

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOMALZEME ESASLI
KOMPOZİT MALZEMELERİN İNCELENMESİ:
ALÇI MALZEMEDE PİRİNA KULLANIMI

EZGİ UYAR SUN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

GEBZE
2023

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOMALZEME ESASLI KOMPOZİT
MALZEMELERİN İNCELENMESİ:
ALÇI MALZEMEDE PİRİNA KULLANIMI

EZGİ UYAR SUN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. CAHİDE AYDIN İPEKÇİ

GEBZE
2023

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**INVESTIGATION OF BIOMATERIAL
BASED COMPOSITE MATERIALS: USING
OF PRINA IN GYPSUM MATERIAL**

EZGİ UYAR SUN

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE**

THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR. CAHİDE AYDIN İPEKÇİ

GEBZE
2023



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 21/06/2023 tarih ve 2023/36 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 10/07/2023 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Ezgi UYAR SUN' un tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ

ÜYE

: Doç. Dr. Dilek EKŞİ AKBULUT

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZER YÜKSEL

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Kentleşmenin artmasıyla gelişen yapı ve malzeme endüstrisi; ham madde tüketimi, enerji kullanımı, zehirli gaz salınımı ve atık oluşumunu artırarak çevresel sorunlara neden olmaktadır. Bu olumsuz etkileri en aza indirmek amacıyla sentetik yapı malzemelerine alternatif olabilecek malzeme üretimi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda; kaynak tüketimini azaltacak, atık oluşumunun önüne geçecek, kullanılan enerji miktarı ve zehirli gaz salınımını en aza indirecek biyomalzemelerin yapı malzemesi üretiminde kullanılması ön plana çıkmaktadır.

Hafifliği, uygulama kolaylığı ve sahip olduğu akustik, ses, yangın gibi yalıtım özellikleri nedeniyle kullanımı yaygın olan alçı levha üretiminde kullanılan yenilenemeyen doğal alçı kaynaklarının (alçı taşı) korunumunun sağlanması önemlidir. Bu kapsamda değerli bir atık olan zeytinyağı üretim atığı pirina (kuru), biyomalzeme olarak ele alınmıştır. Alçı levha üretiminde kuru pirinanın doğal alçı yerine katkı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amacı ile hazırlanan bu tezin yöntemini literatür taraması ve deneysel çalışmalar oluşturmaktadır. Deneysel çalışma sürecinde belirlenen farklı karışım oranlarında (kuru pirina/doğal alçı) üretilen pirina katkılı alçı numuneler ile kontrol numunelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Deney sonuçlarında; pirina katkı oranının artması ile birim hacim ağırlık, kapilarite, kompasite, ultrases geçiş hızı, termal iletkenlik katsayısı, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı değerlerinin azaldığı; hacimce ve ağırlıkça su emme, porozite ve ağırlıklı ses yutum katsayısı değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Pirina katkısının yük taşımayan iç mekân bölme duvarlarda ve asma tavanlarda uygulanacak alçı levha üretiminde alçı hamurunda katkı malzemesi olarak kullanılabilir olduğu düşünülmekte; konunun bir üretim tesisinin Ar-Ge laboratuvarında daha detaylı araştırılması önerilmektedir. Pirinanın alçı levha üretiminde kullanılabilirliğinin; doğal alçı kaynaklarının korunumu ve sürdürülebilir yapı malzemesi üretimine, dolayısıyla ulusal sıfır atık politikası ve döngüsel ekonomiye fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma Gebze Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 2022-A-101-49.

Anahtar Kelimeler: Yapı Malzemesi, Biyomalzeme, Alçı Levha, Pirina, Atık.

SUMMARY

The building and material industry, which develops with increasing urbanization, causes environmental problems by raising raw material consumption, energy use, toxic gas emissions, and waste generation. In order to minimize these adverse effects, studies are carried out on producing materials that can be alternatives to synthetic building materials. In this context, using biomaterials that will reduce resource consumption, prevent waste generation, minimize energy use, and reduce toxic gas emissions in the production of building materials comes to the fore.

It is important to save the non-renewable resources (gypsum) of plasterboards, which are widely used due to their lightness, ease of application and insulation properties such as acoustic, sound and fire. In this context, prina (dry), which is a valuable waste, was considered as a biomaterial and it is aimed to investigate the use of dry prina as an additive material in plasterboard production. The method of this thesis, consists of literature research and experimental studies. The physical and mechanical properties of prina added gypsum samples and control samples produced at different mixing ratios (dry prina/natural gypsum) determined during the experimental study were investigated.

The test results found that increasing the prina additive ratio decreased bulk density, capillarity, compactness, ultrasonic pulse velocity, thermal conductivity coefficient, bending strength, and compressive strength values. In contrast, water absorption by volume and weight, porosity, and sound absorption coefficient values increased. It is thought that prina additive can be used as an additive material in producing plasterboard in non-load-bearing interior partition walls and false ceilings. Investigating the subject in more detail in the R&D laboratory of a plasterboard production facility is recommended. It is thought that using prina in plasterboard production will benefit resource conservation (gypsum) and sustainable building material production, thus national zero a waste policy and circular economy.

This study was supported by Gebze Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit. Project No: 2022-A-101-49.

Key Words: Building Material, Biomaterial, Plasterboard, Prina, Waste.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, başarabileceğime dair inancını hissettirerek daima yanımda olan, akademisyen olarak her zaman örnek alacağım çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ'ye,

Tez jüri üyeliğini kabul ederek değerli görüş ve önerileriyle katkı sağlayan sayın hocalarım Doç. Dr. Dilek EKŞİ AKBULUT ve Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZER YÜKSEL'e,

Tez çalışması sürecinde 2022-A-101-4 no'lu "Pirinanın Alçı Levha Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması" adlı projeyi destekleyen Gebze Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne,

Deneyisel çalışmalarım süresince İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı'nda çalışma fırsatı sunan değerli hocam Doç. Dr. Cem AYDEMİR'e ve yardımlarından dolayı başta Pınar YILDIRIM olmak üzere tüm İAU İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı çalışanlarına,

Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda görevli teknisyen Mehmet YİĞİT'e, TSE Akustik ve Yangın Laboratuvarı ve İzmir Katip Çelebi Makine Mühendisliği Laboratuvarı çalışanlarına,

Deneyisel çalışmalarda kullanılan malzemelerin temini konusunda destek olan DALSAN Alçı Sanayi ve Solvent Bitkisel Yağ Sanayi'ne,

Deneyisel çalışmalar öncesinde deneyimlerini paylaşan ve yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşım Başak AKÇAY'a,

Yüksek lisans eğitimim boyunca görev yaptığım İstanbul Aydın Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi'ndeki hocalarıma ve çalışma arkadaşlarıma,

Akademik hayata girmem konusunda beni teşvik eden ve her zaman destek olan değerli arkadaşım Arş. Gör. Beyza İNCEÇAM'a,

Hayatım boyunca her kararında yanımda olan, bana inanan, emeklerini esirgemeyen, desteklerini her zaman hissettiğim, canım annem Oya UYAR ve babam Sinan UYAR'a,

Her anımda sabır ve anlayışla yanımda olan, güvenini ve desteğini esirgemeyen canım eşim Asil SUN'a ve sabahladığım gecelerde yanımdan ayrılmayarak bana güç veren biricik kızım Hera'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLOLAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2.1. Biyomalzeme ve Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı	4
2.2. Zeytinyağı Üretim Atığı Pirina ve Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı	9
2.2.1. Pirina Külünün Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı	16
2.2.2. Yaş Pirinanın Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı	17
2.2.3. Kuru Pirinanın Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı	18
2.3. Alçı	22
2.4. Alçı Levha	24
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	29
3.1. Ön Deneyler	29
3.1.1. Elek Analizi	29
3.1.2. Su Emme Deneyi	31
3.2. Numunelerin Hazırlanması	32
3.3. Kontrol Deneyleri	36
3.3.1. Fiziksel Özellik Deneyleri	36
3.3.1.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi	37
3.3.1.2. Boy Değişimi Ölçümü	38
3.3.1.3. Ağırlık Ölçümü	38
3.3.1.4. Kılcal Su Emme Deneyi (Kapilarite)	39
3.3.1.5. Hacimce ve Ağırlıkça Su Emme Deneyi	40
3.3.1.6. Komposite ve Porozite	42

3.3.1.7. Ultrases Geçiş Hızı Deneyi	42
3.3.1.8. Ses Geçiş Kaybı ve Ses Yutum Deneyi	43
3.3.1.9. Termal İletkenlik Deneyi	45
3.3.1.10. Organik Madde Muhtevası Deneyi	46
3.3.2. Mekanik Özellik Deneyleri	47
3.3.2.1. Eğilme Dayanımı Deneyi	47
3.3.2.2. Basınç Dayanımı Deneyi	49
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	51
4.1. Fiziksel Özelliklerin Değerlendirilmesi	51
4.1.1. Birim Hacim Ağırlık	51
4.1.2. Boy Değişimi	52
4.1.3. Ağırlık Değişimi	53
4.1.4. Kılcal Su Emme (Kapilarite)	53
4.1.5. Hacimce ve Ağırlıkça Su Emme	55
4.1.6. Kompasite ve Porozite	55
4.1.7. Ultrases Geçiş Hızı	56
4.1.8. Ses Geçiş Kaybı ve Ses Yutum	58
4.1.9. Termal İletkenlik	60
4.1.10. Organik Madde Muhtevası	61
4.2. Mekanik Özelliklerin Değerlendirilmesi	61
4.2.1. Eğilme Dayanımı	62
4.2.2. Basınç Dayanımı	63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	75
EKLER	76

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u> <u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
A	: Numunenin suya temas eden yüzey alanı
Al	: Alüminyum
a_s	: Ağırlıkça su emme oranı
α	: Alfa tipi alçı
α_w	: Ağırlıklı ses yutum katsayısı
%a	: Ağırlık değişim oranı
b	: Numunenin yük uygulanan yüzeyinin genişliği
β	: Beta tipi alçı
CaO	: Kalsiyum oksit
d	: Numunenin yük uygulanan yüzeyinin yüksekliği
Δ_l	: Boy değişimi
Δ_w	: Ağırlık farkı
ε_l	: Boy değişim oranı
F	: Numuneye uygulanan en büyük yük
f_c	: Basınç dayanımı
f_e	: Eğilme dayanımı
h	: Yükseklik
h_s	: Hacimce su emme oranı
Hz	: Hertz (Ses frekansı)
K	: Kılcal su emme katsayısı (Kapilarite katsayısı)
%k	: Komposite oranı
L	: Mesnet silindirlerinin eksenleri arasındaki mesafe
L	: Numune uzunluğu
L_0	: Başlangıç boyu
M_1	: Doygun + havada kurutulmuş pirina kütlesi
M_2	: Doygun pirina + piknometre kütlesi
M_3	: Su + piknometre kütlesi
M_4	: Etüvde kurutulmuş deney numune kütlesi
Na	: Sodyum

P_c	: Numunenin taşıyabileceği en fazla yük
%p	: Porozite oranı
R	: Çap
SO_3	: Kükürt trioksit
t	: Süre
V	: Toplam hacim
V_b	: Numunelerin boşluk hacmi
V_d	: Numunelerin dolu hacmi
V_s	: Ultrases geçiş hızı
w	: Su/alçı oranı
W_A	: Su emme oranı
W_0	: Başlangıç ağırlığı
W_i	: Kapiler yolla emilen su
W_s	: Sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonraki ağırlık
W_{sh}	: Numunenin havadaki ağırlığı
W_{ss}	: Numunenin sudaki ağırlığı
W_k	: Etüv kurusu ağırlık
Q	: Numunenin toplam yüzeyinden emdiği su miktarı
λ	: Termal iletkenlik değeri
γ	: Birim hacim ağırlık
AF	: Alüminyum folyo (aluminium foil/metallized polyester)
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BÜGEM	: Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü
CW	: Kopolyamid ağ (copolyamid web)
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
OPNW	: Pirina katkılı levhalar (olive pomace non woven)
TS	: Türk Standartları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Ahşap yapı malzemesi.	5
2.2: Kenevirden elde edilen levha.	5
2.3: Keten ve ketenden elde edilen yalıtım malzemesi.	6
2.4: Bambudan elde edilen yalıtım levhası.	6
2.5: Hindistan cevizi lifinden elde edilen test numunesi.	7
2.6: Su kabağı lifleri.	7
2.7: Koyun yününden elde edilen yalıtım malzemesi.	8
2.8: Miselyum mantarından elde edilen akustik panel.	8
2.9: Bacillus pseudofirmus ve sporosarcina pasteurii bakterilerinin betondaki çatlağı iyileştirmesi.	9
2.10: Zeytinyağı üretim şeması.	10
2.11: Yakıt olarak kullanılan kuru pirina.	11
2.12: Zeytinyağı üretim atığı zeytinyağı karasuyu.	13
2.13: Körfezim yağhanesi zeytinyağı üretim aşamaları; a) bant sistemi üzerinde yıkama alanına taşıma, b) yaprak ayırma ve yıkama, c) kırma, d) yoğurma (malaksasyon), e) santrifüjleme, f) depolama (pirina ve karasu).	13
2.14: Islak serme işlemi için hidroformer istasyonunun şeması; a) yüksek kesmeli karıştırıcı, b) hidroformer makinası, c) sıcak hava kurutucu ve d) levhalar.	19
2.15: Sıcak pres kalıplama işlemi.	19
2.16: Sürekli termal laminasyon işlemi.	20
2.17: Pirina ve kopolyamid ağların (CW) dönüşümlü olarak istiflenmesi ile elde edilen yalıtım malzemesinin kesiti.	20
2.18: Alçı levha yardımcı mamul grubuna ait standart serisi.	24
2.19: Alçı levha üretim süreci.	25
3.1: Elek sarsma makinesi.	30
3.2: Pirinanın elek analizi grafiği (granülometri eğrisi).	31
3.3: Pirinanın su emme oranı hesabında uygulanan deney aşamaları; a)	31

piknometrenin su banyosunda bekletilmesi, b) piknometre içindeki havanın uzaklaştırılması, c) doymuş pirina numunesini barındıran piknometrenin kütlesi, d) sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, e) ıslak pirinaların yüzey rutubetinin sıcak hava akımı uygulanarak uzaklaştırılması.	
3.4: Numune harcının karıştırıldığı ekipman.	35
3.5: Numune harcının kalıplara dökülmesi.	35
3.6: Ses geçiş kaybı ve ses yutum deneylerinin uygulanacağı numunelerin hazırlanması.	36
3.7: Boy değişiminin kumpas ile ölçümü.	38
3.8: Kılcal su emme deney düzeneği.	40
3.9: Numunelerin suya doymuş hale getirilmesi.	41
3.10: Hacimce ve ağırlıkça su emme deney düzeneği.	41
3.11: Ultrases geçiş hızı deney düzeneği.	43
3.12: Ses geçiş kaybı ve ses yutum ölçümlerinde kullanılan deney numuneleri.	44
3.13: Ses geçiş kaybı ve ses yutum deneyi ekipmanı.	44
3.14: Termal iletkenlik deney düzeneği.	45
3.15: Kül fırını.	46
3.16: Organik madde muhtevası deney düzeneği.	46
3.17: Eğilme dayanımı deney düzeneği.	48
3.18: Eğilme dayanımı deney düzeneği.	48
3.19: Basınç dayanımı deney düzeneği.	49
4.1: Birim hacim ağırlık-pirina katkı oranı ilişkisi.	51
4.2: Boy değişimi-zaman ilişkisi.	52
4.3: Ağırlık değişimi-zaman ilişkisi.	53
4.4: $Q/A-\sqrt{t}$ ilişkisi.	54
4.5: Kapilarite-pirina katkı oranı ilişkisi.	54
4.6: Hacimce ve ağırlıkça su emme-pirina katkı oranı ilişkisi.	55
4.7: Kompozit ve porozite-pirina katkı oranı ilişkisi.	56
4.8: Ultrases geçiş hızı-pirina katkı oranı ilişkisi (40x40x160 mm boyutundaki numuneler için).	57
4.9: Ultrases geçiş hızı-pirina katkı oranı ilişkisi. (50x50x50 mm boyutundaki numuneler için).	57
4.10: Pirina katkı oranının ses geçiş kaybı-frekans ilişkisine etkisi.	58

4.11: Pirina katkı oranının ses yutum katsayısı-frekans ilişkisine etkisi.	59
4.12: Ağırlıklı ses yutum katsayısı-pirina katkı oranı ilişkisi.	59
4.13: Termal iletkenlik- pirina katkı oranı ilişkisi.	60
4.14: Kül fırını sonrası kütle kaybı yüzdesi-pirina katkı oranı ilişkisi.	61
4.15: Suyla maruz bırakılan numunelerde eğilme dayanımı-pirina katkı oranı ilişkisi.	62
4.16: Suyla maruz bırakılmayan numunelerde eğilme dayanımı-pirina katkı oranı ilişkisi.	62
4.17: Suyla maruz bırakılan numunelerde basınç dayanımı-pirina katkı oranı ilişkisi.	63
4.18: Suyla maruz bırakılmayan numunelerde basınç dayanımı-pirina katkı oranı ilişkisi.	64
C1.1: A numunelerinin ses geçiş kaybı deney raporu.	80
C1.2: AP5 numunelerinin ses geçiş kaybı deney raporu.	85
C1.3: AP10 numunelerinin ses geçiş kaybı deney raporu.	90
C1.4: AP15 numunelerinin ses geçiş kaybı deney raporu.	95
C1.5: A numunelerinin ses yutum katsayısı deney raporu.	100
C1.6: AP5 numunelerinin ses yutum katsayısı deney raporu.	105
C1.7: AP10 numunelerinin ses yutum katsayısı deney raporu.	110
C1.8: AP15 numunelerinin ses yutum katsayısı deney raporu.	115

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Yakıt olarak kullanılan kuru pirinanın analiz raporu.	12
2.2: Pirinanın yapı malzemesi üretiminde kullanımı ve incelenen özellikler.	15
2.3: Alçı levha üretiminde kullanılan alçının özellikleri.	25
2.4: Standart alçı levha özellikleri.	26
2.5: Akustik alçı levha türleri ve ağırlıklı ses yutum katsayıları (α_w).	28
2.6: Ses absorpsiyonunun derecelendirilmesi.	28
3.1: Pirinanın elek analizi değerleri.	30
3.2: Pirinanın su emme oranı sonuçları.	32
3.3: Numune kodları ve 1m ³ karışım için gerekli malzeme miktarı.	33
3.4: Yapılan deneysel çalışmalar, numune boyutları ve adetleri.	34
B1.1: Numunelerin ağırlık ve boy ölçüm değerleri.	77
B1.2: Fiziksel deney sonuçlarına ait ortalama değerler.	78
B1.3: Mekanik deney sonuçlarına ait ortalama değerler.	79

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu ve kentleşmedeki artış ile beraberindeki teknolojik gelişmeler, fiziksel mekânlara olan ihtiyacı artırmakta, buna bağlı olarak artan kaynak tüketimi, enerji kullanımı ve atık miktarı çevre sorunlarına neden olarak bir takım tedbirlerin alınmasını gerektirmektedir. Yapı sektörü de kaynak tüketimi ve atık oluşumuna en çok etki eden sektörlerin başında gelmektedir. Meydana gelen olumsuz etkileri en aza indirmek, önüne geçmek ve sürdürülebilir bir gelecek için “üret, kullan ve at” anlayışının dışına çıkılarak, mevcut ham madde kaynakları yerine alternatif kaynak arayışı ve kullanımı mimaride de ele alınan önemli konular arasında yer almaktadır. Bu bağlamda literatürde ekolojik tasarımın gelişmesi ve yapı malzemesi üretiminde biyomalzemelerin veya geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması ön plana çıkmakta ve umut verici çözümler sunmaktadır. Çeşitli sektörlerdeki üretimler sonucunda oluşan biyomalzeme niteliğindeki atıkların değerlendirilerek farklı alanlarda kullanılması, çevresel sürdürülebilirlik açısından olduğu kadar ülkelerin atık yönetimi ve döngüsel ekonomi politikalarına yaklaşımları bakımından da oldukça önemlidir.

Biyomalzeme niteliğindeki zeytinyağı üretimi sonucunda oluşan atıklar değerli bir kaynaktır. Bu değerli kaynağa sahip ülkeler arasında olan Türkiye’de oldukça zengin zeytin ağacı varlığı bulunmaktadır. Uluslararası Zeytin Konseyi’nin 2022-2023 dönemine ait verileri; Türkiye’nin sofralık zeytin üretiminde 605 bin ton ile dünyada 1’inci, zeytinyağı üretiminde ise 380 bin ton ile 2’nci sırada olduğunu göstermektedir [Web 1, 2022a,b,c,d]. Türkiye’nin zeytin ve zeytinyağı üretimindeki payı dikkate alındığında, üretim sonucunda oluşacak atıkların değerlendirilmesi sıfır atık politikasının sürdürülebilirliği ve ülke ekonomisi bağlamında son derece önemli bir konudur.

İki ya da daha fazla malzemenin, amaçlanan doğrultuda, uygun yöntemlerle bir araya getirilmesiyle elde edilen yeni malzeme grubuna kompozit malzeme adı verilmektedir. Kompozit malzeme üretiminde, kendisini oluşturan bileşenlerde tek başına bulunmayan özelliklerin geliştirildiği, dolayısıyla daha üstün özelliklere sahip malzemelerin elde edilmesi amaçlanmaktadır [Ersoy, 2001]. Alçı levhanın ham maddesini oluşturan malzemelerden biri olan alçının su dayanımı oldukça zayıfken, alçı levhanın su dayanımının artırılması için katkı malzemelerinin kullanılması bu

amaca uygun bir örnek olarak verilebilir. Bu da farklı özellikli malzemeler kullanılarak, istenilen özelliklere sahip kompozit malzeme üretiminin yapılabileceğini göstermektedir. Alçı levha hamuruna biyomalzeme katkısının su dayanımına etkileri de bu tez çalışmasının inceleme konuları arasında yer almaktadır.

Alçı, doğal yollarla oluşan alçı taşının yani kalsiyum sülfat mineralinin kalsinasyonu ile elde edilen bir maddedir [Erbs et al., 2018]. Mısır piramitlerinde, Çatalhöyük'te, Eski Yunan ve Roma'da; çok eski zamanlardan beri kullanılan bir yapı malzemesidir [Erdoğan, 1997]. Geri dönüştürülebilir olması ve üretim enerjisinin az olmasıyla, kullanımı gün geçtikçe yaygın hale gelmiştir.

Alçının toz kimyasallar ve su ile bir araya getirilmesi sonucu oluşan hamurun iki kağıt tabaka arasına dökülüp kurutulmasıyla alçı levhalar elde edilmektedir. Uygulama kolaylığı ve sahip olduğu akustik özellikleri, ses yalıtımı, yangın dayanımı ve artırılmış su dayanımı özellikleri ile kullanımı yaygınlaşmaktadır. Türkiye'nin alçının hammaddesi olan alçı taşı rezervi bakımından zengin bir ülke olmasının yanı sıra, bu kaynaklarının yenilenemiyor oluşu, kaynak korunumunun sağlanmasını önemli kılmaktadır. Sürdürülebilir yapı malzemesi üretiminde atıkların değerlendirilmesi kaynak korunumunu da sağladığı için kritik bir öneme sahiptir.

Bu bağlamda bu tez çalışmasının amacı; zeytinyağı üretim atıklarından pirinanın mimaride kullanım alanları ile ilgili literatüre dayalı bir araştırma yaparak, kuru pirinanın alçı levha üretiminde alçı hamurunda katkı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu tez çalışması; farklı sektörlerdeki üretimler sonucu açığa çıkan biyomalzeme sınıfındaki değerli atıklardan biri olan kuru pirinanın değerlendirilmesi, yenilenemeyen kaynaklar (alçı taşı) kullanılarak elde edilen alçı levha üretiminde kaynak korunumunun sağlanması, sürdürülebilir yapı malzemesi üretimi, bilimsel çalışmalar, ulusal sıfır atık politikası ve döngüsel ekonomiye fayda sağlanacağı varsayımı ile hazırlanmıştır.

Zeytinyağı üretim atığı pirinanın yapı malzemesi üretiminde kullanılabilirliği konusundaki ulusal ve uluslararası çalışmalar var olmakla birlikte, pirina ve doğal alçının birlikte kullanımına dair çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Bu nedenle, kuru pirinanın alçı levha üretimindeki alçı hamuruna katkısının araştırılması tezin özgün değerini oluşturmaktadır. Tez çalışmasından elde edilen sonuçların, literatürde bilimsel çalışmalardaki bu boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında; biyomalzemeler ve mimaride kullanım alanları ele alınmış; zeytinyağı üretim süreçleri, üretim sonucu oluşan atık malzemeler, kullanım

alanları ve üretim atıklarından biri olan pirinanın alçı levha üretiminde alçı hamurunda biyomalzeme katkısı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu bağlamda, piyasadaki bir alçı levha üreticisinin (Dalsan Alçı Sanayi) kullandığı su/alçı oranı dikkate alınarak kuru pirinanın alçı levha üretiminde kullanılan doğal alçı yerine yerleşme (ikame) oranını/miktarını (kuru pirina/doğal alçı) ve alçı hamuruna etkisini incelemeye yönelik deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Piyasada farklı tür ve kalınlıkta alçı levha ürünler bulunmaktadır. Bu nedenle çalışmada alçı levha tür ve kalınlıkları göz ardı edilmiş, sadece ses geçiş kaybı ve ses yutum deneylerinde akustik amaçlı kullanılan alçı levha asma tavan kalınlıkları dikkate alınmıştır. Literatürdeki biyomalzeme katkılı çalışmalar dikkate alınarak, deneysel çalışma kapsamında belirlenen farklı karışım oranlarında (kuru pirina/doğal alçı) üretilen numunelerde; birim hacim ağırlık, boy değişimi, ağırlık değişimi, kılcal su emme, hacimce ve ağırlıkça su emme, kompasite ve porozite, ultrases geçiş hızı, ses geçiş kaybı, ses yutum, termal iletkenlik, organik madde muhtevası, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı incelenmiştir.

Beş bölümden oluşan tezin birinci bölümünde; çalışmanın dayandığı hipotezler ortaya konulmuş, konunun literatürde dolduracağı yer ve sağlayacağı katkı açıklanmıştır. Çalışmanın amacı, kapsamı, yöntemi ile ilgili bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde; biyomalzemeler, biyomalzemelerin mimaride kullanımı ve biyomalzeme özelinde zeytinyağı üretim atığı pirina ve pirinanın mimaride kullanımı ele alınmış, alçı ve alçı levhanın özellikleri ve kullanım alanları açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde; deneysel çalışma programı, kullanılan malzemelerin özelliklerinin ve karışım oranlarının belirlenmesi için yapılan ön deneyler, numunelerin hazırlanması ve kodlanması hakkında bilgi verilmiştir. Ön deneyler ile belirlenen karışım oranlarında hazırlanan numuneler üzerinde gerçekleştirilen fiziksel ve mekanik özellik deneyleri açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde; fiziksel ve mekanik özellik deneylerinden ulaşılan bulgular değerlendirilerek tablo ve grafiklerle ifade edilmiştir. Kontrol ve deney numuneleri fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından kıyaslanmıştır.

Beşinci bölümde; elde edilen sonuçlara yer verilmiş, konu kapsamında yapılacak olan çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde; biyomalzemeler, biyomalzemelerin mimaride kullanımı, zeytinyağı üretim atığı pirina, pirinanın kullanım alanları ve mimaride kullanım örnekleri, alçı ve alçı levhalar ile ilgili bilgiler anlatılmıştır.

2.1. Biyomalzeme ve Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı

Biyomalzeme sözcüğü genel tanımı itibariyle; bitkiler, hayvanlar veya herhangi bir canlı organizma tarafından doğal olarak üretilen, malzeme ya da yakıt olarak kullanılabilen maddeleri ifade etmektedir. Biyomalzeme sözcüğünün literatürde yer alan bir diğer tanımı ise medikal alanda; tıbbi bir cihazın parçası olarak, canlı dokuya entegre edilmeye uygun, doğal ve sentetik malzemeleri ifade etmektedir [Web 2, t.y].

Kendisini oluşturan en az bir bileşenin biyomalzemelerden elde edildiği kompozit malzemeler ise; yeşil kompozit, biyokompozit veya ekokompozit olarak ifade edilmektedir. Bu kompozitler, hem katkı malzemesi hem de matrisin doğal kaynaklardan elde edildiği tamamen yenilenebilir kompozitler ve doğal matrisin sentetik katkılarla veya sentetik matrisin doğal katkılarla güçlendirildiği kısmen yenilenebilir kompozitlerdir. Bu malzemeler; düşük maliyet ve hafiflik gibi özelliklerinin yanı sıra, kullanım ömrü sonunda parçalanabilir olması ve kompost malzeme olması ile de döngüsel ekonomi ve doğal çevreye birçok avantaj sağlamaktadır [Thakur et al., 2013].

20. yüzyılın başları itibariyle her alanda olduğu gibi mimaride de sentetik malzeme ve kimyasalların kullanımı yaygınlaşmıştır. Kullanım ömrü sonunda tehlikeli atık haline gelen ve sağlığı tehdit eden bu malzemelerin yerine, geri dönüştürülebilir ve kullanım ömrü sonunda doğaya zarar vermeden yok olabilen biyomalzemelerin kullanımı önem kazanmaya başlamıştır [Hebel and Heisel 2017; Ghazvinian et al., 2019]. Bu doğrultuda, sağlığa ve doğaya zarar vermeyen, canlı organizmalar ile organik veya tarımsal atıkların temel bileşen olarak kullanıldığı biyo esaslı yapı malzemelerinin uygulanması ön plana çıkmaktadır.

Biyomalzeme tanımına giren ve mimaride yapı malzemesi üretiminde kullanılan malzemeler arasında ahşap, kenevir, keten, bambu lifi, hindistan cevizi lifi, su kabağı

lifi, koyun yünü, mantar ve çeşitli bakteriler yer almakta olup aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- Ahşap, biyomalzemeler arasında sıklıkla kullanılan bir malzemedir (Şekil 2.1) [Takano, 2015]. Ahşabın, üretim ve işlenebilme kolaylığı, iç ve dış mekânda uygulanabilirliği, düşük termal iletkenliği ve akustik özellikleri tercih edilmesini artırmaktadır. Bununla birlikte ahşabın düşük karbon ayak izine sahip olması da önemli bir avantaj sağlamaktadır [Sandak et al., 2019].



Şekil 2.1: Ahşap yapı malzemesi.

- Kenevir, biyo esaslı kompozit yapı malzemesi elde etmek için kullanılan biyomalzemelerden biridir (Şekil 2.2) [Reh and Barbu, 2017]. Her bir parçası farklı özelliklere sahip olan kenevirin, uzun ve sağlam liflerden oluşan bir sap kısmı, nem emici ve yalıtım özelliği barındıran bir iç çekirdeği bulunmaktadır. İnşaat sektöründe kullanılmasının önemli nedenleri arasında, yalıtım kapasitesi ve liflerin mekanik direncinin yüksek olması ve düşük yoğunluğa sahip olması yer almaktadır. Yüksek akustik özelliğe ve ısı yalıtımına sahip olmalarının yanı sıra, çevre dostu yapı malzemelerinin önemli bir bileşenidir. Örneğin, kenevirin termal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, elde edilen kompozit malzemenin termal testler sonucunda piyasada kullanılan cam yünü ve mineral yün gibi yalıtım malzemelerine kıyasla daha iyi ısı yalıtım performansı sergilediği tespit edilmiş; yenilenebilir malzemedan elde edilmesi nedeniyle de çevresel fayda sağladığı belirtilmiştir [Sair et al., 2018].



Şekil 2.2: Kenevirden elde edilen levha.

- Keten, en güçlü bitkisel liflerden biridir. Keten levha, keten bitkisinin sapından (gövde lifi) çıkan parçaların sentetik yapıştırıcı ile birleştirilmesiyle oluşturulan panellerdir (Şekil 2.3). Bu levhalar, ortalama %70 keten içeriğine sahip olup, yonga ve talaş gibi küçük ahşap parçalarını da içermektedir. Keten levhalar, hafif panellerdir ve yangın dayanıklılığına yardımcı doğal özelliklere sahiptir. Yangına dayanıklı kapı iç kısımlarında, yük taşımayan bölme duvarlarda kullanılmaktadır [Reh and Barbu, 2017]. Ketenden elde edilen yalıtım malzemesinin termal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, etkili bir ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir [Babenko et al., 2018].



Şekil 2.3: Keten ve ketenden elde edilen yalıtım malzemesi.

- Bambu; dünyanın en hızlı büyüyen bitki türleri arasında yer almaktadır. Yenilenebilir, geri dönüştürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve düşük yoğunluğa sahiptir. Kompozit yapı malzemesi üretiminde kullanılmakta ve malzemenin termal özelliklerini olumlu etkilemektedir [Knapic et al., 2017]. Bambu liflerinden elde edilen levhalar (Şekil 2.4) üzerinde yapılan bir çalışmada, ısı yalıtım performansının yüksek olduğu ve iç mekânda nem kontrolüne katkı sağladığı tespit edilmiş; duvar kaplaması ve çatı arası boşluklarında kullanılabileceği belirtilmiştir [Nguyen et al., 2017].



Şekil 2.4: Bambudan elde edilen yalıtım levhası.

- Hindistan cevizi lifi, olgun hindistan cevizinin kabuk kısımlarının kurutulup preslenerek lif haline getirilmesi ile elde edilmektedir. Elde edilen hindistan cevizi

lifi, oldukça iyi akustik özelliğe sahip bir biyomalzemedir [Kaya ve Dalgar, 2017]. Hindistan cevizi lifinden elde edilen yalıtım malzemelerinin (Şekil 2.5) ses emiciliğinin araştırıldığı bir çalışmada, hem yüksek hem de düşük frekanslarda iyi akustik özelliklere sahip oldukları tespit edilmiştir. Piyasada kullanılan cam yünü ya da mineral yünü gibi yalıtım malzemeleri ile kıyaslandığında ucuz, hafif ve çevre dostu olmasıyla ön plana çıktığı belirtilmiştir [Rozli and Zulkarnain, 2010].



Şekil 2.5: Hindistan cevizi lifinden elde edilen test numunesi.

- Su kabağı lifi, içeriğindeki selüloz ve odun özü ile kullanım ömrü sonunda doğaya zarar vermeden yok olabilen çevre dostu biyomalzemelerden biridir (Şekil 2.6). Su kabağı liflerinin epoksi bağlayıcı ile birleştirilmesiyle elde edilen numunelerin ses yutuculuğunun araştırıldığı bir çalışmada, test numunelerinin piyasada kullanılan ses yutucu malzemelere alternatif olabilecek özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir [Keskin ve Yılmaz, 2020].



Şekil 2.6: Su kabağı lifleri.

- Koyun yünü, termal iletkenlik katsayısının düşük olması nedeniyle Avrupa Birliği tarafından üstün vasıflı yapı yalıtım malzemesi olarak kabul görmüştür. İngiltere, İrlanda, Fransa ve İtalya’da yalıtım malzemesi olarak kullanılmak üzere koyun yünü üretimi yapılmaktadır. En yüksek nem çekme özelliğine sahip yalıtım

malzemelerinden biri olması nedeniyle birçok uygulamada tercih edilebileceği düşünülmektedir [Web 3, 2020]. Literatürde ısı yalıtımının yanı sıra, ses yutma özelliğinin de etkili olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Hem ısı hem de ses yalıtım malzemesi üretiminde kullanılabilecek, doğal, yerel, yenilenebilir, ucuz, sürekli ve insan sağlığına zararı olmayan, çevre dostu bir biyomalzemedir (Şekil 2.7) [Tüfekci ve Olfaz, 2015].



Şekil 2.7: Koyun yününden elde edilen yalıtım malzemesi.

