T.C.
TARSUS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

FARKLI ORGANİK MALZEMELERİN SES GEÇİŞ KAYBI KAPASİTELERİNDEKİ ETKİ VE VERİMLİLİĞİN ARAŞTIRILMASI

Hatice Mehtap BULUKLU

DOKTORA TEZİ

TARSUS- 2023

T.C.
TARSUS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

FARKLI ORGANİK MALZEMELERİN SES GEÇİŞ KAYBI KAPASİTELERİNDEKİ ETKİ VE VERİMLİLİĞİN ARAŞTIRILMASI

Hatice Mehtap BULUKLU

Danışman: Doç. Dr. Ercan KÖSE

2. Danışman: Prof. Dr. Filiz BAL KOÇYİĞİT

DOKTORA TEZİ

TARSUS-2023

Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma, jüri tarafından İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan:
(Danışman)

Üye:

Üye:

Üye:

Üye:

Yukarıdaki Jüri kararı Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun …../…./2021 tarih ve ……../……..sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ONAY
Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylarım.
…/…/2023

Prof. Dr. Osman Murat ÖZKENDİR
Enstitü Müdürü

NOT: Bu tezde kullanılan ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ETİK BEYANI

Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 06 / 07 / 2023

Hatice Mehtap BULUKLU

ÖZET

FARKLI ORGANİK MALZEMELERİN SES GEÇİŞ KAYBI KAPASİTELERİNDEKİ ETKİ VE VERİMLİLİĞİN ARAŞTIRILMASI

Hatice Mehtap BULUKLU

Doktora Tezi, İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Ercan KÖSE
2. Danışman: Prof. Dr. Filiz BAL KOÇYİĞİT

Temmuz 2023, 189 sayfa

Günümüzde gürültünün rahatsızlık veren etkisinin azaltılabilmesi amacıyla malzemeler üretilmektedir. Ses yalıtım özelliğine sahip malzemelerin önerisi, tasarımı ve seçimi, iç mekân akustik kontrolünde önemli bir paya sahiptir. Bunun için gerçekleştirilebilecek deneysel kriterler arasında, ses iletim kaybı ve ses yutma katsayısı gibi parametrelerin ölçümü ve analizi, empedans tüpleri, alfa kabinleri ve yankılanma odaları gibi cihazların bulunduğu laboratuvarlarda gerçekleştirilmektedir.

Çalışmada, öncelikle farklı ortamlar için gürültü önleyici akustik özelliğe sahip malzemeler ve bu malzemelere uygulanan testler araştırılmıştır. Literatürde akustik malzemelere uygulanan testler yer almasına rağmen uygulamanın daha sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Test maliyetlerinin yüksek olup sert karakteristik özelliğe sahip malzemelerin test edilmesi, empedans tüpüne zarar verebilmektedir. Test düzeneğine zarar vermeden, çoklu test yapabilmenin minimum süre ve minimum maliyetle gerçekleştirilebileceği ihtiyacı önemli olabileceğinden Alfa Kabin benzeri model sistemi, gürültü ve ses yalıtımı esas alınarak tasarlanmıştır. Doğal ve sentetik içerikli birçok malzeme ile 500-8000 Hz. frekans aralığında deneyler yapılarak 30dB'in üzerinde ses geçiş kaybı değerleri elde edilerek firma tarafından ölçülmüş değerlerle karşılaştırıldığında yakın olduğu tespit edilmiştir. Standartlarla doğruluğu kanıtlandıktan sonra yeni akustik malzemeler geliştirmek amacıyla geri dönüştürülebilir doğal içerikli numuneler hazırlanmıştır. Bunlar yüksek ses geçiş kaybına sahip, Türkiye'de yetişen düşük karbon salınımlı, insan sağlığına duyarlı, iç mekân kalitesine zarar vermeyen ve sanayide kullanılabilecek numunelerdir. Geliştirilen malzemelerin, piyasadaki sentetik malzemelere alternatif olabileceği karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. En yüksek ses geçiş kaybının, kozalaklı ve yumurta formlu numunede 63,27dB, konkav ceviz kabuğu ve yumurta formunda 62,41dB olduğu tespit edilmiştir. Numunelerin ANSYS programının akustik modülünde analiz işlemleri gerçekleştirilerek sonuçları karşılaştırmalı grafikler halinde verilmiştir. Tasarlanan model sisteminde çok sayıda deneysel ölçüm, daha düşük maliyetle, çok kısa sürede ve kolaylıkla yapılabilmektedir. Ülkemizde yetişen kozalak ve ceviz kabuğunun seçilmesinin temel amacı, çam ve ceviz ağacının ekiliminin arttırılmasıyla yeşil alanların ve atmosferdeki oksijen miktarına katkı sağlayabilmektir. Numunelerin ILO ve WHO standartlarına göre insan sağlığına zararlı 85dB ve üzeri ses üreten makine ve cihazların ses yalıtımında kullanılabileceği öngörülmüştür.

