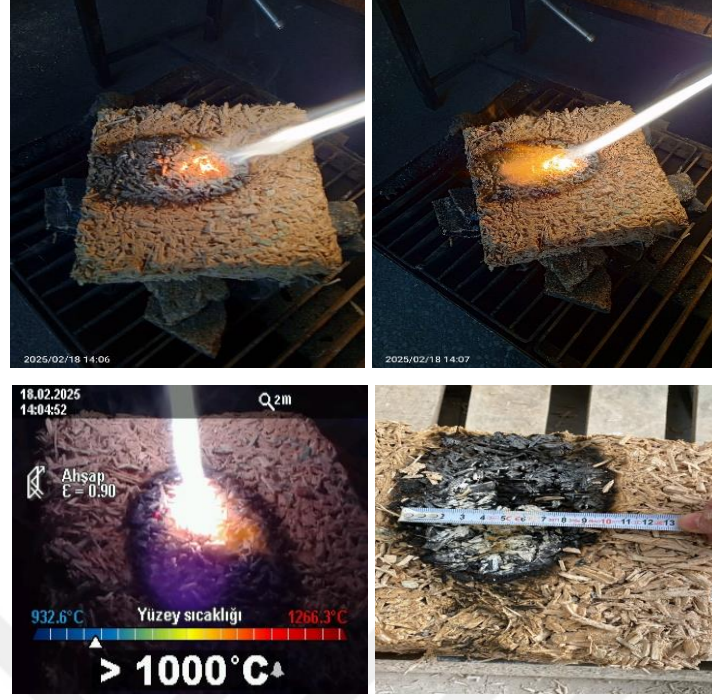
düzeninde, alev kaynağı, mengene yardımıyla sabitlenerek malzemeye uygun bir açıyla yönlendirilmiş ve sabitlenmiştir. Bu yöntem, alevin malzeme yüzeyi ile temasını kontrollü ve düzenli bir şekilde gerçekleştirmeye olanak sağlamıştır.

Deney sırasında kullanılan malzemelerin tepkisi gözlemlenmiş ve yanma davranışları detaylı olarak analiz edilmiştir. Malzemenin yüzey sıcaklığı, alevin malzeme üzerindeki ilerleme hızı ve yanma süresi gibi kritik parametreler kaydedilerek veriler elde edilmiştir. Çalışmanın amacı, kullanılan malzemelerin yangına dayanıklılık performansını değerlendirmek ve standart koşullarda nasıl davrandığını incelemektir. Elde edilen bulgular, malzemelerin yangın güvenliği açısından değerlendirilmesine ışık tutacak önemli veriler sağlamaktadır (Gökçe T., 2024).

3.5.1. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kütüklü yanma deneyi

Yapılan yanma deneyinde, levha 1000 derece ve daha yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Deney süresi yaklaşık 240 saniye (4 dakika) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, levhanın kenevir oranının ağırlıkça %15'e göre %20 daha yüksek olmasına rağmen yanmaya karşı direnç göstermiştir. Bu süre boyunca levha üzerinde herhangi bir akma, yanma ya da fiziksel değişiklik gözlemlenmemiştir. Levha, yüksek sıcaklık koşullarına karşı dayanıklı olduğunu ve yapısal bütünlüğünü koruduğunu göstermiştir. Belirli aralıklarla duman meydana gelmiştir. Levhanın üzerinde sıcaklık artışı ve ısının etkisiyle deformasyon, çatlama veya fiziksel bozulma meydana gelmemiştir. Bu gözlem, malzemenin yüksek sıcaklıklara karşı yapısal bütünlüğünü koruyabildiğini ortaya koymuştur. Şekil 3.39.'da yanma deneyi görselleri verilmiştir.

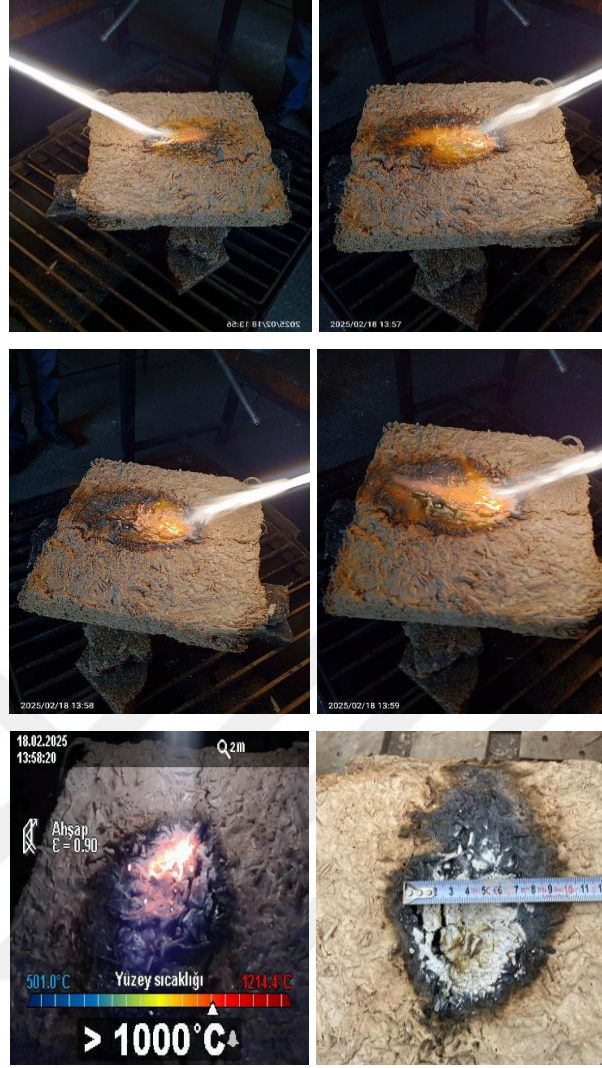




Şekil 3.39. %35 oranlı kenevir kıtığı, kil, kireç karışımı levhanın tek noktadan yanma deneyi

3.5.2. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kıtıklı yanma deneyi

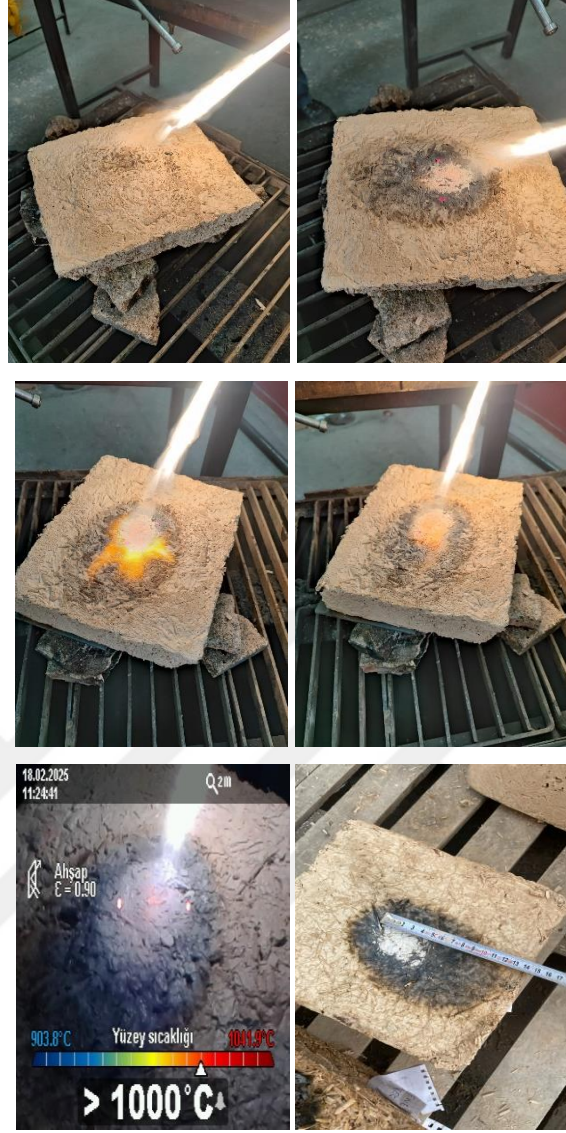
Yapılan yanma deneyinde, levha 1000 derece ve daha yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Deney süresi yaklaşık 240 saniye (4 dakika) olarak belirlenmiştir. Bu süre boyunca levha üzerinde herhangi bir akma, yanma ya da fiziksel değişiklik gözlemlenmemiştir. Ayrıca, levhanın kenevir oranının ağırlıkça %15'e göre %10 daha yüksek olmasına rağmen yanmaya karşı direnç göstermiştir. Levha, yüksek sıcaklık koşullarına karşı dayanıklı olduğunu ve yapısal bütünlüğünü koruduğunu göstermiştir. Levhanın üzerinde sıcaklık artışı ve ısının etkisiyle deformasyon, çatlama veya fiziksel bozulma meydana gelmemiştir. Bu gözlem, malzemenin yüksek sıcaklıklara karşı stabil kalabildiğini ve yapısal bütünlüğünü koruyabildiğini ortaya koymuştur. Şekil 3.40.'da yanma deneyi görselleri verilmiştir.