- Mantarlar, yapı malzemesi üretiminde kullanılan canlı bir organizmadır. Mantarların lifli kök sistemlerine miselyum adı verilmektedir. Miselyum; kenevir, saman, tarım ya da gıda atıkları ve selüloz içeren organik malzemeler üzerinde büyüme eğilimindedir ve organik malzemeleri minerallere dönüştüren enzimler üretmektedir [Web 4, 2020]. Akustik ve yangın dayanımlı biyo esaslı yapı malzemeleri (Şekil 2.8) elde edilmektedir [Web 5, 2020].



Şekil 2.8: Miselyum mantarından elde edilen akustik panel.

- Bakteriler, canlı organizma özelliğine sahip bir biyomalzemedir. Örneğin; Bacillus Pseudofirmus veya Sporosarcina Pasteurii adlı bakteriler beton çatlaklarının iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Beton karışımı içerisine küçük kapsüller şeklinde eklenen bu bakteriler, yapı elemanında oluşan çatlaklara suyun girmesi ve/veya temas etmesi halinde aktifleşmekte ve kalsiyum laktatla beslenerek çatlakları dolduran kireçtaşını üretmektedir (Şekil 2.9) [Web 6, 2015].



Şekil 2.9: *Bacillus Pseudofirmus* ve *Sporosarcina Pasteurii* bakterilerinin betondaki çatlağı iyileştirmesi.

Söz konusu biyomalzemelerden ahşap, sahip olduğu özelliklerinden dolayı doğrudan kullanılan bir yapı malzemesi iken, diğerleri kompozit yapı malzemesi üretiminde katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır [Plank, 2004]. Katkı olarak kullanılan biyomalzemeler ile elde edilen yapı malzemeleri; üretim sürecinde sentetik bağlayıcı ve kimyasal yollarla elde edilen yapı malzemelerine kıyasla daha az enerjiye ihtiyaç duymakta; kullanım ömrü sonunda ise doğal olarak parçalanabilmektedir [Khitab et al., 2016]. Pirinç kabuğu külü, fıstık kabuğu külü, buğday sapı külü, mısır koçanı külü gibi bazı tarımsal atıklar ise içerdiği yüksek silikat nedeniyle yapı malzemesi üretiminde doğal puzolan (bağlayıcı) olarak kullanılmaktadır [Kaylı vd., 2021]. Zeytinyağı üretim atığı pirina da tarımsal bir atık olarak biyomalzeme sınıfında yer almaktadır.

2.2. Zeytinyağı Üretim Atığı Pirina ve Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı

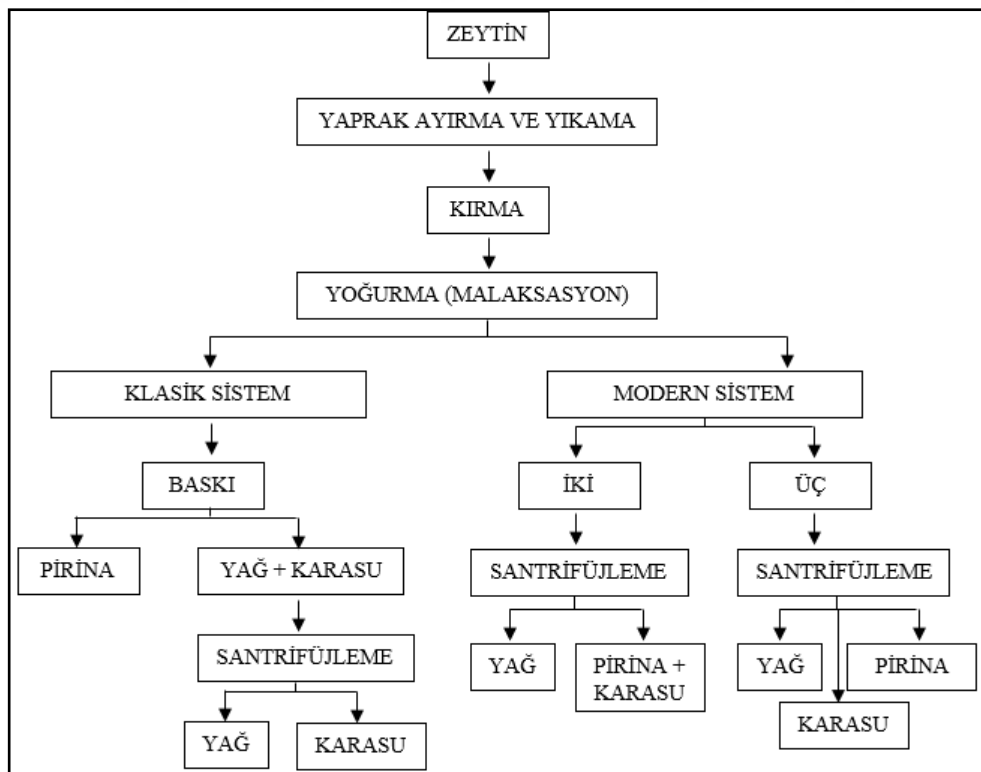
Sürdürülebilirlik bağlamında çevre ve insan sağlığına duyarlı yapı malzemelerinin üretiminde, petrol türevli malzemeler yerine; geri dönüştürülebilir, doğa dostu tarımsal atıkların kullanılması oldukça önemlidir [Çolakoğlu, 2018]. Tarımsal atıkların, yapı sektörü için değerli bir kaynak niteliği taşımasından yola çıkılarak; zeytin ağacı varlığı bakımından oldukça zengin olan Türkiye’de, zeytinyağı üretim atıklarından pirinanın, yapı malzemesi üretiminde değerlendirilmesi üzerine çalışmaların incelenmesi amacıyla; zeytinyağı üretimi ve pirina hakkında bilgiler aşağıda anlatılmıştır.

Pirina, zeytinlerin üretim aşamalarından geçerek sıkılmasının ardından; çekirdek, kabuk ve posasından oluşan yan ürünü ifade etmektedir. Zeytinyağı

üretiminde oluşan pirina ve yağ miktarı; zeytinin cinsine ve üretim yöntemine göre değişmekle birlikte, 100 kg zeytinden yaklaşık 25 kg zeytinyağı ve 35-45 kg arasında pirina elde edilmektedir [Web 7, 2015].

Zeytinyağı, geleneksel (klasik) ve modern sistem olmak üzere iki yöntem ile üretilmektedir (Şekil 2.10). Her iki yöntemde de zeytinler, yapraklarından ve yabancı maddelerden arındırılmak üzere taşıyıcı bantlar vasıtasıyla yıkama alanlarına aktarılmaktadır. Geleneksel sistemde; yıkanan zeytinler sıcak su ilave edilerek öğütülüp yoğurulmakta, ardından baskılama işlemi ile pirina ve yağ+karasu elde edilmektedir. Yağ ve karasu, santrifüj veya dekantör yardımıyla birbirinden ayrılmaktadır [Karaca vd., 2015].

Modern sistem kendi içinde 2 fazlı ve 3 fazlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. 2 fazlı sistemde, yıkanan zeytinler parçalanarak pasta haline getirilmekte, ardından santrifüjlerin merkez kaç kuvveti etkisiyle yağ ve pirina+karasu olarak ayrılmaktadır. 3 fazlı sistemde ise yıkama işleminden sonra sıcak su ile birlikte kırılarak “malaksasyon” adı verilen yoğurma işlemi ile öğütülmektedir. Öğütülmüş zeytinler su ve yağın yoğunluk farkının da etkisiyle, yüksek hızlı santrifüjlü makinada birbirinden tamamıyla ayrılmakta; yağ, pirina ve karasu elde edilmektedir [Web 7, 2015].



Şekil 2.10: Zeytinyağı üretim şeması.

Modern sistemde; daha az suya ihtiyaç duyulması ve işlemler sonucunda daha az atık suyun oluşması nedeniyle 2 fazlı üretim 3 fazlı üretime kıyasla daha çevreci bir yöntemdir. Her iki üretim yönteminde aynı miktarda zeytinin işlenmesi durumunda; 2 fazlı sistemde oluşan pirina miktarı, 3 fazlı sistemde oluşan pirina miktarının yaklaşık 2 katına eşittir. Bunun yanı sıra, atık pirinalar 3 fazlı sistemde yığın şeklinde, 2 fazlı sistemde ise pirina havuzlarında depolanmaktadır [Murat Hocaoglu vd., 2018].

Zeytinyağı üretim tesislerinde depolanan pirina; pirina yağı ve kuru pirina elde edilmek üzere pirina tesislerine gönderilmektedir. %65-70 oranında nem ile tesise gelen pirina, nem ve yağdan maksimum düzeyde arındırılmak üzere kurutma işleminden geçirilerek pirina yağı ve kuru pirina elde edilmektedir [Web 7, 2015]. Yüksek enerji ve düşük kül içeriğine sahip olması nedeniyle kuru pirinanın büyük bir bölümü yakıt olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.11) [E. Uyar Sun Arşivi, 2023].



Şekil 2.11: Yakıt olarak kullanılan kuru pirina.

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik [ResGaz, 1] ile Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nin [ResGaz, 2] ilgili maddelerine göre kuru pirinanın yakıt olarak satılabilmesi ve kullanılabilmesi için, alt ısı değeri 3700 kcal/kg, nem içeriğinin en fazla %15 ve yağ içeriğinin ise en fazla %1,5 olması gerekmektedir. Solvent Bitkisel Yağ Sanayi'nde üretilen ve yakıt olarak kullanılan kuru pirinanın analiz raporu Tablo 2.1'de verilmiştir [Solvent Bitkisel Yağ Sanayi, 2022]. Çevre ve

Şehircilik Bakanlığı'nın¹ 2015 verilerine göre Türkiye'de faaliyet gösteren 15 adet pirina işleme tesisinin 14'ünde elde edilen kuru pirina yakıt olarak satışa sunulmakta ve/veya tesiste değerlendirilmektedir. Bu tesisler; İzmir (Bergama, Ödemiş), Aydın (Köşk, İncirliova), Muğla (Milas, 2 tesis), Balıkesir (Ayvalık, Edremit, Gömeç, Havran), Gaziantep (Nizip, 2 tesis) ve Hatay (Altınözü, Hatay)'dır. Aydın (Atça)'da faaliyet gösteren tesiste ise yem üretimi yapılmaktadır [Web 7, 2015].

Tablo 2.1: Yakıt olarak kullanılan kuru pirinanın analiz raporu.

Parametre	Birim	Metot	Ölçülen Değer
Toplam Nem (Orijinal)	%	TS EN ISO 18134-1	14,7
Kül (Kuru Baz)	%	TS EN ISO 18122	2,99
Alt Isıl Değer (Kuru Baz)	cal/g	TS EN ISO 18125	4140
Yağ (Kuru Baz)	%	TS EN ISO 734	1,38
Sodyum (Na) (Kuru Baz)	ppm	EPA 3051 A TS EN ISO 16967	265

Zeytinyağı üretim süreci sonunda oluşan atıklardan bir diğeri olan zeytin karasuyu; içeriğindeki yüksek organik ve fenolik bileşikler nedeniyle koyu renk, kötü koku ve kirletici etkilere neden olmaktadır [Erdem, 2015]. Yüksek miktarda şeker içermesi sebebiyle; göl, deniz gibi doğal su kaynaklarına bırakılması durumunda, bu alanlarda mikroorganizma artışına neden olmaktadır. Mikroorganizma artışı ile birlikte sudaki çözünmüş oksijenin miktarı azalmakta, bu da sulardaki canlı organizmaların yaşamı için tehlike oluşturmaktadır. Şekil 2.12'de ifade edilen zeytin karasuyu [Ekici, 2010], çevreye verdiği bu olumsuz etkilerden dolayı, pirina ile birlikte zeytinyağı üretim tesislerinde depolanmaktadır [Yıldırım, 2014].

¹ 29 Ekim 2021 tarihli 31643 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak adı değiştirilmiştir.



Şekil 2.12: Zeytinyağı üretim atığı zeytinyağı karasuyu.

29 Kasım 2020 tarihinde Bursa'nın Orhangazi ilçesi Dutluca Köyü'nde faaliyet gösteren Körfezim Yağhane'sinde gerçekleştirilen alan incelemesinde modern üretim sistemlerden 2 fazlı üretim yönteminin uygulandığı gözlemlenmiştir (Şekil 2.13) [E. Uyar Sun Arşivi, 2020]. Tesiste işlenen zeytin miktarı, zeytinin yıllık verimine göre, 300-1000 ton aralığında değişmektedir. Üretim sonucu oluşan pirina ve karasu atıkları işlenmek üzere Balıkesir'in Havran ilçesindeki Solvent Bitkisel Yağ Sanayi Tesisi'ne gönderilmektedir [Saha Görüşmeleri Körfezim Dutluca Yağhanesi, 2020].



Şekil 2.13: Körfezim Yağhanesi zeytinyağı üretim aşamaları; a) Bant sistemi üzerinde yıkama alanına taşıma, b) Yaprak ayırma ve yıkama, c) Kırma, d) Yoğurma (Malaksasyon), e) Santrifüjleme, f) Depolama (Pirina ve karasu).

Literatür taraması ve alan incelemesi sonucunda zeytinyağı üretim atığı pirina ile ilgili çeşitli çalışmalara ulaşılmıştır. Dutluca Körfezim Yağhanesi'nde yapılan alan incelemesi sonucunda; pirina ve karasuyun Balıkesir ili Havran ilçesindeki Solvent Bitkisel Yağ Sanayi tesisine gönderildiği tespit edilmiştir. 30 Kasım 2020 tarihinde tesis yetkilileri ile yapılan telefon görüşmesinden edinilen bilgilere göre; %65-70 oranında karasu ile tesise getirilen pirinanın su oranı “ekstraksiyon” işlemi ile öncelikle %50'ye düşürülmekte, ardından kurutma tavalarında kurutulmaktadır. Ekstraksiyon işlemi sonucunda elde edilen kuru pirinanın su oranı 0'a yakın, yağ oranı ise %0-1,5 arasındadır. Bu tesiste elde edilen kuru pirina yakıt olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kuru pirina dışında, yaklaşık %2,7 oranında pirina yağı da elde edilmektedir. Ekonomik değer taşıyan bu yağ, sabun üretiminde kullanıldığı gibi [Saha Görüşmeleri Solvent Bitkisel Yağ Sanayi, 2020] rafinasyon işlemlerinden sonra endüstriyel pirina yağı ya da yemeklik pirina yağı olarak da değerlendirilmektedir. Yemeklik olarak kullanabilmesi için, pirinanın kısa süre içerisinde, taze olarak işlenmesi gerekmektedir [Murat Hocaoglu vd., 2018].

Yakıt olarak kullanımının yanı sıra pirina, büyükbaş hayvanlar için yem [Web 7, 2015], yüksek organik madde ve mikro besinler içerdiğinden tarımda gübre şeklinde değerlendirilmektedir. Bu sayede toprak kalitesini ve canlı yaşamını artırmaya katkı sağlamaktadır [Gutierrez et al., 2019].

2021 TÜİK verilerine göre, yaklaşık 71 milyon ton kaba yem ihtiyacı, BÜGEM verilerine göre 27 milyon ton kaliteli kaba yem açığı bulunan Türkiye'de [Web 8, 2022] bu açığı kapatmak için, saman kullanımı ön plana çıkmıştır. Ancak, düşük kaliteli besin içerikli samanın yerine, yüksek kaliteli besin içeriğine sahip yem arayışı yem üretim maliyetlerini artırmıştır. Bu sebeple besin değeri samandan çok daha yüksek olan ve üretim maliyetini düşüren pirina kullanılmaya başlanmıştır. Pirinanın yem ham maddelerinde en fazla %10 oranında, kontrollü olarak kullanılması gerekmektedir [Web 7, 2015].

Literatür araştırmasında, pirinanın yakıt olarak kullanımı sonrasında ortaya çıkan pirina külünün alçı harcı, beton ve tuğla üretiminde değerlendirilmesi ile atıktan ikinci kez istifade edildiği; yaş pirinanın tuğla üretiminde; kuru pirinanın ise gaz beton, tuğla, agrega ve yalıtım levhası üretiminde kullanılarak mimaride yapı malzemesi üretiminde değerlendirildiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte Polimer Bilim ve Teknolojisi alanında Türkiye'de 2015 yılında Ertürk tarafından yapılan bir çalışmada, kuru pirinadan ahşap görünümlü kompozit reçine elde edilmiş, bu ürün ile ahşap

ürünlerin kullanımı azaltılarak çevreye verilen zararın azaltılabileceği sonucuna varılmıştır [Ertürk, 2015]. Farklı disiplinlerde pirina ile ilgili yapılan çalışmaların dolaylı da olsa mimariye etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Yapı malzemesi üretiminde pirina külü, yaş pirina ve kuru pirina olmak üzere üç farklı biçimde kullanılan pirina ile ilgili çalışmalar aşağıdaki başlıklar altında detaylı olarak anlatılmış ve Tablo 2.2’de özet olarak ifade edilmiştir.

Tablo 2.2: Pirinanın yapı malzemesi üretiminde kullanımı ve incelenen özellikler.

Pirina Türü	Üretilen Yapı Malzemesi	İncelenen Özellikler
Pirina Külü	Tuğla [de la Casa and Castro, 2014]	Termal İletkenlik
	Tuğla [Eliche-Quesada and Leite-Costa, 2016]	Su Emme Termal İletkenlik Basınç Dayanımı
	Tuğla [El Boukili et al., 2021]	Termal İletkenlik Basınç Dayanımı
	Beton [Sánchez-Jiménez et al., 2020]	Eğilme Dayanımı Basınç Dayanımı
	Beton [Selçuk, 2021]	Eğilme Dayanımı Basınç Dayanımı
	Alçı Harcı [Peceño et al., 2023]	Yangın Dayanımı Basınç Dayanımı
Yaş Pirina	Tuğla [La Rubia-García, 2012]	Termal İletkenlik Basınç Dayanımı
	Tuğla [Díaz-García et al., 2017]	Su Emme Eğilme Dayanımı Basınç Dayanımı
Kuru Pirina	Beton [Belkharchouche and Chaker, 2016]	Termal İletkenlik Basınç Dayanımı
	Yalıtım Malzemesi [Gutierrez et al., 2019]	Termal İletkenlik Akustik Özellikler
	Agrega [Moreno-Maroto et al., 2020]	Su Emme Basınç Dayanımı
	Tuğla [López-García et al., 2021]	Yaşam Döngüsü Analizi
	Tuğla [El Hammouti et al., 2022]	Termal İletkenlik
	Gaz Beton [Kadı, 2022]	Birim Hacim Ağırlık Basınç Dayanımı

2.2.1. Pirina Külünün Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı

İspanya’da de la Casa ve Castro tarafından 2014 yılında yapılan çalışmada; öğütülmüş ve mikronize edilmiş pirina külünün kullanılması ile elde edilen tuğlaların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Öncelikle öğütülen pirina külü ve su, bir beher içinde 45°C’de 1 saat bekletilmiştir. Ardından su süzölmüş, pirina külü 110°C fırında kurutulmuş ve mikronizasyon işlemi yapılmıştır. Öğütülmüş ve mikronize edilmiş pirina külleri tuğla üretiminde kil yerine ağırlıkça %5 ve %10 oranında katılmıştır. Öğütülmüş pirina külünün, mikronize pirina külünden daha iyi performans gösterdiği; termal iletkenlik değerinde 0,13–0,16 W/mK düşüş ile daha iyi ısı yalıtımı sağladığı tespit edilmiştir [de la Casa and Castro, 2014].

Tuğla üretiminde pirina külü kullanımının incelendiği bir diğer çalışmada, kil yerine ağırlıkça %10 ila %50 oranında pirina külü kullanılmıştır. Pirina külü oranının %20’nin üzerinde olduğu numunelerin, yüksek su emme ve düşük basınç dayanımı özelliklerine sahip olduğu, ancak ağırlıkça %20 oranında pirina külü içeren numunelerin genel standartları sağladığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra %20 katkılı numunelerin termal iletkenlik testi sonuçları, sadece kil ile üretilen kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında, termal iletkenlik değerinde %14,4-16,8 oranında azalma sağlandığı tespit edilmiş, pirina külü katkılı numunelerin daha iyi ısı yalıtımı sağladığı sonucuna varılmıştır [Eliche-Quesada and Leite-Costa, 2016].

Fas’ta yapılan çalışmada ise pirina külünün kil yerine ağırlıkça %5, %10, %15 ve %20 oranında ilave edilmesi ve preslenmesi ile üretilen tuğlaların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. En yüksek basınç dayanımı değeri, 11,5 MPa ile %5 pirina külü katkılı tuğlalarda elde edilmiş; kontrol numunesinden daha yüksek bir dayanım göstermiştir. %20 pirina külü katkılı numunelerde ise kontrol numunesine kıyasla termal iletkenlik değeri 0,41 W/mK’dan 0,33 W/mK’ya düşerek ısı yalıtım özelliklerinde %37’lik artış tespit edilmiştir. Ancak %20 katkılı numunelerde kılcal su emme katsayısı değeri %28’e çıkmış, bu nedenle pirina külü ilavesinin %10’u geçmemesi gerektiği ve tuğlanın performansında bir kayıp olmadan önemli ekolojik kazanımlar sağlanacağı belirtilmiştir [El Boukili et al., 2021].

Portland çimentosuna ağırlıkça %20 ila %60 oranında pirina külü ve GeoSilex ilavesinin (1/1 ve 2/1 oranında), fiziksel ve mekanik özellikler üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada; her iki oranda da basınç ve eğilme dayanımının azaldığı

görülmüştür. 2/1 oranında fiziksel ve mekanik özelliklerin daha fazla etkilendiği, 1/1 oranı için %20 ve %40 katkılı harçların uygun fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir [Sánchez-Jiménez et al., 2020].

Türkiye’de 2021 yılında Selçuk tarafından tamamlanan çalışmada; pirina külünün katkı malzemesi olarak kullanıldığı harçların mühendislik özellikleri incelenmiştir. Pirina külü ve uçucu kül katkısı ile üretilen numuneler, çimento ile üretilen kontrol numuneleri ile karşılaştırılmıştır. Pirina külü katkısının çimento yerine, hacimce %5 olarak kullanıldığı numunelerin eğilme ve basınç dayanımlarının, uçucu kül katkılı numunelere göre daha yüksek olduğu; 7. ve 28. günlerde yapılan basınç dayanımı ölçümlerinde, pirina külü katkılı numunelerin yüksek dayanıma daha erken sürede ulaştıkları tespit edilmiştir. Ayrıca pirina külü katkısının %10 ve %12 olduğu numunelerden, kontrol numunesine yakın performans alındığı görülmüş, bu oranlara kadar pirina külü katkısı ile beton üretilebileceği gözlemlenmiştir [Selçuk, 2021].

2023 yılında İspanya’da Peceño ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, dört farklı enerji üretim tesisinden (elektrik santrallerinden) elde edilen biyokütle pirina külleri kullanılmıştır. Bu küllerin alçı esaslı malzemelerin yangın dayanımı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Küllerin bir kısmına karbonasyon işlemi uygulanmış, tüm bileşimlerde kül/alçı oranı 80/20 kullanılmıştır. Kontrol numunesi ve karbonasyon işlemi uygulanmayan pirina küllerinden elde edilen numunelerde sırasıyla 0,9; 0,7; 0,3; 0,5 MPa değerinde basınç dayanımı elde edilen çalışmada; karbonasyon işlemi uygulanan numunelerde bu değerin 4,2 MPa’ya kadar çıktığı belirtilmiştir. Karbonasyon işlemi uygulanmayan numuneler kontrol numunesi ile kıyaslandığında; basınç dayanımı değerinin yaklaşık %90, yangın dayanımı değerinin ise yaklaşık %50 azaldığı görülmüştür. Pirina küllerine karbonasyon işleminin uygulandığı durumda, uygulanmayan numunelere kıyasla basınç dayanımının %400 arttığı; yangın dayanımında ise kontrol numunesine benzer sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir [Peceño et al., 2023].

2.2.2. Yaş Pirinanın Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı

İspanya’da yaş pirinanın hafif tuğla üretiminde katkı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada, kile ağırlıkça %5, %10, %15, %20 ve %25

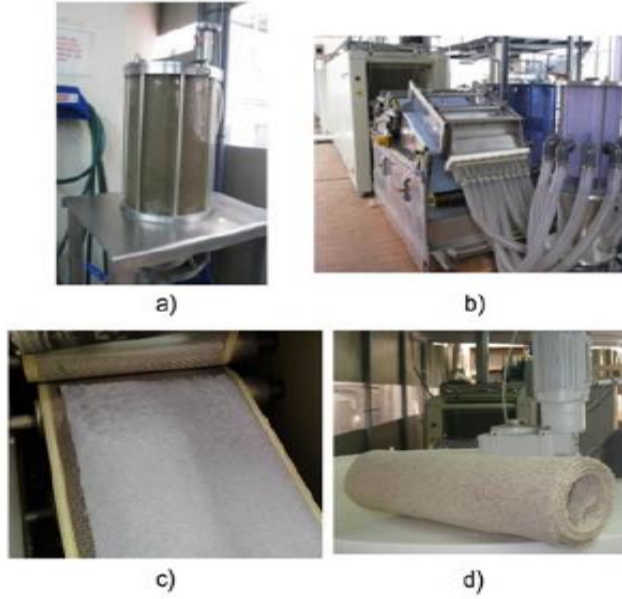
oranında yaş pirina ilave edilerek tuğlalar hazırlanmıştır. Katkılı numunelere ayrıca su ilave edilmemiştir. Pirina katkısı artıkça basınç dayanımı ve termal iletkenlik değerlerinde azalma gözlenmiştir. 40,22 MPa basınç dayanımı ve 0,72 W/mK termal iletkenlik sonucuyla %10 yaş pirina eklenmesinin kaliteli tuğla üretiminde kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir [La Rubia-García, 2012].

Yaş pirinanın tuğla üretimde kullanıldığı diğer bir çalışmada; tuğlaya eklenen pirina katkısının fiziksel özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan kil üç farklı kilin, farklı yüzdelerde karıştırılması sonucu elde edilmiştir (%40 siyah, %30 sarı ve %30 kırmızı kil). Yaş pirina ise 90°C fırında 24 saat kurutulduktan sonra kil yerine ağırlıkça %3, %7 ve %10 oranında eklenmiştir. %10 pirina katkılı numunelerdeki su emme oranı kontrol numunesi ile kıyaslandığında %15'lik bir artış olduğu görülmüştür. Pirina katkı oranı arttıkça eğilme ve basınç dayanımında azalma olduğu, en iyi performansın %3 pirina katkılı numunelerden elde edildiği belirtilmiştir [Díaz-García et al., 2017].

2.2.3. Kuru Pirinanın Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanımı

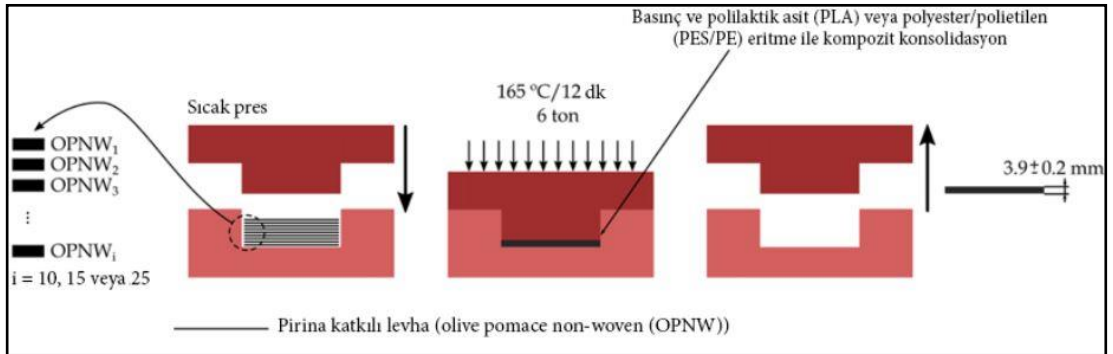
Belkharchouche ve Chaker tarafından yapılan çalışmada, %1, %2 ve %3 pirina katkısı ile hafifletilen betonların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Deneyler sonucunda pirina oranı arttıkça malzemenin yoğunluğunun, termal iletkenliğinin ve basınç dayanımının azaldığı tespit edilmiştir [Belkharchouche and Chaker, 2016].

2019 yılında İspanya'da Gutierrez ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada ise sıcak pres kalıplama ve sürekli laminasyon işlemleri ile üretilen pirina katkılı numunelerin akustik ve ısı yalıtımı özellikleri incelenmiştir. Numune üretiminde; yağ oranı en fazla %1,5 olacak şekilde azaltılan kuru pirina, elyaf ve ısıyla bağlanan liflerden oluşan bir karışım kullanılmıştır. Liflerin homojen dağılımı için su tankına alınan karışım, ardından gözenekli bant sistemine aktarılmıştır. Burada sıcaklığın 190 °C'ye ayarlandığı sıcak hava ile kurutma gerçekleşmiş ve pirina katkılı levhalar (olive pomace non woven - OPNW) elde edilmiştir (Şekil 2.14).



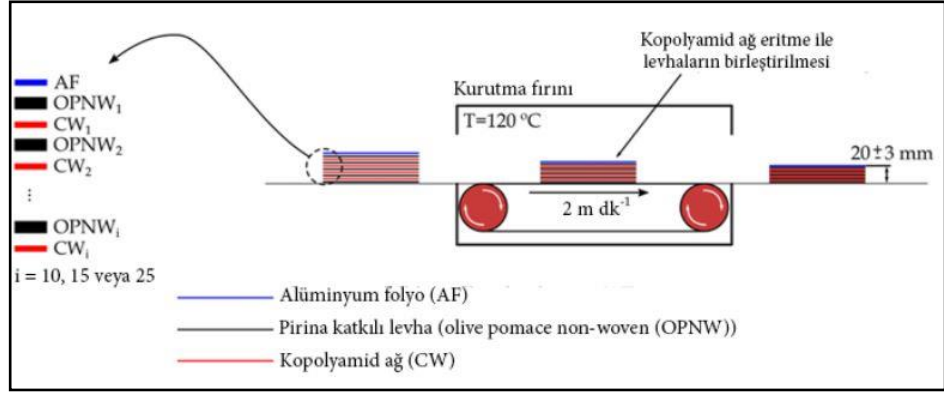
Şekil 2.14: Islak serme işlemi için hidroformer istasyonunun şeması; a) Yüksek kesmeli karıştırıcı, b) Hidroformer makinası, c) Sıcak hava kurutucu ve d) levhalar.

Elde edilen bu levhalara, sıcak pres kalıplama işlemi uygulanmıştır. 10, 15 veya 25 katman içeren levhalar 12 dakika süreyle 165 °C’de 6 tonluk bir kuvvete tabi tutulmuş ve mukavvaya benzeyen kompozit bir malzeme elde edilmiştir (Şekil 2.15).

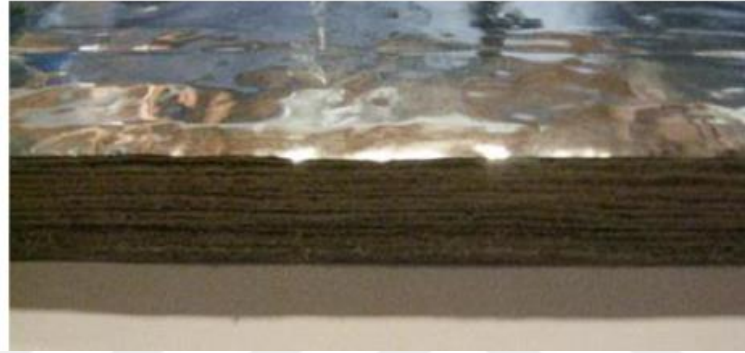


Şekil 2.15: Sıcak pres kalıplama işlemi.

Sıcak pres dışında uygulanan diğer yöntem ise sürekli laminasyondur. Bu aşamada pirina içerikli levhalar (OPNW), katmanların sıcaklıkla birleşmesine izin verecek kopolyamid ağ (copolyamid web - CW) ve üst kısımda yansıtma yoluyla ısı bariyeri sağlayacak alüminyum folyo (aluminium foil/metallized polyester - AF) ile birleştirilmiştir. 2 dakika boyunca 120 °C’lik sıcak hava uygulanarak kopolyamidin erimesi ve farklı katmanları birleştirmesi sağlanmıştır (Şekil 2.16, Şekil 2.17).



Şekil 2.16: Sürekli termal laminasyon işlemi.



Şekil 2.17: Pirina ve kopolyamid ağların (CW) dönüşümlü olarak istiflenmesi ile elde edilen yalıtım malzemesinin kesiti.

Elde edilen ürünler incelendiğinde yüksek pirina içerikli malzemelerin, sıcak presleme yöntemiyle iyi akustik özelliklere; sürekli laminasyon yöntemiyle de iyi ısı yalıtım özelliklerine ($0,035 \text{ W/mK}$) sahip olduğu tespit edilmiştir. Pirina atıklarından, hem termal hem akustik özellikler için kullanılan malzemelerle rekabet edebilecek çevre dostu bir malzeme üretmenin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır [Gutierrez et al., 2019].

Pirinanın hafif agrega üretiminde kullanılabilirliğinin araştırıldığı, 2020 yılında yapılan çalışmada; siyah, sarı ve beyaz kil kullanılmıştır. Üretilen numuneler üzerinde yoğunluk, su emme ve mekanik dayanım testleri yapılmıştır. Öncelikle malzemelerin tamamı 105°C fırında kurutulmuş; killer $200 \mu\text{m}$ 'nin, pirina ise $500 \mu\text{m}$ 'nin altında olacak şekilde öğütülmüştür. Ardından %2,5 pirina ve %97,5 kilden oluşan karışımlar peletlenmiş ve kurutulmuştur. Yapılan testlerde pirina katkısının kullanılan kile göre farklılık gösterdiği, siyah kil ile üretilen numunede kontrol numunesine kıyasla $0,14 \text{ g/cm}^3$ 'lük yoğunluk artışı olduğu tespit edilmiştir. Sarı ve beyaz kil kullanımı ile düşük

yoğunluklu ve kabul edilebilir mekanik dayanıma sahip hafif agregalar üretildiği belirtilmiştir [Moreno-Maroto et al., 2020].

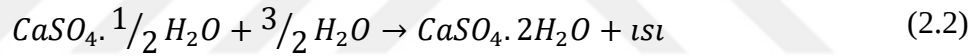
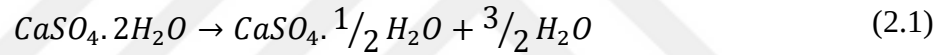
López-García ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, geleneksel tuğla ile kil yerine ağırlıkça %3, %7 ve %10 oranında pirina kullanılan tuğlaların yaşam döngüsü analizi incelenmiştir. Yaşam döngüsü analizinde en faydalı aşamanın atıkla karşılanan ham madde olduğu görülmüştür. Ancak ham maddenin termal ayrışmasıyla üretilen gaz emisyonu ve enerji tüketiminin yüksek olduğu tespit edilmiştir [López-García et al., 2021].

Pirinanın tuğla üretiminde kullanılabilirliğinin araştırıldığı; 2022 yılında yapılan çalışmada, kontrol numuneleri ile ağırlıkça %5, %10, %15 ve %20 pirina katkılı tuğlalar üretilmiştir. Her bir karışım oranından kurutulmuş ve pişmiş tuğlalar hazırlanmış, numunelerin termal iletkenlikleri karşılaştırılmıştır. %20 pirina katkılı kurutulmuş tuğlalarda kontrol numunesine kıyasla %43,1, pişmiş tuğlalarda ise 39,7'lik azalma görülmüştür. %20 pirina katkılı numuneler ve kontrol numunesi üzerinde yapılan simülasyon çalışmasında; ısıtmada yaklaşık %21, soğutmada ise yaklaşık %4,5 enerji tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir [El Hammouti et al., 2022].