Anahtar kelimeler: Akustik, Ses Geçiş Kaybı (STL), Gürültü Kontrolü, Geri Dönüştürülebilir Malzeme, Alfa Kabin

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT AND EFFICIENCY ON SOUND TRANSMISSION LOSS CAPACITIES OF DIFFERENT ORGANIC MATERIALS

Hatice Mehtap BULUKLU

Ph.D. Thesis, Department of Production Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Ercan KÖSE
2. Supervisor: Prof. Dr. Filiz BAL KOÇYİĞİT

July 2023, 189 pages

Today, materials are produced in order to reduce the disturbing effect of noise. The proposal, design and selection of materials with sound insulation properties have an important role in indoor acoustic control. Among the experimental criteria that can be realized for this, the measurement and analysis of parameters such as sound transmission loss and sound absorption coefficient are carried out in laboratories with devices such as impedance tubes, Alpha Cabin and reverberation chambers.

In the study, first of all, materials with noise-canceling acoustic properties for different environments and the tests applied to these materials were investigated. Although there are tests applied to acoustic materials in the literature, it has been observed that the application is more limited. Testing materials with high test costs and hard characteristics can damage the impedance tube. The Alpha Cabin-like model system was designed on the basis of noise and sound insulation, since it can be seen that the need for performing multiple tests without damaging the test set-up can be significant, with minimum time and minimum cost. 500-8000 Hz. with many natural and synthetic materials. By conducting experiments in the frequency range, sound transmission loss values of over 30dB were obtained and it was determined that they were close when compared to the values measured by the company. After proving their accuracy with the standards, samples with recyclable natural content were prepared in order to develop new acoustic materials. These are samples that have high sound transmission loss, are grown in Turkey, have low carbon emissions, are sensitive to human health, do not harm indoor quality, and can be used in industry. It has been comparatively analyzed that the developed materials can be alternatives to the synthetic materials on the market. The highest sound transmission loss was found to be 63.27dB in the concave and egg-shaped sample, and 62.41dB in the concave walnut shell and egg form. Analysis of the samples was carried out in the acoustic module of the ANSYS program, and the results were given in comparative graphics. In the designed model system, a large number of experimental measurements can be made easily, in a very short time, at lower cost. The main purpose of choosing the cones and walnut shells grown in our country is to increase the planting of pine and walnut trees and contribute to the amount of oxygen in the atmosphere and green areas. It is foreseen that the samples can be used for sound insulation of machines and devices that produce 85dB and above sound harmful to human health according to ILO and WHO standards.

Keywords: Acoustic, Sound Transmission Loss (STL), Noise Control, Recyclable Material, Alpha Cabin

ÖNSÖZ

Doktora programına kabul edildiğim mülakat anından, eğitim sürecimin son aşamasına kadar benim için kıymetli zamanlarını ayırıp benimle görüş ve tecrübelerini paylaşarak her daim araştırmalarıma katkı sağlayan, en zorlu anlarda manevi desteğini esirgemeyen, danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ercan KÖSE'ye, akustik konularla birlikte tez aşamasında yollarımızın kesiştiği, kıymetli zamanını ayırarak bilgi ve tecrübelerini paylaşan, desteğini her zaman hissettiğim eş danışman hocam Sayın Prof. Dr. Filiz BAL KOÇYİĞİT' e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum.

Değerli danışman hocalarıma minnettarım.

Tez İzleme Komitesi'nin tümünde jüride yer alarak tecrübeleri ve önerileriyle tezimi geliştirebilmeme katkı sağlayan hocalarım; Sayın Prof. Dr. Mustafa Kemal KÜLEKÇİ' ye, Sayın Prof. Dr. Berdan ÖZKURT' a, gerektiğinde yardımlarını esirgemeyen Tarsus Üniversitesi bünyesindeki hocalarıma ve üniversite personellerine, manevi desteklerinden dolayı tüm arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Bu çalışmayı, MF.21.006 nolu BAP Projesi kapsamında destekleyen başta Tarsus Üniversitesi Yönetimi olmak üzere Tarsus Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimine, deney çalışmalarım sürecinde, Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi (MEİTAM)' nde bulunan yankısız odada çalışmalarımı yürütebilmem konusunda yardımını esirgemeyen Laboratuvar Sorumlusu ve Mersin Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden Sayın Prof. Dr. Caner ÖZDEMİR'e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bilgi ve tecrübeleriyle, özverileriyle hayatımın her aşamasında ve her koşulda katkı sağlayan, sevgileriyle güç veren, desteğini esirgemeyerek bugünlere gelmemi sağlayan değerli aileme; anneme, merhum babama, abime ve küçük yaşına rağmen sabrıyla her daim yanımda olan biricik oğluma sonsuz sevgilerimi ve saygılarımı sunuyorum.