Şekil 3.40. %25 oranlı kenevir kıtığı, kil, kireç karışımli levhanın tek noktadan yanma deneyi

3.5.3. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kıtıklı yanma deneyi

Yapılan yanma deneyinde, levha 1000 derece ve daha yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Deney süresi yaklaşık 240 saniye (4 dakika) olarak belirlenmiştir. Bu süre boyunca levha üzerinde herhangi bir akma, yanma ya da fiziksel değişiklik gözlemlenmemiştir. Levha, yüksek sıcaklık koşullarına karşı dayanıklı olduğunu ve yapısal bütünlüğünü koruduğunu göstermiştir. Deney sırasında sıcaklık artışı ve ısının etkisiyle levhanın üzerinde herhangi bir deformasyon, çatlama veya fiziksel bozulma meydana gelmemesi, malzemenin ısıl dayanıklılığının yüksek olduğunu ve belirli bir sıcaklık aralığında stabil kalabildiğini ortaya koymuştur. Şekil 3.41.'de yanma deneyi görselleri verilmiştir.



Şekil 3.41. %15 oranlı kenevir kıtığı, kil, kireç karışımli levhanın tek noktadan yanma deneyi

3.5.4. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kıtıklı yanma deneyi

Yapılan yanma deneyinde, levha 1000 derece ve üzerindeki sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Deney süresi yaklaşık 240 saniye (4 dakika) olarak belirlenmiş olup, bu sürede levha üzerinde hiçbir akma, yanma veya fiziksel değişiklik gözlemlenmemiştir. Ayrıca, levhanın kenevir oranının ağırlıkça %15'e göre %20 daha yüksek olmasına rağmen yanmaya karşı direnç göstermiştir. Karışımında bulunan çimentonun da katkısıyla, malzeme yüksek sıcaklıklara karşı daha sağlam ve dayanıklı hale gelmiştir. Deney sırasında levhanın yüzeyinde herhangi bir deformasyon, çatlama ya da fiziksel bozulma gözlemlenmemiştir. Bu durum, malzemenin yüksek sıcaklıklarda stabil kalma

kapasitesini ve yapısal bütünlüğünü başarıyla koruduğunu ortaya koymuştur. Şekil 3.42.'de yanma deneyi görselleri verilmiştir.

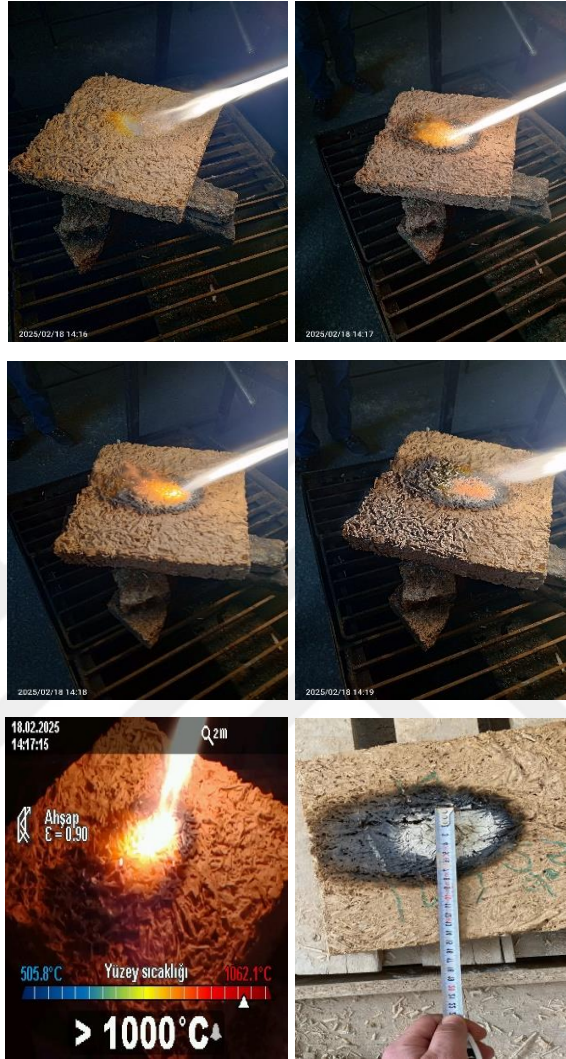


Şekil 3.42. %35 oranlı kenevir kıtığı, kil, kireç ve çimento karışımı levhanın tek noktadan yanma deneyi

3.5.5. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kıtıklı yanma deneyi

Yapılan yanma deneyinde, levha 1000 derece ve üzerindeki sıcaklıklara maruz bırakıldı. Deney süresi yaklaşık 240 saniye (4 dakika) olarak belirlendi ve bu süre boyunca levha üzerinde herhangi bir akma, yanma veya fiziksel değişiklik gözlemlenmedi. Ayrıca, levhanın kenevir oranının ağırlıkça %15'e göre %10 daha yüksek olmasına rağmen yanmaya karşı direnç göstermiştir. Karışımdaki çimento da malzemenin yüksek sıcaklıklara karşı direncini pekiştiren bir katkı sağladı. Sonuç olarak, levhanın üzerinde sıcaklık artışı ve ısının etkisiyle herhangi bir deformasyon,

çatlama veya fiziksel bozulma meydana gelmemiştir. Bu da, malzemenin yüksek sıcaklıklarda stabil kalabildiğini ve yapısal bütünlüğünü başarıyla koruyabildiğini ortaya koymuştur. Şekil 3.43.'de yanma deneyi görselleri verilmiştir.