Türkiye’de Kadı tarafından yapılan çalışmada ise pirina katkısının gaz beton üretiminde kullanılabilirliği incelenmiştir. Gaz beton üretiminde çimento ve sönmemiş kireç yerine ağırlıkça %10, %20 ve %40 oranında pirina ilave edilmiştir. Gaz beton üretiminde, gözenekli malzeme oluşturmak amacıyla iki farklı yöntem kullanılmıştır. İlk yöntemde, karışıma Al tozu eklenmiş, ikinci yöntemde ise üç boyutlu yazıcı ile köpük yapısı kontrollü olarak oluşturulmuştur. Birinci yöntemde en yüksek basınç dayanımı değeri 1,55 MPa ile %10 pirina katkılı numunelerde, en düşük basınç dayanımı değeri ise 0,43 MPa ile %40 pirina katkılı numunelerde elde edilmiştir. İkinci yöntemde en yüksek basınç dayanımı değeri 1,3 MPa ile %20 pirina katkılı numunelerde, en düşük değer ise 0,7 MPa %10 pirina katkılı numunelerde ölçülmüştür. Birinci yöntemde, pirina katkı oranı arttıkça basınç dayanımının azaldığı, ikinci yöntemde ise önce artıp sonra tekrar azaldığı görülmüştür. İki yöntemde de pirina katkısı arttıkça birim hacim ağırlığında ve boşluk oranında azalma olduğu, numunelerdeki gözenek boyutlarının küçüldüğü tespit edilmiştir [Kadı, 2022].

2.3. Alçı

Alçının ham maddesini, kimyasal bileşimi kalsiyum sülfat olan alçı taşı minerali oluşturmaktadır. Alçı taşı doğada altı şekilde bulunmaktadır. Bunlar; anhidrit, bassanit, jips, albatr, ipek jipsi ve selenittir [DPT, 2008]. Jips, alçı taşının temel minerali olarak ifade edilmekte ve iki molekül su içeren kalsiyum sülfattan oluşmaktadır ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) [Gürdal, 2010]. Saf jipsin bileşiminde %32,5 CaO, %46,6 SO_3 ve %20,9 kristal su bulunmakta; yoğunluğu ise 2,2-2,4 g/cm³ arasında değişmektedir [Erdoğan, 1997]. Alçı, jipsin 125-180 °C sıcaklıktaki kalsinasyonu sonucu, bünyesinde bulunan iki molekül suyun %75'inin uzaklaştırılması (dehidratasyon) ve öğütülmesi ile elde edilmektedir. Dehidratasyon sonucu yarım sulu kalsiyum sülfat (kalsiyum sülfat hemihidrat) ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) oluşmaktadır (2.1). Elde edilen alçı su ile reaksiyona girerek (hidratasyon), yeniden iki molekül su içeren çift sulu kalsiyum sülfata dönüşmektedir (2.2) [Erbs et al., 2018; Yavuz ve Balanlı, 1997].



Alçı, üretim yöntemine göre alfa (α) ve beta (β) olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Bu iki alçı tipi kimyasal yapıları bakımından aynı olmasına rağmen, alfa tipi alçı sahip olduğu kristal yapının daha düzgün olmasından dolayı daha güçlü mekanik dayanım göstermektedir [Gürdal, 2010].

Yapı sektöründe kullanılan alçı miktarı, genel kullanımının %80'ini oluşturmaktadır. Geri kalan miktarın %15'i endüstriyel, %5'i ise zirai amaçla kullanılmaktadır [Web 9, t.y]. Alçının yapı sektöründe kullanımı milattan önceki dönemlere dayanmaktadır. M.Ö. 9000'lerde Çatalhöyük'te sıva uygulamasında, M.Ö. 7000'lerde Mısır Piramitlerinde bağlayıcı olarak, Eski Yunan ve Roma'da ise duvar ve tavan sıvası olarak kullanıldığı bilinmektedir [Erdoğan, 1997]. 1666 yılında gerçekleşen büyük Londra yangınında alçının ahşap yapıları koruduğunun anlaşılması, alçı kullanımını Paris'te zorunlu hale getirmiş ve sıva alçısının "Paris alçısı" olarak anılmasına sebep olmuştur [Web 9, t.y].

Alçının kalsinasyon işlemi, çimento ve kireç gibi diğer mineral bağlayıcılara kıyasla daha düşük sıcaklıkta gerçekleşmektedir [Lushnikova and Dvorkin, 2016].

Alçı, alçıtaşı bulunan her yerde, kırsal bölge halkı tarafından basit fırın ya da ocaklarda pışırılıp öğütülerek dahi elde edilebilmektedir [Kafesçioğlu ve Gürdal, 1985]. Bu da alçının enerji tasarrufu sağlayan bir malzeme olarak tanımlanmasını sağlamaktadır. Alçının priz alma süresi 30 dakika gibi hızlı bir sürede gerçekleşmektedir. Genleşme oranı %0,5-1 gibi düşük değerlerde olduğundan sertleşirken çatlak oluşturmamakta, bu da alçı ile kısa sürede kompakt yüzeyli uygulamaların yapılmasına olanak sağlamaktadır [Li and Ren, 2011; Kafesçioğlu ve Gürdal, 1985]. Ayrıca sertleştikten sonra gözenekliliğinin %50-60 oranına ulaşabiliyor olması, iyi bir ısı ve ses yalıtımı özelliğine sahip olduğunu ifade etmektedir. Ancak yüksek gözenekliliği, düşük mukavemete ve düşük su direncine sahip olmasına neden olmaktadır [Zhang, 2011]. Düşük su direncinin iyileştirilmesi çeşitli katkı ilaveleri ile sağlanmaktadır [Pervyshin et al., 2017]. Sahip olduğu bu olumlu özellikler nedeniyle alçının kullanımı her geçen gün artırmaktadır. Fakat alçı taşı kaynaklarının yenilenemiyor oluşu, kaynak korunumunu son derece önemli kılmaktadır.

Literatürde, bu tezin deneysel çalışma kurgusuna katkı sağlayan, alçı taşı kaynaklarının korunumuna yönelik; ayçiçeği sapı, zeytin çekirdeği gibi farklı biyomalzeme katkısının alçı ürünlerde değerlendirildiği deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Termal iletkenlik katsayısı, ultrases geçiş hızı, birim hacim ağırlık ve su emme miktarının incelendiği [Eken, 2012; Binici et al., 2014; Binici ve Aksogan, 2016] ulusal çalışmalardan bazıları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Yalıtım malzemesi üretimde farklı türdeki atıkların kullanımının araştırıldığı çalışmada, 1500 gr perlitli sıva alçısı, 180 gr ayçiçeği sapı, 90 gr tekstil atığı ve 1450 gr su kullanılarak 300x400x25 mm boyutlarında numuneler üretilmiştir. Bu numunelerin termal iletkenlik katsayısı ASTM C 1113-90, ultrases geçiş hızı ASTM C 597 standartlarına göre incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonunda; termal iletkenlik katsayısının 0,1642 W/mK, ultrases geçiş hızının ise 0,900 km/s olduğu tespit edilmiştir [Eken, 2012; Binici et al., 2014].

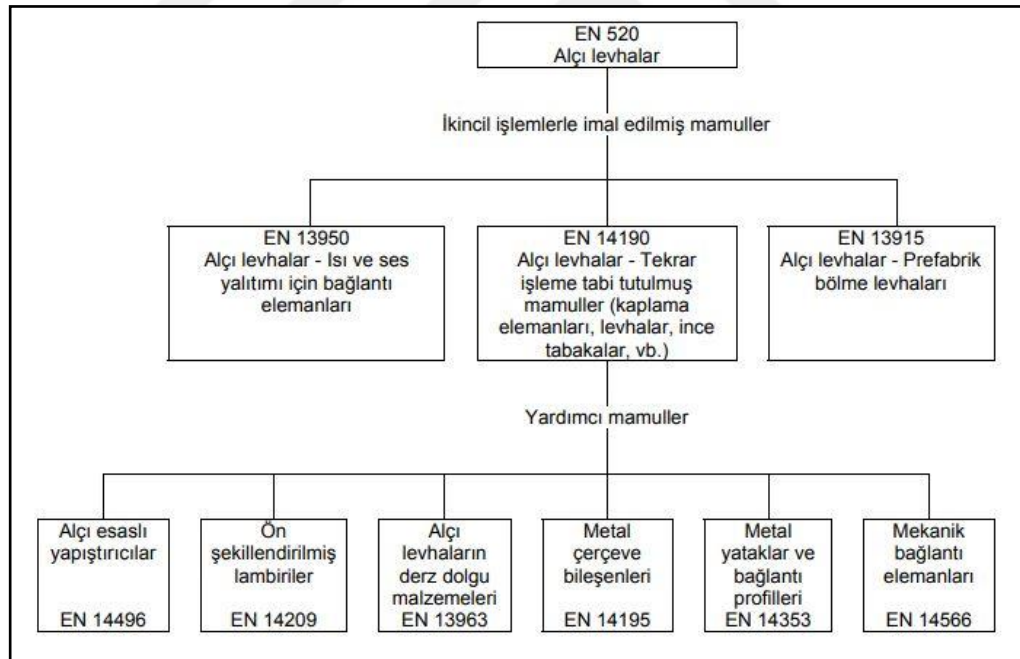
Çevre dostu yalıtım malzemesi üretimi amacıyla 2016 yılında Binici ve Aksogan tarafından yapılan çalışmada; farklı oranlarda sıva alçısı, öğütülmüş zeytin çekirdeği ve su kullanılarak, 100x100x20 mm boyutlarında numuneler elde edilmiştir. Numuneler; 400 gr alçı ve 125 gr su (kontrol numunesi-NK); 300 gr alçı, 100 gr zeytin çekirdeği ve 100 gr su (N1); 200 gr alçı, 200 gr zeytin çekirdeği, 75 gr su (N2); 100 gr alçı, 300 gr zeytin çekirdeği ve 50 gr sudan (N3) oluşmaktadır. Elde edilen numunelerin termal iletkenlik katsayısı ASTM C 1113-90, ultrases geçiş hızı ASTM

C 597 standartlarına göre incelenmiştir. N1, N2, N3 ve N4 numunelerine ait termal iletkenlik katsayıları sırasıyla 0,145; 0,0992; 0,0981 ve 0,0965 W/mK; ultrases geçiş hızları ise sırasıyla 0,015; 0,017; 0,019 ve 0,022 km/s olarak tespit edilmiştir [Binici ve Aksogan, 2016].

Söz konusu çalışmalarda elde edilen numunelerin yapı malzemesi olarak kullanılabilir olduğu; bu sayede ekonomik ve çevresel döngüye katkı sağlanabileceği belirtilmiştir [Eken, 2012; Binici et al., 2014; Binici ve Aksogan, 2016].

2.4. Alçı Levha

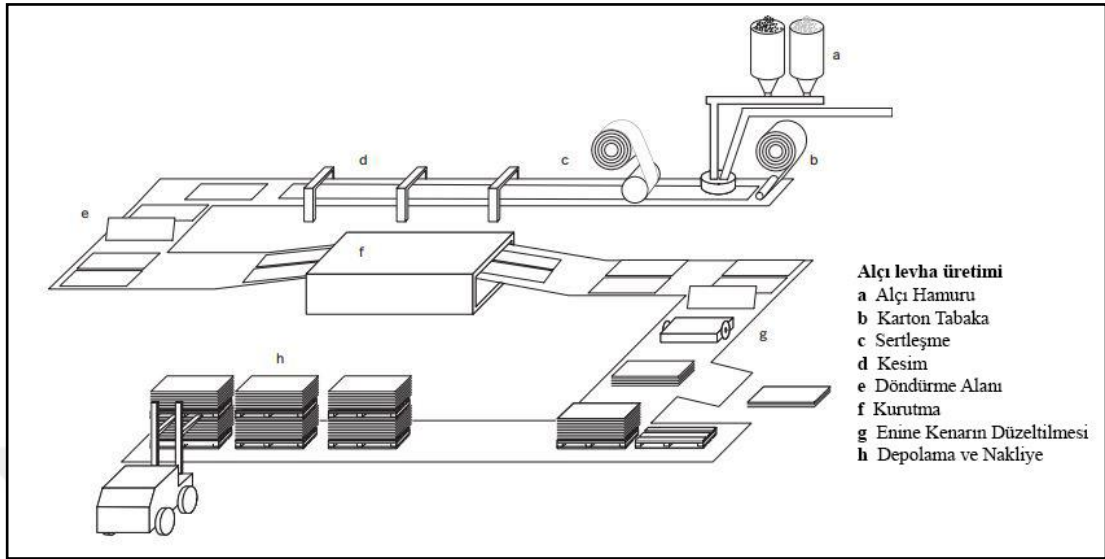
Alçı levha, iki karton tabaka arasına dökülmüş alçı hamurundan oluşan ürünleri ifade etmektedir. Alçı levha özellikleri ve performansları TS EN 520+A1 standardında ifade edilmektedir. Alçı levha yardımcı mamul grubuna ait standartlar Şekil 2.18’da verilmiştir [TS EN 520+A1, 2010].



Şekil 2.18: Alçı levha yardımcı mamul grubuna ait standart serisi.

Alçı levha üretiminde (Şekil 2.19) [Schultz and Wiedemann-Tokarz, 2016]; alçı, su ve katkı malzemelerinden oluşan alçı hamuru iki karton tabaka arasına uygun kalınlıkta dökülmektedir. Dökülen alçı hamuru sertleşmekte ardından istenilen

kalınlıkta kesilip kurutma fırınına alınmaktadır. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra sevkiyat için hazırlanmaktadır [Rivero et al., 2016].



Şekil 2.19: Alçı levha üretim süreci.

Dalsan Alçı Sanayi tesisinde, alçı levha üretiminde kullanılan, bu tez çalışmasının materyallerinden biri olan alçının özellikleri Tablo 2.3'te verilmiştir [Dalsan Alçı Sanayi, 2022].

Tablo 2.3: Alçı levha üretiminde kullanılan alçının özellikleri.

Parametre	Ölçülen Değer
Alçı / Su Oranı	C 70 (100/70) / 1,43
Primer Donma (Dakika)	05:00
Final Donma (Dakika)	24:30
Yayılım Çapı (mm)	200
Kristal Su	5,24
Elek Analizi 100 mm	5,63/88,74
Elek Analizi 200 mm	1,09/97,82
Elek Analizi 500 mm	0,07/99,86
Elek Analizi 850 mm	0/100

Alçı levhaların şekil ve kalınlıkları kullanım amaçları doğrultusunda farklılık göstermektedir. Kullanım alanlarına uygun özellikler kazandırmak amacıyla,

kullanılan karton tabakalar değişmekte ve alçı hamuruna farklı katkı maddeleri eklenmektedir [TS EN 520+A1, 2010]. Karton tabaka çeşitleri ve ilave edilen katkı maddeleri; levhaların yangın dayanımı, nem geçirgenliği, mukavemeti ve ısı direncini etkilemektedir [Schultz and Wiedemann-Tokarz, 2016].

Standart alçı levhalar; iç mekânda, yük taşımayan bölme duvar, giydirme duvar ve asma tavan uygulamalarında kullanılmaktadır. Genel tipi 1200x2500x12,5 mm boyutlarında üretilmektedir. Genişliği 1200 mm olarak sabit kalmakla birlikte, kalınlığı 6,5-9,5-12,5-15-18 mm ve uzunluğu 2000-2500-3600 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Standart alçı levhalara ait özellikler Tablo 2.4'te verilmiştir [Web 10, 2022].

Tablo 2.4: Standart alçı levha özellikleri.

	Genel Tip	Tüm Tipler				
Uzunluk	2500 mm	2000 mm-3600 mm				
Genişlik	1200 mm	1200 mm				
Kalınlık	12,5 mm	6,5 mm	9,5 mm	12,5 mm	15 mm	18 mm
Ortalama Ağırlık	~8 kg/m ²	~6 kg/m ²	~7,3 kg/m ²	~8 kg/m ²	~9,6 kg/m ²	~15 kg/m ²
Eğilmede kırılma (Kağıt liflerine dik)	≥550N	≥280 N	≥400 N	≥550N	≥650N	≥770N
Eğilmede kırılma (Kağıt liflerine paralel)	≥210N	≥110N	≥160N	≥210N	≥250N	≥300N
Termal iletkenlik değeri (λ)	0,25 W/mK					

Su emme oranı azaltılmış yeşil alçı levhalar; mutfak, banyo ve çatı arası gibi su ve neme maruz kalabilecek iç mekânlarda, yük taşımayan bölme duvar, giydirme duvar ve asma tavan uygulamalarında kullanılmaktadır. Yeşil alçı levhaların hamuruna su ve neme karşı dayanımı artıracak katkı malzemeleri eklenmesine rağmen uzun süreli su temasından kaçınılmalıdır. Genel tipi 1200x2500x12,5 mm boyutlarında üretilmektedir. Genişliği sabit kalarak, kalınlığı 12,5-15-18 mm ve uzunluğu 2000-2500-3600 mm arasında değişmektedir [Web 11, 2020].

Yangın dayanımı artırılmış kırmızı alçı levhalar; yangın dayanımı gerektiren alanlarda, kamusal yapılarda; iç mekânda, yük taşımayan bölme duvar, giydirme duvar ve asma tavan uygulamalarında kullanılmaktadır. Kırmızı alçı levhaların hamuruna yangına karşı dayanımı artıracak özel elyaf katkı malzemeleri eklenmektedir. Genel tipi 1200x2500x12,5 mm boyutlarındadır. Genişlik ölçüsü sabittir, kalınlığı 12,5-15-18 mm ve uzunluğu 2000-2500-3600 mm arasında farklılık göstermektedir [Web 12, 2019].

A1 sınıfı yanmaz alçı levhalar; yangın dayanımı gerektiren alanlarda, bölme duvar, giydirme duvar ve asma tavan uygulamalarında; şaft duvarlarında, çelik ve ahşap gibi yapı elemanlarının yangına karşı korunması amacıyla kullanılmaktadır. Alçı hamuruna yangın dayanımını artıracak özel katkılar eklenmekte, iki yüzü karton tabaka yerine alev almayan cam tülü ile kaplanmaktadır. Genel tipi 1200x2500x12,5 mm boyutlarında üretilmektedir. Genişliği her levhada 1200 mm iken, kalınlığı 12,5-15-20-25 mm ve uzunluğu 2000-2500 mm arasında değişkenlik göstermekte [Web 13, 2021].

Yüzey sertliği artırılmış alçı levhalar; yüksek darbe dayanımı gerektiren alanlarda, kamusal yapılarda; iç mekânda, yük taşımayan bölme duvar, giydirme duvar ve asma tavan uygulamalarında kullanılmaktadır. Yüzey sertliği artırılmış alçı levhaların hamuruna darbeye, yangına, su ve neme karşı dayanımı artıracak katkı malzemeleri ilave edilmektedir. Bu nedenle eğitim, sağlık ve kültür yapıları gibi kamuya açık mekânlarda tercih edilmektedir. Genel tipi 1200x2500x12,5 mm boyutlarında üretilmektedir. Genişliği 1200 mm olarak sabit kalmakla birlikte, kalınlığı 12,5-15 mm ve uzunluğu 2000-2500 mm arasında değişmektedir [Web 14, 2020].

Ses yankılanmasını azaltan akustik alçı levhalar; iç mekânda, yük taşımayan bölme duvar, giydirme duvar ve asma tavan uygulamalarında kullanılmaktadır. Üzerinde bulunan delikler şekil (kare, dairesel, dağınık dairesel) ve boyut (6, 8, 10, 12, 15 mm) açısından farklılık göstermektedir (Tablo 2.5). Ses yutma seviyesini de bu deliklerin oranı belirlemektedir. Dağınık dairesel yüzey tipi dışındaki tüm tiplerde 1200x2500x12,5 mm, dağınık dairesel yüzey tipinde ise 1200x2290±10x12,5 mm boyutlarında üretilmektedir. Akustik alçı levha türleri ve ağırlıklı ses yutum katsayıları Tablo 2.5'te verilmiştir [Web 15, 2022].

Tablo 2.5: Akustik alçı levha türleri ve ağırlıklı ses yutum katsayıları (α_w).

	Dairesel Delikli (6 mm)	Dairesel Delikli (12 mm)	Şaşırtmalı Dairesel Delikli (8,12 mm)	Dağınmık Dairesel (8,15,20 mm)	Kare Delikli (10x10 mm)	Kare Delikli (12x12 mm)	Kare, Bordürlü (10x10 mm)	Kare, Bordürlü (12x12 mm)
Uzunluk	2400 mm	2400 mm	2400 mm	2290 ± 10 mm	2400 mm	2400 mm	2400 mm	2400 mm
Genişlik	1200 mm	1200 mm	1200 mm	1200 mm	1200 mm	1200 mm	1200 mm	1200 mm
Kalınlık	12,5 mm	12,5 mm	12,5 mm	12,5 mm	12,5 mm	12,5 mm	12,5 mm	12,5 mm
Ses yutum katsayısı (α_w)	0,45	0,55	0,55	0,45	0,8	0,45	0,75	0,55

TS EN ISO 11654, “Akustik- Binalarda kullanılan ses absorplayıcıları- Ses absorpsiyonunun derecelendirilmesi” standardında ağırlıklı ses yutum katsayılarının derecelendirilmesi verilmiş, ilgili sınıflar ve katsayılar Tablo 2.6’da ifade edilerek, en iyi absorbe özelliğine sahip (A) sınıftan en düşüğe (E) doğru sıralanmıştır [TS EN ISO 11654, 2002].

Tablo 2.6: Ses absorpsiyonunun derecelendirilmesi.

Ses Absorpsiyonunun Sınıfı	Ağırlıklı Ses Yutum Katsayısı (α_w)
A	0,90; 0,95; 1,00
B	0,80; 0,85
C	0,60; 0,65; 0,70; 0,75
D	0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55
E	0,25; 0,20; 0,15
Sınıflandırılmamış	0,10; 0,05; 0,00

Ses yalıtım performansı yüksek alçı levhalar; iç mekânda, yük taşımayan bölme duvar, giydirme duvar ve asma tavan uygulamalarında kullanılmaktadır. Ağırlığı, standart alçı levhalara kıyasla %35 daha fazladır. Genel tipi 1200x2400x12,5 mm boyutlarında üretilmektedir. Genişliği 1200 mm olarak sabit kalmakla birlikte, kalınlığı 12,5-15 mm ve uzunluğu 2000-2400-3600 mm arasında değişkenlik göstermektedir [Web 16, 2022].

Alçı levhalar, hamuruna eklenen katkı malzemeleri ve kaplandıkları karton tabakaların sağladıkları özellikler sayesinde ve uygulama kolaylığı nedeniyle her geçen gün daha geniş kullanım alanı bulmaktadır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Pirina katkısının alçı levha üretiminde alçı hamurunda kullanılabilirliğinin araştırılması amacı ile planlanan deneysel çalışma öncesinde, ön deneylerle pirinanın özellikleri tespit edilmiş ve pirina katkı oranları belirlenmiştir. Hazırlanan kontrol numuneleri ve pirina katkılı numuneler üzerinde birim hacim ağırlık, boy değişimi, ağırlık değişimi, kılcal su emme, hacimce ve ağırlıkça su emme, kompasite ve porozite, ultrases geçiş hızı, ses geçiş kaybı, ses yutumu, termal iletkenlik, organik madde muhtevası, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan kuru pirina Balıkesir'in Havran ilçesinde bulunan Solvent Bitkisel Yağ Sanayi firmasından, alçı levha üretiminde kullanılan hemihidrat, saf pişirilmiş alçı ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) ise Kocaeli'nin Gebze ilçesinde bulunan Dalsan Alçı Sanayi firmasından temin edilmiştir.

3.1. Ön Deneyler

Pirina katkılı alçı numune üretiminden önce, pirina katkı oranının belirlenmesi amacı ile elek analizi ve su emme deneyleri aşağıda anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.1.1. Elek Analizi

Elek analizi deneyi İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Öncelikle pirinalar 105 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde 24 saat kurutulmuş, ardından 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm ve 0,063 mm göz açıklığına sahip eleklerin kullanıldığı UTEST marka UTG-0411 model elek sarsma cihazında (Şekil 3.1) [E. Uyar Sun Arşivi, 2022] elenmiş, ulaşılan sonuçlar Tablo 3.1'de ve Şekil 3.2'deki granülometri eğrisinde verilmiştir.



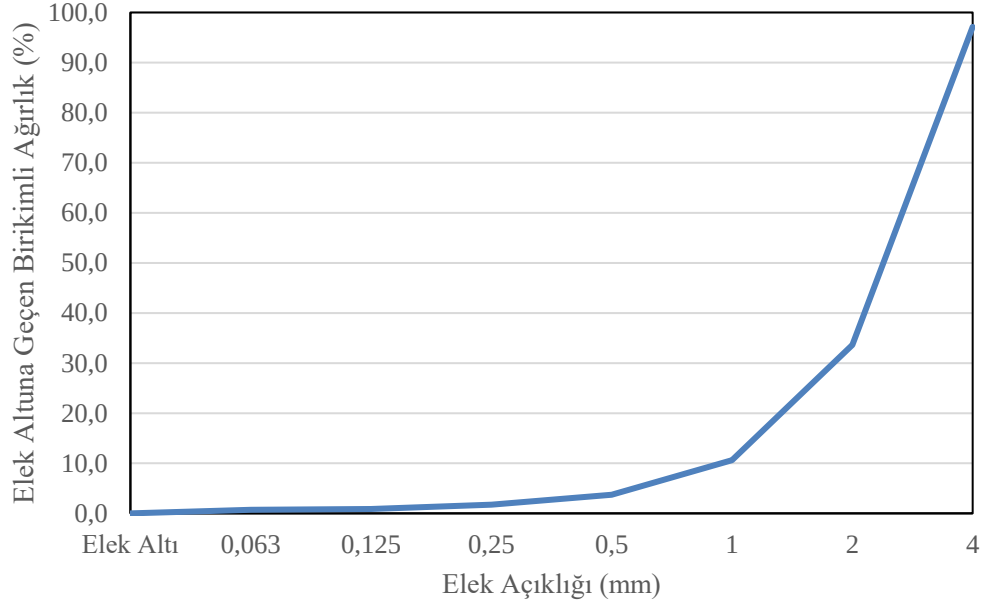
Şekil 3.1: Elek sarsma makinesi.

Tablo 3.1: Pirinanın elek analizi değerleri.

Elek Açıklığı (mm)	Elek Üstünde Kalan Ağırlık (gr)	Elek Üstünde Kalan Birikimli Ağırlık (gr)	Elek Altına Geçen Ağırlık (gr)	Elek Altına Geçen Birikimli Ağırlık %	Elek Üstünde Kalan Birikimli Ağırlık %
4	10,00	10,00	338,00	97,13	2,87
2	221,00	231,00	117,00	33,62	66,38
1	80,00	311,00	37,00	10,63	89,37
0,5	24,00	335,00	13,00	3,74	96,26
0,25	7,00	342,00	6,00	1,72	98,28
0,125	3,00	345,00	3,00	0,86	99,14
0,063	0,50	345,50	2,50	0,72	99,28
Elek Altı	2,50	348,00	0,00	0,00	100,00
TOPLAM	348,00	İNCELİK MODÜLÜ			5,52

İncelik modülü değeri, elek üstünde kalan birikimli ağırlık yüzdeler toplamının 100'e bölünmesi ile (3.1) elde edilmiştir.

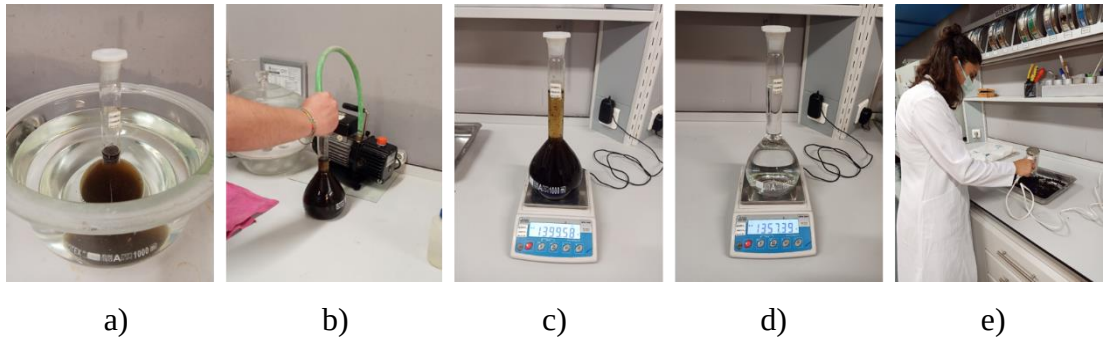
$$\text{İncelik Modülü} = \frac{\text{Elek üstünde kalan birikimli ağırlık \%}}{100} \quad (3.1)$$



Şekil 3.2: Pirinanın elek analizi grafiği (Granülometri eğrisi).

3.1.2. Su Emme Deneyi

İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapılan pirinanın su emme deney süreci Şekil 3.3'te ifade edilmiştir [E. Uyar Sun Arşivi, 2022].



Şekil 3.3: Pirinanın su emme oranı hesabında uygulanan deney aşamaları; a) Piknometrenin su banyosunda bekletilmesi, b) Piknometre içindeki havanın uzaklaştırılması, c) Doygun pirina numunesini barındıran piknometrenin kütlesi, d) Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, e) Islak pirinaların yüzey rutubetinin sıcak hava akımı uygulanarak uzaklaştırılması.

105±2 °C sıcaklıktaki etüvde 24 saat kurutulan pirina, piknometredeki suya daldırıldıktan sonra, içinde hapsolmuş hava hafifçe sallanarak uzaklaştırılmıştır.

Piknometre, 24 saat boyunca su banyosunda bekletilmiş (Şekil 3.3.a)), içindeki hava tekrar hafifçe sallanarak ve vakum makinası ile uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.3.b)). Piknometre su ile doldurularak tartılmış ve “Doygun Pirina Numunesini Barındıran Piknometrenin Kütlesi (M_2)” bulunmuştur (Şekil 3.3.c)). Ardından piknometre içindeki su süzölmüş, pirina bir tepsiye boşaltılmıştır. Boş olan piknometre tekrar su ile doldurulup tartılmış ve “Sadece Su ile Doldurulmuş Piknometrenin Kütlesi (M_3)” elde edilmiştir (Şekil 3.3.d)). Islak pirinalar tepsiye yayılmış ve taneler birbirine yapışmayınca kadar sıcak hava akımı uygulanarak yüzey rutubetinin uzaklaştırılması ve kuruması sağlanmıştır (Şekil 3.3.e)). Yüzeyi kurutulan pirinalar tartılmış, “Doygun ve Havada Kurutulmuş Pirinanın Kütlesi (M_1)” bulunmuştur. Ardından 105 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde kuruması tamamlanmış ve tartılarak “Etüvde Kurutulmuş Deney Numunesi Kısımının Kütlesi (M_4)” elde edilmiştir. Pirinanın su emme oranı (W_A) 3.2 bağıntısı ile hesaplanmış, elde edilen sonuçlar Tablo 3.2’de verilmiştir.

$$W_A = \left[\frac{M_1 - M_4}{M_4} \right] \times 100 \quad (3.2)$$

Tablo 3.2: Pirinanın su emme oranı sonuçları.

Deney No	Doygun + Havada Kurutulmuş Pirina Kütlesi (M_1) (gr)	Doygun Pirina + Piknometre Kütlesi (M_2) (gr)	Su + Piknometre Kütlesi (M_3) (gr)	Etüvde Kurutulmuş Deney Numune Kütlesi (M_4) (gr)	Su Emme Oranı (W_A) (%)
1	154,98	1399,58	1357,39	122,75	26,26
2	100,14	1385,61	1357,39	79,82	25,46
3	107,55	1386,83	1357,39	87,81	22,48
Ortalama					24,73

3.2. Numunelerin Hazırlanması

Fiziksel ve mekanik özelliklerin değerlendirilmesi için, kontrol numuneleri ve pirina katkılı deney numuneleri İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı’nda hazırlanmıştır. Numune üretiminde kullanılacak su/alçı oranı Dalsan

firmasından alınan oran doğrultusunda belirlenmiştir. Pirina katkılı numunelerin su miktarının belirlenmesinde pirinanın su emme oranı (24,73) da dikkate alınmıştır. Karışımlar, alçı ve pirina katkı oranına göre kodlanmıştır. Su/alçı oranı (w) 70/100 kabul edilerek hazırlanan hemihidrat alçı kontrol numuneleri A, %5 pirina katkılı alçı numuneler AP5, %10 pirina katkılı alçı numuneler AP10, %15 pirina katkılı alçı numuneler AP15 olarak kodlanmıştır. Numune kodları ve 1m³ karışım için gerekli malzeme miktarları Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: Numune kodları ve 1m³ karışım için gerekli malzeme miktarı.

Numune Kodu	w	Malzeme Miktarları (kg)		
		Alçı	Pirina	Su
A	0,7	1082,38	-	757,67
AP5		1028,26	54,12	771,06
AP10		974,14	108,24	784,44
AP15		920,02	162,36	797,82

Birim hacim ağırlık, boy değişimi, ağırlık değişimi, kılcal su emme, hacimce ve ağırlıkça su emme, kompasite ve porozite, ultrases geçiş hızı, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri için 40x40x160 mm; ultrases geçiş hızı, termal iletkenlik ve organik madde muhtevası deneyleri için 50x50x50 mm boyutlarında; ses geçiş kaybı ve ses yutum deneyleri için ise 27,5 mm ve 98 mm çapında 12,5 mm yüksekliğinde numuneler üretilmiştir.

Her bir deney için ayrı numune üretilmemiş; birim hacim ağırlık, boy değişimi, ağırlık değişimi ile kılcal su emme deneyleri; hacimce ve ağırlıkça su emme, kompasite ve porozite ile ultrases geçiş hızı deneyleri ve ses geçiş kaybı ile ses yutum deneyleri aynı numuneler üzerinde yapılmıştır. Eğilme dayanımı deneylerinde kırılan numuneler ise basınç dayanımı deneylerinde kullanılmıştır. Kontrol numuneleri ve katkılı numuneler olmak üzere, dört tipte toplam 84 adet numune üretilmiştir. Yapılan deney adı, numune boyut ve adetleri ile ilgili bilgiler Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4: Yapılan deneysel çalışmalar, numune boyutları ve adetleri.

Deney Adı	Numune Boyutu	Numune Adedi*
Birim Hacim Ağırlık	40x40x160 mm	3
Boy Değişimi		
Ağırlık Değişimi		
Kılcal Su Emme (Kapilarite)		
Hacimce ve Ağırlıkça Su Emme		3
Kompasite ve Porozite		
Ultrases Geçiş Hızı		
Eğilme Dayanımı		3
Basınç Dayanımı		
Ultrases Geçiş Hızı	50x50x50 mm	3
Organik madde muhtevası		3
Termal İletkenlik		
Ses Geçiş Kaybı	R=98 mm, R=27,5 mm h=12,5mm	6
Ses Yutum		
Toplam Numune Adedi		84

*Her bir karışım oranının numune adedi

50x50x50 mm ve 40x40x160 mm boyutlarındaki numunelerin üretiminde; A numuneleri için, karışım kabına su alınmış, ardından alçı sepelenerek eklenmiştir. AP5, AP10 ve AP15 numunelerinde ise; karışım kabına öncelikle pirina alınmış, pirinanın 24,73'lük su emme oranı da dikkate alınarak su eklenmiş, ardından alçı sepelenmiştir. Karışım, UTEST marka UTCM-0885 model otomatik programlanabilir çimento mikserinde 2 dakika boyunca karıştırılmış (Şekil 3.4) ve yağlanmış kalıplara dökülmüştür (Şekil 3.5) [E. Uyar Sun Arşivi, 2022].



Şekil 3.4: Numune harcının karıştırıldığı ekipman.



Şekil 3.5: Numune harcının kalıplara dökülmesi.