Canım aileme ithafen…

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET……i

ABSTRACT……..ii

ÖNSÖZ……iii

İÇİNDEKİLER……iv

KISALTMALAR……vi

ŞEKİLLER LİSTESİ……vii

TABLOLAR LİSTESİ……...xii

EKLER LİSTESİ……..xvii

GİRİŞ……1

BÖLÜM I

LİTERATÜR TARAMASI

1.1. Literatür Taraması 5

BÖLÜM II

SES, GÜRÜLTÜ ve AKUSTİK

2.1. Ses ve Sesle İlgili Temel Kavramlar.....13

2.2. Ses Yutulması (Sound Absorption) 14

2.3. Gürültü 16

BÖLÜM III

SES YUTUCU MALZEMELERİN SES YUTMA PERFORMANSINA ETKİLERİ

3.1. Gözenekli Yapıların Ses Yutma Performansına Etkisi.....27

3.2. Rezonansın ve Panelin Ses Yutma Performansına Etkisi 30

3.3. Doğal Malzemelerin Ses Yutma Performansına Etkisi 31

BÖLÜM IV

MATERYAL ve METOT

4.1. Materyal 33

4.1.1. Sentetik Malzemeler 34

4.1.2. Doğal Malzemeler....35
4.2. Metot....37
4.3. Deneysel Çalışmalar....45
4.3.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Numuneler....45

BÖLÜM V

BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1. Bulgular ve Tartışma....149

SONUÇ ve ÖNERİLER....172
KAYNAKÇA....174
ÖZGEÇMİŞ....188

KISALTMALAR

ANSYS: Swanson Analysis Systems

ASTM E1050: Ses Yutma Katsayısının Ölçümünde Kullanılan Standart

ASTM E2611-09: Ses İletim Kaybının Ölçülmesinde Kullanılan Standart

ASTM C423: Çınlama Odasında Ses Yutma ve Ses Yutma Katsayıları için Standart Test Yöntemi

EDT: Erken Düşme Süresi

EPA: Environmental Protection Agency (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)

GAK: Gürültü Azaltma Katsayıları

Hz.: Hertz

ILO: International Labour Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)

ISO 140-3/ASTM E-90: Ses Yutma Katsayısının Ölçümünde Kullanılan Standart

KARPEL: Kozalağın yapısında bulunan her bir diş

L_1: Alfa Kabin modeli test kutusu sisteminde kaynak oda

L_2: Alfa Kabin modeli test kutusu sisteminde alıcı oda

MDF: Medium Density Fiberboard

PASCAL: Pa

PVDF: Poliviniliden Florür

R: Ses İletim Kaybı

RT: Reverberation Time (Çınlama Süresi)

SBB: Savunma Sanayi Başkanlığı

SIL: Ses Şiddeti Seviyesi

SRI: Sound Reduction Index (Ses Azaltma Endeksi)

STC: Sound Transmission Class (Ses İletim Sınıfı)

STL: Sound Transmission Loss (Ses Geçiş Kaybı)

SPL: Sound Pressure Level (Ses Basınç Seviyesi)

SYK: Ses Yutma Katsayısı

TS EN ISO 354: Ses Yutma Katsayısının Ölçümünde Kullanılan Standart

T30: Yansışım Süresi

WHO: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Bir Ses Dalgasının Hareketi 13
Şekil 2.2. Modern İnsan Odyogramı ve Konuşma Frekansları 14
Şekil 2.3. İşitme Sınır Eğrisi 16
Şekil 2.4. Ses Basınç Seviyesinin Karşılaştırılması 17
Şekil 2.5. Sesin Yansıma, Yutma ve Geçiş Mekanizması 18
Şekil 2.6. 2.5 cm Kalınlığındaki Bir Cam Yünü Malzemenin Arkasında Bırakılan Hava Boşluğunun Ses Yutum Performansına Etkisi 18
Şekil 2.7. Bir cam yünü malzemenin yoğunluk artışının ses yutum performansına etkisi 19
Şekil 2.8. Tekstil bir malzemenin (örneğin perde) yüzey yoğunluk artışının ses yutum performansına etkisi 20
Şekil 2.9. Panellerde Kalınlık ve Hava Boşluğunun Etkisi 20
Şekil 2.10. Rahatsız Edici Olan Sesin İç Kulakta Yol Açtığı Tahribat 22
Şekil 2.11. İnsan Kulağınıın Yüksek Frekanslı ve Düşük Frekanslı Seslere Duyarlılık Düzeylerinin Karşılaştırılması 23
Şekil 2.12. Sesi Oluşturan Parametreler 23
Şekil 2.13. Hücre veya Kabin Uygulaması 25
Şekil 3.1. Mineral liften üretilmiş gözenekli bir malzeme 27
Şekil 3.2. Gözenekli Malzemelerin Yutma Mekanizmalarını Tanımlamak Amacıyla Kullanılan Fiziki Modellerinin Mikroskop Altındaki Görünümleri 28
Şekil 3.3. Vatkanın Üretim Şekli 29
Şekil 3.4. Hibrid Pasif/Aktif Yutucu Sistem 30
Şekil 3.5. (a) Fıstık Çamının Kozalağı 31
Şekil 3.5. (b), (c), (d) Tüm Ceviz, Konveks ve Konkav Ceviz Kabuğu 31
Şekil 3.6. İş Akış Şeması 32
Şekil 3.7. Numunelerin Tanımlanmasında Kullanılan Renk Skalası Örneği 32
Şekil 4.1. Heraklit ve %100 Yün keçe 33
Şekil 4.2. Farklı Kalınlık ve Ebatlarına Göre Yutucu Süngerler Akustik Süngerler 34
Şekil 4.3. Diagonal, Parallax, Vertigo, Rhino Squarel Natural ve Rhino Triangle Sonus Modellerinin Görseli 35
Şekil 4.4. Alçıtaşı 35