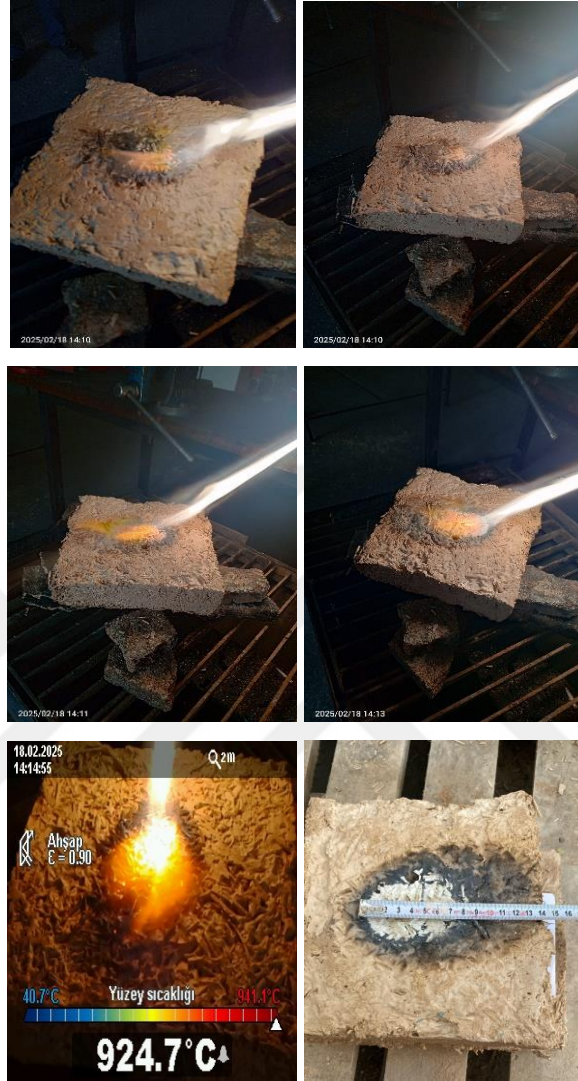


Şekil 3.43. %25 oranlı kenevir kıtığı, kil, kireç ve çimento karışımı levhanın tek noktadan yanma deneyi

3.5.6. Kenevir kıtığı, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kıtıklı yanma deneyi

Yapılan yanma deneyinde, levha 1000 derece ve üzerindeki sıcaklıklara maruz bırakıldı. Deney süresi yaklaşık 240 saniye (4 dakika) olarak belirlendi ve bu süre boyunca levha üzerinde herhangi bir akma, yanma veya fiziksel değişiklik gözlemlenmedi. Karışımdaki çimento da malzemenin yüksek sıcaklıklara karşı direncini pekiştiren bir katkı sağladı. Sonuç olarak, levhanın üzerinde sıcaklık artışı ve ısının etkisiyle herhangi bir deformasyon, çatlama veya fiziksel bozulma meydana gelmemiştir. Bu da, malzemenin yüksek sıcaklıklarda stabil kalabildiğini ve yapısal

bütünlüğünü başarıyla koruyabildiğini ortaya koymuştur. Şekil 3.44.'de yanma deneyi görselleri verilmiştir.



Şekil 3.44. %15 oranlı kenevir kıtığı, kil, kireç ve çimento karışımı levhannın tek noktadan yanma deneyi

3.6. Nem Oranı Deneyi

Gerçekleştirilecek nem oranı deneyi kapsamında, önceden hazırlanan levha örnekleri deney sürecinin başlangıcında her bir levhannın ilk ağırlıkları hassas terazide ölçülerek kaydedilmiştir. Deneyin ilk aşamasında levhalar, 28 gün boyunca oda sıcaklığında sabit bir ortamda bekletilerek doğal nem alma süreçleri gözlemlenmiştir. Bu süre zarfında levhaların ortamdaki nem emme veya kaybetme eğilimleri incelenmiş ve belirlenen süre sonunda ikinci aşamaya geçilmiştir.

İkinci aşamada, levhalar kontrollü bir şekilde 150 °C sıcaklıkta, 2'şer saatlik sürelerle kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem, levhalarda bulunan serbest suyun

ve nemin tamamen uzaklaştırılmasını amaçlamaktadır. Kurutma işlemi sırasında her bir levhanın sıcaklık etkisine karşı gösterdiği fiziksel ve ağırlık değişimleri detaylı olarak gözlemlenmiştir. Kurutulan levhalar, kurutma işlemi tamamlandıktan sonra tekrar hassas terazide tartılarak son ağırlıkları kaydedilmiştir.

Elde edilen ilk ve son ağırlıklar arasındaki farklar, levhaların nem tutma kapasitelerini belirlemek için kullanılmıştır. Bu değerler, levhaların nem oranı ve su tutma kapasiteleri açısından değerlendirilmiştir. Aynı zamanda, malzemenin farklı bağlayıcılar içermesi nedeniyle nem oranı üzerindeki etkiler de karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda, çalışmanın sonunda, farklı bağlayıcı oranları ile hazırlanan levhaların nem tutma ve kaybetme performansları hakkında kapsamlı veriler elde edilmiştir. Bu sonuçlar, malzemenin nem etkisine dayanıklılığı ve yapısal performansı açısından önemli bir referans oluşturmaktadır. Bu bağlamda numunelerin nem değerleri bulunmuştur. Şekil 3.45.'de numune levhalar gösterilmiştir.

$$\text{Nem oranı (\%)} = ((\text{İlk ağırlık} - \text{Son ağırlık}) / \text{İlk ağırlık}) \times 100$$



Şekil 3.45. Kenevir kitiğinden üretilen numune levhalar

3.6.1. Kenevir kitiği, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kitiğli nem deneyi

Deney sonuçları, ağırlıkça %35 kenevir kitiği içeren kompozit levhaların yaklaşık %48 oranında nem içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Kenevir kitiğinin yüksek su tutma kapasitesi, bu denli yüksek bir nem oranını beklenen bir durum haline getirmektedir. Bu yüksek nem oranı, malzemenin kuruma süresi ve mekanik dayanımı üzerinde dikkate değer etkiler oluşturmaktadır. Kenevir kitiği oranının artırılması, malzeme matrisindeki su tutma kapasitesini daha da yükseltecek ve dolayısıyla kuruma süresini uzatacaktır. Bu durum ürünün performansı üzerinde önemli bir faktör olarak

değerlendirilmelidir. Ağırlıkça %35 kenevir kütüğü, kil ve kireç karışımından oluşan levha ağırlıkları Çizelge 3.22.'de verilmiştir.

Çizelge 3.22. %35 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç karışımından oluşan levhanın ağırlıkları

%35 Kenevir kütüğü, Killi Toprak ve Kireç			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	1559	807,5	48,2
2.Numune	1692	871	48,5

3.6.2. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kütüklü nem deneyi

Deney sonuçlarına göre, ağırlıkça %25 kenevir kütüğü, kil ve kireç içeren numunelerin nem oranları %48,4 - %48,7 arasında değişmektedir. Bu değerler, malzemenin yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Kenevir kütüğü organik bir malzeme olduğu için suyu emme eğilimindedir, ancak kil ve kireç içeriği suyun tutulmasını ve buharlaşmasını dengeleyerek malzemenin genel nem oranını belirlemektedir. Nem oranının yüksek olması, kuruma sürecini uzatabilir ve malzemenin mekanik dayanımını etkileyebilir. Ağırlıkça %25 kenevir kütüğü, kil ve kireç karışımından oluşan levha ağırlıkları Çizelge 3.23.'de verilmiştir.

Çizelge 3.23. %25 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç karışımından oluşan levhanın ilk ve son ağırlıkları

%25 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	2775	1422,5	48,7
2.Numune	2864	1479	48,4

3.6.3. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kütüklü nem deneyi

Ağırlıkça %15 kenevir kütüğü oranlı numunelerde, kontrollü kurutma işlemi sonrası önemli miktarda nem kaybı gözlemlenmiştir. İlk numunede, 3633 gramdan 2221 grama düşüş ile %38,87, ikinci numunede ise 3550 gramdan 2207 grama düşüş ile %37,83 nem oranı tespit edilmiştir. Bu bulgular, ağırlıkça %15 oranında kenevir içeren levhalarda dahi önemli miktarda su tutma ve serbest bırakma potansiyelinin bulunduğunu, ayrıca kurutma koşulları altında içyapıda tutulan su moleküllerinin

kontrollü ortamlarda da etkin şekilde dışarı atılabildiğini göstermektedir. Ağırlıkça %15 kenevir kütüğü, kil ve kireç karışımından oluşan levha ağırlıkları Çizelge 3.24.'de verilmiştir.