A ve AP5 numuneleri 30 dakika sonra kalıplardan çıkarılmıştır. AP10 ve AP15 numuneleri ise pirina oranına bağlı olarak su oranı arttığından geç priz almış, yaklaşık 4 saat sonra kalıplardan çıkarılmıştır. Kalıplardan çıkarılan numunelerin ilk ağırlığı ve boyu ölçülmüş, 4 gün boyunca laboratuvar ortamında kür kabininde saklanmış ve ölçümler tekrarlanmıştır. Ölçümlerin ardından numuneler $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığındaki etüvde 24 saat kurutulmuştur.

Ses geçiş kaybı ve ses yutum deneylerinde kullanılacak 27,5 mm ve 98 mm çapında, 12,5 mm yüksekliğindeki numunelerin hazırlanacağı kalıplar üç boyutlu yazıcı ile üretilmiştir. Kalıplar tek parça üretildiğinden, içerisine yağlanmış asetat koyulmuş ve numunelerin hasar görmeden çıkması sağlanmıştır. Kalıp kenarlarından olabilecek sızıntıyı önlemek amacıyla çevresi oyun hamuru ile kapatılmıştır.

Malzemeler 50x50x50 mm ve 40x40x160 mm boyutlarındaki numune üretimi ile aynı olacak şekilde karıştırma kabına alınmış, 2 dakika boyunca mikserde karıştırılmış ve kalıplara dökülmüştür (Şekil 3.6) [E. Uyar Sun Arşivi, 2022].



Şekil 3.6: Ses geçiş kaybı ve ses yutum deneylerinin uygulanacağı numunelerin hazırlanması.

Numunelerin kalıptan hasar görmeden çıkarılmasını kolaylaştırmak amacıyla; A ve AP5 numuneleri ilk prizlerini tamamlamasının ardından, yaklaşık 10 dakika sonra kalıplardan çıkarılmıştır. AP10 ve AP15 numuneleri ise geç priz aldığından, yaklaşık 45 dakika sonra kalıplardan çıkarılmıştır. Kalıplardan çıkarılan numuneler laboratuvar ortamında kür kabininde 1 gün boyunca saklanmış, ardından $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığındaki etüvde 24 saat kurutulmuştur.

3.3. Kontrol Deneyleri

Belirlenen karışım oranları ile Tablo 3.4'te belirtilen boyutlarda hazırlanan numuneler üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik özellik deneyleri aşağıda ifade edilmiştir. Deneylerin tamamı her bir karışım oranına ait 3 adet numune üzerinde yapılmış, sonuçlarda 3 numuneden elde edilen değerlerin ortalaması kullanılmıştır.

3.3.1. Fiziksel Özellik Deneyleri

Alçı ve pirina katkılı alçı numunelerde yapılan birim hacim ağırlık, boy değişimi, ağırlık değişimi, kılcal su emme, hacimce ve ağırlıkça su emme, komposite, porozite

ve ultrases geçiş hızı deneyleri İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı'nda; ses geçiş kaybı ve ses yutum deneyleri TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümü'nde; termal iletkenlik deneyi İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarı'nda; organik madde muhtevası deneyi ise Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda yapılmış, aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

3.3.1.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Birim hacim ağırlık deneyi, 40x40x160 mm boyutlarındaki prizmatik numuneler üzerinde yapılmıştır. Etüv kurusu halindeki numunelerin birim hacim ağırlığı (γ , g/cm³), etüv kurusu ağırlıklarının (W_k , g) hacimlerine (V , cm³) oranlanması ile (3.3) hesaplanmaktadır.

$$\gamma = \frac{W_k}{V} \quad (3.3)$$

γ = Numunelerin birim hacim ağırlığı (g/cm³)

W_k = Numunelerin etüv kurusu ağırlığı (g)

V = Numunelerin hacmi (cm³)

Su emen numuneler için birim hacim ağırlık tespitinde 3.4 bağıntısı da kullanılmaktadır. Bu hesaplama; numunenin kuru ağırlığının (W_k), 24 saat suda bekletildikten sonraki havadaki ağırlığı (W_{sh}) ile sudaki ağırlığının (W_{ss}) farkına bölünmesi ile yapılmaktadır [Kocataşkın, 1975]. Bu tez çalışmasında birim hacim ağırlık değeri 3.4 bağıntısından faydalanılarak hesaplanmıştır.

$$\gamma = \frac{W_k}{W_{sh} - W_{ss}} \quad (3.4)$$

γ = Numunelerin birim hacim ağırlığı (g/cm³)

W_k = Numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

W_{sh} = Numunenin havadaki ağırlığı (g)

W_{ss} = Numunenin sudaki ağırlığı (g)

3.3.1.2. Boy Değişimi Ölçümü

Boy değişimi (Δ_l , mm), 40x40x160 mm boyutunda hazırlanan prizma numunelerin kalıpla temas eden yüzeylerinin, başlangıçta ve dört gün boyunca 0,01 mm duyarlılıktaki kumpas ile ölçülmesi sonucu (Şekil 3.7) [E. Uyar Sun Arşivi, 2022] belirlenmiştir.



Şekil 3.7: Boy değişiminin kumpas ile ölçümü.

Başlangıçta ve dört gün süre ile ölçülen değerler Ek Tablo B1.1’de ifade edilmiştir. Boy değişim oranı (ϵ_l), değişimin (Δ_l , mm) başlangıç boyuna (L_0) oranlanması ile (3.5) hesaplanmıştır.

$$\epsilon_l = \frac{\Delta_l}{L_0} \quad (3.5)$$

ϵ_l = Boy değişim oranı

Δ_l = Boy değişimi (mm)

L_0 = Numunenin başlangıçtaki boyu (mm)

3.3.1.3. Ağırlık Ölçümü

Ağırlık değişim oranı (%a), 40x40x160 mm boyutunda hazırlanan prizma numunelerin başlangıçta ve laboratuvar ortamında dört gün boyunca 0,01 g

duyarlılıktaki terazi ile tartılması sonucu belirlenmiştir. Başlangıçta ve dört gün süre ile ölçülen değerler Ek Tablo B1.1’de ifade edilmiştir. Ağırlık değişim oranı (%a), ağırlık farkının (Δ_w , g) ilk ağırlığa (W_0 , g) oranlanması ile (3.6) hesaplanmıştır.

$$\%a = \frac{\Delta_w}{w_0} \quad (3.6)$$

%a = Ağırlık değişimi (g)

Δ_w = Ağırlık değişimi (g)

W_0 = İlk ağırlık (g)

3.3.1.4. Kılcal Su Emme Deneyi (Kapilarite)

Kılcal su emme deneyi TS EN 1925’e uygun olarak İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı’nda yapılmıştır. Deney, değişmez ağırlığa gelen numunelerin bir yüzeyinden suya daldırılarak su emdirilmesi ve ağırlıktaki artışın zamanın fonksiyonu olarak ölçülmesi prensibine dayanmaktadır [TS EN 1925, 2000].

Bu deneyde; etüvde değişmez ağırlığa gelen 40x40x160 mm boyutlarındaki, her bir karışım oranından 3 numunenin laboratuvar sıcaklığındaki kuru ağırlıkları (W_k , g) 0,01 g duyarlılıktaki terazi ile tartılmıştır. Numunelerin su ile temas edecek yüzey alanı (A , cm²) 0,01 mm duyarlılıktaki kumpas yardımıyla ölçülerek hesaplanmıştır. Numuneler yüzeylerinden su ile temas edecek şekilde Şekil 3.8’deki [E. Uyar Sun Arşivi, 2022] gibi yerleştirilmiş ve kronometre başlatılmıştır. Temas ettiği andaki, 1., 4., 9., 16., 25., 36., 49., 64., 81., 100., 121. ve 144. dakikalardaki su emen numunelerin ağırlıkları (W_i , g) tartılmıştır. Deney sonuna kadar kaptaki su seviyesinin sabit kalması amacıyla, gerektiği kadar su eklenmiştir.



Şekil 3.8: Kılcal su emme deney düzeneği.

Numunelerin toplam yüzeyden (Q) ve birim yüzeyden (Q/A) emdiği su miktarlarının zamanın karekökü ile ilişkisi ($Q/A\sqrt{t}$) incelenmiştir. Kapilarite katsayısı ise (K , cm^2/sn), birim yüzeyden emilen su miktarının karesinin geçen süreye oranlanması (3.7) ile hesaplanmıştır.

$$K = \frac{Q^2}{A^2 t} \quad (3.7)$$

K = Kapilarite katsayısı (cm^2/sn)

Q = Numunenin toplam yüzeyinden emdiği su miktarı (g)

A = Numunenin suya temas eden yüzey alanı (cm^2)

t = Süre (sn)

3.3.1.5. Hacimce ve Ağırlıkça Su Emme Deneyi

Hacimce ve ağırlıkça su emme deneyleri İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Öncelikle her bir karışım oranından, 40x40x160 mm boyutlarında 3 adet numune 24 saat boyunca suyun içinde bırakılmıştır (Şekil 3.9) [E. Uyar Sun Arşivi, 2022]. Suyu doymuş hale gelen numunelerin havadaki (W_{sh}) ve sudaki (W_{ss}) ağırlıkları Arşimet Terazisi ile ölçülmüştür (Şekil 3.10) [E. Uyar Sun Arşivi, 2022].



Şekil 3.9: Numunelerin suya doygun hale getirilmesi.



Şekil 3.10: Hacimce ve ağırlıkça su emme deney düzeneği.

Hacimce su emme (% h_s) ve ağırlıkça su emme oranları (% a_s) aşağıdaki (3.8) ve (3.9) bağıntılarından yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$h_s = \left[\frac{W_{sh} - W_k}{W_{sh} - W_{ss}} \right] \times 100 (\%) \quad (3.8)$$

$$a_s = \left[\frac{W_{sh} - W_k}{W_k} \right] \times 100 (\%) \quad (3.9)$$

h_s = Hacimce su emme oranı

a_s = Ağırlıkça su emme oranı

W_{sh} = Numunenin havadaki ağırlığı (g)

W_{ss} = Numunenin sudaki ağırlığı (g)

W_k = Numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

3.3.1.6. Kompasite ve Porozite

Kompasite ve porozite, malzemelerin doluluk ve boşluk oranı derecesini ifade etmektedir. Kompasite (doluluk oranı, %k), malzemenin dolu hacminin (V_d) toplam hacmine (V) oranlanması ile (3.10), porozite (boşluk oranı, %p) ise malzemenin boşluk hacminin (V_b) toplam hacmine (V) oranlanması ile (3.11) hesaplanmıştır.

$$k = \frac{V_d}{V} \times 100 \quad (3.10)$$

$$p = \frac{V_b}{V} \times 100 \quad (3.11)$$

k= Kompasite

p= Porozite

V_d = Numunelerin dolu hacmi (cm^3)

V_b = Numunelerin boşluk hacmi (cm^3)

V = Numunelerin toplam hacmi (cm^3)

3.3.1.7. Ultrases Geçiş Hızı Deneyi

Ultrases geçiş hızı deneyi, malzemenin boşluk oranı ve çatlakları hakkında bilgi sahibi olunması amacıyla uygulanmaktadır. Ultrases geçiş hızının düşük olması, malzemenin boşluklu yapıda olduğunu veya çatlaklarının fazla olduğunu göstermektedir.

Bu tez çalışmasında, numunelerin boşluk oranının belirlenmesi amacıyla İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapılan ultrases geçiş hızı deneyi 40x40x160 mm ve 50x50x50 mm boyutlarındaki numuneler üzerinde yapılmıştır. Numunelerin bir kenarına ultrases üreten kol, diğer kenarına ise sesleri toplayan kol yerleştirilmiştir (Şekil 3.11) [E. Uyar Sun Arşivi, 2022]. Sesin bir kenardan diğer kenara geçiş süresi ve hızı ölçülmüştür.



Şekil 3.11: Ultrases geçiş hızı deney düzeneği.

Ultrases geçiş hızı (V_s , mm/ μ s), numune uzunluğunun (L , mm) geçiş süresine (t , μ s) bölünmesi (3.12) ile hesaplanmıştır.

$$V_s = \frac{L}{t} \quad (3.12)$$

V_s = Ultrases geçiş hızı (mm/ μ s)

L = Numunenin uzunluğu (mm)

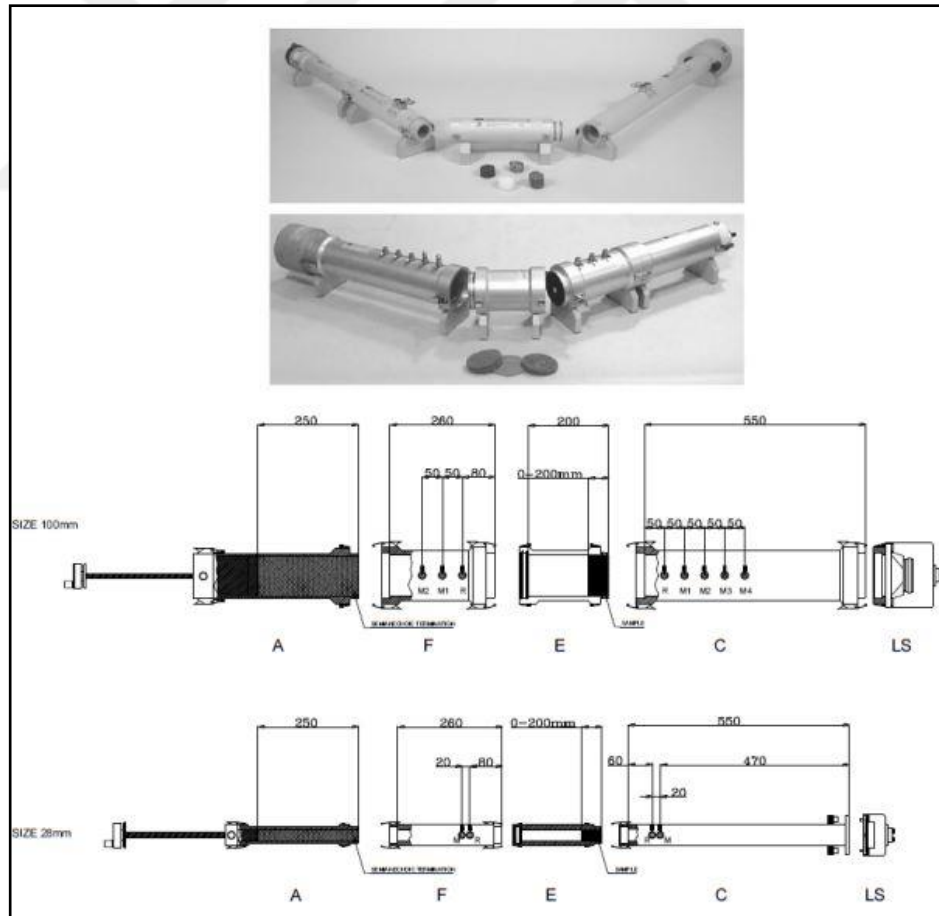
t = Ses geçiş süresi (μ s)

3.3.1.8. Ses Geçiş Kaybı ve Ses Yutum Deneyi

Ses geçiş kaybı ve ses yutum değerlerinin belirlenmesi amacıyla, her bir karışım oranından ≈ 98 mm ve $\approx 27,5$ mm çaplarında, $\approx 12,5$ mm yüksekliğinde 3'er adet numune hazırlanmıştır (Şekil 3.12). Numune yüksekliklerinin belirlenmesinde, akustik amaçlı kullanılan alçı levha asma tavan kalınlıkları etkili olmuştur. Deneyler, GTÜ BAP birimi tarafından desteklenen proje kapsamında yapılan hizmet alımı ile TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümü'nde yapılmıştır. TS EN ISO 10534-2:2003 standardına uygun olarak yapılan deneylerde, Şekil 3.13'te belirtilen empedans tüpü kullanılmıştır [TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı, 2023].



Şekil 3.12: Ses geçiş kaybı ve ses yutum ölçümlerinde kullanılan deney numuneleri.



Şekil 3.13: Ses geçiş kaybı ve ses yutum deneyi ekipmanı.

Deneylere başlamadan önce, hoparlör 10 dakika boyunca çalıştırılmış, sıcaklığın kararlı hale gelmesi sağlanmıştır. Ardından numuneler, numune tutucunun ön yüzeyi ile aynı olacak ve çevresinden hava sızdırmayacak şekilde plastik conta ile empedans tüpünün içerisine yerleştirilmiştir. 1/3 oktav frekans bantları aralığında (100Hz-6,3kHz frekans aralığında) sinyal üretilmiş ve yazılım sistemi ile sonuçlara ulaşılmıştır.

3.3.1.9. Termal İletkenlik Deneyi

Termal iletkenlik değerin (W/mK) tayini amacıyla, her bir karışım oranından 50x50x50 mm boyutlarında 3'er adet numune hazırlanmıştır. Ölçümler, BAP hizmet alımı çerçevesinde İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarları'nda yapılmıştır. ASTM D7984 standardına göre yapılan deneyde Şekil 3.14'te belirtilen C-Therm TCI marka termal iletkenlik test ekipmanı kullanılmıştır. Her bir numunenin ölçümü için 5 tekrar yapılmış, sonuçlar yazılım sistemi aracılığı ile elde edilmiştir [İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarları, 2023].



Şekil 3.14: Termal iletkenlik deney düzeneği.

3.3.1.10. Organik Madde Muhtevası Deneyi

Organik madde muhtevası deneyi, TS EN 13820 standardına uygun olacak şekilde Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda, 4 lt, 1200 °C kapasiteli Çeliktest marka kül fırınında (Şekil 3.15) yapılmıştır. Kuru haldeki 50x50x50 mm boyutlarındaki numuneler 105±5 °C sıcaklıktaki etüvde 2 saat bekletilmiş, ağırlıkları tespit edilmiş (W_k), ardından 500±20 °C'deki kül fırınında 30 dakika boyunca tutulmuştur (Şekil 3.16) [E. Uyar Sun Arşivi, 2023].



Şekil 3.15: Kül fırını.



Şekil 3.16: Organik madde muhtevası deney düzeneği.

Kül fırınından çıkarılan numuneler soğumaya bırakılmıştır. Numunelerin soğumasının ardından, sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonraki ağırlıkları ölçülmüş (W_s), kütlece azalma yüzdesi (%W) (3.13) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$$\%W = \frac{W_k - W_s}{W_k} \times 100 \quad (3.13)$$

%W= Kütlece azalma yüzdesi

W_k = Numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

W_s = Numunenin sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonraki ağırlığı (g)

3.3.2. Mekanik Özellik Deneyleri

Alçı ve pirina katkılı alçı numuneler üzerinde, İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapılan eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

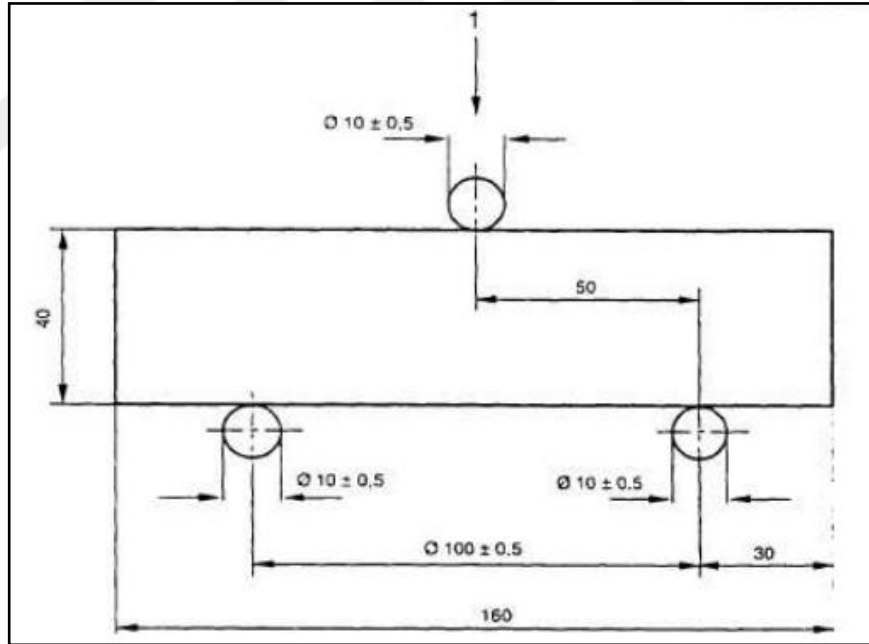
3.3.2.1. Eğilme Dayanımı Deneyi

Eğilme dayanımı deneyi, TS EN 1015-11 standardına uygun olacak şekilde, 40x40x160 mm boyutlarındaki prizma numuneler üzerinde yapılmıştır. Suyu maruz bırakılan numunelerin eğilme ve basınç dayanımına karşı sergileyeceği performansı gözlemlemek amacıyla, hacimce ve ağırlıkça su emme deneyinde 24 saat suya maruz bırakılıp ardından kurutulan numuneler de kullanılmıştır. Suyu maruz bırakılan ve bırakılmayan numunelerin eğilme ve basınç dayanımı değerleri karşılaştırılmıştır.

Deneyde 250 kN kapasiteli UTEST marka UTCM-6420 model eğilme test presi kullanılmıştır. Numuneler kalıpla temas eden yüzeylerinden biri mesnetle temas edecek şekilde Şekil 3.17'de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. TS EN 1015-11 standardında belirtilen eğilme dayanımı deney düzeneği de Şekil 3.18'de verilmiştir [E. Uyar Sun Arşivi, 2023].



Şekil 3.17: Eğilme dayanımı deney düzeneği.



Şekil 3.18: Eğilme dayanımı deney düzeneği.

30 N/s'lik yükleme hızı sağlanmış, sabit hızlı yük numune kırılıncaya kadar uygulanmıştır. Numuneyi kıran en büyük yük kaydedilmiştir. Eğilme dayanımı (f_e , N/mm²) (3.14) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$$f_e = 1,5 \frac{FxL}{bxd^2} \quad (3.14)$$

f_e : Eğilme dayanımı (N/mm²)

F: Numuneye uygulanan en büyük yük (N)

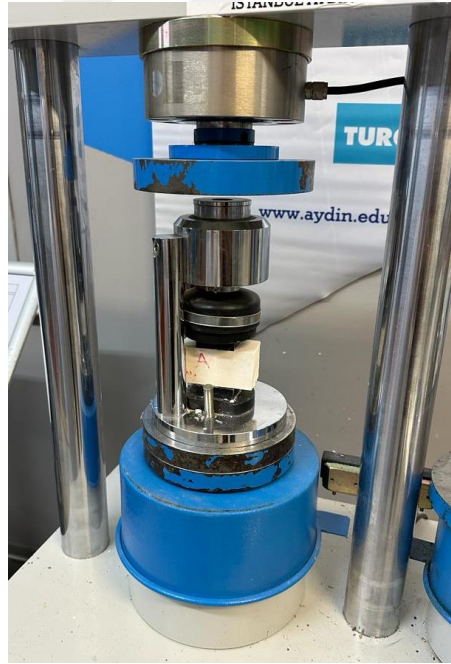
L: Mesnet silindirlerinin eksenleri arasındaki mesafe (mm)

b: Numunenin yük uygulanan yüzeyinin genişliği (mm)

d: Numunenin yük uygulanan yüzeyinin yüksekliği (mm)

3.3.2.2. Basınç Dayanımı Deneyi

Basınç dayanımı deneyi, eğilme dayanımı deneyinde kırılan prizma numune parçaları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney ekipmanı olarak, 250 kN kapasiteli UTEST marka UTCM-6420 model basınç test presi kullanılmıştır (Şekil 3.19) [E. Uyar Sun Arşivi, 2023].



Şekil 3.19: Basınç dayanımı deney düzeneği.

200 N/s yükleme hızı sağlanmış, sabit hızda düzgün olarak artan yük numune kırılincaya kadar uygulanmıştır. Numuneyi kıran en büyük yük kaydedilmiştir. Basınç dayanımı (f_c , N/mm²) (3.15) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$$f_c = \frac{P_c}{b^2} \quad (3.15)$$

f_c = Basınç dayanımı (N/mm²)

P_c = Numunenin taşıyabileceği en fazla yük (N)

b = Numunenin yük uygulanan kesitinin genişliği (mm)



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

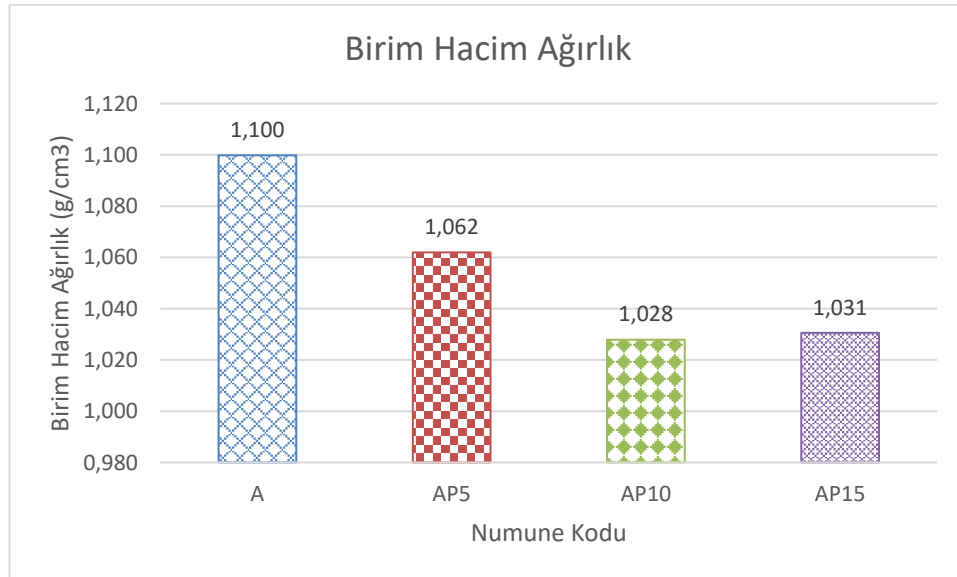
Bu bölümde, yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarından elde edilen ortalama değerler hesaplanarak, fiziksel ve mekanik özellikler grafik ve tablolar ile değerlendirilmiştir.

4.1. Fiziksel Özelliklerin Değerlendirilmesi

Birim hacim ağırlık, boy değişimi, ağırlık değişimi, kılcal su emme, hacimce ve ağırlıkça su emme, kompasite ve porozite, ultrases geçiş hızı, ses geçiş kaybı, ses yutumu, termal iletkenlik ve organik madde muhtevası deney sonuçlarından elde edilen ortalama değerler, Ek Tablo B1.2’de verilmiş olup, değerlendirmeleri aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

4.1.1. Birim Hacim Ağırlık

Bölüm 3.3.1.1’deki 3.4 bağıntısı kullanılarak hesaplanan birim hacim ağırlığın pirina katkı oranına bağlı değişimi Şekil 4.1’de verilmiş; A, AP5, AP10 ve AP15 numunelerinde sırasıyla 1,100; 1,062; 1,028 ve 1,031 gr/cm³ olarak hesaplanmıştır.

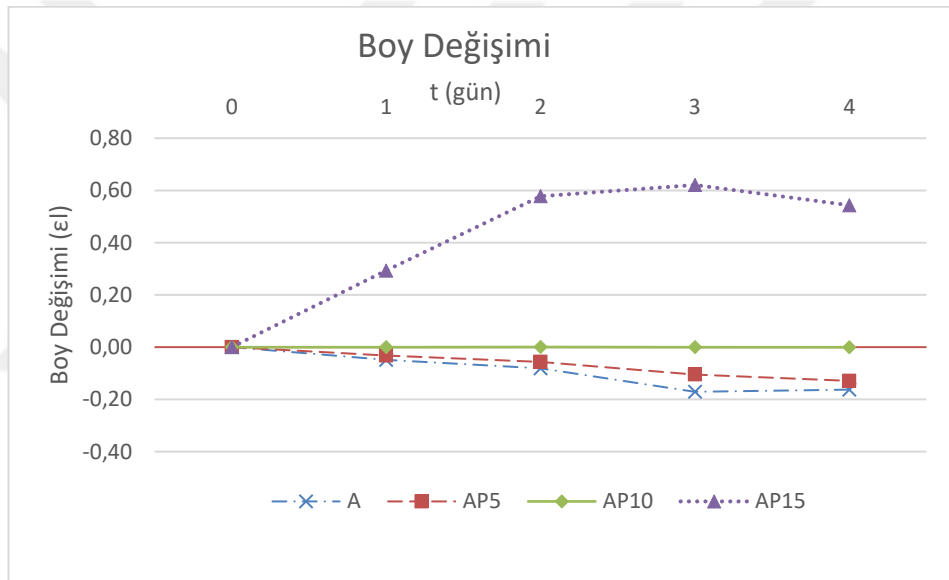


Şekil 4.1: Birim hacim ağırlık-pirina katkı oranı ilişkisi.

Grafik incelendiğinde, pirina katkı oranı arttıkça birim hacim ağırlığının azaldığı; en düşük birim hacim ağırlık değerinin AP10 numunesinde görüldüğü tespit edilmiştir. AP15 numunesinde de bu değere oldukça yakın sonuç elde edilmiştir. Bu iki değer eşit kabul edilip, kontrol numunesi ile kıyaslandığında birim hacim ağırlığında %6,36'lık azalma olduğu gözlenmiştir.

4.1.2. Boy Değişimi

Dört gün boyunca yapılan boy ölçümleri Ek Tablo B.1.1'de, pirina katkı oranına bağlı olarak gerçekleşen boy değişimleri ise Şekil 4.2'de ifade edilmiştir.



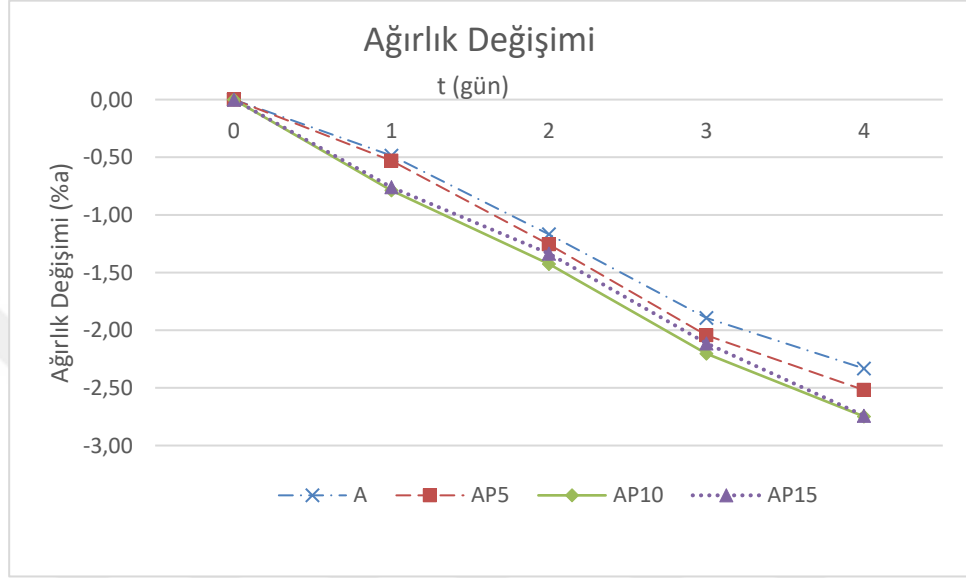
Şekil 4.2: Boy değişimi-zaman ilişkisi.

Boy değişimlerine bakıldığında katkı oranına bağlı olarak farklı sonuçlar elde edildiği; kontrol numunesinde (A) %0,16, AP5 numunesinde %0,13'lük bir azalma, AP15 numunesinde %0,54'lük artış olduğu, AP10 numunesinde ise belirgin bir değişim olmadığı (bkz. Ek Tablo B.1.1) görülmüştür.

Dört günün sonunda AP15 numunesinde kontrol numunesine kıyasla %433,69 daha fazla genleşme olduğu; pirina katkı oranı artışının AP15 numunelerinde genleşmeye sebebiyet verdiği tespit edilmiştir.

4.1.3. Ağırlık Değişimi

Dört gün boyunca yapılan ağırlık ölçümlerinde (Ek Tablo B1.1), tüm numunelerin ağırlıklarının azaldığı görülmüştür. Pirina katkı oranına bağlı olarak gerçekleşen ağırlık değişimlerini ifade eden grafik Şekil 4.3'te verilmiştir.

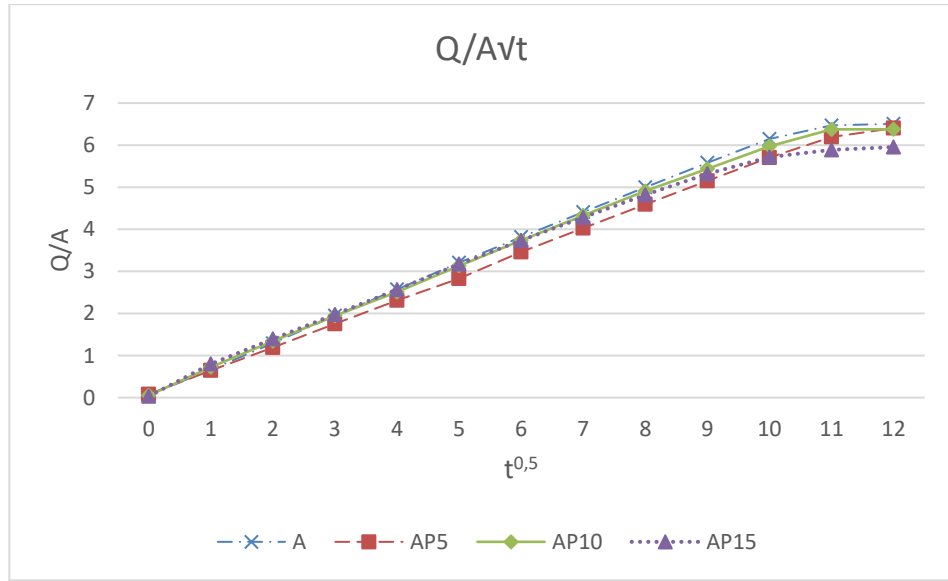


Şekil 4.3: Ağırlık değişimi-zaman ilişkisi.

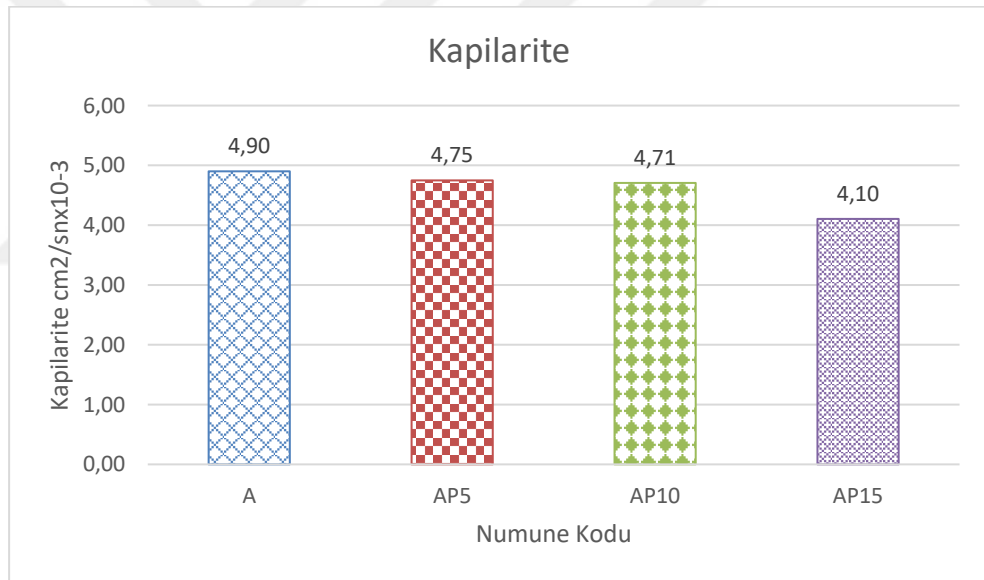
Ağırlık kaybının A numunesinde %2,33, AP5 numunesinde %2,52, AP10 ve AP15 numunelerinde %2,75'e ulaştığı görülmüştür. AP10 ve AP15 numunelerinin, kontrol numunesine kıyasla %17,85'lik oranda daha fazla ağırlık kaybına uğradığı; pirina katkısının ağırlık kaybını artırdığı tespit edilmiştir.