Şekil 4.5. Empedans Tüpü 38
Şekil 4.6. Dört Mikrofonlu Empedans Tüpü 38
Şekil 4.7. (a),(b),(c). Çınlama Odası Kabini 39
Şekil 4.8. İki Çınlama Odası 39
Şekil 4.9. Ses İletim Kaybı için Deney Düzeneği 40
Şekil 4.10. Ses Yalıtımının Ölçülmesinde Kullanılan Test Standı 40
Şekil 4.11. Ses Yutma Ölçümü İçin Kurulum 40
Şekil 4.12. Tasarlanan Alfa Kabin Model Siteminin Ölçekli Çizimi 41
Şekil 4.13. Tasarlanan Alfa Kabin Model Siteminde L_1 ve L_2 Odaları ve Ölçüm Cihazlarının Yerleşimi 41
Şekil 4.14. Kaynak Odası ve Alıcı Odanın Görseli 44
Şekil 4.15. Numunelerin Resimleri ve Tasarlanan Alfa Kabin Model Sistemine Yerleşimi 50
Şekil 4.16. Numune 1'in Delikli Yüzeyinin L_1 Odasına Göre Yerleştirilmesi Durumunda Ölçüm Sonucu 52
Şekil 4.17. Numune 1'in Düz Yüzeyinin L_2 Odasına Göre Yerleştirilmesi Durumunda Ölçüm Sonucu 52
Şekil 4.18. Numune 1'in Delikli Yüzeyinin L_1 Odasına Göre Yerleştirilmesi Durumunda 2. Ölçüm Sonucu 54
Şekil 4.19. Deney Kutusunda, Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen ve Teorik Hesaplamada Elde Edilen Değerlerin Karşılaştırılması 56
Şekil 4.20. Alçıpanın Kartonlu ve Kartonsuz Yüzeyleri 58
Şekil 4.21. Deney Kutusunda L_1, L_2 Odaları ve Numunenin Yerleşim Alanı 59
Şekil 4.22. Numunelerin Hazırlanmasında Kullanılan Malzemeler 59
Şekil 4.23. Numune 1: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 61
Şekil 4.24. Numune 1: Ölçülen ve Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 62
Şekil 4.25. Numune 2: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 63
Şekil 4.26. Numune 3: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 64
Şekil 4.27. Numune 4: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 65
Şekil 4.28. Numune 5: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 66
Şekil 4.29. Numune 6: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 67
Şekil 4.30. Numune 7a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 68
Şekil 4.31. Numune 7b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 69

Şekil 4.32. Numune 8a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 70
Şekil 4.33. Numune 8b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 71
Şekil 4.34. Numune 9: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 72
Şekil 4.35. Numune 10a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 73
Şekil 4.36. Numune 10b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 74
Şekil 4.37. Numune 11a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 75
Şekil 4.38. Numune 11b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 76
Şekil 4.39. Numune 12a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 77
Şekil 4.40. Numune 12b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 78
Şekil 4.41. Numune 13a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 79
Şekil 4.42. Numune 13b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 80
Şekil 4.43. Numune 14a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 81
Şekil 4.44. Numune 14b: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 82
Şekil 4.45. Numune 15a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 83
Şekil 4.46. Numune 15b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 84
Şekil 4.47. Numune 16a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 85
Şekil 4.48. Numune 16b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 86
Şekil 4.49. Numune 17a: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 87
Şekil 4.50. Numune 17b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 88
Şekil 4.51. Numune 18a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 89
Şekil 4.52. Numune 18b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 90
Şekil 4.53. Numune 19a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 91
Şekil 4.54. Numune 19b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 92
Şekil 4.55. Numune 20a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 93
Şekil 4.56. Numune 20b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 94
Şekil 4.57. Numune 21: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 95
Şekil 4.58. Numune 22: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 96
Şekil 4.59. Numune 23: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 98
Şekil 4.60. Numune Standı 98
Şekil 4.61. Numune 24a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 99
Şekil 4.62. Numune 24a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 100
Şekil 4.63. Numune 25a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 101
Şekil 4.64. Numune 25b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 102

Şekil 4.65. Numune 26a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 103
Şekil 4.66. Numune 26b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 104
Şekil 4.67. Numune 27a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 105
Şekil 4.68. Numune 27b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 106
Şekil 4.69. Numune 28a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 107
Şekil 4.70. Numune 28b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 108
Şekil 4.71. Numune 29a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 110
Şekil 4.72. Numune 29b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 111
Şekil 4.73. Numune 30a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 112
Şekil 4.74. Numune 30b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 113
Şekil 4.75. Numune 31a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 114
Şekil 4.76. Numune 31b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 115
Şekil 4.77. Numune 32a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 116
Şekil 4.78. Numune 32b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 117
Şekil 4.79. Numune 33a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 118
Şekil 4.80. Numune 33b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 119
Şekil 4.81. Numune 34a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 120
Şekil 4.82. Numune 34b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 121
Şekil 4.83. Numune 35a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 122
Şekil 4.84. Numune 35b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 123
Şekil 4.85. Numune 36a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 124
Şekil 4.86. Numune 36b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 125
Şekil 4.87. Numune 37a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 126
Şekil 4.88. Numune 37b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 127
Şekil 4.89. Numune 38a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 128
Şekil 4.90. Numune 38b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 129
Şekil 4.91. Numune 39a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 130
Şekil 4.92. Numune 39b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 131
Şekil 4.93. Numune 40a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 132
Şekil 4.94. Numune 40b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 133
Şekil 4.95. Numune 41a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 134
Şekil 4.96. Numune 41b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği.....135
Şekil 4.97. Numune 42a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği.....136