Çizelge 3.24. %15 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç karışımından oluşan levhanın ilk ve son ağırlıkları

%15 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	3633	2221	38,87
2.Numune	3550	2207	37,83

3.6.4. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %35 oranında kenevir kütüklü nem deneyi

Ağırlıkça %35 kenevir kütüğü, kil, kireç ve çimento içeren kompozit levhalar kurutulduğunda belirgin nem kaybı göstermiştir. İlk numunede, başlangıç ağırlığı 2251 gramdan 1452 grama düşerek 799 gram nem kaybı yaşanmıştır, bu da %35.5'lik bir nem oranına karşılık gelir. İkinci numunede, başlangıç ağırlığı 1890 gramdan 1336.5 grama düşerek 553.5 gram nem kaybı gözlemlenmiştir, bu da %29.3'lük bir nem oranına denk gelmektedir. Gözlemlenen verilere göre, kenevir kütüğü içeriğinin artışı, malzeme matrisindeki su tutma kapasitesinde belirgin bir artışa neden olmaktadır. Ağırlıkça %35 kenevir kütüğü, kil, kireç ve çimento karışımından oluşan levha ağırlıkları Çizelge 3.25.'de verilmiştir.

Çizelge 3.25. %35 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç ve çimento karışımından oluşan levhanın ilk ve son ağırlıkları

%35 Kenevir kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	2251	1452	35,5
2.Numune	1890	1336,5	29,3

3.6.5. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %25 oranında kenevir kütüklü nem deneyi

Deneyde incelenen ağırlıkça %25 kenevir kütüğü içerikli kompozit levhalar, kontrollü kurutma koşulları altında, başlangıç kütlelerinden (sırasıyla 2032g ve 2037g) nihai denge kütlelerine (sırasıyla 1323g ve 1290.5g) ulaşana kadar izlenmiştir.

Gözlemlenen kütle azalması, serbest nemin (sırasıyla 709g ve 746.5g) uzaklaştırılmasından kaynaklanmakta olup, bu durum levhaların sırasıyla %34.89 ve %36.65'lik nem oranlarına karşılık gelmektedir. Bu bulgu, kenevir liflerinin su tutma ve serbest bırakma kapasitesinin, kompozit malzemenin nem davranışı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ağırlıkça %25 kenevir kütüğü, kil, kireç ve çimento karışımından oluşan levha ağırlıkları Çizelge 3.26.'da verilmiştir.

Çizelge 3.26. %25 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç ve çimento karışımından oluşan levhanın ilk ve son ağırlıkları

%25 Kenevir kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	2032	1323	34,89
2.Numune	2037	1290,5	36,65

3.6.6. Kenevir kütüğü, kireç, killi toprak ve çimento karışımından oluşan ağırlıkça %15 oranında kenevir kütüklü nem deneyi

Deneyde incelenen ağırlıkça %15 kenevir kütüğü, kil, kireç ve çimento içeren kompozit levhaların nem içerikleri, kontrollü kurutma koşulları altında, başlangıç kütlelerinden son kütlelerine ulaşmaya kadar izlenmiştir. İlk numunede, başlangıç kütlesi 1981 gram iken, son kütlesi 1281 gram olarak ölçülmüştür. Bu durum, 700 gramlık bir kütle kaybını ($1981g - 1281g = 700g$) ifade etmekte olup, serbest nemin buharlaşarak uzaklaşması sonucu oluşan %35.34'lük bir nem oranına karşılık gelmektedir. Benzer şekilde, ikinci numunede, başlangıç kütlesi 2044 gramdan 1297.5 grama düşerek 746.5 gramlık bir kütle kaybı ($2044g - 1297.5g = 746.5g$) gözlemlenmiş, bu da %36.52'lik bir nem oranına işaret etmektedir. Bu sonuçlar, ağırlıkça %15 kenevir kütüğü içeren kompozit levhaların dahi anlamlı miktarda nem tutma ve serbest bırakma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Ağırlıkça %15 kenevir kütüğü, kil, kireç ve çimento karışımından oluşan levha ağırlıkları Çizelge 3.27.'de verilmiştir.

Çizelge 3.27. %15 kenevir kütüğü, killi toprak, kireç ve çimento karışımından oluşan levhanın ilk ve son ağırlıkları

%15 Kenevir kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	1981	1281	35,34
2.Numune	2044	1297,5	36,52

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Isı ve ses yalıtımına yönelik deneysel karşılaştırmalar yapılırken, farklı karışım oranlarına sahip iki ayrı grup üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Grup 1, kenevir kitiğı, kil ve kireç karışımlarından meydana gelmiş olup, bu grupta ağırlıkça %15, %25 ve %35 oranlarında kenevir kitiğı kullanılarak deneyler yapılmıştır. Grup 2 ise kenevir kitiğı, kil, kireç ve çimento karışımından oluşmakta ve benzer şekilde ağırlıkça %15, %25 ve %35 oranlarında kenevir kitiğı kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

Her iki grupta yapılan deneylerden elde edilen veriler ayrı ayrı çizelgeler halinde sunulmuş, böylece ısı ve ses yalıtımı açısından malzemelerin performansına dair detaylı bir analiz yapılmıştır. Tüm deney sonuçlarının tek bir çizelgede toplanması, iki grup arasındaki performans farklarının daha net ve sistematik bir şekilde görülmesini sağlamıştır. Bu karşılaştırmalı analiz, kenevir kitiğinin oranına ve bağlayıcı malzeme türüne bağlı olarak malzemelerin yalıtım özellikleri üzerindeki etkilerini açıkça ortaya koymuştur. Böylece hangi karışım oranının daha verimli olduğu ve hangi malzemelerin daha iyi performans gösterdiği, ısı yalıtımı ve ses geçirmezliği açısından değerlendirilerek bilimsel bir temele dayandırılmıştır. Bu tür detaylı analizler, yapı malzemelerinin geliştirilmesi ve optimize edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

4.1. Ses Deneyi

50 cm iç ölçülere sahip deney düzeneğinde, çeşitli bağlayıcılar ve farklı oranlarda kenevir kitiıklı levhalar kullanılarak mantolama uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Kutu içine sabit sıcaklıkta, 100 Hz ile 2000 Hz aralığındaki frekanslarda (100, 125, 250, 500, 1000, 2000 Hz) ses dalgaları üretilerek kutunun dış yüzeylerinde ses seviyesi ölçümleri yapılmıştır. Deney süresince elde edilen veriler, maksimum ve ortalama desibel değerleri dikkate alınarak detaylı çizelgeler halinde verilmiştir.

Bu çizelgeler, farklı frekans değerleri ve kullanılan bağlayıcı malzemelerin oranlarına göre ses yalıtım performansındaki değişimleri analiz etmek amacıyla hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda, farklı bağlayıcı kombinasyonlarının ve kenevir kitiğı oranlarının, ses yalıtım performansı üzerindeki etkisi ayrıntılı bir şekilde gözlemlenmiştir.

100, 125, 250, 500, 1000 ve 2000 Hz ses ile dış yüzeyde ölçülen ses desibelleri ortalama ve maksimum değerleri çizelge 4.1'de mevcuttur.