4.1.4. Kılcal Su Emme (Kapilarite)

Bölüm 3.3.1.4'te açıklandığı biçimde yapılan kılcal su emme (kapilarite) deneyinden ulaşılan sonuçlarla, numunelerin birim yüzeylerinden emdikleri su miktarının sürenin karekökü ile ilişkisi Şekil 4.4'te, kılcal su emmenin pirina katkı oranına bağlı değişimi ise Şekil 4.5'te ifade edilmiştir.



Şekil 4.4: Q/A-√t ilişkisi.

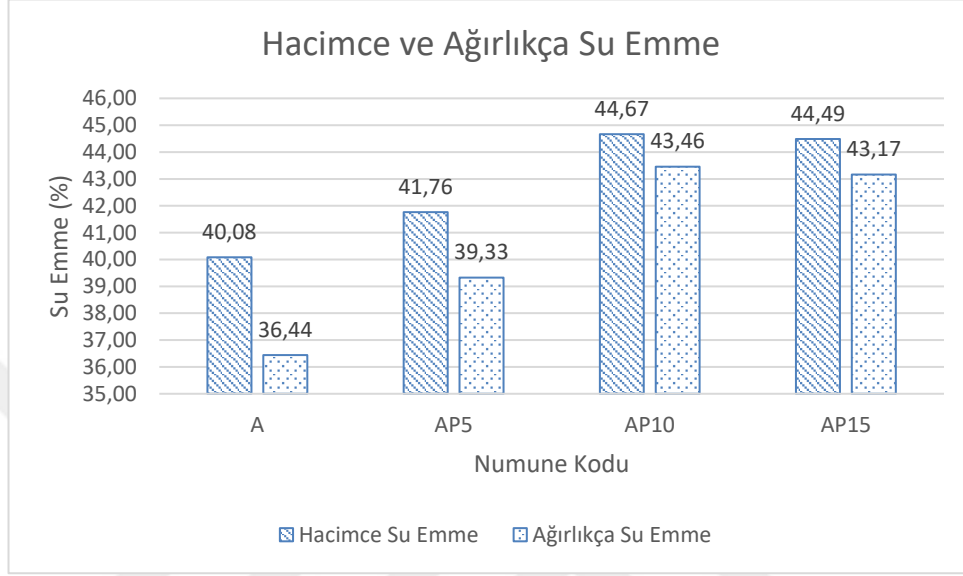


Şekil 4.5: Kapilarite-pirina katkı oranı ilişkisi.

Şekil 4.5'e göre, en düşük kapilarite değerinin AP15 grubu numunelerde olduğu görülmüştür. AP15 numunesindeki kapilarite değeri kontrol numunesiyle kıyaslandığında %16,33'lük azalma olduğu; pirinanın kılcal boşlukları doldurarak kapilariteyi azalttığı tespit edilmiştir.

4.1.5. Hacimce ve Ağırlıkça Su Emme

Pirina katkı oranına bağlı olarak değişen hacimce ve ağırlıkça su emme grafikleri Şekil 4.6’da verilmiştir.

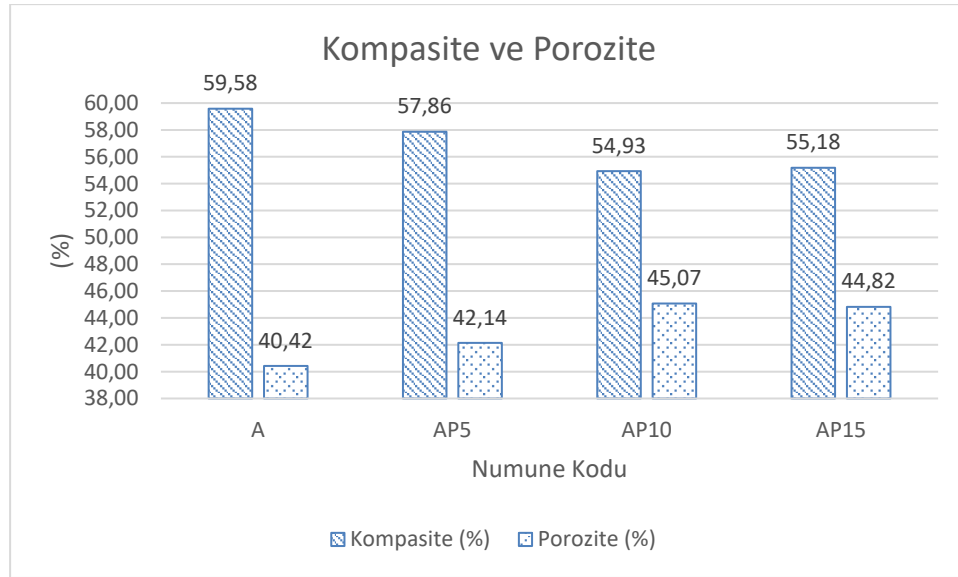


Şekil 4.6: Hacimce ve ağırlıkça su emme-pirina katkı oranı ilişkisi.

Grafik incelendiğinde, en yüksek hacimce ve ağırlıkça su emme değerlerine AP10 numunesinde ulaşıldığı, AP15’te ise AP10’a oldukça yakın değerler elde edildiği görülmüştür. AP10 numunesindeki su emme değerleri kontrol numunesi ile kıyaslandığında; hacimce %11,45, ağırlıkça %19,25’lik artış olduğu tespit edilmiştir. Pirina katkı oranı artışının hacimce ve ağırlıkça su emme oranını artırdığı görülmüştür.

4.1.6. Komposite ve Porozite

Numunelerin komposite ve porozite değerleri bölüm 3.3.1.6’da anlatıldığı gibi 3.10 ve 3.11 bağıntıları ile hesaplanmış, pirina katkı oranına bağlı değişimleri Şekil 4.7’deki grafikte ifade edilmiştir.

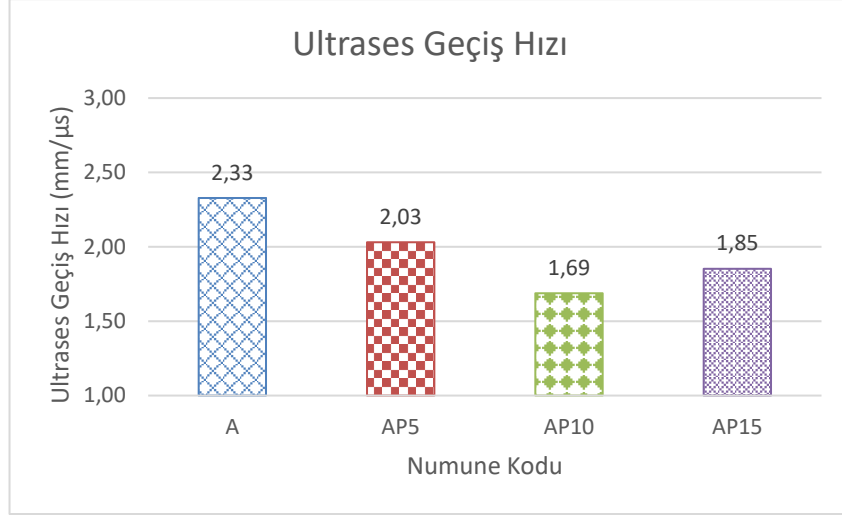


Şekil 4.7: Kompasite ve porozite-pirina katkı oranı ilişkisi.

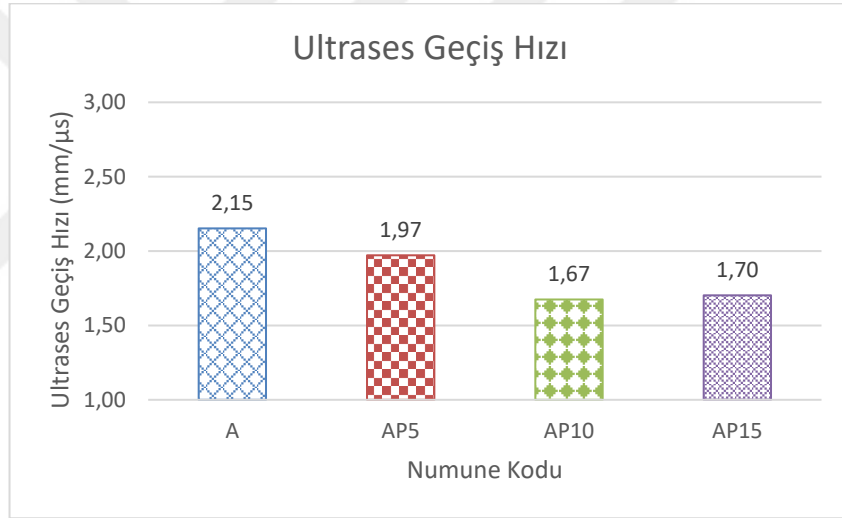
Şekil 4.7 incelendiğinde, kontrol numunesindeki 59,58'lik kompasite oranının AP10 numunesinde %7,80 azalarak 54,93'e düştüğü, AP15 numunesinde %0,45'lik artış göstererek 55,18'e çıktığı; dolayısıyla A numunesindeki 40,42'lik porozite oranının AP10 numunesine kadar aynı oranda artarak 45,07'ye çıktığı, AP15 numunesinde tekrar azalma göstererek 44,82'ye düştüğü tespit edilmiştir. Pirina katkı oranı artışının gözenekli yapıyı artırdığı görülmüştür.

4.1.7. Ultrases Geçiş Hızı

Numunelerin boşluk oranı ve çatlakları hakkında bilgi veren ultrases geçiş hızının pirina katkı oranına bağlı değişimi 40x40x160 mm boyutundaki numuneler için Şekil 4.8'de, 50x50x50 mm boyutundaki numuneler için ise Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.8: Ultrases geçiş hızı-pirina katkı oranı ilişkisi (40x40x160 mm boyutundaki numuneler için).

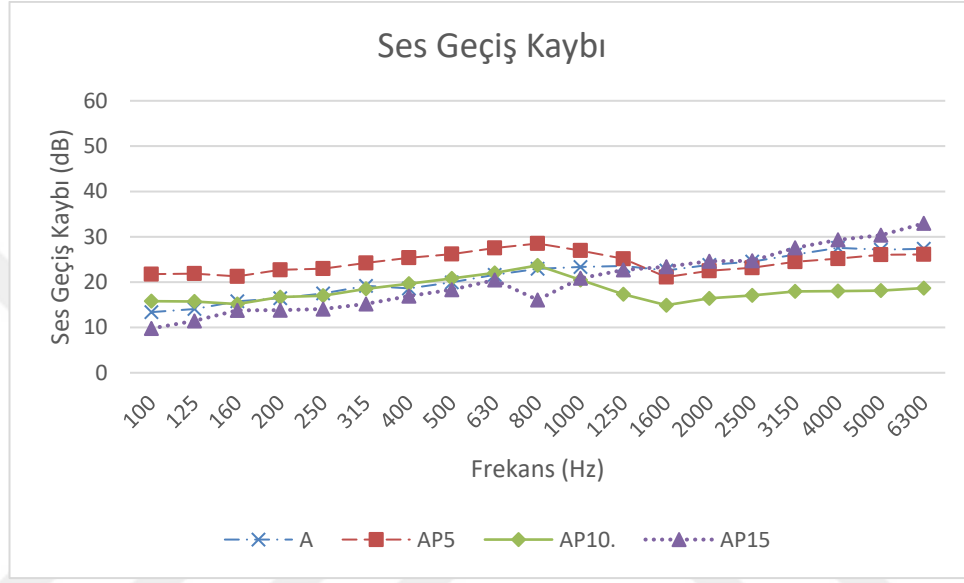


Şekil 4.9: Ultrases geçiş hızı-pirina katkı oranı ilişkisi. (50x50x50 mm boyutundaki numuneler için).

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da, pirina katkı oranı arttıkça ultrases geçiş hızının azaldığı, en düşük değerin AP10 numunelerinde görüldüğü, AP15 numunelerinde ise bu değere yakın olmakla birlikte artış gözlemlendiği tespit edilmiştir. AP10 numunesindeki ses geçiş hızları kontrol numunesi ile kıyaslandığında 40x40x160 mm boyutundaki numunelerde %27,51; 50x50x50 mm boyutundaki numunelerde ise %22,21’lik azalma olduğu görülmüştür. Pirina katkısının artmasıyla ultrases geçiş hızı değerinin düşmesi, pirina katkısının numunelerdeki boşluk oranını artırdığını göstermektedir.

4.1.8. Ses Geçiş Kaybı ve Ses Yutum

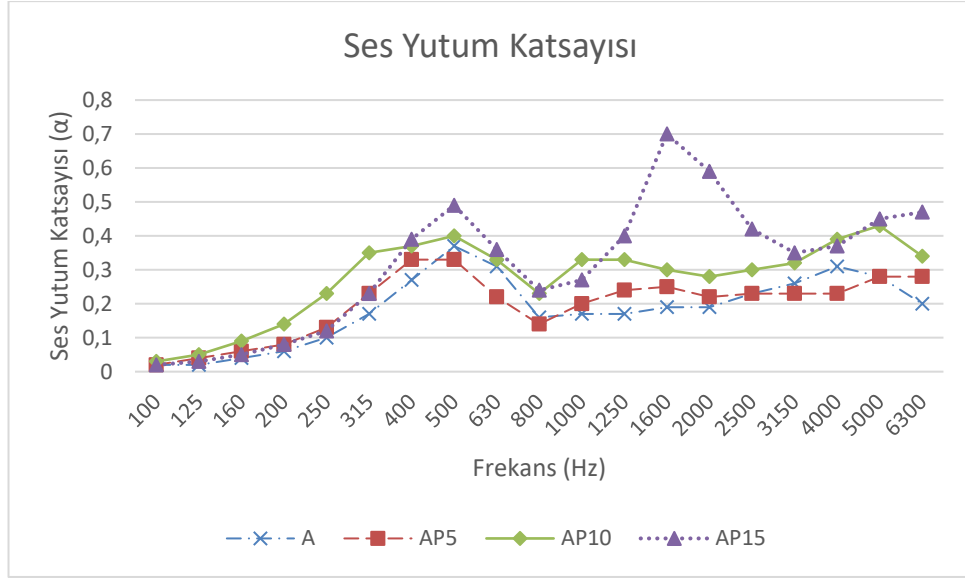
TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı'nda yapılan ses geçiş kaybı ve ses yutum katsayısı ölçümleri Ek C'de verilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda; ses geçiş kaybının pirina katkısına bağlı olarak değişimini gösteren grafik Şekil 4.10'da ifade edilmiştir.



Şekil 4.10: Pirina katkı oranının ses geçiş kaybı-frekans ilişkisine etkisi.

Grafik incelendiğinde A numunesinde frekansa bağlı bir sapma gözlenmediği, doğru orantılı bir artış olduğu; pirina katkılı numunelerde ise 630-1600 Hz aralığında sapmaların gerçekleştiği tespit edilmiştir. A numunesinde yüksek frekanslarda (1000-6300 Hz) daha iyi ses yalıtımı sağlandığı, en iyi ses yalıtım değerinin 6300 Hz'de ölçüldüğü görülmüştür. AP5 ve AP10 numunelerinde 800 ve 1600 Hz'de sapmalar olduğu, en iyi ses yalıtım değerinin 800 Hz'de elde edildiği gözlenmiştir. AP15 numunesinde frekans ile doğru orantılı artış olurken, 630 Hz'den sonra sapma olduğu, ardından artışın doğru orantılı olarak devam ettiği ve en iyi ses yalıtım değerinin 6300 Hz'de ölçüldüğü tespit edilmiştir.

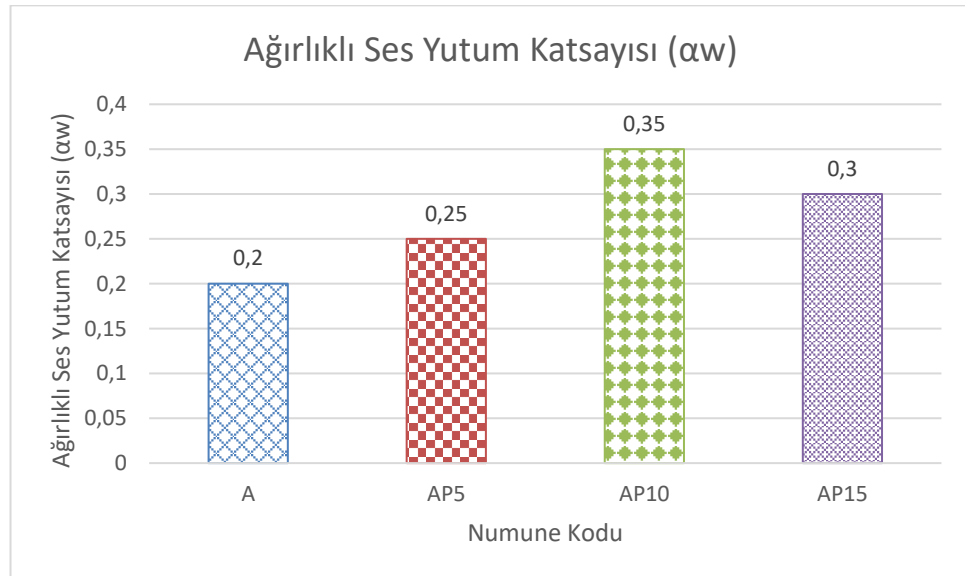
Ses yutum katsayısının, pirina katkısına bağlı olarak değişimini gösteren grafik ise Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11: Pirina katkı oranının ses yutum katsayısı-frekans ilişkisine etkisi.

Şekil 4.11’de görüldüğü gibi, pirina katkısı arttıkça ses yutum katsayısı da artmıştır. En yüksek ses yutma katsayısı değeri, 1600 Hz’de AP15 numunesinde $0,70\alpha$ olarak ölçülmüştür. Bu değer kontrol numunesinin yaklaşık 3,7 katıdır.

Frekansa bağlı ses yutuculuk değerlerinin, TSE EN ISO 11654 standardında belirtilen referans eğri yardımıyla hesaplanan tek sayılı değeri (ağırlıklı ses yutum katsayısı (α_w)) A, AP5, AP10 ve AP15 numunelerinde sırayla 0,20; 0,25; 0,35; 0,30 α_w olarak bulunmuştur (Şekil 4.12).

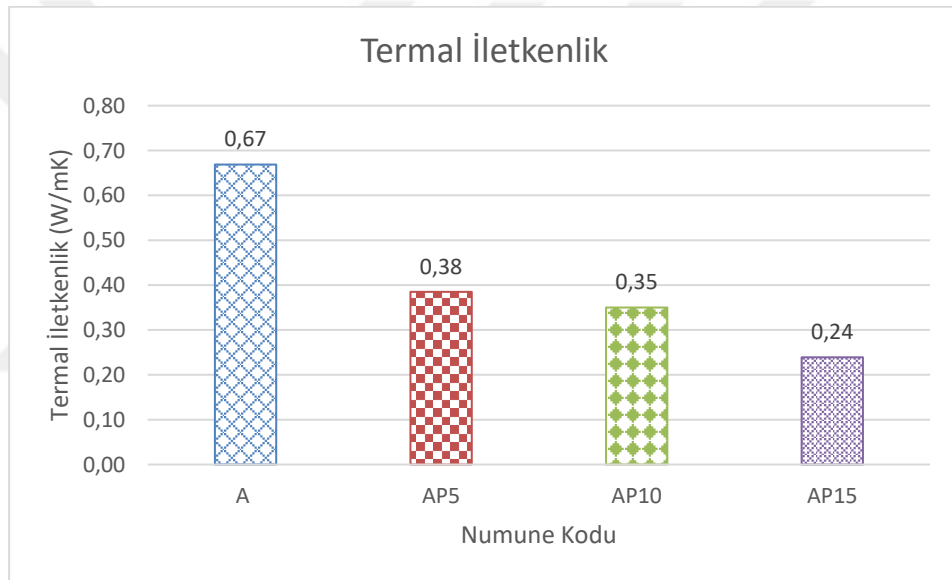


Şekil 4.12: Ağırlıklı ses yutum katsayısı-pirina katkı oranı ilişkisi.

Şekil 4.12'deki ağırlıklı ses yutum katsayısı değerleri Bölüm 2.4'te açıklanan Tablo 2.6'ya göre incelendiğinde; A ve AP5 numunelerinin E sınıfı, AP10 ve AP15 numunelerinin ise D sınıfında değerlendirilebileceği görülmüş, pirina katkısı arttıkça ses yutum özelliklerinde iyileşme olduğu tespit edilmiştir.

4.1.9. Termal İletkenlik

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapılan termal iletkenlik ölçümlerinde termal iletkenliğin (W/mK) pirina katkı oranına bağlı değişimi Şekil 4.13'te ifade edilmiştir.

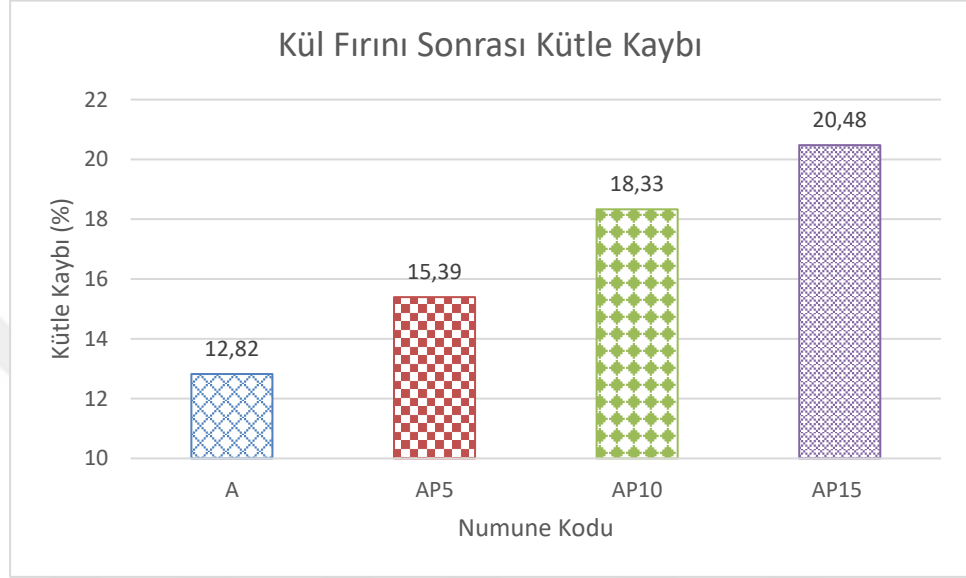


Şekil 4.13: Termal iletkenlik- pirina katkı oranı ilişkisi.

Grafik incelendiğinde, kontrol numunelerinin ve pirina katkılı alçı numunelerin ISO ve CEN standartlarına göre ısı yalıtım malzemesi olabilmesi için gereken termal iletkenlik değerinin ($<0,065$ W/mK) [Web 17, t.y] üzerinde kaldığı görülmüştür. AP15 numunesinde elde edilen termal iletkenlik değeri kontrol numunesi ile kıyaslandığında %64,26'lık azalma olduğu; pirina katkı oranı arttıkça termal iletkenlik değerinin azaldığı; en düşük değere AP15 numunesinde ulaşıldığı tespit edilmiştir.

4.1.10. Organik Madde Muhtevası

Numunelerin organik madde muhtevasının belirlenmesi için kül fırınında sıcaklığa maruz bırakılmasının ardından ulaşılan kütle kayıp yüzdeleri Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14: Kül fırını sonrası kütle kaybı yüzdesi-pirina katkı oranı ilişkisi.

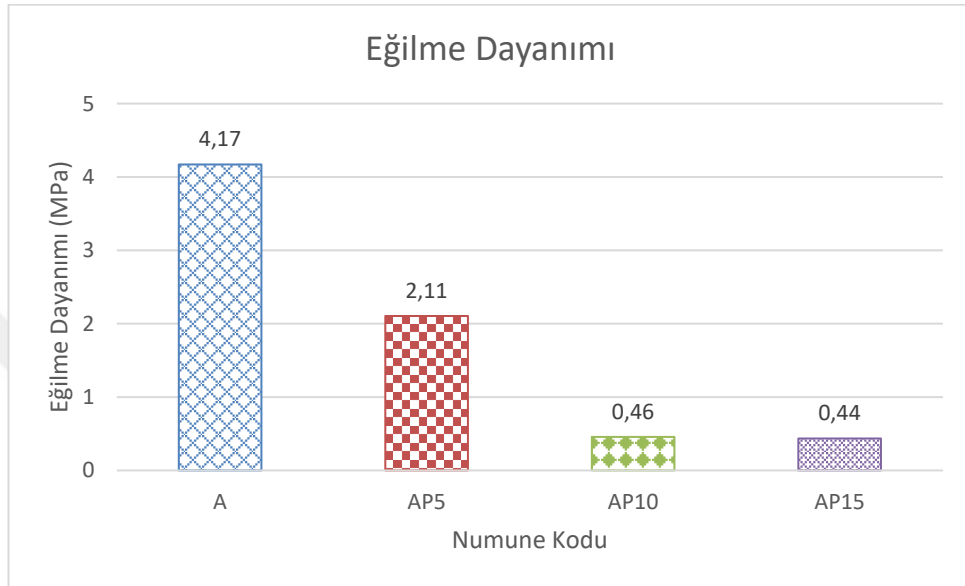
Şekil 4.14'teki grafiğe göre, pirina katkı oranı arttıkça kütle kaybı yüzdesinin de arttığı, en fazla kaybın AP15 numunesinde elde edildiği görülmüştür. AP15 numunesindeki kütle kaybı kontrol numunesi ile kıyaslandığında, %59,69'luk artış olduğu tespit edilmiştir. Pirina katkı oranındaki artışın, numunenin yangın dayanımında olumsuz etkileri olduğu görülmüştür.

4.2. Mekanik Özelliklerin Değerlendirilmesi

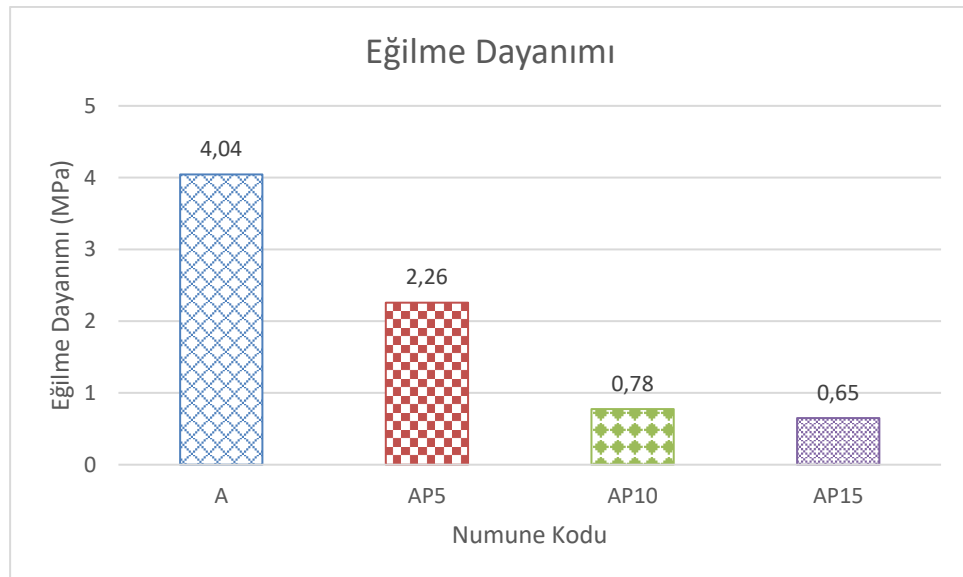
Eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deney sonuçlarından elde edilen ortalama değerler Ek Tablo B1.3'te verilmiştir. Deneylerin değerlendirmeleri aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

4.2.1. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımının, suya maruz bırakılan (Şekil 4.15) ve bırakılmayan (Şekil 4.16) numunelerde pirina katkı oranına bağlı olarak değişimini gösteren grafikler verilmiştir.



Şekil 4.15: Suya maruz bırakılan numunelerde eğilme dayanımı-pirina katkı oranı ilişkisi.



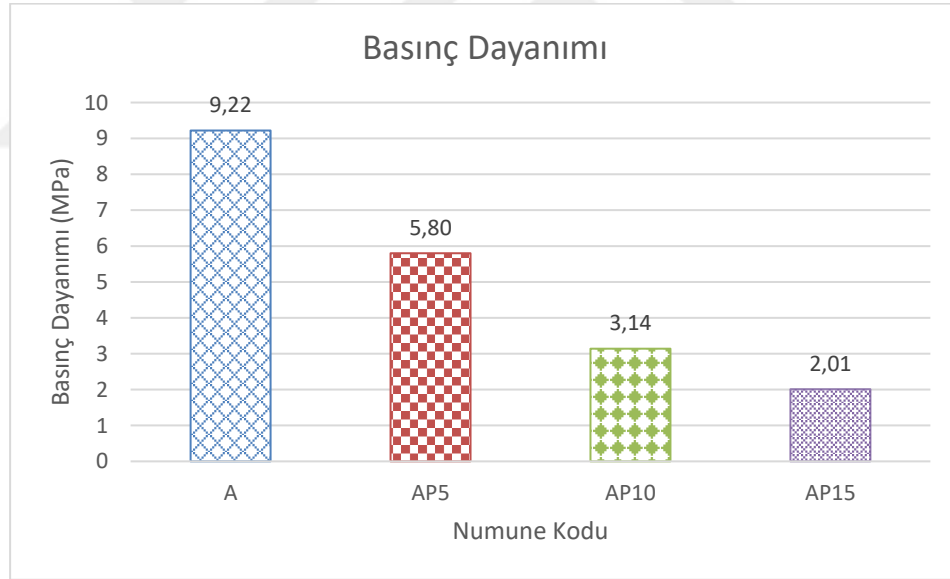
Şekil 4.16: Suya maruz bırakılmayan numunelerde eğilme dayanımı-pirina katkı oranı ilişkisi.

Grafiklerde de görüldüğü üzere, her iki durumda da pirina katkı oranı arttıkça eğilme dayanımının azaldığı, en yüksek eğilme dayanımı değerine A numunesinde, en düşük değere ise AP15 numunesinde ulaşıldığı tespit edilmiştir.

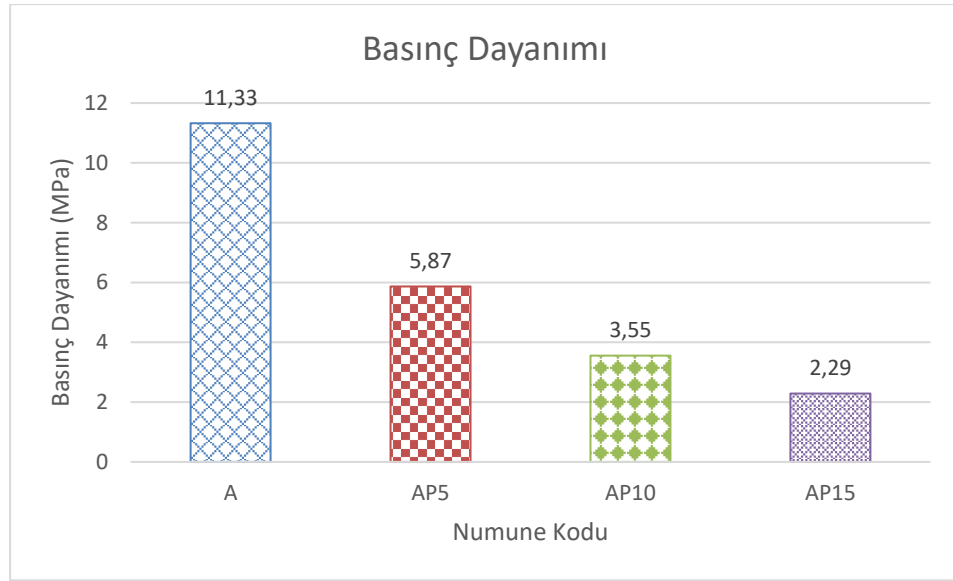
AP15 numunesinde suya maruz bırakılan numunelerdeki eğilme dayanımı değerinin A numunesine kıyasla %89,5, suya maruz bırakılmayan numunelerde ise %84 azaldığı görülmüştür. Pirina katkı oranının artmasıyla elde edilen eğilme dayanımı değerindeki azalmanın suya maruz bırakılan numunelerde daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

4.2.2. Basınç Dayanımı

Suya maruz bırakılan ve bırakılmayan numunelerin basınç dayanımının pirina katkı oranına bağlı değişimi sırasıyla Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 grafiklerinde ifade edilmiştir.



Şekil 4.17: Suja maruz bırakılan numunelerde basınç dayanımı-pirina katkı oranı ilişkisi.



Şekil 4.18: Suyu maruz bırakılmayan numunelerde basınç dayanımı-pirina katkı oranı ilişkisi.

Grafikler incelendiğinde, her iki durumda da en yüksek basınç dayanımı değerinin A numunesinde, en düşük basınç dayanımı değerinin ise AP15 numunesinde elde edildiği gözlenmiştir. Suyu maruz bırakılmayan A numunesinde 11,33 MPa, suya maruz bırakılarda ise 9,22 MPa basınç dayanım değeri elde edilmiş, su etkisinin A numunelerinde basınç dayanımını azalttığı görülmüştür. Pirina katkılı AP5, AP10 ve AP15 numunelerinde ise suya maruz bırakılan ve bırakılmayan durumlarda elde edilen basınç dayanımı değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. AP15 numunesinde suya maruz bırakılan numunelerdeki basınç dayanımı değerinin A numunesine kıyasla yaklaşık %78,2, suya maruz bırakılmayan numunelerde ise %79,8 azaldığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Literatürde; biyomalzemelerin çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin olmadığı, doğal malzemelerden elde edilmeleri, tehlikeli madde içermemeleri, kullanım ömrü sonunda doğaya zarar vermeden yok olmaları ve zehirli gaz salınımına neden olmamalarından dolayı; biyo esaslı yapı malzemelerinin iç mekânda da uygulanabilir olduğuna dair çalışmalara ulaşılmıştır.

Biyomalzeme olarak kabul edilen zeytinyağı üretim atığı pirinanın mimaride yapı malzemesi üretiminde kullanılabilirliği konusunda ulusal ve uluslararası çalışmalar olduğu, farklı alanlarda yapılan çalışmaların da yapı sektörüne katkı sağlayabileceği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar, çevre dostu yapı malzemesi üretiminde pirinanın oldukça umut verici olduğunu göstermektedir. Pirinadan elde edilen biyo esaslı yapı malzemelerinin hem akustik hem de ısı yalıtımı için kullanılabileceği, aynı zamanda sektörde yaygın olarak kullanılan yapı malzemelerine alternatif olabilecek performans sergilediği anlaşılmıştır.

Türkiye’de pirinanın çoğunlukla yakıt olarak kullanıldığı, ulusal ve uluslararası çalışmalarda ise pirinanın yakıt olarak kullanılmasının ardından elde edilen küllerin dahi yapı malzemesi üretiminde kullanılabilir olduğu görülmüştür. Bu durum, pirinanın ekonomik değeri olan, geri dönüştürülebilir bir atık olduğunun; atıkların ilk olarak değerlendirilmesinin ardından oluşan atıkların dahi yapı malzemesi üretiminde kullanılabilmesi ile ileri dönüşümlü (upcycle) ticari getiri potansiyeli bulunan bir biyomalzeme olduğunun göstergesidir.