Şekil 4.98. Numune 42b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği.....137
Şekil 4.99. Numune 43a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği.....138
Şekil 4.100. Numune 43b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği.....139
Şekil 4.101. Numune 36a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği.....141
Şekil 4.102. Numune 36a için Sonuçların Karşılaştırılması 142
Şekil 4.103. Numune 38b için Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği 143
Şekil 4.104. Numune 2 için Sonuçların Karşılaştırılması 144
Şekil 4.105. Numune 39a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği.....145
Şekil 4.106. Numune 39a için Sonuçların Karşılaştırılması 146
Şekil 4.107 Numune 41a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği.....147
Şekil 4.108. Numune 41a için Sonuçların Karşılaştırılması 148
Şekil 5.1. Jeneratör Sesine Göre Ölçüm Sonuçları 171

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Gözenekli Malzemelerin Ses Yutum Katsayılarına Örnekler 19
Tablo 2.2. Bazı Panel Yutucuların Ses Yutum Katsayıları..... 21
Tablo 2.3. ILO, WHO, BOHS vb. Standartlarına Göre Ses Seviyesi ve En Uzun Kalınabilecek Etki 24
Tablo 3.1. Dokusuz Yüzey Üretim Prosesleri ve Kullanılan Lifler 29
Tablo 4.1. Piyasada Kullanılmakta Olan Ürünlerin Ses Geçiş Kaybı Değerleri 37
Tablo 4.2. Alçıpan Numunelerde Ses Geçiş Kaybı Değerleri 37
Tablo 4.3. Tasarlanan Alfa Kabin Model Sisteminde Yapılan Arka Plan Ses Seviyelerinin Karşılaştırılması..... 42
Tablo 4.4. Ses Kaynağının ve Alıcının, Tasarlanan Alfa Kabin Model Sisteminin İçinde veya Dışında Olmasına Göre Ölçüm Sonuçları 44
Tablo 4.5. Test Edilen Doğal ve Sentetik Numuneler 46
Tablo 4.6. Numune 1, Numune 2 ve Numune 3'e Ait Ölçüm Sonuçları..... 51
Tablo 4.7. Numune 1'in Delikli Yüzeyinin L_1 Odasına Göre Yerleştirilmesi Durumunda 2. Ölçüm Sonucu..... 53
Tablo 4.8. Ses Geçiş Kaybının Hesaplanmasında ve Karşılaştırmada Kullanılan Veriler 54
Tablo 4.9. 500, 2000 ve 4000 Hz. Frekanslarında Ölçülen Çınlama Süreleri (sn) 55
Tablo 4.10. Deney Kutusunda, Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen Değerlerin ve Teorik Hesaplamada Elde Edilen Değerlerin Karşılaştırılması 56
Tablo 4.11. Numune 7a, Numune 8a, Numune 3 için Ses Geçiş Kaybı Değerleri 57
Tablo 4.12. Numune 4, Numune 5 ve Numune 6 Ses Geçiş Kaybı Değerleri..... 57
Tablo 4.13. Numune 1: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 60
Tablo 4.14. Numune 1: Ölçülen ve Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen Ses Geçiş Kaybı Değerleri 61
Tablo 4.15. Numune 2: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 62
Tablo 4.16. Numune 3: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 63
Tablo 4.17. Numune 4: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 64
Tablo 4.18. Numune 5: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 65
Tablo 4.19. Numune 6: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 66

Tablo 4.20. Numune 7a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 67
Tablo 4.21. Numune 7b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 68
Tablo 4.22. Numune 8a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 69
Tablo 4.23. Numune 8b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 70
Tablo 4.24. Numune 9: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 71
Tablo 4.25. Numune 10a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 72
Tablo 4.26. Numune 10b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 73
Tablo 4.27. Numune 11a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 74
Tablo 4.28. Numune 11b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 75
Tablo 4.29. Numune 12a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 76
Tablo 4.30. Numune 12b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 77
Tablo 4.31. Numune 13a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 78
Tablo 4.32. Numune 13b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 79
Tablo 4.33. Numune 14a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 81
Tablo 4.34. Numune 14b: L_2'e Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 82
Tablo 4.35. Numune 15a: L_1'e Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 83
Tablo 4.36. Numune 15b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 84
Tablo 4.37. Numune 16a: L_1'e Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 85
Tablo 4.38. Numune 16b: L_2'e Göre Bulunması Durumunda Ses Geçiş Kaybı Değerleri 86
Tablo 4.39. Numune 17a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 87
Tablo 4.40. Numune 17b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 88
Tablo 4.41. Numune 18a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 89
Tablo 4.42. Numune 18b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 90
Tablo 4.43. Numune 19a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 91
Tablo 4.44. Numune 19b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 92
Tablo 4.45. Numune 20a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 93
Tablo 4.46. Numune 20b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri 94
Tablo 4.47. Numune 21: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 95
Tablo 4.48. Numune 22: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 96
Tablo 4.49. Numune 23: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 97
Tablo 4.50. Numune 24a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 99
Tablo 4.51. Numune 24b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 100