Çizelge 4.1. Deney düzeneğinde mevcut sıcaklıktaki levhalarına ait ortalama ve maksimum desibel ölçüleri

AÇIKLAMA	KUTU DIŞ YÜZEYLER	KOD	KUTU İÇ SICAKLIK (°C)	FREKANSLAR(Hz)							
				SAAT	100	125	250	500	1000	2000	
%35 Kenevir Kıtığı, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	Sol (dB)	1	20	18.00	60	58	59	68	69	65	
	Arka (dB)	2			55	63	60	65	63	70	
	Sağ (dB)	3			53	60	59	61	68	66	
	Üst (dB)	4			54	61	61	63	68	67	
	Ortalama					56	61	60	64	67	67
	Maksimum					60	63	61	68	69	70
%25 Kenevir Kıtığı, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	Sol (dB)	1	20	13.41	65	64	61	75	73	70	
	Arka (dB)	2			60	63	58	70	60	70	
	Sağ (dB)	3			68	66	50	74	71	66	
	Üst (dB)	4			68	64	66	81	76	64	
	Ortalama					65	64	59	75	70	67,5
	Maksimum					68	66	66	81	76	70
%15 Kenevir Kıtığı, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	Sol (dB)	1	20	12.05	68	69	65	78	75	73	
	Arka (dB)	2			62	65	64	77	77	78	
	Sağ (dB)	3			70	68	57	79	80	72	
	Üst (dB)	4			65	67	66	78	80	75	
	Ortalama					66	67	63	78	78	74,5
	Maksimum					70	69	66	79	80	78
%35 Kenevir Kıtığı, Killi Toprak ve Kireç	Sol (dB)	1	20	10.25	64	61	63	71	69	64	
	Arka (dB)	2			63	60	62	70	64	65	
	Sağ (dB)	3			67	58	65	72	70	63	
	Üst (dB)	4			65	54	65	69	67	60	
	Ortalama					65	58	64	71	67,5	63
	Maksimum					67	61	65	72	70	65
%25 Kenevir Kıtığı, Killi Toprak ve Kireç	Sol (dB)	1	20	15.29	65	67	65	75	72	70	
	Arka (dB)	2			67	68	60	75	70	65	
	Sağ (dB)	3			70	66	63	78	71	67	
	Üst (dB)	4			67	61	59	80	74	66	
	Ortalama					67	66	62	77	71,75	67
	Maksimum					70	68	65	80	74	70
%15 Kenevir Kıtığı, Killi Toprak ve Kireç	Sol (dB)	1	20	11.28	70	68	64	71	73	74	
	Arka (dB)	2			68	67	63	68	71	76	
	Sağ (dB)	3			71	66	60	71	79	77	
	Üst (dB)	4			65	70	65	72	78	77	
	Ortalama					69	68	63	71	75,25	76
	Maksimum					71	70	65	72	79	77

4.2. Isı Deneyi

Deney düzeneğinde mevcut ortam sıcaklığı referans alınarak, ısıtıcı yardımıyla kontrollü bir şekilde sıcaklık artışı sağlanmıştır. Bu kapsamda, deney ortamı 15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C ve 40°C sıcaklık değerlerine ulaştırılmıştır. Deney sırasında kutunun dış yüzey sıcaklığı ile iç sıcaklık değerleri hassas ölçüm cihazları kullanılarak tespit edilmiş ve iki sıcaklık arasındaki fark değerleri analiz edilmiştir.

Elde edilen veriler, belirlenen sıcaklık seviyelerinde ortalama dış yüzey sıcaklıkları ile iç ortam sıcaklıklarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini içermektedir. Bu analiz sonucunda, malzemelerin ısı iletim performansı, yalıtım kapasiteleri ve sıcaklık farklarının değişim oranları detaylı olarak gözlemlenmiştir.

Çalışma kapsamında hazırlanan çizelgede, farklı sıcaklık seviyelerinde elde edilen ölçümler derlenmiş ve grafiksel ya da tablo formatında sunulmuştur. Böylelikle, kullanılan malzemelerin (örneğin farklı oranlardaki kenevir kütüğü, kil, kireç ve çimento içeren karışımların) ısı yalıtım özellikleri arasındaki performans farkları net bir şekilde ortaya konmuştur.

Boş deney düzeneğinde yalıtımsız bir ortamda iç ve ortalama dış sıcaklık arasında oluşan değerler çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Boş deney düzeneğinin farklı sıcaklıktaki iç ve ortalama sıcaklık farkları

BOŞ DENEY DÜZENEĞİ		
İÇ SICAKLIK °C	ORT. DIŞ SICAKLIK °C	FARK °C
15	12,4	2,6
20	15,3	4,7
25	19,4	5,6
30	26,8	3,2
33	29	4

Deney kutusu ısıtılmadan önceki mevcut sıcaklık ile iç kısımdaki ısıtıcı kullanılarak ısıtıldıktan sonra 15, 20, 25, 30, 35 ve 40 °C'de ölçülen ortalama dış yüzey sıcaklığı ile iç sıcaklık arasındaki fark değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Üretilen levhalarının farklı sıcaklıktaki iç ve ortalama sıcaklık farkları

1.GRUP (killi toprak, kırıntı ve kireç)			2.GRUP (killi toprak, kireç, çimento ve kırıntı)		
% 35 ORANLI KENEVİR KİTİK			% 35 ORANLI KENEVİR KİTİK		
İÇ SICAKLIK (°C)	ORT DIŞ SICAKLIK (°C)	FARK(°C)	İÇ SICAKLIK (°C)	ORT DIŞ SICAKLIK (°C)	FARK(°C)
10	9	1,00			
15	9,1	5,90	17	14,4	2,60
20	8,9	11,10	20	14,1	5,90
25	8,7	16,30	25	14,3	10,70
30	8,7	21,30	30	14,3	15,70
35	8,8	26,20	35	14,4	20,60
40	9,1	30,90	40	14,5	25,50
% 25 ORANLI KENEVİR KİTİK			% 25 ORANLI KENEVİR KİTİK		
İÇ SICAKLIK (°C)	ORT DIŞ SICAKLIK (°C)	FARK(°C)	İÇ SICAKLIK (°C)	ORT DIŞ SICAKLIK (°C)	FARK(°C)
15	13	2,00	15	10	5,00
20	13	7,00	20	10,3	9,70
25	13,1	11,90	25	10,6	14,40
30	13,2	16,80	30	11,30	18,70
35	13,6	21,40	35	13,4	21,60
40	14,4	25,60	39	14	25,00
% 15 ORANLI KENEVİR KİTİK			% 15 ORANLI KENEVİR KİTİK		
İÇ SICAKLIK (°C)	ORT DIŞ SICAKLIK (°C)	FARK(°C)	İÇ SICAKLIK (°C)	ORT DIŞ SICAKLIK (°C)	FARK(°C)
13,00	11,2	1,80	13	10,2	2,80
15,00	11,2	3,80	15	13,2	1,80
20,00	10,8	9,20	20	13	7,00
25,00	10,7	14,30	25	13	12,00
30,00	10,9	19,10	30	13,4	16,60
35,00	13,3	21,70	35	14,6	20,40

4.3. Tek Noktadan Yanma Deneyi

Kenevir kırıntısı içeren farklı bağlayıcılardan üretilmiş levhaların tek noktadan yanma deneyine verdiği tepki analiz edilmiştir. İlk ve son ağırlık verileri karşılaştırılarak yanma sonrası kütle kaybı oranları belirlenmiştir. Çimento içeren levhalar, %0,56 - %1,05 Aralığında ağırlık kaybı göstermiştir. Kil kireç içeren levhalar, %0,30 - %1,65 arasında değişen kütle kayıpları sergilemiştir. Kenevir oranı arttıkça, bağlayıcının türüne bağlı olarak kütle kaybı oranında farklılık gözlemlenmiştir. Yapılan deneylerde, kenevir içeren levhaların düşük ağırlık kaybı ile yanmaya karşı dirençli bir malzeme olduğunu göstermektedir. Kenevir bazlı yapı malzemelerinin yangına

dayanıklı ve güvenli bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Özellikle sürdürülebilir ve çevre dostu malzemeler arayışında olan yapı sektöründe, kenevirin yanmazlık özellikleri sayesinde önemli bir potansiyele sahip olduğu söylenebilir. Çizelge 4.4.'de kenevir kütüğü içeren farklı oranlardaki levhaların ağırlık değişimleri verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kenevir kütüğü içeren farklı levhaların ağırlık değişimleri

AÇIKLAMA	İLK AĞIRLIK (gr)	SON AĞIRLIK (gr)	% Değişim
%35 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	1330	1316	1,05
%25 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	1288,5	1276,5	0,93
%15 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	1531	1522,5	0,56
%35 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç	880	865,5	1,65
%25 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç	1472	1461,5	0,71
%15 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç	2334,5	2327,5	0,3