Pirinanın alçı levha üretiminde katkı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin deneysel olarak araştırıldığı bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar fiziksel özellik ve mekanik özellikler bağlamında aşağıda özetlenmiştir:

- Pirina katkı oranı arttıkça, numunelerin birim hacim ağırlığı ve ultrases geçiş hızının azaldığı, en düşük değerlerin AP10 numunesinde elde edildiği tespit edilmiştir. Birim hacim ağırlığı ve ultrases geçiş hızının azalması, malzemenin boşluklu ve gözenekli bir yapıya sahip olması ile açıklanmaktadır. Porozite deneyinde de, pirina katkısı ile boşluk oranının arttığı, en fazla boşluk oranına AP10 numunesinde ulaşıldığı görülmüştür. Pirina katkı oranı artışının numuneleri

hafiflettiği; malzemenin taşınmasını kolaylaştırması ve yapıdaki yükü azaltması sebebiyle olumlu özellik kazandırdığı görülmüştür.

- Boy değişimleri incelenen numunelerde; AP5 numunesinde gözlenen rötrenin kontrol numunesine kıyasla azaldığı, AP10 numunesinin boyunda ise belirgin bir değişimin gözlenmediği tespit edilmiştir. Bu sayede, numunenin kuruma sürecinde oluşabilecek çatlakların azalmasına ve daha kompakt yüzeye sahip numune üretilmesine katkı sağlanacağı düşünülmektedir. AP15 numunesinde ise pirina katkı oranı artışının genleşmeye neden olduğu görülmüştür.

- Pirina katkı oranı arttıkça numunelerdeki ağırlık kaybının arttığı tespit edilmiştir. Ağırlık kaybı, numunenin boşluklarındaki su kaybı ile ilişkilendirilmiş ve pirina katkısının boşluk oranını artırdığı sonucuna varılmıştır.

- Kılcal su emmenin (kapilaritenin) pirina katkı oranına bağlı değişiminde, en düşük kapilarite değerinin AP15 numunesinde elde edildiği görülmüştür. Bu durum pirina katkısının kılcal boşlukları doldurarak kapilariteyi azalttığının göstergesidir.

- Numunelerdeki pirina katkı oranı artışının, hacimce ve ağırlıkça su emme değerlerinde artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Doğrudan su ile temas edecek mekânlarda kullanılmaması ve su dayanımı konusunda önlemler alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

- Hacimce ve ağırlıkça su emme değerlerindeki artışın; pirinanın dane boyutuyla ilgili olabileceği; oluşturduğu boşluklu yapı nedeniyle su emme değerlerinde artışa neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarda pirinanın öğütülerek kullanımının su emme değerlerine etkisinin incelenmesi önerilmektedir.

- Ses geçiş kaybı deneyi sonucunda frekansa bağlı sapmaların olduğu, en iyi ses yalıtım değerine 6300 Hz’de AP15 numunesinde ulaşıldığı tespit edilmiştir.

- Frekansa bağlı incelenen ses yutum katsayısında, en yüksek değerin 1600 Hz’de 0,70α ile AP15 numunesinde elde edildiği görülmüştür. Frekanstan bağımsız, ağırlıklı ses yutum katsayısı değerinin (α_w) ise pirina katkısıyla arttığı, en yüksek değere AP10 numunesinde ulaşıldığı (0,35 α_w) tespit edilmiştir. Kontrol numunesine kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen, piyasada kullanılan akustik alçı levhalar ile (bkz. Tablo 2.5) kıyaslandığında, daha düşük değerlere ulaşılmıştır. Bu durumun alçı levha üretiminde kullanılan katkı malzemelerinden kaynaklandığı, pirinanın alçı levha üretim tesisinde araştırılmasının daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

- Termal iletkenlik deneyleri sonucunda elde edilen değerler malzemenin ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanabileceği değerlerin dışında kalmıştır. Ancak, pirina katkı oranı arttıkça termal iletkenlik değerinin azaldığı ve ısı yalıtımı özelliklerinin iyileştiği; AP15 numunesinin (0,24 W/mK) piyasada kullanılan alçı levhalarla (bkz. Tablo 2.4) rekabet edebilecek performans sergilediği görülmüştür.
- Yüksek ısıya maruz bırakılan numunelerdeki kütle kaybı, pirina katkı oranı arttıkça artmıştır. Bu durum pirinanın yangın dayanımını olumsuz etkilediğini ve önlem alınması gerektiğini göstermektedir.
- Mekanik özelliklerin incelendiği deneylerde ise pirina katkı oranı arttıkça eğilme ve basınç dayanımlarının önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir. Pirina katkı oranının artmasıyla elde edilen eğilme dayanımı değerindeki azalmanın suya maruz bırakılan numunelerde daha fazla olduğu, basınç dayanımı değerlerindeki azalmanın ise suya maruz bırakılan ve bırakılmayan numunelerde oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir.
- Mekanik özellik deneylerinde elde edilen sonuçlar 2023 yılında pirina külü ve alçı ile yapılan çalışma [Peceño et al., 2023] ile kıyaslandığında karbonasyon işleminin basınç dayanımını artırdığı görülmüştür. Bunun yanı sıra pirina külü oranının alçıdan daha fazla kullanıldığı söz konusu çalışmada elde edilen değerler göz önüne alındığında, pirina külü kullanımının alçı levhada basınç dayanımını artıracığına ve konunun gelecek çalışmalara ışık tutacağına inanılmaktadır.

Elde edilen sonuçlar neticesinde; pirinanın yük taşımayan ve suya maruz kalmayan iç mekân bölme duvarlarda ve asma tavanlarda katkı malzemesi olarak kullanılabilir olduğu düşünülmektedir. Bu tez çalışmasında kabul edilen su/alçı (70/100) oranı (Dalsan Alçı Sanayi) ile pirinanın su emme oranı birlikte ele alındığında numunelerin boy değişimlerinin (genleşme), su emmesinin ve porozitenin artması, dayanımının azalmasına neden olmuştur. Bu nedenle pirinanın su emme oranına bağlı olarak 70/100 oranının değişmesi durumundaki özelliklerin üretici firmaların Ar-Ge laboratuvarlarında incelenmesi önerilmektedir. Pirinanın alçı levha üretiminde katkı malzemesi olarak kullanılması sayesinde, kaynak (alçı) korunumu sağlanarak sürdürülebilir yapı malzemesi üretimine, sıfır atık politikası ve döngüsel ekonomiye katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

ASTM D7984, (2021), Standard Test Method for Measurement of Thermal Effusivity of Fabrics Using a Modified Transient Plane Source (MTPS) Instrument.

Babenko, M., Estokova, A., Savytskyi, M., Unčík, S. (2018), “Study of Thermal Properties of Lightweight Insulation Made of Flax Straw”, Slovak Journal of Civil Engineering, 26(2), 9-13.

Belkharchouche, D., Chaker, A., (2016), “Effects of Moisture on Thermal Conductivity of the Lightened Construction Material”, International Journal of Hydrogen Energy, 41(17), 7119-7125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.01.160>.

Binici, H., Aksogan, O., (2016), “Eco-friendly Insulation Material Production with Waste Olive Seeds, Ground PVC and Wood Chips”, Journal of Building Engineering 5, 260–266.

Binici, H., Eken, M., Dolaz, M., Aksogan, O., Kara, M., (2014), “An Environmentally Friendly Thermal Insulation Material from Sunflower Stalk, Textile Waste and Stubble Fibres”, Construction and Building Materials, 51, 24–33.

Binici, H., Sevinç, A. H., Demirhan, C., (2014), “Mısır Koçanı Katkılı Isı Yalıtım Malzemesi Üretimi”, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29, 13-26.

Çolakoğlu, B., (2018), “Tarımsal Atıkların Alternatif Kullanım Alanları Konusunda Üretici Eğilimleri”, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Dalsan Alçı Sanayi, (2022).

de la Casa, J. A., Castro, E., (2014), “Recycling of Washed Olive Pomace Ash For Fired Clay Brick Manufacturing”, Construction and Building Materials, 61, 320-326. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.03.026>.

Díaz-García, A., Martínez-García, C., Cotes-Palomino, T., (2017), “Properties of Residue from Olive Oil Extraction as a Raw Material for Sustainable Construction Materials. Part I: Physical Properties”, Materials, 10(2), 100. doi: 10.3390/ma10020100.

DPT (2008), DPT: 2773, ÖİK:703, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Cilt 1 (Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler), Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2007-2013), Ankara.

Eken, M., (2012), “Yalıtım Malzemesi Üretiminde Atık Malzemelerin Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

Ekici, P., (2010), “Farklı Fiziksel, Kimyasal Ve Biyolojik Yöntemlerle Zeytinyağı Karasuyunun Arıtılabilirliği”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

El Boukili, G., Ouakarrouch, M., Lechheb, M., Kifani-Sahban, F., Khaldoune, A., (2021), “Recycling of Olive Pomace Bottom Ash (By-Product of the Clay Brick Industry) for Manufacturing Sustainable Fired Clay Bricks”, *Silicon*, 14, 4849–4863. doi: <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01279-x>.

El Hammouti, A., Charai, M., Mezrhab, A., Karkri, M., (2022), “Fired and Unfired Clay Bricks Incorporating Olive Pomace: A Comparative Study”, *Materials Today: Proceedings*, 60, 359-364. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.243>.

Eliche-Quesada, D., Leite-Costa, J., (2016), “Use of Bottom Ash From Olive Pomace Combustion in the Production of Eco-Friendly Fired Clay Bricks”, *Waste Management*, 48, 323-333. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.042>.

Erbs, A., Nagalli, A., de Carvalho, K. Q., Mymrin, V., Passig, F. H., Mazer, W. (2018), “Properties of Recycled Gypsum from Gypsum Plasterboards and Commercial Gypsum throughout Recycling Cycles”. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1314-1322. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.189.

Erdem, S., Can Yarımtepe, C., Ayman Öz, N., (2015), “Zeytin Karasuyu Arıtım Yöntemleri”, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1, 81-110.

Erdoğan, M., (1997), “Türkiye Alçıtaşı Yatakları ve Özellikleri”, 2. Ulusal Alçı Kongresi, Bildiriler Kitabı, İstanbul, 2- 3 Mayıs.

Ersoy, H, Y., (2001), “Kompozit Malzeme”, İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Ertürk, D., (2015), “Pirina Kompozit Reçine Sentezi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Polimer Bilim ve Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul.

Ghazvinian, A., Farrokhsiar, P., Vieira, F., Pecchia, J., Gürsoy, B., (2019), “Mycelium-Based Bio-Composites For Architecture: Assessing the Effects of Cultivation Factors on Compressive Strength”, *Material Studies and Innovation*, (2), 505-513.

Gutierrez, O., Balart, R., Lasano, D., Quiles-Carrillo, L., Fages, E., Sanchez-Nacher, L., (2019), “Development and Characterization of Environmentally Friendly Insulation Materials for the Building Industry from Olive Pomace Waste”, *Fibers and Polymers*, 21, 1142-1151. doi: 10.1007/s12221-020-9701-6.

Gürdal, E., (2010), “Bir Yapı Malzemesi Olarak Alçı”, *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, (4), 37-43.

Hebel, D. E., Heisel, F., (2017), “Challenges, Strategies, and Goals”, In *Cultivated Building Materials: Industrialized Natural Resources for Architecture and Construction* (8-19), ISBN: 978-3-0356-0892-2. Birkhäuser.

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarları, (2023).

Kadı, B., (2022), “3 Boyutlu Yazıcıların Kompozit Gaz Beton Üretiminde Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük.

Kafesçioğlu, R., Gürdal, E., (1985), *Çağdaş yapı malzemesi-Alker-“Alçılı kerpiç”*, Seyhan Matbaası, İstanbul.

Karaca, C., Bozoğlu, B., Polat, O., (2015), “Hatay İli Pirina Atık Miktarının ve Enerji Potansiyelinin Haritalanması”, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2, 55-60.

Kaya, A.İ., Dalgıç, T., (2017), “Ses Yalıtımı Açısından Doğal Liflerin Akustik Özellikleri”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1, 25-37.

Kaylı, İ., Doğruyol, M., Baran, M.F., (2021), “Tarımsal Atıkların İnşaat Sektöründe Değerlendirilmesi”, “IARCAS” 1.Uluslararası Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Sempozyumu, 660-670, Isparta, Türkiye, 27-29 Ekim.

Keskin, O., Yılmaz, S. (2020), “Su Kabağı Lifi (*Luffa cylindrica*)-Epoksi Kompozitinde Sesin Yutulma Performansını Etkileyen Parametreler”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 201-208. doi:10.19113/sdufenbed.681607.

Khitab, A., Anwar, W., Mehmood, I., Khan, U. A., Kazmi, S. M. S., Munir, M. J., (2016), “Sustainable Construction With Advanced Biometaterials: An Overview”, *Science International*, 28(3), 2351-2356.

Knapic, S., Bajraktari, A., Nunes, L., (2017), “Bamboo and Rattan”, *Performance of Bio-Based Building Materials*, 120-124, ISBN: 9780081009925, Woodhead Publishing.

Kocataşkın, F., (1975), *Yapı Malzemesi Bilimi-Özellikler ve Deneyler*, Birsan Kitabevi, İstanbul.

Li Y., Ren S., (2011), “Building Decorative Materials”, In *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering*, 54-74, ISBN: 9780857092571, Woodhead Publishing.

López-García, A. B., Cotes-Palomino, T., Uceda-Rodríguez, M., Moreno-Maroto, J. M., Cobo-Ceacero, C. J., Andreola, N. F., Martínez-García, C., (2021), “Application of Life Cycle Assessment in the Environmental Study of Sustainable Ceramic Bricks Made with ‘alperujo’ (Olive Pomace)”, *Applied Science*, 11(5), 2278. doi: <https://doi.org/10.3390/app11052278>.

Lushnikova N., Dvorkin L., (2016), “Sustainability Of Gypsum Products As A Construction Material”, In J. M. Khatib (Ed.), Sustainability of Construction Materials (643-681), Woodhead Publishing.

Moreno-Maroto, J. M., Uceda-Rodríguez M., Cobo-Ceacero, C. J., Palomino T. C., García, C. M., Alonso-Azcárate, J., (2020), “Recycling of ‘Alperujo’ (Olive Pomace) As a Key Additive In The Manufacture Of Lightweight Aggregates”, In A. R. Serrano, J. R. J. Romero, J. M. F. Rodríguez, E. F. Ledesma (Ed.), New Trends in Green Construction (25-26), ISBN: 978-84-9927-554-3, UCOPress Publishing.

Murat Hoccoğlu, S., Baştürk, İ., Aydoğan, C., Gürsoy Haksevenler, B. H., (2018), “Türkiye’deki Zeytinyağı İşletmelerinin 3 Fazlıdan 2 Fazlı Üretime Geçiş Durumunda Pirina Tesislerinin Yeterliliğinin CBS Destekli Analizi”, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1, 43-58.

Nguyen, D. M., Grillet, A. C., Diep, T. M. H., Thuc, C. N. H., Woloszyn, M., (2017), “Hygrothermal Properties of Bio-Insulation Building Materials Based on Bamboo Fibers And Bio-Glues”, Construction and Building Materials, 155, 852-866. doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.08.075.

Peceño, B., Pérez-Soriano, E. M., Ríos, J. D., Luna, Y., Cifuentes, H., Leiva, C., (2023), “Effect of Different Ashes from Biomass Olive Pomace on the Mechanical and Fire Properties of Gypsum-Based Materials”, Revista de la Construcción. Journal of Construction, 22(1), 122-134. doi: <https://doi.org/10.7764/RDLC.22.1.122>.

Pervyshin G. N., Yakovlev G. I., Gordina A. F., Keriene J., Polyanskikh I. S., Fischer H. B., Buryanov A. F., (2017), “Water-Resistant Gypsum Compositions with Man-Made Modifiers”, Procedia Engineering, 172, 867-874.

Plank, J., (2004), “Applications of Biopolymers and other Biotechnological Products in Building Materials”, Applied Microbiology and Biotechnology, 66(1), 1-9. doi:10.1007/s00253-004-1714-3.

Reh, R., Barbu, M.C., (2017), “Flax, Performance of Bio-Based Building Material”, In Performance of Bio-Based Building Material, 98-105, ISBN: 9780081009925, Woodhead Publishing.

Reh, R., Barbu, M.C. (2017), “Hemp, Performance of Bio-Based Building Material”, In Performance of Bio-Based Building Material, 105-112, ISBN: 9780081009925, Woodhead Publishing.

ResGaz 1, (2009), Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, 07.02.2009 tarih ve 27134 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 2, (2009), Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazete.

Rivero, A. J., Sathre, R., Navarro, J. G., (2016), “Life Cycle Energy and Material Flow Implications of Gypsum Plasterboard Recycling in the European Union”, *Resources, Conservation and Recycling*, 108, 171-181.

Rozli, Z., Zulkarnain, Z., (2010), “Noise Control Using Coconut Coir Fiber Sound Absorber with Porous Layer Backing and Perforated Panel”, *American Journal of Applied Sciences*, 7(2), 260-263. doi:10.3844/ajassp.2010.260.264.

Saha Görüşmeleri, (2020), Körfezim Dutluca Yağhanesi, Orhangazi, Bursa.

Saha Görüşmeleri, (2020), Solvent Bitkisel Yağ Sanayi, Havran, Balıkesir.

Sair, S., Oushabi, A., Kammouni, A., Tanane, O., Abboud, Y., El Bouari, A., (2018), “Mechanical and Thermal Conductivity Properties of Hemp Fiber Reinforced Polyurethane Composites”, *Case Studies in Construction Materials*, (8), 203-212. doi:https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.02.001.

Sánchez-Jiménez, J. L., Jurado-Contreras, S., La Rubia, M. D., Eliche-Quesada, D., (2020), “Study of the Applicability of Fly Ashes From Olive Pomace Combustion And Geosilex® in Sustainable Construction Materials”, In A. R. Serrano, J. R. J. Romero, J. M. F. Rodríguez, E. F. Ledesma (Ed.), *New Trends in Green Construction* (69-70), ISBN: 978-84-9927-554-3, UCOPress Publishing.

Sandak, A., Sandak, J., Brzezicki, M., Kutnar A., (2019), “Biomaterials for Building Skins”, In *Bio-based Building Skin*, Chapter 2, 27-64, ISBN: 978-981-13-3747-5, Springer.

Schultz, K., Wiedemann-Tokarz, H., (2016), “Light Spaces: Designing and Constructing with Plasterboard”, 62-81, Walter de Gruyter GmbH.

Selçuk, Ş., (2021), “Pirina Külü Katkılı Harçların Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Burdur.

Takano, A., (2015), “Wood in Sustainable Construction – a Material Perspective: Learning from Vernacular Architecture”, Doktora Tezi, Aalto University, School of Chemical Technology, Department of Forest Products Technology, Helsinki.

Thakur, V. K., Thakur, M. K., Gupta, R. K., Prasanth, R., Kessler, M. R., (2013), “Green Composites: An Introduction”, In V. K. Thakur (Ed.), *In Green Composites from Natural Resources* (1-11), ISBN: 978-1-4665-7070-2, CRC Press Publishing.

TS EN 520+A1, (2010), “Alçı Levhalar - Tarifler, Gereklere ve Deney Yöntemleri”, TSE, Ankara.

TS EN 1015-11, (2020), “Kâğır Harcı - Deney Metotları - Bölüm 11 : Sertleşmiş Harcın Basınç ve Eğilme Dayanımının Tayini”. TSE, Ankara.

TS EN 1925, (2000), “Doğal taşlar- Deney metotları- Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme Katsayısının Tayini”, TSE, Ankara.

TS EN 13820, (2004), “Yalıtım mamülleri - Binalarda kullanılan - Organik Muhteva Tayini”. TSE, Ankara.

TS EN ISO 10534-2, (2003), “Akustik-Empedans Borularındaki Ses Absorpsiyon Katsayısının Ve Empedansın Tayini-Bölüm 2:Aktarım Fonksiyonu Metodu”. TSE, Ankara.

TS EN ISO 11654, (2002), “Akustik- Binalarda Kullanılan Ses Absorplayıcıları- Ses Absorpsiyonunun Derecelendirilmesi”, TSE, Ankara.

TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı, (2023).

Tüfekci, H., Olfaz, M., (2015), “Yapağının Alternatif Kullanım Alanları”, Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi, 1(1-2), 18-28.

Web 1, (2022a), <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2022/12/OT-W901-13-12-2022-P.pdf>, (Erişim Tarihi: 07/02/2023).

Web 1, (2022b), <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2022/12/OT-CE-901-13-12-2022-P.pdf>, (Erişim Tarihi: 07/02/2023).

Web 1, (2022c), <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2022/12/HO-W901-13-12-2022-P.pdf>, (Erişim Tarihi: 07/02/2023).

Web 1, (2022d), <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2022/12/HO-CE901-13-12-2022-P.pdf>, (Erişim Tarihi: 07/02/2023).

Web 2, (t.y), <https://dictionary.cambridge.org/tr/s%C3%B6zl%C3%BCk/ingilizce/biomaterial>, (Erişim Tarihi: 21.12.2020).

Web 3, (2020), <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/37.pdf>, Erişim Tarihi: 14.12.2021.

Web 4, (2020), <https://www.archdaily.com/949007/mushroom-buildings-the-possibilities-of-using-mycelium-in-architecture>, Erişim Tarihi: 23.12.2020.

Web 5, (2020), <https://www.lifegate.com/biomaterials-design-future>, Erişim Tarihi: 07.12.2020.

Web 6, (2015), <https://tudelft.openresearch.net/page/12638/bio-concrete-a-self-healing-construction-material>. Erişim Tarihi: 02.01.2021.

Web 7, (2015), <https://webdosya.csb.gov.tr/db/zeytinay/webmenu/webmenu15702.pdf>, Erişim Tarihi: 23.11.2020.

Web 8, (2022), [https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/C%CC%A7MYB%20C%CC%A7al%C4%B1s%CC%A7tay%20Raporu%20\(1\).pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/C%CC%A7MYB%20C%CC%A7al%C4%B1s%CC%A7tay%20Raporu%20(1).pdf), Erişim Tarihi: 23.05.2023.

Web 9, (t.y), <http://www.alcider.org.tr/index.html> , Erişim Tarihi: 19.04.2020.

Web 10, (2022), http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/beyaz_corex_foy_tr_2022.pdf, Erişim Tarihi: 03.05.2023.

Web 11, (2020), http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/TDS_yesil_corex_tr.pdf, Erişim Tarihi: 02.04.2022.

Web 12, (2019), http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/TDS_kirmizi_corex_tr.pdf, Erişim Tarihi: 02.04.2022.

Web 13, (2021), http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/TDS_A1_COREX_tr.pdf, Erişim Tarihi: 02.04.2023.

Web 14, (2020), http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/TDS_premium_corex_tr.pdf, Erişim Tarihi: 02.04.2022.

Web 15, (2022), http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/TDS_akustik_tr.pdf, Erişim Tarihi: 03.05.2023.

Web 16, (2022), http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/TDS_corex_sound_tr.pdf.pdf, Erişim Tarihi: 02.04.2022.

Web 17, (t.y), <https://www.imo.org.tr/Eklenti/6939,yapilarda-isi-yalitimi-ve-isi-yalitim-malzemelerpdf.pdf?0>, Erişim Tarihi: 03.04.2023.

Yavuz, G., Balanlı, A., (1997), “Yapı Öğelerinin Yangın Direnim Değerlerinin Artırılmasında Alçı Uygulamaları”, 2. Ulusal Alçı Kongresi, Bildiriler Kitabı, İstanbul, 2- 3 Mayıs.

Yıldırım, R., (2014), “Aydın İlinde Karasu Sorunu Ve Zeytinyağı İşletmelerinin Çözümüne Yönelik Tercihlerinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Aydın.

Zhang H., (2011), “Building Materials in Civil Engineering: Air Hardening Binding Materials”, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Chapter 3, 29-45, Woodhead Publishing.

ÖZGEÇMİŞ

Ezgi UYAR SUN, 2011 yılında Yeditepe Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2016 yılında onur derecesi ile tamamladı. 2016 yılında özel sektörde mimarlık firmalarında çalışmaya başladı. 2020 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlayan Uyar Sun, aynı yıl İstanbul Aydın Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen aynı kurumda çalışmaya devam etmektedir.



EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Uyar Sun, E., Aydın İpekçi, C., (2021), Sürdürülebilirlik Bağlamında Biyomalzemelerin Mimaride Kullanımı: Zeytinyağı Üretim Atığı ‘Pirina’. “IArcSAS” 1st International Architectural Sciences and Applications Symposium, 27-29 October, Isparta, Turkey, pp.517-531.



Ek B: Tablolar

Tablo B1.1: Numunelerin ağırlık ve boy ölçüm değerleri.

Numune Kodu	Ağırlık (g)					Boy (mm)				
	İlk gün	1. gün	2. gün	3. gün	4. gün	İlk gün	1. gün	2. gün	3. gün	4. gün
A	410,99	408,99	406,19	403,20	401,40	40,95	40,93	40,91	40,88	40,88
AP5	405,74	403,59	400,65	397,45	395,52	41,32	41,30	41,29	41,27	41,26
AP10	384,87	381,84	379,38	376,39	374,29	39,39	39,39	39,41	39,39	39,41
AP15	377,20	374,33	372,16	369,23	366,86	38,85	38,77	38,88	38,39	38,86

Tablo B1.2: Fiziksel deney sonuçlarına ait ortalama değerler.

Numune Kodu	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Kapilarite Kx10 ⁻³ cm ² /sn	Hacimce Su Emme (%h _s)	Ağırlıkça Su Emme (%a _s)	Kompasite (%)	Porozite (%)	Ultrases Geçiş Hızı (V _s , mm/μs) (40x40x160)	Ultrases Geçiş Hızı (V _s , mm/μs) (50x50x50)	Ağırlıklı Ses Yutum Katsayısı (α _w)	Termal İletkenlik (W/mK)	Organik Madde Muhtevası (Kütlece Azalma Yüzdesi) (%W)
A	1,100	4,90	40,08	36,44	59,58	40,42	2,33	2,15	0,20	0,67	12,82
AP5	1,062	4,75	41,76	39,33	57,86	42,14	2,03	1,97	0,25	0,38	15,39
AP10	1,028	4,71	44,67	43,46	54,93	45,07	1,69	1,67	0,35	0,35	18,33
AP15	1,031	4,10	44,49	43,17	55,18	44,82	1,85	1,70	0,30	0,24	20,48

Tablo B1.3: Mekanik deney sonuçlarına ait ortalama değerler.

Numune Kodu	Suya Maruz Bırakılan Numuneler		Suya Maruz Bırakılmayan Numuneler	
	Eğilme Dayanımı (f_e , MPa)	Basınç Dayanımı (f_c , MPa)	Eğilme Dayanımı (f_e , MPa)	Basınç Dayanımı (f_c , MPa)
A	4,17	9,22	4,04	11,33
AP5	2,11	5,80	2,26	5,87
AP10	0,46	3,14	0,78	3,55
AP15	0,44	2,01	0,65	2,29

Ek C: Ses Geçiş Kaybı ve Ses Yutum Deney Sonuçları

2022-A-101-49 nolu proje kapsamında TSE Akustik ve Yangın Laboratuvarı'nda hizmet alımı ile gerçekleşen ses geçiş kaybı ve ses yutum katsayısı deney raporları Şekil C1.1, Şekil C1.2, Şekil C1.3, Şekil C1.4, Şekil C1.5, Şekil C1.6, Şekil C1.7 ve Şekil C1.8'de verilmiştir.

TSE		TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ		DENEY ve KALİBRASYON		MERKEZİ BAŞKANLIĞI		YAPI MALZEMELERİ YANGIN VE AKUSTİK		LABORATUVAR MÜDÜRLÜĞÜ		TÜRKAK	
		TURKISH STANDARDS INSTITUTION		HEADSHIP OF TSE TEST and CALIBRATION CENTER		CONSTRUCTION MATERIALS FIRE AND ACOUSTICS LABORATORY						AB-0001-T	
		AYDINLI MAH. ULUS SOK. NO:11 TUZLA/İSTANBUL										44333	
		Tel: +902165080561		Faks:		e-mail: yal@tse.org.tr						02-23	
MUAYENE VE DENEY RAPORU TEST REPORT													
Deneyi Talep Eden/Firma : (Adı, Adresi, Şehiri vb.)				GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ CUMHURİYET MAH. 2254. SK. GEBZE TEKNİK ÜNİV. Dış Kapı No:G.Y.T.ENST İç Kapı No:2 GEBZE KOCAELİ									
Deney Talep Tarihi / No : Order Date/No.				21.12.2022 / 2022-243719									
Numunenin Tanımı : (Çici, Marka, Sınıf, Tip, Tür, Model vb.) Sample Description (Type, Mark, Class, Model etc.)				2022-412578, A, %100 Alçı, 1.00, set									
Numune Kabul Tarihi : Sample Receipt Date				21.12.2022									
Deneylerin Yapıldığı Tarih : Date of Test				02.02.2023 / 10.02.2023									
Uygulanan Standart Metot : Applied Standard/Method				TS EN ISO 10534-2/-									
Raporun Sayfa Sayısı : Number of pages of the report				5									
Deney Sonucu : Test Result				-									
Açıklamalar : Remarks													
Yukarıda tanımlanan numune için laboratuvarımızda yapılan muayene ve deneylerden elde edilen sonuçlar mülkiyet sayfalarında verilmiştir. The testing and/or measurement results are given on the following pages which are part of this report.													
Deney laboratuvarları olarak faaliyet gösteren TSE Deney ve Kalibrasyon Merkezi Başkanlığı Deney Laboratuvarları TÜRKAK'tan AB-0001-T ile TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardına göre akredite edilmiştir. TSE: Headship of Test and Calibration Center Testing Laboratories accredited by TÜRKAK under registration number AB-0001-T for TS EN ISO/IEC 17025:2017 as test laboratory. TÜRKAK deney raporlarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşmaları imzalanmıştır. TÜRKAK is a signatory to the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and to the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of test reports. Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu raporun tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir. The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.													
Karekod QR Code	Tarih Date	Deney Sorumlusu Person in charge of test	Kontrol Eden Reviewer	Onaylayan Head of Laboratory									
	10.02.2023	BERAT USTA	HALİL ALPER YILDIRIM	SENCER GÜVEN									
Bu rapor, hazırlayan laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İzinsiz ve karekoduz raporlar geçerlidir. Bu rapor, sadece deneyi yapılan numune için geçerlidir ve "Orjin Belgesi" yerine geçmez. This test report shall not be reproduced other than in full except with the written permission of the laboratory. Test reports without signature and seal are not valid. This test report represents only tested sample(s), and shall not be used as Product Certificate. Bu doküman elektronik ortamda imzalanmıştır. Doğrulama adresi: https://baevuru.tse.org.tr/ys/QRKodDogrulama?code=22F4785													

Şekil C1.1: A numunelerinin ses geçiş kaybı deney raporu.



Deney Laboratuvarının Adı ve Adresi	TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümü Aydınlı Mah. Ulus Sokak No:7/1 Tuzla/İSTANBUL Tel: 0(216) 560 0 500
Deneyi Talep Edenin Adı ve Adresi	GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN GTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü N Blok 1-24 Cumhuriyet Mah. 2254. Sok. No:2 41400 Gebze/ KOCAELİ
Numune Tipi	A, %100 Alçı

1. Giriş

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN'nun talebi üzerine "A, %100 Alçı" ürününün ses geçiş kaybı (TL) değerinin belirlenmesi amacıyla "TS EN ISO 10534-2:2003 Akustik – Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini –Bölüm 2: Aktarım fonksiyonu metodu" standardına göre 02.02.2023 tarihlerinde TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümünde deney yapılmıştır.

2. Deney numunesi

Deney numunesi firma tarafından seçilmiş ve laboratuvarımıza ulaştırılmıştır.
Numunenin laboratuvara ulaşma tarihi: -/2022

Deney numunesinin tanımlanması

Ürün tanımı: A, %100 Alçı

Deney numunelerinin sayısı: ≈100 mm ve ≈28 mm çaplarında 3'er adet deney numunesi

Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Kütle (g) ((100/28) mm çaplı numune için)	Yoğunluk (kg/m³)
100 mm	≈13,19	≈104,43	≈9,09
28 mm	≈13,76		≈1008,87

*Ürün tanımlamalarında deneyi talep eden firma beyanı esas alınmıştır.

2.1 Deney numunesinin montajı

Ses geçiş kaybı değerinin belirlenmesine yönelik deneyde numune, numune tutucunun ön yüzü ile çıkıntı yapmayacak ve etrafından hava sızdırmayacak şekilde plastik conta kullanılarak tüpün içerisine monte edilmiştir.

MUAYENE - DENEY SONUÇLARI *TEST RESULTS*
TS EN ISO 10534-2:2003

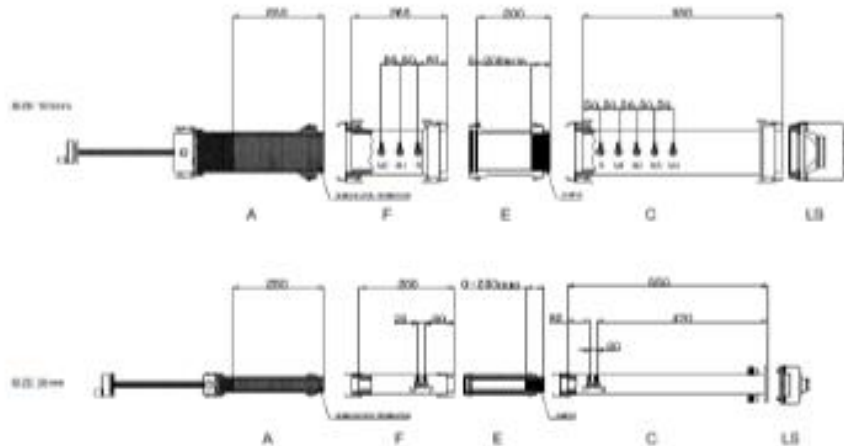
3. Ortam şartları

Sıcaklık [°C]	Bağıl nem [%]	Basınç [kPa]
22,7	55,1	101,0

4. Yöntem

Deneyde kullanılacak terübat kullanımdan önce bir seri deney yapılarak kontrol edilmiştir. Ölçmelerden önce hoparlör, sıcaklığın kararlı hale gelmesi amacıyla 10 dakika süresince çalıştırılmıştır. Ön deney ve ölçmeler yapıldıktan sonra deney numunesi yukarıda belirtilen montaj koşullarına riayet edilerek tüp içerisine yerleştirilmiştir. Her bir çap için 3'er adet numune üzerinde ölçüm yapılmıştır. Sinyal üretici ile empedans tüpü arasındaki bağlantı sağlandıktan sonra talep edilen frekans aralığında (100Hz-6.3kHz) her bir 1/3 oktav bant merkez frekansında sinyal oluşturulmuş ve uygun yazılım aracılığıyla sonuçlar elde edilmiştir.

4.1 Deney Ekipmanı



3/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020-6

Şekil C1.1 devamı.



5. Sonuçlar

Üçer numune üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak sonuç elde edilmiştir. 1/3 frekans bantlarında ses geçiş kaybı değeri (TL) müteakip sayfalarda verilmiştir.

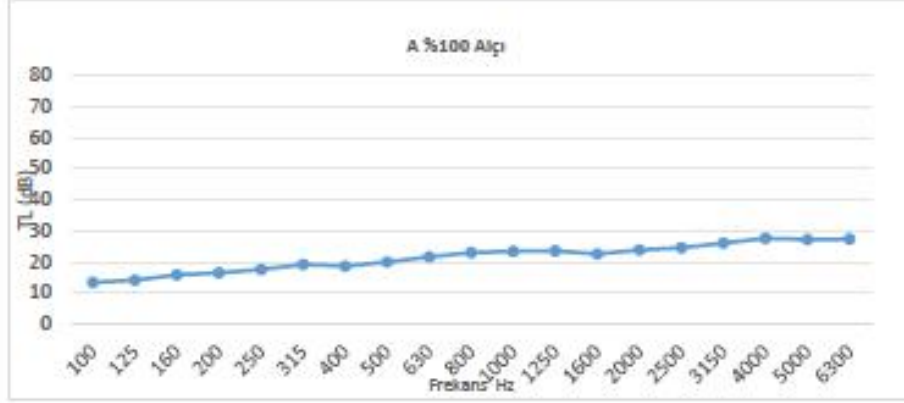
SES GEÇİŞ KAYBI (TL),

Frekans: Hz	TL			TL ort.
100	6,54	6,54	27,06	13,38
125	7,84	7,84	26,51	14,07
160	9,95	9,95	27,40	15,77
200	10,06	10,06	29,24	16,45
250	11,70	11,70	29,07	17,49
315	13,88	13,88	29,78	19,18
400	12,53	12,53	30,78	18,61
500	14,61	14,61	30,63	19,95
630	16,53	16,53	31,80	21,62
800	18,21	18,21	32,41	22,94
1000	22,21	18,89	28,96	23,35
1250	25,82	19,57	25,28	23,56
1600	29,29	18,68	19,71	22,56
2000	30,02	20,21	21,17	23,80
2500	30,66	21,00	21,93	24,53
3150	33,04	22,12	23,04	26,07
4000	37,76	22,39	22,53	27,56
5000	39,01	21,69	20,74	27,15
6300	41,58	21,63	18,82	27,35

*Sonuçlar ölçüm ekipmanının güvenilir aralığının dışındadır.