Tablo 4.52. Numune 25a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 101
Tablo 4.53. Numune 25b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 102
Tablo 4.54. Numune 26a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 103
Tablo 4.55. Numune 26b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 104
Tablo 4.56. Numune 27a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 105
Tablo 4.57. Numune 27b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 106
Tablo 4.58. Numune 28a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 107
Tablo 4.59. Numune 28b: Geçiş Kaybı Değerleri.....108
Tablo 4.60. Numune 29a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 109
Tablo 4.61. Numune 29b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 110
Tablo 4.62. Numune 30a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 111
Tablo 4.63. Numune 30b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 112
Tablo 4.64. Numune 31a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 113
Tablo 4.65. Numune 31b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 114
Tablo 4.66. Numune 32a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 115
Tablo 4.67. Numune 32b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 116
Tablo 4.68. Numune 33a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 117
Tablo 4.69. Numune 33b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 118
Tablo 4.70. Numune 34a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 120
Tablo 4.71. Numune 34b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 121
Tablo 4.72. Numune 35a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 122
Tablo 4.73. Numune 35b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 123
Tablo 4.74. Numune 36a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 124
Tablo 4.75. Numune 36b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 125
Tablo 4.76. Numune 37a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 126
Tablo 4.77. Numune 37b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 127
Tablo 4.78. Numune 38a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 128
Tablo 4.79. Numune 38b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 129
Tablo 4.80. Numune 39a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri.....130
Tablo 4.81. Numune 39b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 131
Tablo 4.82. Numune 40a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 132
Tablo 4.83. Numune 40b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 133
Tablo 4.84. Numune 41a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 134

Tablo 4.85. Numune 41b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 135
Tablo 4.86. Numune 42a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri.....136
Tablo 4.87. Numune 42b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 137
Tablo 4.88. Numune 43a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 138
Tablo 4.89. Numune 43b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 139
Tablo 4.90. Numune 36a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri 140
Tablo 4.91. Numune 36a: ANSYS Akustik Analiz Sonuçları 141
Tablo 4.92. Numune 36a için Deney Kutusundaki Ölçüm Değerleri ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....141
Tablo 4.93. Numune 38b için Ses Geçiş Kaybı Değerleri 142
Tablo 4.94. Numune 38b için ANSYS Akustik Analiz Sonuçları 143
Tablo 4.95. Numune 38b için Deney Kutusundaki Ölçüm Değerleri ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....143
Tablo 4.96. Numune 39a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri 144
Tablo 4.97. Numune 39a için ANSYS Akustik Analiz Sonuçları 145
Tablo 4.98. Numune 39a için Deney Kutusundaki Ölçüm Değerleri ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....145
Tablo 4.99. Numune 41a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri 146
Tablo 4.100. Numune 41a için ANSYS Akustik Analiz Sonuçları 147
Tablo 4.101. Numune 41a için Deney Kutusundaki Ölçüm Değerleri ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....147
Tablo 5.1. Kozalaklı ve Yumurta Şekilli Kozalaklı Numunelerin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılması.....158
Tablo 5.2. Kozalaklı ve Yumurta Şekilli Malzemenin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılma Grafikleri.....159
Tablo 5.3. Konkav Ceviz Kabuğu ve Yumurta Şekilli Numunelerin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılması.....160
Tablo 5.4. Konkav Ceviz Kabuğu ve Yumurta Şekilli Malzemenin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırma Grafikleri.....161
Tablo 5.5. Literatürde Referans Numune ile Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılması 162
Tablo 5.6. (a), (b), (c), (d), (e) Çalışma Kapsamında Hazırlanan Numunelerin ve Referans Numunelerin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırma Grafikleri 164

Tablo 5.7. Çalışma Kapsamındaki Numunelerle Referans Numune ve Piyasadaki Ürünlerin Karşılaştırılması 166
Tablo 5.8. (a), (b), (c), (d), (e) Çalışma Kapsamındaki Numunelerle Referans Numune ve Piyasadaki Ürünlerle Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırma Grafikleri 167
Tablo 5.9. 500, 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz. Frekansları için Normal Dağılım Grafikleri.....169
Tablo 5.10. Jeneratör Sesine Göre Ölçüm Sonuçları.....170