4.4. Nem Oranı Deneyi

Tabloda sunulan nem deneyi sonuçları, kenevir kütüğü, kil ve kireç karışımlarının farklı oranlarda ve çimento ilavesiyle nem tutma kapasitelerini karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Deney, iki grup numune üzerinde yapılmış ve her bir grupta ağırlıkça kenevir kütüğü oranları %35, %25 ve %15 olarak değişkenlik göstermiştir. Kenevir kütüğü oranı arttıkça nem oranı da artmaktadır. Ağırlıkça %35 kenevir kütüğü içeren numunelerde nem oranı %48 civarında iken, ağırlıkça %15 kenevir kütüğü içeren numunelerde bu oran %38'lere düşmektedir. Çimento, karışımın yapısını sıkılaştırarak suyun emilimini azaltmış olabilir. Bu deney sonuçları, kenevir lifi ve çimento içeren yapı malzemelerinin nem yönetimi açısından farklı özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Malzeme seçimi, kullanım amacına ve nem koşullarına göre dikkatlice yapılmalıdır. Deney sonuçları, farklı yapı malzemesi uygulamalarında (örneğin, duvar yalıtımı, zemin kaplaması) kenevir lifi ve çimento kullanımının nem performansı açısından değerlendirilmesine katkı sağlayabilir. Özetle, yapılan deney çalışması

kenevir lifinin nem tutma kapasitesi üzerinde önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. Çizelge 4.5.'de kenevir kütüğü içeren farklı oranlardaki levhaların nem oranı yüzdeleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kenevir kütüğü içeren farklı levhaların nem oranları

1. Grup			
%35 Kenevir kütüğü, Killi Toprak ve Kireç			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	1559	807,5	48,2
2.Numune	1692	871	48,5
%25 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	2775	1422,5	48,7
2.Numune	2864	1479	48,4
%15 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	3633	2221	38,87
2.Numune	3550	2207	37,83
2.Grup			
%35 Kenevir kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	2251	1452	35,5
2.Numune	1890	1336,5	29,3
%25 Kenevir kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	2032	1323	34,89
2.Numune	2037	1290,5	36,65
%15 Kenevir kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento			
	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Nem Oranı (%)
1.Numune	1981	1281	35,34
2.Numune	2044	1297,5	36,52

4.4.1. Boşluklu Birim Hacim Ağırlık

Yapı malzemelerinin temel özelliklerinden biri olan boşluklu birim hacim ağırlığı, malzemenin hafifliği, taşıma kolaylığı ve potansiyel yalıtım kapasitesi gibi kritik performans parametrelerini doğrudan etkilemektedir. Boşluklu birim hacim ağırlığı, bir malzemenin birim hacmindeki kütlesini ifade ederken, aynı zamanda malzemenin içyapısı ve potansiyel kullanım alanları hakkında da önemli bilgiler sunmaktadır. Çalışmada, farklı kenevir oranlarına sahip karışımların bu özelliği detaylı

olarak analiz edilmektedir. Bu çalışma, farklı oranlarda kenevir kütüğü içeren yapı kompozitlerinin boşluklu birim hacim ağırlıklarını karşılaştırarak, kenevirin malzeme yoğunluğu üzerindeki rolünü ve potansiyel uygulamalarını araştırmaktadır.

Çizelge 4.6.'da kenevir kütüğü içeren farklı oranlardaki levhaların boşluklu birim hacim ağırlıkları verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kenevir kütüğü içeren farklı levhaların boşluklu birim hacim ağırlıkları

Açıklama	Ağırlık (gr)	Hacim (cm ³)	Boşluklu Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)
%35 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	1890	2000	0,95
%25 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	2032	2000	1,01
%15 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak, Kireç ve Çimento	2044	2000	1,02
%35 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç	1559	2000	0,78
%25 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç	2775	2000	1,39
%15 Kenevir Kütüğü, Killi Toprak ve Kireç	3550	2000	1,78

Tablodaki veriler incelendiğinde, kenevir kütüğü oranındaki artışın, yapı malzemesi karışımlarının birim hacim ağırlıkları üzerinde belirgin bir düşüşe yol açtığı gözlemlenmektedir. Özellikle çimentosuz karışımlarda bu eğilim daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Kenevirin doğal olarak hafif bir malzeme olması, karışımdaki yüzdesinin yükselmesiyle birlikte malzemenin genel yoğunluğunun azalmasına katkı sağlamaktadır. Bu durum, kenevir oranının artırılmasının, yapı malzemelerinin hafifletilmesi ve dolayısıyla taşıma maliyetlerinin düşürülmesi açısından önemli bir strateji olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, daha düşük birim hacim ağırlığı genellikle malzemenin boşluklu yapısının arttığına işaret eder ki bu da potansiyel ısı ve ses yalıtım özelliklerinin iyileşmesi anlamına gelebilir. Bu bağlamda, kenevir oranındaki artışla elde edilen hafif ve potansiyel olarak yalıtkan yapılar, sürdürülebilir ve çevre dostu yapı malzemeleri geliştirme çabaları için umut vadeden sonuçlar sunmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmada, kenevir kütüğünden üretilen yapı levhalarının ısı, ses ve nem yalıtımı ile yangın durumundaki performansını değerlendirmek amacıyla çeşitli deneyler yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, kenevir kütüğünün söz konusu yalıtım ve güvenlik kriterleri açısından ne derece etkili olabileceği araştırılmış ve elde edilen veriler doğrultusunda kapsamlı bir analiz yapılmıştır.

5.1 Sonuçlar

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen bulgular, kenevir kütüğü içeren yapı malzemelerinin çeşitli performans özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlamıştır.

Isı yalıtımı performansı:

- Genel olarak, ağırlıkça kenevir kütük oranı arttıkça (örneğin %35 olduğunda), iç ve dış sıcaklık farkının da arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum, kenevir katkısının ısı yalıtımına olumlu katkı sunduğunu göstermektedir.
- Çimento içeren (2. grup) malzemeler, çimento içermeyen (1. grup) malzemelere kıyasla genellikle daha düşük sıcaklık farkları oluşturmuştur. Bu durum, çimento kullanımının ısı yalıtım performansını olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir.
- Özellikle 1. grupta ağırlıkça %35 kenevir içeren malzemede sıcaklık farkları 25°C seviyelerine kadar çıkmıştır. Bu sonuç, kenevirin yüksek oranda kullanıldığı durumlarda yalıtımın oldukça etkili olduğunu göstermektedir.
- Elde edilen veriler, doğal yapı malzemelerinde kenevir katkısının ısı yalıtımını iyileştirdiğini ve çimento kullanımının yalıtım performansını azaltabileceğini göstermiştir.
- Killi toprak ve kireç bazlı malzemeler, özellikle yüksek kenevir içeriğiyle birleştiğinde daha iyi bir yalıtım sağlamaktadır. Bu sonuçlar, doğal ve sürdürülebilir yapı malzemelerinin enerji verimliliği açısından önemli avantajlar sunduğunu ortaya koymaktadır.
- Isı geçirgenliği açısından değerlendirildiğinde, ağırlıkça %35 kenevir kütüğü, kil, kireç karışımı diğer karışımlara oranla daha iyi sonuçlar vererek ön plana çıkmıştır.

Yangın dayanımı performansı:

- Yaklaşık 1000°C sıcaklıkta ve 4 dakikalık maruz kalma süresinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda, kenevir kıtık oranı daha düşük olan numunelerin yangına karşı daha yüksek direnç gösterdiği tespit edilmiştir.
- Çimento içeren kompozit levhaların termal stabilite ve yanma dayanımı açısından daha üstün performans sergilediği belirlenmiştir.
- Yapılan deneylerde yanmaya karşı en iyi sonucu ağırlıkça %15 oranında kenevir kıtığı, kil, kireç ve çimento karışımından oluşan levha göstermiştir.
- Deney aşamasında yapılan gözlemlere göre, kenevir kıtığının, çimento ya da kil gibi malzemeler kadar yanma riski taşımadan iyi sonuçlar verdiği ve doğal bir malzeme olarak yangın dayanımında etkili olabileceği gözlemlenmiştir.
- Kenevir kıtığı, çevre dostu ve hafif bir malzeme olmasının yanı sıra, uygun maliyetli bir alternatif olarak yangına karşı belirli bir direnç göstererek potansiyel bir yapı malzemesi olarak dikkate alınabilir.