AB-0004.1
44.170
02.20



NUMUNEYE AIT FOTOĞRAF



5/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020-6

Şekil C1.1 devamı.

	TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ DENEY ve KALİBRASYON MERKEZİ BAŞKANLIĞI YAPI MALZEMELERİ YANGIN VE AKUSTİK LABORATUVAR MÜDÜRLÜĞÜ			
	TURKISH STANDARDS INSTITUTION HEADSHIP OF TSE TEST and CALIBRATION CENTER CONSTRUCTION MATERIALS FIRE AND ACOUSTICS LABORATORY			
AYDINLI MAH. ULUS SOK. NO:71 TUZLA/İSTANBUL Tel: +902165600561 Faks: e-mail: yal@tse.org.tr www.tse.org.tr				
MUAYENE VE DENEY RAPORU TEST REPORT				
Deneyi Talep Eden/Firma : (Adı, Adresi, Şehri vb.) <i>Requesting/Customer (Name, Address, City etc.)</i>		GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ CUMHURİYET MAH. 2254. SK. GEBZE TEKNİK ÜNİV. Dış Kapı No: G.Y.T. ENST. İç Kapı No: 2 GEBZE KOCAELİ		
Deney Talep Tarihi / No : <i>Order Date/No.</i>		21.12.2022 / 2022-243719		
Numunenin Tanımı : (Çin, Marka, Sınıf, Tip, Tür, Model vb.) <i>Sample Description (Type, Mark, Class, Model etc.)</i>		2022-412579, AP5, %95 Alçı %5 Pirinç, 1.00, set		
Numune Kabul Tarihi : <i>Sample Receipt Date</i>		21.12.2022		
Deneylerin Yapıldığı Tarih : <i>Date of Test</i>		02.02.2023 / 10.02.2023		
Uygulanan Standart Metot : <i>Applied Standard/Method</i>		TS EN ISO 10534-2/-		
Raporun Sayfa Sayısı : <i>Number of pages of the report</i>		5		
Deney Sonucu : <i>Test Result</i>		-		
Açıklamalar : <i>Remarks</i>				
Yukarıda tanımlanan numune için laboratuvarımızda yapılan muayene ve deneylerden elde edilen sonuçlar ekteki sayfalarda verilmiştir. <i>The testing and/or measurement results are given on the following pages which are part of this report.</i>				
Deney laboratuvarları olarak faaliyet gösteren TSE Deney ve Kalibrasyon Merkezi Başkanlığı Deney Laboratuvarları TÜRKAK'tan AB-0001-T ile TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardına göre akredite edilmiştir. TSE: Headship of Test and Calibration Center Testing Laboratories accredited by TÜRKAK under registration number AB-0001-T for TS EN ISO/IEC 17025:2017 as test laboratory. TÜRKAK deney raporlarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyonu Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşmaları imzalanmıştır. TÜRKAK is a signatory to the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and to the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of test reports. Deney ve/veya ölçüm sonuçları, güvenilirliği ölçüm belirleniminden (olmazsa halinde) ve deney metodları bu raporun tanımlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir. The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.				
Karekod <i>QR Code</i> 	Tarih <i>Date</i> 10.02.2023	Deney Sorumlusu <i>Person in charge of test</i> BERAT USTA	Kontrol Eden <i>Reviewer</i> HALİL ALPER YILDIRIM	Onaylayan <i>Head of Laboratory</i> SENCER GÜVEN
Bu rapor, hazırlayan laboratuvarın yazılı izni olmadan kimsin kopyalanıp çoğaltılamaz. İzinsiz ve karekodlu raporlar geçerlidir. Bu rapor, sadece deneyi yapılan numune için geçerlidir ve "Ölçüm Belgesi" yerine geçmez. This test report shall not be reproduced other than in full except with the written permission of the laboratory. Test reports without signature and seal are not valid. This test report represents only tested sample(s), and shall not be used as Product Certificate. Bu doküman elektronik ortamda imzalanmıştır. Doğrulama adresi: http://basvuru.tse.org.tr/uye/QRKodDogrulama?code=AA90HE				

Şekil C1.2: AP5 numunelerinin ses geçiş kaybı deney raporu.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-000-T
44100
40-20

Deney Laboratuvarının Adı ve Adresi	TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümü Aydınlı Mah. Ulus Sokak No:7/1 Tuzla/İSTANBUL Tel: 0(216) 560 0 500
Deneyi Talep Edenin Adı ve Adresi	GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN GTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü N Blok 1-24 Cumhuriyet Mah. 2254. Sok. No:2 41400 Gebze/ KOCAELİ
Numune Tipi	AP5, %95 Alçı %5 Pirina

1. Giriş

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN'mın talebi üzerine "AP5, %95 Alçı %5 Pirina" ürününün ses geçiş kaybı (TL) değerinin belirlenmesi amacıyla "TS EN ISO 10534-2:2003 Akustik - Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini -Bölüm 2: Aktarım fonksiyonu metodu" standardına göre 02.02.2023 tarihlerinde TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümünde deney yapılmıştır.

2. Deney numunesi

Deney numunesi firma tarafından seçilmiş ve laboratuvarımıza ulaştırılmıştır.
Numunenin laboratuvara ulaşma tarihi: -/2022

Deney numunesinin tanımlanması

Ürün tanımı: AP5, %95 Alçı %5 Pirina
Deney numunelerinin sayısı: ≈100 mm ve ≈28 mm çaplarında 3'er adet deney numunesi

Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Kütle (g) ((100/28) mm çaplı numune için)	Yoğunluk (kg/m³)
100 mm	≈13,75	≈107,40	≈8,30
28 mm	≈13,71		≈994,75

*Ürün tanımlamalarında deneyi talep eden firma beyanı esas alınmıştır.

2.1 Deney numunesinin montajı

Ses geçiş kaybı değerinin belirlenmesine yönelik deneyde numune, numune tutucunun ön yüzü ile çıkıntı yapmayacak ve etrafından hava sızdırmayacak şekilde plastik conta kullanılarak tüpün içerisine monte edilmiştir.

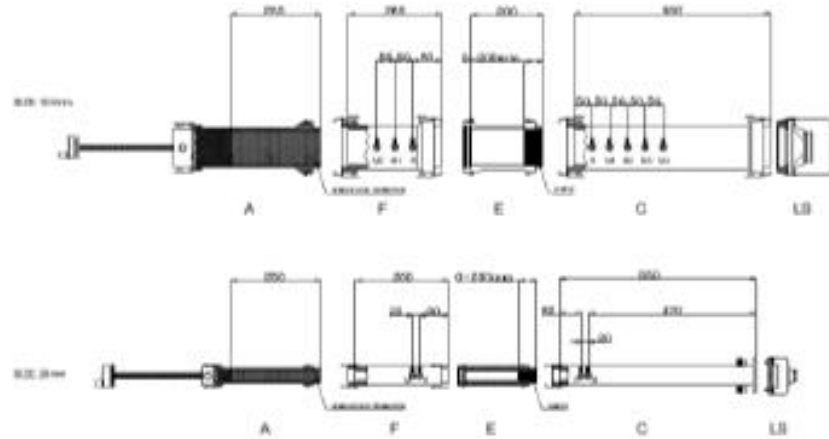
3. Ortam şartları

Sıcaklık [°C]	Bağıl nem [%]	Basınç [kPa]
22,7	55,2	101,0

4. Yöntem

Deneyde kullanılacak tertibat kullanımdan önce bir seri deney yapılarak kontrol edilmiştir. Ölçmelerden önce hoparlör, sıcaklığın kararlı hale gelmesi amacıyla 10 dakika süresince çalıştırılmıştır. Ön deney ve ölçmeler yapıldıktan sonra deney numunesi yukarıda belirtilen montaj koşullarına riayet edilerek tüp içerisine yerleştirilmiştir. Her bir çap için 3'er adet numune üzerinde ölçüm yapılmıştır. Sinyal üretici ile empedans tüpü arasındaki bağlantı sağlandıktan sonra talep edilen frekans aralığında (100Hz-6.3kHz) her bir 1/3 oktav bant merkez frekansında sinyal oluşturulmuş ve uygun yazılım aracılığıyla sonuçlar elde edilmiştir.

4.1 Deney Ekipmanı



3/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020-6

Şekil C1.2 devamı.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI *TEST RESULTS*
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0010-T
41160
00-23

5. Sonuçlar

Üçer numune üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak sonuç elde edilmiştir.
1/3 frekans bantlarında ses geçiş kaybı değeri (TL) müteakip sayfalarda verilmiştir.

SES GEÇİŞ KAYBI (TL),

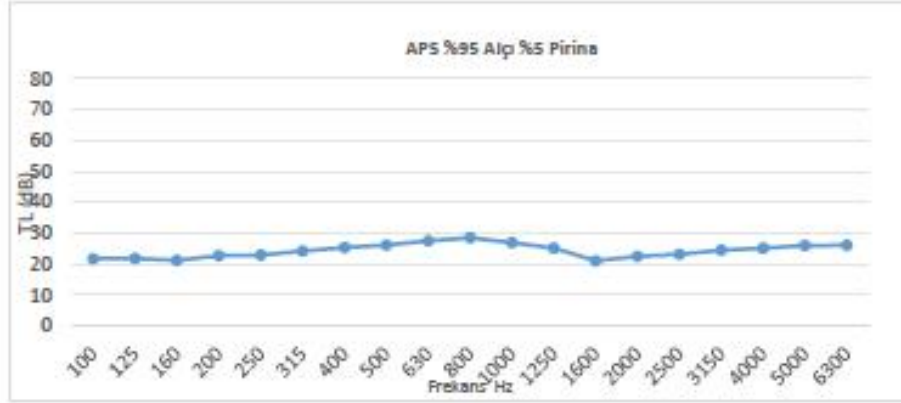
Frekans Hz	TL			TL ort.
100	10,54	26,36	28,34	21,75
125	10,04	24,89	30,70	21,88
160	7,79	27,22	28,76	21,26
200	10,47	28,82	28,86	22,71
250	11,56	28,63	28,77	22,98
315	12,69	30,18	29,81	24,22
400	13,67	31,63	30,82	25,37
500	15,67	32,13	30,78	26,19
630	17,13	33,17	32,23	27,51
800	18,95	34,10	32,51	28,52
1000	19,09	32,22	29,59	26,97
1250	19,14	29,75	26,53	25,14
1600	17,96	25,19	20,17	21,11
2000	19,73	26,18	21,55	22,49
2500	20,78	26,49	22,26	23,17
3150	22,07	28,25	23,17	24,49
4000	22,16	29,94	23,43	25,18
5000	21,16	31,51	25,45	26,04
6300	18,87	33,76	25,72	26,12

*Sonuçlar ölçüm ekipmanının güvenilir aralığının dışındadır.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AR-0001-1
A1100
00-21



NUMUNEYE AİT FOTOĞRAF



5/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020- 6

Şekil C1.2 devamı.

	TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ DENEY ve KALİBRASYON MERKEZİ BAŞKANLIĞI YAPI MALZEMELERİ YANGIN VE AKUSTİK LABORATUVAR MÜDÜRLÜĞÜ			
	TURKISH STANDARDS INSTITUTION HEADSHIP OF TSE TEST and CALIBRATION CENTER CONSTRUCTION MATERIALS FIRE AND ACOUSTICS LABORATORY			
AYDINLI MAH. ULUS SKK. NO:11 TUZLA/İSTANBUL				
Telsi: +902165600561 Faks: e-mail: yalrim@tse.org.tr				
www.tse.org.tr				
MUAYENE VE DENEY RAPORU TEST REPORT				
Deneyi Talep Eden/Firma : <i>(Adı, Adresi, Şehiri vb.)</i> <i>Requesting/Customer (Name, Address, City etc.)</i>		GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ CUMHURİYET MAH. 2254. SK. GEBZE TEKNİK ÜNİV. Dış Kapı No: G.Y.T. ENST İç Kapı No: 2 GEBZE KOCAELİ		
Deney Talep Tarihi / No : <i>(Order Date/No.)</i>		21.12.2022 / 2022-243719		
Numunenin Tanımı : <i>(Çin, Marka, Şiş, Tip, Tür, Model vb.)</i> <i>Sample Description (Type, Mark, Class, Model etc.)</i>		2022-412580, AP10, %90 Alçı %10 Pirinç, 1.00, set		
Numune Kabul Tarihi : <i>(Sample Receipt Date)</i>		21.12.2022		
Deneylerin Yapıldığı Tarih : <i>(Date of Test)</i>		26.01.2023 / 10.02.2023		
Uygulanan Standart Metot : <i>(Applied Standard/Method)</i>		TS EN ISO 10534-2/-		
Raporun Sayfa Sayısı : <i>(Number of pages of the report)</i>		5		
Deney Sonucu : <i>(Test Result)</i>		-		
Açıklamalar : <i>(Remarks)</i>				
Yukarıda tanımlanan numune için laboratuvarımızda yapılan muayene ve deneylerden elde edilen sonuçlar müteakip sayfalarda verilmiştir. <i>The testing and/or measurement results are given on the following pages which are part of this report.</i>				
Deney laboratuvarları olarak faaliyet gösteren TSE Deney ve Kalibrasyon Merkez Başkanlığı Deney Laboratuvarları TÜRKAK'tan AB-0001-T ile TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardına göre akredite edilmiştir. <i>TSE Headship of Test and Calibration Center Testing Laboratories accredited by TÜRKAK under registration number AB-0001-T for TS EN ISO/IEC 17025:2017 as test laboratory.</i> TÜRKAK deney raporlarının tanınabilirliğinde Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşmaları imzalanmıştır. <i>TÜRKAK is a signatory to the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and to the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of test reports.</i> Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olman halinde) ve deney metodları bu raporun tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir. <i>The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.</i>				
Karekod <i>QR Code</i>	Tarih <i>Date</i>	Deney Sorumlusu <i>Person in charge of test</i>	Kontrol Eden <i>Reviewer</i>	Onaylayan <i>Head of Laboratory</i>
	10.02.2023	BERAT USTA	HALİL ALPER YILDIRIM	SENCER GÜVEN
Bu rapor, hazırlayan laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve karekoduz raporlar geçerlidir. Bu rapor, sadece deneyi yapılan numune için geçerlidir ve "Ürün Belgesi" yerine geçmez. <i>This test report shall not be reproduced other than in full except with the written permission of the laboratory. Test reports without signature and seal are not valid. This test report represents only tested sample(s), and shall not be used as Product Certificate.</i> Bu doküman elektronik ortamda imzalanmıştır. Doğrulama adresi: https://baevuru.tse.org.tr/ysn/QRKodDogrulama?code=BD4793				

Şekil C1.3: AP10 numunelerinin ses geçiş kaybı deney raporu.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AD-0001-T
AK007
02.23

Deney Laboratuvarının Adı ve Adresi	TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümü Aydınlı Mah. Ulus Sokak No:7/1 Tuzla/İSTANBUL Tel: 0(216) 560 0 500
Deneyi Talep Edenin Adı ve Adresi	GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN GTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü N Blok 1-24 Cumhuriyet Mah. 2254. Sok. No:2 41400 Gebze/ KOCAELİ
Numune Tipi	AP10, %90 Alçı %10 Pirina

1. Giriş

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN'nun talebi üzerine "AP10, %90 Alçı %10 Pirina" ürününün ses geçiş kaybı (TL) değerinin belirlenmesi amacıyla "TS EN ISO 10534-2:2003 Akustik – Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini –Bölüm 2: Aktarım fonksiyonu metodu" standardına göre 02.02.2023 tarihlerinde TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümünde deney yapılmıştır.

2. Deney numunesi

Deney numunesi firma tarafından seçilmiş ve laboratuvarımıza ulaştırılmıştır.
Numunenin laboratuvara ulaşma tarihi: -/2022

Deney numunesinin tanımlanması

Ürün tanımı: AP10, %90 Alçı %10 Pirina				
Deney numunelerinin sayısı: ≈100 mm ve ≈28 mm çaplarında 3'er adet deney numunesi				
Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Kütle (g) (100/28 mm çaplı numune için)		Yoğunluk (kg/m³)
100 mm	≈13,27	≈99,80	≈7,15	≈958,55
28 mm	≈12,67			

*Ürün tanımlamalarında deneyi talep eden firma beyanı esas alınmıştır.

2.1 Deney numunesinin montajı

Ses geçiş kaybı değerinin belirlenmesine yönelik deneyde numune, numune tutucunun ön yüzü ile çıkıntı yapmayacak ve etrafından hava sızdırmayacak şekilde plastik conta kullanılarak tüpün içerisine monte edilmiştir.



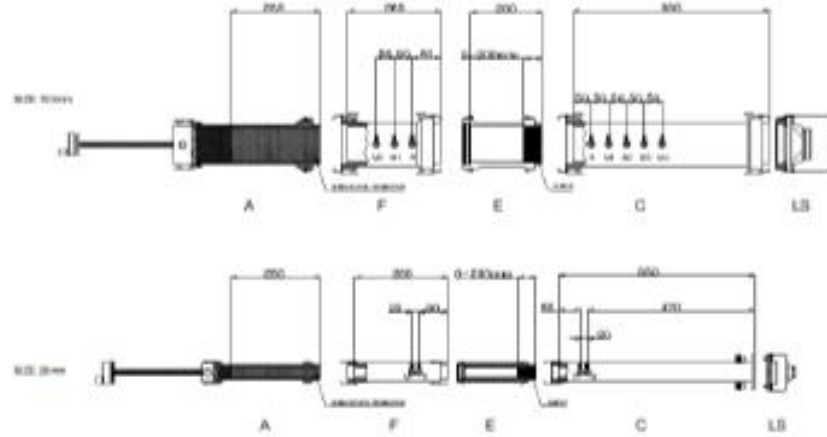
3. Ortam şartları

Sıcaklık [°C]	Bağıl nem [%]	Basınç [kPa]
22,7	55,2	101,0

4. Yöntem

Deneyde kullanılacak tertibat kullanımdan önce bir seri deney yapılarak kontrol edilmiştir. Ölçmelerden önce hoparlör, sıcaklığın kararlı hale gelmesi amacıyla 10 dakika süresince çalıştırılmıştır. Ön deney ve ölçmeler yapıldıktan sonra deney numunesi yukarıda belirtilen montaj koşullarına riayet edilerek tüp içerisine yerleştirilmiştir. Her bir çap için 3'er adet numune üzerinde ölçüm yapılmıştır. Sinyal üretici ile empedans tüpü arasındaki bağlantı sağlandıktan sonra talep edilen frekans aralığında (100Hz-6,3kHz) her bir 1/3 oktav bant merkez frekansında sinyal oluşturulmuş ve uygun yazılım aracılığıyla sonuçlar elde edilmiştir.

4.1 Deney Ekipmanı





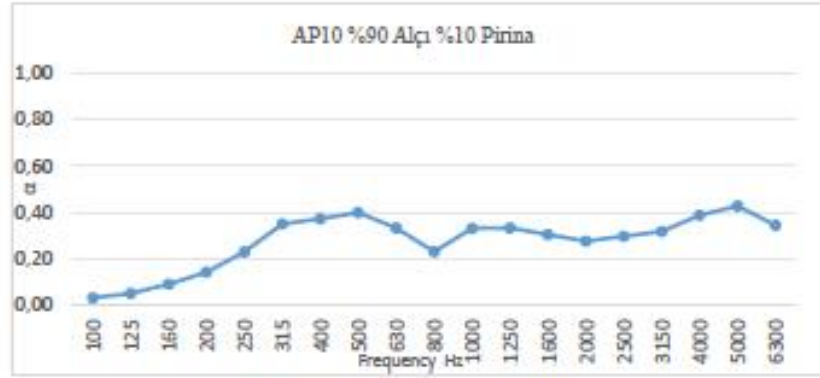
5. Sonuçlar

Üçer numune üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak sonuç elde edilmiştir.
1/3 frekans bantlarında ses geçiş kaybı değeri (TL) müteakip sayfalarda verilmiştir.

SES GEÇİŞ KAYBI (TL),

Frekans: Hz	TL			TL ort.
100	16,32	14,34	16,76	15,81
125	14,84	14,81	17,55	15,73
160	14,69	14,46	16,37	15,17
200	15,50	17,09	17,50	16,70
250	16,17	17,12	17,73	17,01
315	18,15	18,12	19,33	18,53
400	19,33	19,52	20,12	19,66
500	20,62	20,79	21,01	20,81
630	22,07	21,67	22,35	22,03
800	24,32	23,13	23,57	23,68
1000	14,92	23,03	23,53	20,49
1250	15,31	18,63	18,06	17,33
1600	10,62	18,68	15,43	14,91
2000	12,27	20,30	16,70	16,42
2500	13,18	20,97	17,10	17,08
3150	14,09	22,26	17,53	17,96
4000	14,17	22,69	17,18	18,02
5000	12,78	22,34	19,30	18,14
6300	11,13	21,35	23,57	18,68

*Sonuçlar ölçüm ekipmanının güvenilir aralığının dışındadır.



NUMUNEYE AIT FOTOĞRAF



	TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ DENEY ve KALİBRASYON MERKEZİ BAŞKANLIĞI YAPI MALZEMELERİ YANGIN VE AKUSTİK LABORATUVAR MÜDÜRLÜĞÜ			
	TURKISH STANDARDS INSTITUTION HEADSHIP OF TSE TEST and CALIBRATION CENTER CONSTRUCTION MATERIALS FIRE AND ACOUSTICS LABORATORY			
AYDOLIMAR ULUS SOK. NO:01 TUZLA/İSTANBUL Tel: +902165000561 Faks: e-mail: yaldirim@tse.org.tr www.tse.org.tr				
MUAYENE VE DENEY RAPORU TEST REPORT				
Deneyi Talep Eden/Firma : (Ad, Adresi, Şehir vb.) Requesting/Customer (Name, Address, City etc.)		GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ CUMHURİYET MAH. 2254. SK. GEBZE TEKNİK UNV. Dış Kapı No:G.Y.T.ENST 1. Kapı No:2 GEBZE KOCAELİ		
Deney Talep Tarihi / No : Order Date/No.		21.12.2022 / 2022-243719		
Numunenin Tanımı : (Çin, Marka, Şiş, Tip, Tür, Model vb.) Sample Description (Type, Mark, Class, Model etc.)		2022-412581, AP15, %85 Alçı %15 Pürme, 1.00, set		
Numune Kabul Tarihi : Sample Receipt Date		21.12.2022		
Deneylerin Yapıldığı Tarih : Date of Test		02.02.2023 / 10.02.2023		
Uygulanan Standart Metot : Applied Standard/Method		TS EN ISO 10534-2/-		
Raporun Sayfa Sayısı : Number of pages of the report		5		
Deney Sonucu : Test Result		-		
Açıklamalar : Remarks				
Yukarıda tanımlanan numune için laboratuvarımızda yapılan muayene ve deneylerden elde edilen sonuçlar ekteki sayfalarda verilmiştir. The testing and/or measurement results are given on the following pages which are part of this report.				
Deney laboratuvarları olarak faaliyet gösteren TSE Deney ve Kalibrasyon Merkezi Başkanlığı Deney Laboratuvarları TÜRKAK'tan AB-0001-T ile TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardına göre akredite edilmiştir. TSE Headship of Test and Calibration Center Testing Laboratories accredited by TÜRKAK under registration number AB-0001-T for TS EN ISO/IEC 17025:2017 as test laboratory. TÜRKAK deney raporlarının tanınabilirliği konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşmaları imzalanmıştır. TÜRKAK is a signatory to the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and to the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of test reports. Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olman halinde) ve deney metodları bu raporun tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir. The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.				
Karekod QR Code 	Tarih Date 10.02.2023	Deney Sorumlusu Person in charge of test BERAT USTA	Kontrol Eden Reviewer HALİL ALPER YILDIRIM	Onaylayan Head of Laboratory SENCER GÜVEN
Bu rapor, hazırlayan laboratuvara yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve karekoduz raporlar geçerlidir. Bu rapor, sadece deneyi yapılan numune için geçerlidir ve "Ürün Belgesi" yerine geçmez. This test report shall not be reproduced other than in full except with the written permission of the laboratory. Test reports without signature and seal are not valid. This test report represents only tested sample(s), and shall not be used as Product Certificate. Bu doküman elektronik ortamda imzalanmıştır. Doğrulama adresi: https://basvuru.tse.org.tr/ays/QRKodDogrulama?code=0AF269				

Şekil C1.4: AP15 numunelerinin ses geçiş kaybı deney raporu.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-1
44002
02/23

Deney Laboratuvarının Adı ve Adresi	TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümü Aydınlı Mah. Ulus Sokak No:7/1 Tuzla/İSTANBUL Tel: 0(216) 560 0 500
Deneyi Talep Edenin Adı ve Adresi	GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN GTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü N Blok 1-24 Cumhuriyet Mah. 2254. Sok. No:2 41400 Gebze/ KOCAELİ
Numune Tipi	AP15, %85 Alçı %15 Pirina

1. Giriş

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN'nun talebi üzerine "AP15, %85 Alçı %15 Pirina" ürününün ses geçiş kaybı (TL) değerinin belirlenmesi amacıyla "TS EN ISO 10534-2:2003 Akustik - Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini -Bölüm 2: Aktarım fonksiyonu metodu" standardına göre 02.02.2023 tarihlerinde TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümünde deney yapılmıştır.

2. Deney numunesi

Deney numunesi firma tarafından seçilmiş ve laboratuvarımıza ulaştırılmıştır.
Numunenin laboratuvara ulaşma tarihi: -/2022

Deney numunesinin tanımlanması

Ürün tanımı: AP15, %85 Alçı %15 Pirina

Deney numunelerinin sayısı: ≈100 mm ve ≈28 mm çaplarında 3'er adet deney numunesi

Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Kütle (g) ((100/28) mm çaplı numune için)	Yoğunluk (kg/m³)
100 mm	≈13,00	≈98,77	≈8,30
28 mm	≈11,39		≈968,07

*Ürün tanımlamalarında deneyi talep eden firma beyanı esas alınmıştır.

2.1 Deney numunesinin montajı

Ses geçiş kaybı değerinin belirlenmesine yönelik deneyde numune, numune tutucunun ön yüzü ile çıkıntı yapmayacak ve etrafından hava sızdırmayacak şekilde plastik conta kullanılarak tüpün içerisine monte edilmiştir.



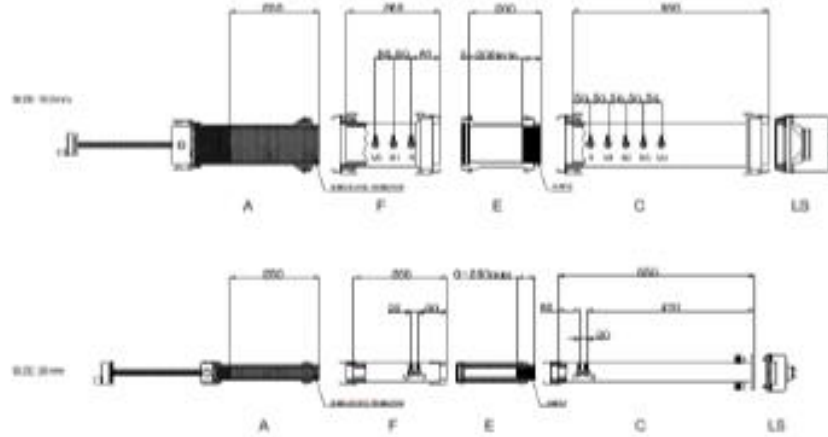
3. Ortam şartları

Sıcaklık [°C]	Bağıl nem [%]	Basınç [kPa]
22,7	55,5	101,0

4. Yöntem

Deneyde kullanılacak tertibat kullanımdan önce bir seri deney yapılarak kontrol edilmiştir. Ölçmelerden önce hoparlör, sıcaklığın kararlı hale gelmesi amacıyla 10 dakika süresince çalıştırılmıştır. Ön deney ve ölçmeler yapıldıktan sonra deney numunesi yukarıda belirtilen montaj koşullarına riayet edilerek tüp içerisine yerleştirilmiştir. Her bir çap için 3'er adet numune üzerinde ölçüm yapılmıştır. Sinyal üretici ile empedans tüpü arasındaki bağlantı sağlandıktan sonra talep edilen frekans aralığında (100Hz-6,3kHz) her bir 1/3 oktav bant merkez frekansında sinyal oluşturulmuş ve uygun yazılım aracılığıyla sonuçlar elde edilmiştir.

4.1 Deney Ekipmanı





5. Sonuçlar

Üçer numune üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak sonuç elde edilmiştir.
1/3 frekans bantlarında ses geçiş kaybı değeri (TL) müteakip sayfalarda verilmiştir.

SES GEÇİŞ KAYBI (TL),

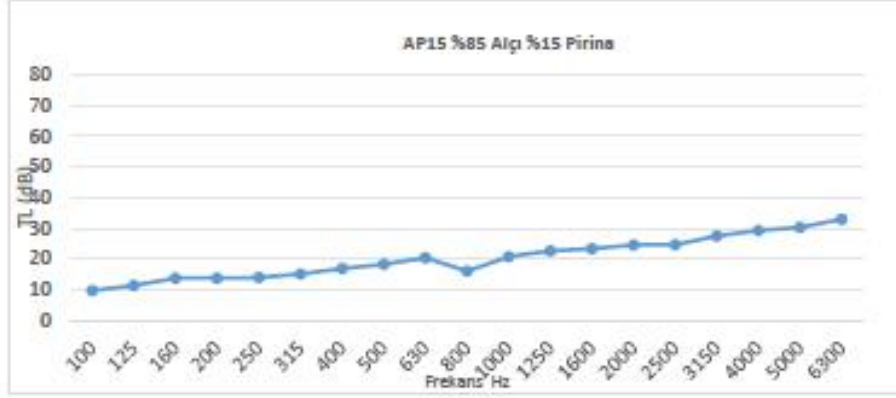
Frekans Hz	TL			TL ort.
100	9,75	9,83	9,75	9,78
125	11,68	10,98	11,68	11,45
160	14,59	12,13	14,59	13,77
200	14,38	12,64	14,38	13,80
250	14,62	12,90	14,62	14,05
315	15,71	14,15	15,71	15,19
400	17,55	15,66	17,55	16,92
500	18,92	17,11	18,92	18,32
630	21,11	19,17	21,11	20,46
800	16,46	15,26	16,46	16,06
1000	21,55	21,74	19,26	20,85
1250	23,75	25,17	19,17	22,69
1600	25,02	28,24	16,90	23,39
2000	27,06	28,61	18,18	24,62
2500	26,79	28,57	18,73	24,70
3150	32,76	30,50	19,42	27,56
4000	34,50	33,08	20,43	29,33
5000	35,94	32,28	22,84	30,35
6300	41,25	31,56	26,10	32,97

*Sonuçlar ölçüm ekipmanının güvenilir aralığının dışındadır.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AD: 0000-1
BAŞLIK:
YERİ:



NUMUNEYE AİT FOTOĞRAF



3/3

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020-6

Şekil C1.4 devamı.

	TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ DENEY ve KALİBRASYON MERKEZİ BAŞKANLIĞI YAPI MALZEMELERİ YANGIN VE AKUSTİK LABORATUVAR MÜDÜRLÜĞÜ TURKISH STANDARDS INSTITUTION HEADSHIP OF TSE TEST and CALIBRATION CENTER CONSTRUCTION MATERIALS FIRE AND ACOUSTICS LABORATORY AYDINLI MAH. ULUS SOK. NO:71 TUZLA/İSTANBUL Tel: +902165000561 Faks: e-mail: yalrin@tsa.org.tr www.tsa.org.tr			
	TS EN ISO/IEC 17025 AB-0001-T 32169 01-23			
MUAYENE VE DENEY RAPORU TEST REPORT				
Deneyi Talep Eden/Firma : (Ad, Adresi, Şehir vb.) Requesting/Customer (Name, Address, City etc.)		GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ CUMHURİYET MAH. 2254. SK. GEBZE TEKNİK ÜNİV. Dış Kapı No:G.Y.T ENST İç Kapı No:2 GEBZE KOCAELİ		
Deney Talep Tarihi / No : Order Date/No.		21.12.2022 / 2022-243719		
Numunenin Tanımı : (Çöz, Marka, Şiş, Tip, Tür, Model vb.) Sample Description (Type, Mark, Class, Model etc.)		2022-412578, A, %100 Alçı, 1.00, set		
Numune Kabul Tarihi : Sample Receipt Date		21.12.2022		
Deneylerin Yapıldığı Tarih : Date of Test		26.01.2023 / 31.01.2023		
Uygulanan Standart Metot : Applied Standard/Method		TS EN ISO 10534-2/-		
Raporun Sayfa Sayısı : Number of pages of the report		5		
Deney Sonucu : Test Result		-		
Açıklamalar : Remarks				
Yukarıda tanımlanan numune için laboratuvarımızda yapılan muayene ve deneylerden elde edilen sonuçlar miltakip sayfalarda verilmiştir. The testing and/or measurement results are given on the following pages which are part of this report.				
Deney laboratuvarları olarak faaliyet gösteren TSE Deney ve Kalibrasyon Merkezi Başkanlığı Deney Laboratuvarları TÜRKAK'tan AB-0001-T ile TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardına göre akredite edilmiştir. TSE Headship of Test and Calibration Center Testing Laboratories accredited by TÜRKAK under registration number AB-0001-T for TS EN ISO/IEC 17025:2017 as test laboratory. TÜRKAK deney raporlarının tanınabilirliği konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşmaları imzalanmıştır. TÜRKAK is a signatory to the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and to the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of test reports. Deney ve/veya ölçüm sonuçları, belirtilmiş ölçüm belirlenimleri (olmazsa halinde) ve deney metodları bu raporun tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir. The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.				
Karekod QR Code 	Tarih Date 31.01.2023	Deney Sorumlusu Person in charge of test BERAT USTA	Kontrol Eden Reviewer HALİL ALPER YILDIRIM	Onaylayan Head of Laboratory SENCER GÜVEN
Bu rapor, hazırlayan laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve karekoduz raporlar geçerlidir. Bu rapor, sadece deneyi yapılan numune için geçerlidir ve "Ölçüm Belgesi" yerine geçmez. This test report shall not be reproduced other than in full except with the written permission of the laboratory. Test reports without signature and seal are not valid. This test report represents only tested sample(s), and shall not be used as Product Certificate. Bu doküman elektronik ortamda imzalanmıştır. Doğrulama adresi: https://haavuru.tsa.org.tr/tse/QRKodDogrulama?code=695478				

Şekil C1.5: A numunelerinin ses yutum katsayısı deney raporu.