EKLER LİSTESİ

Sayfa

Ek 1. ANSYS Akustik Modülde Analiz Edilen Diğer Numunelerle ilgili Sonuçlar….181

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler birçok avantaj sunarken günlük yaşantımızda seslerin belirli seviyenin üzerine çıkmasıyla birlikte gürültü kavramı ortaya çıkmıştır. Sağlık problemlerine de yol açabilen gürültünün azaltılmasıyla ilgili bazı kurum ve kuruluşlar tarafından çalışmalar yapılmaktadır. "ISO ve TSE tarafından yayınlanan standartlarda ise gürültü oranları eğrisi verilmekle birlikte standartlar bu eğrilere dayandırılmamaktadır. WHO, EPA, ILO, TSE, ISO vb. ulusal ve uluslararası resmi ve sivil toplum örgütlerince belirlenmiş olan tek değer dB değerlerinin çözümlemelerde yetersiz kaldığı anlaşılmıştır" (Bal Koçyiğit,2003:2) demiştir. Bu konuyla alakalı olarak gürültü konusunda önemli paya sahip olan akustik; otomotiv sektöründe, inşaat alanında, iç mekânlarda ve bazı yardımcı güç elemanları açısından irdelenmesi gereken konular arasında yer almaktadır. Örneğin; günümüzde havalandırma ve motor takımlarının çalışabilmesinde gereksinim duyulan jeneratör gibi yardımcı güç ünitelerinin çalışması esnasında bulunduğu ortama bağlı olarak düzeyi değişkenlik göstermektedir ve rahatsız edici bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Düzeyinin yüksek olması ve tekrarlanması durumunda, sağlık açısından risk olarak görülen seviyelerde rahatsızlıklara yol açabilmektedir. Bu risklerin önlenebilmesi için akustik çözümler olarak aktif ve pasif gürültü kontrol yöntemleri uygulanmaktadır. Aktif kontrol yöntemlerine göre jeneratörün farklı aksamlarında daha çok susturucu, pasif kontrol yöntemlerine göre akustik özelliğe sahip sünger veya tekstil ürünü malzemeler tercih edilmektedir. Bu malzemeler, yardımcı güç elemanlarında olduğu kadar birçok alanda gürültünün en düşük seviyeye indirilebilmesi amacıyla farklı çeşitlemeler ve analitik yapılarda üretilmektedir. Üretilen bu ürünler, iç mekânlarda önemli olabileceği gibi sanayi açısından da avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajların artırılabilmesi amacıyla akustik kontrolünde ses yalıtım malzeme önerisi ve tasarımı için deneysel kriterler önemli bir paya sahiptir. Deneysel kriterlerden; ses iletim kaybı ve ses yutma katsayısı gibi parametrelerle ilgili ölçümlerin yapılıp analiz edilebilmesinde empedans tüpü, Alfa Kabin ve çınlama odası gibi düzeneklerin kullanıldığı laboratuvarlar bulunmaktadır. Araştırılan bu bilgiler çerçevesinde çalışma konusuyla ilgili olarak iki makale yayımlanmıştır. Bunlardan; "Gürültü Önleyici Akustik Malzemelerin Performans Düzeylerinin İncelenmesi" konulu makalede (Öz ve Köse,2020:1), akustik özelliklerinin iyi olması açısından; süngerlerin, doğal liflerden üretilen dokuma ve örme kumaşların, mikro liflerden elde edilen kumaşların, geri dönüştürülmüş dokusuz

yüzeylerden elde edilmiş kumaşların iyi bir performans gösterdiği ortaya çıkmıştır." demişlerdir. (Öz ve Köse,2020,664), "Gürültü Önleyici Akustik Süngerlerin Üretimi ve Uygulamaları" konulu diğer makalede, gürültüyü bastırmak için deneysel olarak da kanıtlanan, akustik köpük veya sünger şeklinde malzemeler, doğal lifler (koyun lifleri, hindistan cevizi, çay lifi, kenevir lifleri vb. doğal ve sentetik liflerden elde edilen mikrolifler ve cam yünü şeklindeki malzemelerin kullanıldığı ifade edilmiştir.