Nem davranışı performansı:

- Kil ve kireç esaslı kompozit yapı malzemelerinin nem tutma davranışı, kenevir kıtığı ve çimento oranlarının sistematik varyasyonu ile incelenmiştir.
- Deneysel sonuçlar, kenevir kıtığı konsantrasyonundaki artışın, liflerin higroskopik yapısı nedeniyle malzemenin su adsorpsiyon kapasitesinde doğrusal bir artışa neden olduğunu ortaya koymuştur.
- Buna karşılık, çimento ilavesi, hidrasyon ürünlerinin matris yapısını sıkılaştırması ve gözenekliliği azaltması sonucu nem tutma kapasitesinde ters orantılı bir düşüşe yol açmıştır.
- Dolayısıyla, malzeme karışımının formülasyonu, istenen nem dengesi özellikleri için kritik bir parametre olarak belirlenmiştir.
- Gözlemler sonucu ağırlıkça %35 oranında kenevir kıtığı, kil, kireç karışımli levhanın nem tutma kapasitesinin diğer levhalara göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Ses yalıtımı performansı:

- Yapılan deneysel çalışmalar, kenevir lifi ile güçlendirilmiş yapı levhalarının, özellikle yüksek frekanslı ses dalgalarının iletimini önemli ölçüde azaltarak, geleneksel yapı malzemelerine kıyasla üstün bir ses yalıtım performansı sergilediğini doğrulamaktadır.
- Kenevir oranı arttıkça ses iletiminde azalmalar görülmektedir.

5.2. Öneriler

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, kenevir esaslı yapı malzemelerinin geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Kentleşmenin yoğunlaştığı ve gürültü kirliliğinin arttığı günümüz koşullarında, bu tür (kenevir) biyobazlı malzemelerin kullanımı, daha sağlıklı ve konforlu yaşam alanları yaratma hedefine ulaşmasında önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. Çalışma sonuçları, kenevir bazlı akustik performansı iyileştirmek ve gürültü kontrolünü sağlamak amacıyla, sürdürülebilir ve yenilenebilir bir kaynak olarak yapı sektöründe daha yaygın şekilde kullanılmasının bilimsel dayanaklarını güçlendirmektedir. Bu bağlamda, kenevir lifi katkılı yapı levhalarının, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de insan sağlığı ve konforu açısından gelecek vaat eden bir alternatif olduğu açıkça ortaya konmaktadır.
- Çevre dostu ve sürdürülebilir bir malzeme olan kenevir kitiğinin yapı sektöründe daha yaygın kullanımı, hem enerji verimliliğini artıracak hem de doğal kaynakların korunmasına katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, kenevir kitiğinin yapı malzemelerinin üretimi, geliştirilmesi ve uygulanması konusunda daha fazla araştırma ve yatırım yapılması teşvik edilmelidir.
- Ayrıca, kenevir kitiğinin yapı sektöründeki kullanımını yaygınlaştırmak için, ilgili standartların ve yönetmeliklerin güncellenmesi ve bu malzemenin faydaları konusunda kamuoyunun bilinçlendirilmesi önemlidir.
- Kenevir kitiğinin yapı malzemelerinin performansı, kenevir kitiği oranı ve diğer bileşenlerin (kil, kireç, çimento) oranlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, optimum performans elde etmek için malzeme bileşiminin dikkatlice tasarlanması ve istenen özelliklere göre optimize edilmesi gerekmektedir.

- Kenevir kısıklı levhalar, yapı sektöründe ısı, ses ve nem yalıtımı ile yangın dayanımı gibi kritik performans kriterlerini karşılamada geleneksel yapı malzemelerine göre önemli avantajlar sunabilecek potansiyele sahiptir. Özellikle kenevir kısığının doğal ve yenilenebilir bir kaynak olması, bu malzemeyi sürdürülebilir yapı çözümleri arayışında ön plana çıkarmaktadır.
- Kenevir kısığının çevre dostu ve sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak potansiyelini göz önünde bulunduran ülke politikaları, bu malzemenin kullanımını teşvik edici yönde düzenlenmeli ve yapı sektöründe yaygınlaşması desteklenmelidir.
- Sonuç olarak, kenevir kısıklı yapı levhaları, geleneksel yapı malzemelerine sürdürülebilir ve yüksek performanslı bir alternatif sunmaktadır. Bu malzemelerin optimizasyonu ve yaygınlaştırılması için yapılacak çalışmalar, yapı sektöründe önemli bir dönüşümü tetikleyebilir ve daha çevre dostu, sağlıklı ve konforlu yaşam alanları yaratılmasına katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

- Acar, M., Dönmez, A. (2016). Kenevire Farklı Bir Bakış. 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 27-30 Eylül, 2016, Samsun, Türkiye, 265-270.
- Akbaş, K.Z. (1996). Fireboard ile Yangından Korunma, Isı, Ses, Su, Yangın Yalıtım Aliplik Akın , B., 2010, Şeker Endüstrisi Atık Sularının Kimyasal Koagülasyon Yöntemiyle Arıtılabilirliğinin İncelenmesi ve Optimum İşletim Koşullarının Belirlenmesi, Ankara.
- Altın, M. ve Kılıçaslan, M.F., 2023, İki gerçek oda yangını ve sonuçlarının yangın güvenliği açısından değerlendirilmesi Makalesi cilt 44 sayı 102876.
- Altın, M. ve Yıldırım, G. Ş., 2022, Investigation of usability of boron doped sheep wool as insulation material and comparison with existing insulation materials. Construction and Building Materials, 331, 127303.
- Al-Oqla, F. M., & Sapuan, S. M. (2014). Natural fiber reinforced polymer composites in industrial applications: feasibility of date palm fibers for sustainable automotive industry. Journal of Cleaner Production, 66, 347-35.
- Austin, G.T., Shreve's Chemical Process Industries, fifth edition, Mc-Graw-Hill International Editions, 1984.
- Aziz, S.H., Ansell, M.P. (2004). Optimising the Properties of Green Composites, Green composites: Polymer Composites and the Environment, Edited by Caroline Baillie, Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering, Cambridge, United Kingdom, 154–180.
- Azra Korjenic, Vít Petránek, Jiří Zach, Jitka Hroudová, Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources, Energy and Buildings, Volume 43, Issue 9,2011,Pages 2518-2523
- Başer, İ., (2002). Doğal Lifler. Lif Bilgisi 2. Bölüm, Marmara Üniversitesi Döner Sermaye İşletmesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Birimi, 53-54.
- Beydemir, K., (2007). Puzolan katkılı kireç harçlarının mekanik özellikleri. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Bulut, Ü., (2007). Perlitin puzolanik aktivitesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Carmeuse (2023) hempcrete. Retrieved from <https://www.carmeuse.com/tr-tr/yapi-malzemeleri/hempcrete>
- Charai, M., Sghiouri, H., Mezrhab, A., & Karkri, M. (2021). Thermal insulation potential of non-industrial hemp (Moroccan cannabis sativa L.) fibers for green plaster-based building materials. Journal of Cleaner Production, 292, 126064.