MUAYENE - DENey SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-T
32169
01-23

Deney Laboratuvarının Adı ve Adresi	TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı Aydınlı Mah. Ulus Sokak No:7/1 Tuzla /İSTANBUL Tel: 0(216) 560 0 500 Fax: 0(216) 560 05 65
Deneyi Talep Edenin Adı ve Adresi	GEBZE TEKNİK UNIVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN GTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü N Blok 1-24 Cumhuriyet Mah. 2254. Sok. No:2 41400 Gebze/ KOCAELİ
Numune Tipi	A, %100 Alçı

1. Giriş

GEBZE TEKNİK UNIVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN 'nın talebi üzerine "A, %100 Alçı" ürününün absorpsiyon katsayısının değerinin ölçülmesi amacıyla "TS EN ISO 10534-2:2003 Akustik - Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini - Bölüm 2: Aktarım fonksiyonu metodu" standardına göre 26/01/2023 tarihlerinde TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümünde deney yapılmıştır.

2. Deney numunesi

Deney numunesi firma tarafından seçilmiş ve laboratuvarımıza ulaştırılmıştır.
Numunenin laboratuvara ulaşma tarihi: -/2022

2.1 Deney numunesinin tanımlanması

Ürün tanımı: A, %100 Alçı				
Deney numunelerinin sayısı: ≈100 mm ve ≈28 mm çaplarında 3'er adet deney numunesi				
Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Kütle (g) (100/28 mm çaplı numune için)		Yoğunluk (kg/m³)
100 mm	≈13,19	≈104,43	≈ 8,43	≈ 1008,87
28mm	≈13,76			

*Ürün tanımlamalarında deneyi talep eden beyanı esas alınmıştır.

2.2 Numunenin yerleştirilmesi

Numuneler müşteri tarafından çapları sırasıyla 28mm ve 100 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Numuneye ilişkin fotoğraflar raporun sonunda verilmiştir. Ses yutum katsayısının belirlenmesine yönelik deneyde numune, numune tutacunun ön yüzü ile çıkıntı yapmayacak ve etrafından hava sızdırmayacak şekilde tüpün içerisine conta ile monte edilmiştir.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-T
32169
01-23

3. Ortam koşulları

Sıcaklık [°C]	Bağıl nem [%]	Basınç [kPa]
22,7	49,5	101,0

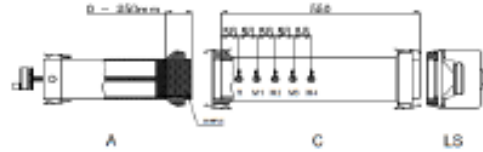
4. Metot

Deneyde kullanılacak tertibat kullanımdan önce bir seri deney yapılarak kontrol edilmiştir. Ölçmelerden önce hoparlör, sıcaklığın kararlı hale gelmesi amacıyla 10 dakika süresince çalıştırılmıştır. Ön deney ve ölçmeler yapıldıktan sonra deney numunesi yukarıda belirtilen montaj koşullarına riayet edilerek tüp içerisine yerleştirilmiştir. Her bir çap için 3'er adet numune üzerinde ölçüm yapılmıştır. Sinyal üretici ile empedans tüpü arasındaki bağlantı sağlandıktan sonra talep edilen frekans aralığında (100Hz-6,3kHz) her bir 1/3 oktav bant merkez frekansında sinyal oluşturulmuş ve uygun yazılım aracılığıyla sonuçlar elde edilmiştir.

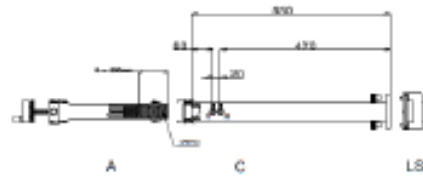
4.1 Deney Ekipmanı



SADE 100mm



SADE 20mm



3/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020 - 6

Şekil C1.5 devamı.



5. Sonuçlar

Üçer numune üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak sonuç elde edilmiştir. 1/3 frekans bantlarında ses yutumu katsayısı (α) değeri mütenekep sayfalarda verilmiştir.

Ses absorpsiyon katsayısı (α),

FREKANS Hz	ALFA			ALFA ORT.
100	0,02	0,02	0,02	0,02
125	0,02	0,03	0,02	0,02
160	0,03	0,05	0,04	0,04
200	0,04	0,09	0,06	0,06
250	0,05	0,14	0,10	0,10
315	0,09	0,23	0,19	0,17
400	0,22	0,27	0,33	0,27
500	0,50	0,23	0,38	0,37
630	0,51	0,16	0,25	0,31
800	0,21	0,11	0,14	0,16
1000	0,21	0,17	0,13	0,17
1250	0,13	0,24	0,15	0,17
1600	0,15	0,25	0,16	0,19
2000	0,18	0,20	0,18	0,19
2500	0,25	0,21	0,22	0,23
3150	0,34	0,20	0,24	0,26
4000	0,41	0,22	0,31	0,31
5000	0,28	0,29	0,29	0,28
6300	0,16	0,26	0,17	0,20

*Sonuçlar ölçüm ekipmanının güvenilir aralığının dışındadır.

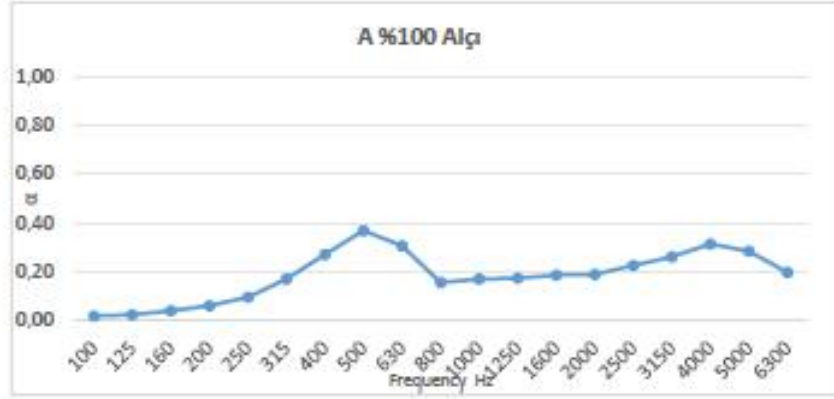


MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-I

32169

01-23



NUMUNEYE AİT FOTOĞRAF



5/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020 - 6

Şekil C1.5 devamı.



TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
DENEY ve KALİBRASYON
MERKEZİ BAŞKANLIĞI
YAPI MALZEMELERİ YANGIN VE AKUSTİK
LABORATUVAR MÜDÜRLÜĞÜ



TURKISH STANDARDS INSTITUTION
HEADSHIP OF TSE TEST and CALIBRATION CENTER
CONSTRUCTION MATERIALS FIRE AND ACOUSTICS LABORATORY

AYDINLI MAH. ULUS SOE. NO:711 TUZLA/İSTANBUL

Tel: +902165000561 Faks: e-mail: yaldirim@tse.org.tr

www.tse.org.tr

AB-0001-T
32115
01-23

MUAYENE VE DENEY RAPORU
TEST REPORT

Deneysel Talep Eden/Firma : (Adı, Adresi, Şehir vb.) Requesting/Customer (Name, Address, City etc.)	GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ CUMHURİYET MAH. 2254. SK. GEBZE TEKNİK ÜNİV. Dış Kapı No:G.Y.T. ENST. 1. Kapı No:2 GEBZE KOCAELİ
Deneysel Talep Tarihi / No : Order Date/No.	21.12.2022 / 2022-243719
Numunenin Tanımı : (Çin, Marka, Sınıf, Tip, Tür, Model vb.) Sample Description (Type, Mark, Class, Model etc.)	2022-412579, AP5, %95 Alçı %5 Pirina, 1.00, set
Numune Kabul Tarihi : Sample Receipt Date	21.12.2022
Deneyslerin Yapıldığı Tarih : Date of Test	26.01.2023 / 31.01.2023
Uygulanan Standart Metot : Applied Standard/Method	TS EN ISO 10534-2/-
Raporun Sayfa Sayısı : Number of pages of the report	5
Deneysel Sonucu : Test Result	-
Açıklamalar : Remarks	

Yukarıda tanımlanan numune için laboratuvarımızda yapılan muayene ve deneylerden elde edilen sonuçlar ekteki sayfalarda verilmiştir.
The testing and/or measurement results are given on the following pages which are part of this report.

Deneysel laboratuvarımız olarak faaliyet gösteren TSE Deney ve Kalibrasyon Merkezi Başkanlığı Deney Laboratuvarları TÜRKAK'tan AB-0001-T ile TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardına göre akredite edilmiştir.
TSE Headship of Test and Calibration Center Testing Laboratories accredited by TÜRKAK under registration number AB-0001-T for TS EN ISO/IEC 17025:2017 as test laboratory.

TÜRKAK deney raporlarının tasarruflı konumunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karışıklı tanıma anlaşmaları bulunmaktadır.
TÜRKAK is a signatory to the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and is in the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of test reports.

Deneysel veriler ve/veya ölçüm sonuçları, güvenilirliği ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu raporun tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir.
The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.

Karekod QR Code	Tarih Date	Deneysel Sorumlusu Person in charge of test	Kontrol Eden Reviewer	Onaylayan Head of Laboratory
	31.01.2023	BERAT USTA	HALİL ALPER YILDIRIM	SENCER GÜVEN

Bu rapor, bizzat laboratuvarımız yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İzinsiz ve karlıdır raporlar geçerlidir. Bu rapor, sadece deneyi yapılan numune için geçerlidir ve "Örnek Belgesi" yerine geçmez.
This test report shall not be reproduced other than in full except with the written permission of the laboratory. Test reports without signature and seal are not valid. This test report represents only tested sample(s), and shall not be used as Product Certificate.

Bu doküman elektronik ortamda imzalanmıştır.
Doğrulama adresi: <https://baseru.tse.org.tr/kye/QRKodDogrulama?code=2CC9DE>

Şekil C1.6: AP5 numunelerinin ses yutum katsayısı deney raporu.



TSE DENey ve KALİBRASYON MERKEZİ BAŞKANLIĞI YAPI MALZ. YANGIN VE AKUSTİK LAB.
HEADSHIP OF TSE TEST and CALIBRATION CENTER CONST. MAT. FIRE AND ACOUSTICS LABORATORY

MUAYENE - DENey SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-T
32115
01-23

Deney Laboratuvarının Adı ve Adresi	TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı Aydınlı Mah. Ulus Sokak No:7/1 Tuzla /İSTANBUL Tel: 0(216) 560 0 500 Fax: 0(216) 560 05 65
Deneyi Talep Edenin Adı ve Adresi	GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN GTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü N Blok 1-24 Cumhuriyet Mah. 2254. Sok. No:2 41400 Gebze/ KOCAELİ
Numune Tipi	AP5, %95 Alçı %5 Pirina

1. Giriş

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN'nın talebi üzerine "AP5, %95 Alçı %5 Pirina" ürününün absorpsiyon katsayısının değerinin ölçülmesi amacıyla "TS EN ISO 10534-2:2003 Akustik – Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini –Bölüm 2: Aktarım fonksiyonu metodu" standardına göre 26/01/2023 tarihlerinde TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümünde deney yapılmıştır.

2. Deney numunesi

Deney numunesi firma tarafından seçilmiş ve laboratuvarımıza ulaştırılmıştır.
Numunenin laboratuvara ulaşma tarihi: -/2022

2.1 Deney numunesinin tanımlanması

Ürün tanımı: AP5, %95 Alçı %5 Pirina				
Deney numunelerinin sayısı: ≈100 mm ve ≈28 mm çaplarında 3'er adet deney numunesi				
Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Kütle (g) (100/28) mm çaplı numune için)		Yoğunluk (kg/m³)
100 mm	≈13,27	≈102,61	≈ 8,39	≈ 984,81
28mm	≈14,03			

*Ürün tanımlamalarında deneyi talep eden beyanı esas alınmıştır.

2.2 Numunenin yerleştirilmesi

Numuneler müşteri tarafından çapları sırasıyla 28mm ve 100 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Numuneye ilişkin fotoğraflar raporun sonunda verilmiştir. Ses yutun katsayısının belirlenmesine yönelik deneyde numune, numune tutucunun ön yüzü ile çıkıntı yapmayacak ve etrafından hava sızdırmayacak şekilde tüpün içerisine conta ile monte edilmiştir.

2/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020 - 6

Şekil C1.6 devamı.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-T
32115
01-23

3. Ortam koşulları

Sıcaklık [°C]	Bağıl nem [%]	Basınç [kPa]
22,7	49,5	101,0

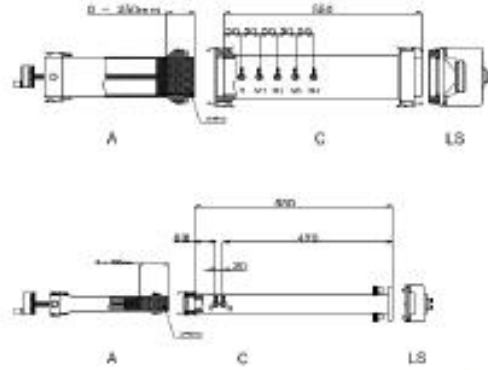
4. Metot

Deneyde kullanılacak tertibat kullanımdan önce bir seri deney yapılarak kontrol edilmiştir. Ölçmelerden önce hoparlör, sıcaklığın kararlı hale gelmesi amacıyla 10 dakika süresince çalıştırılmıştır. Ön deney ve ölçmeler yapıldıktan sonra deney numunesi yukarıda belirtilen montaj koşullarına riayet edilerek tüp içerisine yerleştirilmiştir. Her bir çap için 3'er adet numune üzerinde ölçüm yapılmıştır. Sinyal üretici ile empedans tüpü arasındaki bağlantı sağlandıktan sonra talep edilen frekans aralığında (100Hz-6,3kHz) her bir 1/3 oktav bant merkez frekansında sinyal oluşturulmuş ve uygun yazılım aracılığıyla sonuçlar elde edilmiştir.

4.1 Denev Ekipmanı



ŞEKİL C1.6



3/5

Şekil C1.6 devamı.



5. Sonuçlar

Üçer numune üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak sonuç elde edilmiştir. 1/3 frekans bantlarında ses yutum katsayısı (α) değeri mütetkip sayfalarda verilmiştir.

Ses absorpsiyon katsayısı (α),

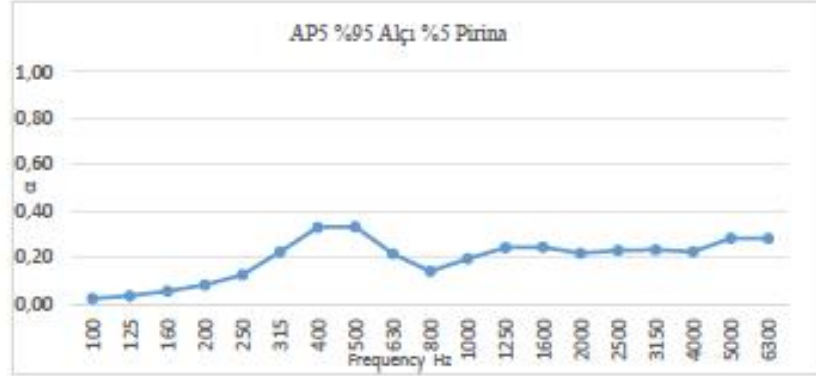
FREKANS Hz	ALFA			ALFA ORT.
100	0,02	0,03	0,02	0,02
125	0,03	0,04	0,04	0,04
160	0,05	0,06	0,06	0,06
200	0,07	0,09	0,09	0,08
250	0,11	0,14	0,13	0,13
315	0,22	0,22	0,24	0,23
400	0,35	0,29	0,35	0,33
500	0,39	0,29	0,33	0,33
630	0,24	0,21	0,20	0,22
800	0,14	0,15	0,13	0,14
1000	0,17	0,15	0,27	0,20
1250	0,21	0,18	0,34	0,24
1600	0,22	0,20	0,32	0,25
2000	0,21	0,21	0,24	0,22
2500	0,23	0,24	0,23	0,23
3150	0,23	0,23	0,25	0,23
4000	0,26	0,21	0,21	0,23
5000	0,30	0,24	0,31	0,28
6300	0,26	0,20	0,39	0,28

*Sonuçlar ölçüm ekipmanının güvenilir aralığının dışındadır.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-T
32115
01-23



NUMUNEYE AIT FOTOĞRAF



3/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020 - 6

Şekil C1.6 devamı.



TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
DENEY ve KALİBRASYON
MERKEZİ BAŞKANLIĞI
YAPI MALZEMELERİ YANGIN VE AKUSTİK
LABORATUVAR MÜDÜRLÜĞÜ



TURKISH STANDARDS INSTITUTION
HEADSHIP OF TSE TEST and CALIBRATION CENTER
CONSTRUCTION MATERIALS FIRE AND ACOUSTICS LABORATORY

AYDINLI MAH. ULUS SKK. NO:31 TUZLA/İSTANBUL

Tel: +902165800561 Faks: e-mail: yaldirim@tse.org.tr

www.tse.org.tr

TS EN ISO/IEC 17025
AB-0001-T
32089
01-23

MUAYENE VE DENEY RAPORU
TEST REPORT

Deneysel Talep Eden/Firma : (Ad, Adresi, Şehir vb.)	GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ CUMHURİYET MAH. 2254. SK. GEBZE TEKNİK ÜNİV. Dış Kapı No:G.Y.T.ENST İç Kapı No:2 GEBZE KOCAELİ
Deneysel Talep Tarihi / No : Order Date/No.	21.12.2022 / 2022-243719
Numunenin Tanımı : (Çin, Marka, Şiş, Tip, Tür, Model vb.) Sample Description (Type, Mark, Class, Model etc.)	2022-412580, AP10, %90 Alçı %10 Pirinç, 1.00, set
Numune Kabul Tarihi : Sample Receipt Date	21.12.2022
Deneyslerin Yapıldığı Tarih : Date of Test	26.01.2023 / 31.01.2023
Uygulanan Standart Metot : Applied Standard/Method	TS EN ISO 10534-2/-
Raporun Sayfa Sayısı : Number of pages of the report	5
Deneysel Sonucu : Test Result	-
Açıklamalar : Remarks	

Yukarıda tanımlanan numune için laboratuvarımızda yapılan muayene ve deneylerden elde edilen sonuçlar müteakip sayfalarda verilmiştir.
The testing and/or measurement results are given on the following pages which are part of this report.

Deneysel laboratuvarlarımız olarak faaliyet gösteren TSE Deney ve Kalibrasyon Merkezi Başkanlığı Deney Laboratuvarlarımız TÜRKAK'tan AB-0001-T ile TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardına göre akredite edilmiştir.
TSE Headship of Test and Calibration Center Testing Laboratories accredited by TÜRKAK under registration number AB-0001-T for TS EN ISO/IEC 17025:2017 as test laboratory.
TÜRKAK deney raporlarımızın tanınabilirliğinde Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşmaları imzalanmıştır.
TÜRKAK is a signatory to the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and to the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of test reports.
Deney ve/veya ölçüm sonuçları, gürültü ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu raporun tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir.
The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.

Karekod QR Code	Tarih Date	Deneysel Sorumlusu Person in charge of test	Kontrol Eden Reviewer	Onaylayan Head of Laboratory
	31.01.2023	BERAT USTA	HALİL ALPER YILDIRIM	SENCER GÜVEN

Bu rapor, hazırlayan laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İzinsiz ve baskı kodlu raporlar geçerlidir. Bu rapor, sadece deneyi yapılan numune için geçerlidir ve "Ürün Belgesi" yerine geçmez.
This test report shall not be reproduced other than in full except with the written permission of the laboratory. Test reports without signature and seal are not valid. This test report represents only tested sample(s), and shall not be used as Product Certificate.

Bu doküman elektronik ortamda imzalanmıştır.

Doğrulama adresi: <https://baevuru.tse.org.tr/uye/QRKodDogrulama?code=4173DD>

Şekil C1.7: AP10 numunelerinin ses yutum katsayısı deney raporu.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-T
32089
01-23

Deney Laboratuvarının Adı ve Adresi	TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı Aydınlı Mah. Ulu Sokak No:7/1 Tuzla /İSTANBUL Tel: 0(216) 560 0 500 Fax: 0(216) 560 05 65
Deneyi Talep Edenin Adı ve Adresi	GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN GTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü N Blok 1-24 Cumhuriyet Mah. 2254. Sok. No:2 41400 Gebze/ KOCAELİ
Numune Tipi	AP10, %90 Alçı %10 Pirina

1. Giriş

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN'ın talebi üzerine "AP10, %90 Alçı %10 Pirina" ürününün absorpsiyon katsayısının değerinin ölçülmesi amacıyla "TS EN ISO 10534-2:2003 Akustik – Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının empedansın tayini –Bölüm 2: Aktarım fonksiyonu metodu" standardına göre 26/01/2023 tarihlerinde TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümünde deney yapılmıştır.

2. Deney numunesi

Deney numunesi firma tarafından seçilmiş ve laboratuvarımıza ulaştırılmıştır.
Numunenin laboratuvara ulaşma tarihi: -/2022

2.1 Deney numunesinin tanımlanması

Ürün tanımı: AP10, %90 Alçı %10 Pirina				
Deney numunelerinin sayısı: ≈100 mm ve ≈28 mm çaplarında 3'er adet deney numunesi				
Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Kütle (g) ((100/28) mm çaplı numune için)	Yoğunluk (kg/m³)	
100 mm	≈12,99	≈96,90	≈ 7,36	≈ 949,99
28mm	≈12,95			

*Ürün tanımlamalarında deneyi talep eden beyanı esas alınmıştır.

2.2 Numunenin yerleştirilmesi

Numuneler müşteri tarafından çapları sırasıyla 28mm ve 100 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Numuneye ilişkin fotoğraflar raporun sonunda verilmiştir. Ses yutun katsayısının belirlenmesine yönelik deneyde numune, numune tutucunun ön yüzü ile çıkıntı yapmayacak ve etrafından hava sızdırmayacak şekilde tüpün içerisine conta ile monte edilmiştir.

2/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020 - 6

Şekil C1.7 devamı.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-T

32089

01-23

3. Ortam koşulları

Sıcaklık [°C]	Bağıl nem [%]	Basınç [kPa]
22,6	49,5	101,0

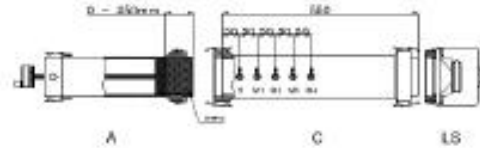
4. Metot

Deneyde kullanılacak tertibat kullanımdan önce bir seri deney yapılarak kontrol edilmiştir. Ölçmelerden önce hoparlör, sıcaklığın kararlı hale gelmesi amacıyla 10 dakika süresince çalıştırılmıştır. Ön deney ve ölçmeler yapıldıktan sonra deney numunesi yukarıda belirtilen montaj koşullarına riayet edilerek tüp içerisine yerleştirilmiştir. Her bir çap için 3'er adet numune üzerinde ölçüm yapılmıştır. Sinyal üretici ile empedans tüpü arasındaki bağlantı sağlandıktan sonra talep edilen frekans aralığında (100Hz-6,3kHz) her bir 1/3 oktav bant merkez frekansında sinyal oluşturulmuş ve uygun yazılım aracılığıyla sonuçlar elde edilmiştir.

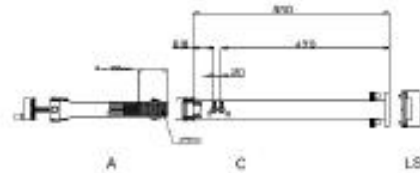
4.1 Deney Ekipmanı



SADE 180mm



SADE 280mm



3/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020 - 6

Şekil C1.7 devamı.



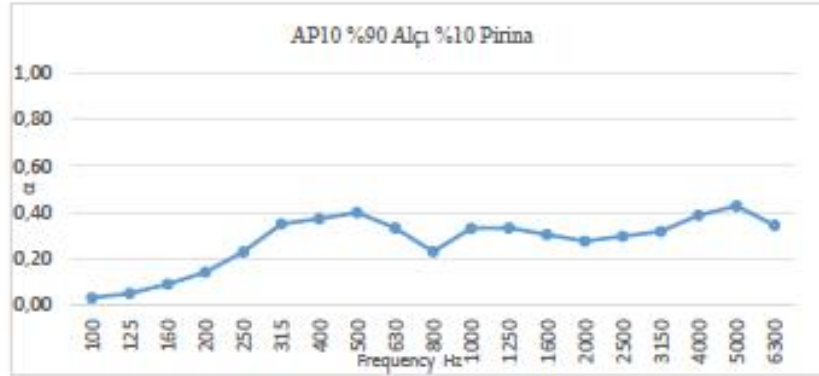
5. Sonuçlar

Üçer numune üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak sonuç elde edilmiştir. 1/3 frekans bantlarında ses yutum katsayısı (α) değeri müteakip sayfalarda verilmiştir.

Ses absorpsiyon katsayısı (α),

FREKANS Hz	ALFA			ALFA ORT.
100	0,02	0,05	0,03	0,03
125	0,03	0,08	0,04	0,05
160	0,04	0,16	0,07	0,09
200	0,06	0,26	0,10	0,14
250	0,09	0,45	0,15	0,23
315	0,15	0,64	0,26	0,35
400	0,27	0,49	0,36	0,37
500	0,48	0,34	0,38	0,40
630	0,50	0,22	0,28	0,33
800	0,27	0,21	0,21	0,23
1000	0,31	0,29	0,40	0,33
1250	0,25	0,31	0,43	0,33
1600	0,26	0,29	0,36	0,30
2000	0,27	0,27	0,29	0,28
2500	0,30	0,29	0,30	0,30
3150	0,31	0,31	0,33	0,32
4000	0,32	0,36	0,49	0,39
5000	0,36	0,34	0,58	0,43
6300	0,33	0,30	0,40	0,34

*Sonuçlar ölçüm ekipmanının güvenilir aralığının dışındadır.



NUMUNEYE AIT FOTOĞRAF



	TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ DENEY ve KALİBRASYON MERKEZİ BAŞKANLIĞI YAPI MALZEMELERİ YANGIN VE AKUSTİK LABORATUVAR MÜDÜRLÜĞÜ			
	TURKISH STANDARDS INSTITUTION HEADSHIP OF TSE TEST and CALIBRATION CENTER CONSTRUCTION MATERIALS FIRE AND ACOUSTICS LABORATORY			
AYDINLI MAH. ULUS SOK. NO:11 TUZLA/İSTANBUL Tel: +902165600561 Faks: e-mail: yaldirim@tse.org.tr www.tse.org.tr				
MUAYENE VE DENEY RAPORU TEST REPORT				
Deneyi Talep Eden/Firma : (Adı, Adresi, Şehir vb.) Requesting/Customer (Name, Address, City etc.)		GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ CUMHURİYET MAH. 2254. SK. GEBZE TEKNİK ÜNV. Dış Kapı No: G.Y.T ENST İş Kapı No:2 GEBZE KOCAELİ		
Deney Talep Tarihi / No : Order/Date/No.		21.12.2022 / 2022-243719		
Numunenin Tanımı : (Çöz, Marka, Sınıf, Tip, Tür, Model vb.) Sample Description (Type, Mark, Class, Model etc.)		2022-412581, AP15, %85 Alçı %15 Pirinç, 1.00, set		
Numune Kabul Tarihi : Sample Receipt Date		21.12.2022		
Deneylerin Yapıldığı Tarih : Date of Test		26.01.2023 / 31.01.2023		
Uygulanan Standart Metot : Applied Standard/Method		TS EN ISO 10534-2/-		
Raporun Sayfa Sayısı : Number of pages of the report		5		
Deney Sonucu : Test Result		-		
Açıklamalar : Remarks				
Yukarıda tanımlanan numune için laboratuvarımızda yapılan muayene ve deneylerden elde edilen sonuçlar ekteki sayfalarda verilmiştir. The testing and/or measurement results are given on the following pages which are part of this report.				
Deney laboratuvarları olarak faaliyet gösteren TSE Deney ve Kalibrasyon Merkezi Başkanlığı Deney Laboratuvarları TÜRKAK'tan AB-0001-T ile TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardına göre akredite edilmiştir. TSE Headship of Test and Calibration Center Testing Laboratories accredited by TÜRKAK under registration number AB-0001-T for TS EN ISO/IEC 17025:2017 as test laboratory. TÜRKAK deney raporlarının tanınabilirliği konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşmaları imzalanmıştır. TÜRKAK is a signatory to the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and to the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of test reports. Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olman halinde) ve deney metodları bu raporun tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir. The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.				
Karekod QR Code 	Tarih Date 31.01.2023	Deney Sorumlusu Person in charge of test BERAT USTA	Kontrol Eden Reviewer HALİL ALPER YILDIRIM	Onaylayan Head of Laboratory SENCER GÜVEN
Bu rapor, hazırlayan laboratuvara yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İzinsiz ve karlı kodlu raporlar geçerlidir. Bu rapor, sadece deneyi yapılan numune için geçerlidir ve "Ürün Belgesi" yerine geçmez. This test report shall not be reproduced other than in full except with the written permission of the laboratory. Test reports without signature and seal are not valid. This test report represents only tested sample(s), and shall not be used as Product Certificate. Bu doküman elektronik ortamda imzalanmıştır. Doğrulama adresi: https://havvama.tse.org.tr/uyeQRKodDogrulama?code=61CF49				

Şekil C1.8: AP15 numunelerinin ses yutum katsayısı deney raporu.



MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS
TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-T

32145

01-23

Deney Laboratuvarının Adı ve Adresi	TSE Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarı Aydınlı Mah. Ulus Sokak No:7/1 Tuzla /İSTANBUL Tel: 0(216) 560 0 500 Fax: 0(216) 560 05 65
Deneyi Talep Edenin Adı ve Adresi	GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN GTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü N Blok 1-24 Cumhuriyet Mah. 2254. Sok. No:2 41400 Gebze/ KOCAELİ
Numune Tipi	AP15, %85 Alçı %15 Pirina

1. Giriş

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ-EZGİ UYAR SUN'ın talebi üzerine "AP15, %85 Alçı %15 Pirina" ürününün absorpsiyon katsayısının değerinin ölçülmesi amacıyla "TS EN ISO 10534-2:2003 Akustik – Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini –Bölüm 2: Aktarım fonksiyonu metodu" standardına göre 26/01/2023 tarihlerinde TSE Yapı Malz. Yangın ve Akustik Laboratuvarı Akustik Bölümünde deney yapılmıştır.

2. Deney numunesi

Deney numunesi firma tarafından seçilmiş ve laboratuvarımıza ulaştırılmıştır.
Numunenin laboratuvara ulaşma tarihi: -/2022

2.1 Deney numunesinin tanımlanması

Ürün tanımı: AP15, %85 Alçı %15 Pirina

Deney numunelerinin sayısı: ≈100 mm ve ≈28 mm çaplarında 3'er adet deney numunesi

Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Kütle (g) (100/28 mm çaplı numune için)	Yoğunluk (kg/m³)
100 mm	≈13,00	≈98,77	≈ 6,99
28mm	≈12,53		≈ 968,07

*Ürün tanımlamalarında deneyi talep eden beyanı esas alınmıştır.

2.2 Numunenin yerleştirilmesi

Numuneler müşteri tarafından çapları sırasıyla 28mm ve 100 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Numuneye ilişkin fotoğraflar raporun sonunda verilmiştir. Ses yutumu katsayısının belirlenmesine yönelik deneyde numune, numune tutucunun ön yüzü ile çıkıntı yapmayacak ve etrafından hava sızdırmayacak şekilde tüpün içerisine conta ile monte edilmiştir.

2/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020 - 6

Şekil C1.8 devamı.

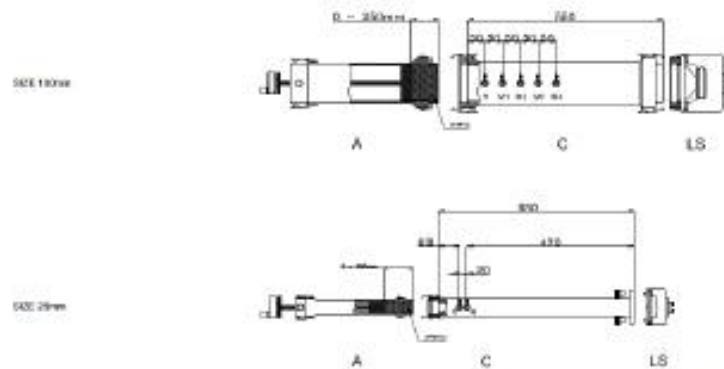
3. Ortam koşulları

Sıcaklık [°C]	Bağıl nem [%]	Basınç [kPa]
22,6	49,5	101,0

4. Metot

Deneyde kullanılacak terübat kullanımından önce bir seri deney yapılarak kontrol edilmiştir. Ölçmelerden önce hoparör, sıcaklığın kararlı hale gelmesi amacıyla 10 dakika süresince çalıştırılmıştır. Ön deney ve ölçmeler yapıldıktan sonra deney nummesi yukarıda belirtilen montaj koşullarına riayet edilerek tüp içerisine yerleştirilmiştir. Her bir çap için 3'er adet numme üzerinde ölçüm yapılmıştır. Sinyal üretici ile empedans tüpü arasındaki bağlantı sağlandıktan sonra talep edilen frekans aralığında (100Hz-6.3kHz) her bir 1/3 oktav bant merkez frekansında sinyal oluşturulmuş ve uygun yazılım aracılığıyla sonuçlar elde edilmiştir.

4.1 Deney Ekipmanı



3/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020 - 6

Şekil C1.8 devamı.



5. Sonuçlar

Üçer numune üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak sonuç elde edilmiştir. 1/3 frekans bantlarında ses yutum katsayısı (α) değeri müteakip sayfalarda verilmiştir.

Ses absorpsiyon katsayısı (α),

FREKANS Hz	ALFA			ALFA ORT.
100	0,02	0,02	0,02	0,02
125	0,03	0,02	0,04	0,03
160	0,06	0,04	0,06	0,05
200	0,08	0,06	0,10	0,08
250	0,12	0,09	0,15	0,12
315	0,23	0,16	0,30	0,23
400	0,38	0,29	0,50	0,39
500	0,45	0,49	0,54	0,49
630	0,30	0,46	0,34	0,36
800	0,20	0,31	0,22	0,24
1000	0,24	0,31	0,25	0,27
1250	0,45	0,43	0,33	0,40
1600	0,71	0,68	0,73	0,70
2000	0,46	0,49	0,80	0,59
2500	0,35	0,39	0,51	0,42
3150	0,32	0,36	0,37	0,35
4000	0,37	0,38	0,35	0,37
5000	0,43	0,48	0,43	0,45
6300	0,43	0,48	0,51	0,47

*Sonuçlar ölçüm ekipmanının güvenilir aralığının dışındadır.



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZİ BAŞKANLIĞI YAPI MALZ. YANGIN VE AKUSTİK LAB.

HEADSHIP OF TSE TEST and CALIBRATION CENTER CONST. MAT. FIRE AND ACOUSTICS LABORATORY

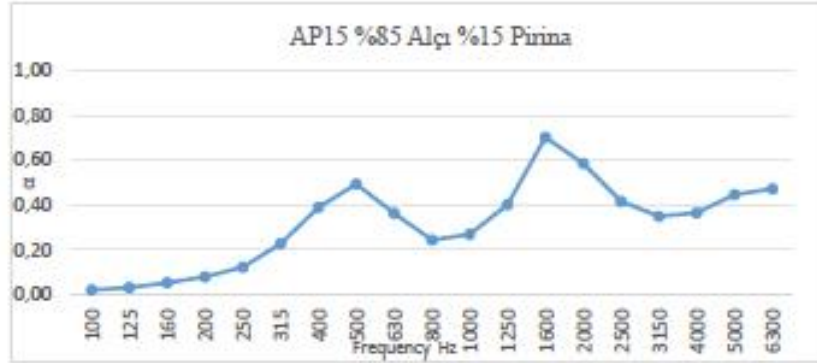
MUAYENE - DENEY SONUÇLARI TEST RESULTS

TS EN ISO 10534-2:2003

AB-0001-T

32145

01-23



NUMUNEYE AİT FOTOĞRAF



5/5

LAB-D-FR-36 / 11.06.2020 - 6

Şekil C1.8 devamı.