- Collet, F. and Prétot, S., 2014, Thermal conductivity of hemp concretes: Variation with formulation, density and water content, *Construction and Building Materials.*, 65, 612-619.
- Diary. (2023). Eco Friendly Building Materials – 20 Examples of the Latest Trend. Retrieved from <https://thearchitectsdiary.com/eco-friendly-building-materials-20-examples-of-the-latest-trend/>.
- Durgun, M., 2011, Pomza, Kolemanit, Barit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Boyalarla Kaplanan Beton ve Donatların Korozyon Performansı , Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Eriç, M. (1978) *Yapı Malzemeleri*, Cilt II, Kazmaz Matbaası, İstanbul.
- Gedik, G., Avinç, O.O., Yavaş, A. (2010). Kenevir lifinin özellikleri ve tekstil endüstrisinde kullanımıyla sağladığı avantajlar. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* 4(3): 39-48.
- Gençtürk, G., 2011, Sönmüş Kireç ile Çimento ve Pr. Plast Kullanımının Asfalt Kaplamaların Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans Tezi.
- Gökçe T., 2024 Ahşap ve Ahşap Esaslı Kompozit Levhalarda Uygulanan Boya Türlerinin Yangın Dayanımına Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tez, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Görhan, G., (2006). Hafif yapı blokları üretiminde uçucu külün kireç ve çimento ile birlikte kullanımının araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güney, B. A., (2012). Development of Pozzolanic Lime Mortars for the Repair of Historic Masonry. Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences.
- Herhández, O.F., Bollatti, M.R., Rio, M., and Landa, B.P. (1999) Development of cork-gypsum composites for building applications, *Construction and Building Materials*, 13, 179-186.
- Hüsem, F., 2014, Alçı Taşının Transformasyonu ve Etki Eden Unsurlar, Yüksek Lisans Tezi.
- İşmal, Ö.E., Yıldırım, L., 2011. *Tekstil Tasarımında Çevre Dostu Yaklaşımlar*, Akdeniz Sanat ,4(8), s. 9 13.
- Karaca, M. (2020). *Endüstriyel Kenevir Tarımı ve Kullanım Alanları* (s. 78-85). Nobel Yayın Dağıtım.
- Koçu, N. (2000). Yapılarda Alçı Kullanımı Olanaklarının Geliştirilmesi, III. Ulusal Alçı Kongresi, Ankara.

- Korjenic A, Petránek V, Zach J, Hroudová J. Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources. *Energy Build* 2011;43:2518–23.
- Kymäläinen HR, Sjöberg. Flax and hemp fibres as raw materials for thermal insulations. *Build Environ* 2008;43:1261–9.
- Lothenbach, B., Scrivener, K. L., & Hooton, R. D. (2011). Hydration of Portland cement with limestone. *Cement and Concrete Research*, 41(12), 1222-1237.
- Niyigena, C., Amziane, S., Chateauneuf, A., Arnaud, L., Bessette, L., Collet, F., Lanos, C., Escadeillas, G., Lawrence, M., Magniont, C., Marceau, S., Pavia, S., Peter, U., Picandet, V., Sonebi, M., Walker, P., (2016). Variability of the mechanical properties of hemp concrete. *Materials Today Communications* 7, 122–133.
- Özdemir, S., Tekoğlu, O. (2013). Ekolojik tekstil ürünlerinde kullanılan hammaddeler, *Akdeniz Sanat Dergisi* 4(8): 27-30.
- Paz Sáez-Pérez, M., Brümmer, M., Durán-Suárez, J. A., (2020). A review of the factors affecting the properties and performance of hemp aggregate concretes. *Journal of Building Engineering* 31, 101323.
- Pfundstein M., Gellert R, Spitzner M. H. , Rudolphi A. (2008) *Insulating materials : principles, materials, applications*, Published by Edition Detail, Germany.
- Pochwała S, Makiola D., Anweiler S., Böhm M., The heat conductivity properties of hemp–lime composite material used in single-family buildings, *Materials*, 13, 4, 2-14 (2020).
- Sanjay, M. R., Arpitha, G. R. ve Yogesha, B., 2015. Study on mechanical properties of natural-glass fibre reinforced polymer hybrid composites: A review, *Materials Today: Proceedings*, 2, 4-5, 2959-2967.
- Saraylı, M. Ali, (1975); "Yapı Malzemeleri Bilimi Yapı Malzemelerinin Tanımı, Üretilmesi, Sınıflandırılması, Denenmesi ve Kullanılması, İkinci Kısım Özeti, İ.D.M.M. Akademisi Teknolojileri Dergisi, 7(3), s. 17-16.
- S.Amziane, L. Arnaud, *Biyo-agrega bazlı Yapı Malzemeleri, Kenevir Betonuna Uygulamalar*, ISTE Ltd ve John Wiley & Sons, Inc, 2013.
- Seng, B., Magniont, C., Gallego, S., Lorente S., (2021). Behavior of a hemp-based concrete wall under dynamic thermal and hygric solicitations, *Energy&Buildings*, 232, 110669.
- Sinka, M. and Korjakins, A., Sahmenko, G., 2014, Mechanical properties of precompressed hemp-lime concrete, *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering.*, 3 (8), 92-99.

- Sinka, M. and Bajare, D., Korjakins, A., Radina, L., Sahmenko, G., 2015, Enhancement of lime-hemp concrete properties using different manufacturing technologies, First International Conference on Bio-based Building Materials., Letonya.
- Souza, E. (2020). Hemp Concrete: From Roman Bridges to a Possible Material of the Future. Retrieved from <https://www.archdaily.com/944429/hemp-concrete-from-roman-bridges-to-a-possible-material-of-the-future>.
- Stanwix ve Sparrow. 2014. The Hempcrete Book, Designing and building with hemp-lime.
- Stevulova, N., Kidalova, L., Cigasova, J., Junak, J., Sicakova, A., Terpakova, E., (2013). Lightweight Composites Containing Hemp Hurds. *Procedia Engineering* 65, 69 – 74.
- Türker S., (2023), Bina İzolasyonunda en Uygun Yalıtım Malzemesinin Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tez, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Ulaş, E. (2018). Gerçek Köye Dönüş Projesi: Kenevir. Hatice Bahtiyar (Editör), Hiperlink Yayınları, İstanbul.
- Ural, M., (2017), Vitriifiye Üretiminde Oluşan Deformasyonlar ve Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi.
- (url_1) <https://pixabay.com/tr/photos/kenevir-esrar-vera-cbd-6649358/>
- (url_2) <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kenevir#/media/Dosya:Hanfstengel.jpg>
- (url_3) https://www.turkcimento.org.tr/tr/cimento_nasil_uretilir/
- (url_4) <https://gmyo-bitkisel.gumushane.edu.tr/media/uploads/gmyo-bitkisel/files/toprak-dersi-notlar.pdf>
- (url_5) <http://www.wintact.net/en/products/wt1357.html>
- (url_6) <https://www.picotech.com/data-logger/tc-08/thermocouple-data-logger>
- (url_7) <https://akroscimento.com/sayfa/cimento-nedir/>
- Van der Werf, H. M. G. (2004). Crop physiology of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.): implications for crop management and product quality. *Industrial Crops and Products*, 19(3), 247-258.
- Yıldırım, G. Ş., (2021), Bor Katkılı Koyun Yününün Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması Ve Mevcut Yalıtım Malzemeleri İle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tez, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Yılmaz, F. ve Yazıcı, L. (2022), Dünya’da Yükselen Değer; Endüstriyel Kenevir (*Cannabis sativa* L.), *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 1 (1), 54-61.

- Zamperi L, Dotelli G, Vernelli V. Life cycle assessment of hemp cultivation and use of hemp-based thermal insulator materials in buildings. *Environ Sci Technol* 2013;47:7413–20.
- Zhang, H., Zhong, Z., Feng, L., 2016. Advances in the Performance and Application of Hemp Fiber, *International Journal of Simulations, Systems, Science and Technology*, 10.5013/IJSSST.a.17.09.18. 18, s.1-5. DOI.
- Walker, G. and Pavia, S., 2014, Moisture transfer and thermal properties of hemp–lime concretes, *Construction and Building Materials* 2014., 270-276.