Literatürde, akustik malzemelerin neler olduğu ve bu akustik malzemelere uygulanan testlerin neler olduğuyla ilgili araştırılmaların yer aldığı, fakat uygulamanın daha kısıtlı olduğu görülmüştür. Araştırmalarda akredite edilmiş akustik test odalarının Türkiye'de az olması ve testlerin yüksek maliyetli olması nedeni ile yeterli test yapılamadığı belirlenmiştir. Test sayısının artırılabilmesi için yeni alternatifler araştırılmış ve öneri üretilmiştir. Elde edilen verilere dayanarak yeni tip akustik ses malzemeleri geliştirmek amacıyla kullanılabilecek bir Alfa Kabin model sistemi tasarlanmıştır. Önerilen Alfa Kabin model sisteminde doğal ve sentetik içerikli malzemelerle çok sayıda deneysel ölçümün düşük maliyetle yapılabilmesinin yanı sıra çok kısa sürede ve farklı malzeme tasarımları da kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Bu testler, Alfa Kabin ölçüm odası özellikleri örnek alınarak gerçekleştirilmiş; gürültü ve ses yalıtımına dayalı olarak tasarlanmıştır. Bu doğrultuda, sistemde öncelikle ses geçiş kaybının azaltılmasına yönelik yüzer döşeme, nervürlü bağlantı vb. detay çalışmaları yapılmış, daha sonra izolasyon amacıyla farklı yalıtım malzemeleri kullanılarak standartlar yakalanmaya çalışılmıştır. Örneğin, Akustik Cephe Paneli numunesi ile ilgili deney sonuçları ve firmadan alınan veriler karşılaştırıldığında sonuçlar uyumlu olduğu için tasarlanıp geliştirilen Alfa Kabin test odası sisteminin, yeni ses yalıtım malzemelerinin geliştirilmesinde kullanılabileceği görülmüştür. Bu nedenle de farklı yalıtım malzemeleri oluşturularak deneysel çalışmalar olumlu yönde ilerletilebilmiştir. Bu ses yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi aşamasında araştırma sonucunda elde edilen malzemelerin frekans değerleri analiz edilerek, sistemlerin matematiksel model yapısı oluşturulmuştur. Matematiksel model oluşturulurken farklı özelliklere sahip olan benzetim programlarından yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında yukarıda bahsedilen malzemelerle hazırlanan numunelerden, ses geçiş kaybı değerleri 30 dB'nin üzerinde olanlarla kompozit yapılar oluşturulup test edilmiştir. Sonuçların literatürde ve piyasadaki ürünlerle karşılaştırıldığında, 4000 ve 8000 Hz. frekanslarda yaklaşık olarak 40 dB'nin üzerinde değerlere sahip olan numunelerin, ANSYS

(Swanson Analysis Systems) programının akustik modülünde analizi gerçekleştirilmiştir. ANSYS programı ile pek çok mühendislik çalışmalarına erişilebilmektedir. Çok fizikli analizlerde de kullanıcılara yol gösteren yapıya sahip olduğu ve ANSYS Workbench, ileri seviye parametre yönetimi ile benzetime bağlı ürün geliştirme için oldukça etkili bir program olduğu bilinmektedir. Farklı geometriye sahip kompozit yapıların da analizlerinin gerçekleştirildiği de belirtilmiştir (Taşkaya ve Taşkaya,2019,52).

Tasarlanan Alfa Kabin model sisteminde gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen verilere göre frekans ve ses geçiş kaybı düzeylerine bağlı olarak kullanım alanlarına göre sınıflandırılmıştır. Buna göre; alçıpan üzerine kozalak ve ceviz kabuğu gibi doğal materyallerin yerleştirilip test edilmesiyle üretilip test edilen numunelerin mimari alanda ve jeneratör gibi 85 dB'in üzerinde ses üretebilecek makine ve cihazların ses yalıtımında kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Jeneratör gibi yaklaşık olarak 85 dB'in üzerinde gürültü oluşturan cihazlarda aktif ve pasif kontrol yöntemlerinin uygulandığı görülmüştür. Aktif kontrol yöntemlerine göre susturucu vb. gibi aksamlar kullanılırken, pasif kontrol yöntemlerinde akustik sünger vb. malzemeler tercih edilmektedir (Buluklu vd.,2022,161). Karbon gazı salınımının azaltılmasını sağlamak amacıyla doğa dostu ve geri dönüştürülebilir malzemelerin tercih edilmesi gittikçe artan öneme sahiptir.

Bu çalışmanın hipotezi: Geri dönüştürülebilir doğal materyaller, yüksek ses geçiş kaybı sağlar.

Hipotezin doğruluğu, Akdeniz Bölgesinde de yoğun olarak yetişen, çam ağaçlarının meyvesi olan kozalak ve ceviz kabuğu gibi doğal ve geri dönüştürülebilir malzemelerin akustik özellikleri araştırılıp kompozit yapılar oluşturularak deneysel çalışmalarla kanıtlanmaya çalışılmıştır. Tasarlanan Alfa Kabin benzeri model sisteminde doğal ve sentetik içerikli malzemeler test edilmiştir. Belirli standartlar yakalandıktan sonraki aşamada, doğal içerikli birçok malzeme ile yapılan deney sonuçları analiz edildiğinde, kozalak ve ceviz kabuğu ile hazırlanan kompozit yapılı numunelerle 55-65 dB aralığında ses geçiş kaybı değerleri hesaplanmıştır. Bunun sonucunda, geri dönüştürülebilir doğal içerikli numunelerin, sentetik içerikli malzemelere göre avantaj teşkil edebileceği görülmüştür. Yeni doğal ve geri

dönüştürülebilir malzemeler ve kompozit alternatiflerine ışık tutması açısından yeni nesil Ses Yutucu Malzemelere katkı sağlaması beklenmektedir.

Araştırma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; literatür taramasına, ikinci bölümünde; ses, gürültü ve akustik konularına, sesin yansıma, yutma ve geçiş mekanizmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde; ses yutucu malzemelerin fiziksel ve formal yapısının ses yutma performansına etkileri, dördüncü bölümde; materyal, metot ve deneysel çalışmalar bölümleri vardır. Materyal bölümünde, deney yapılan sentetik ve doğal malzemeler, metot bölümünde, tasarlanıp geliştirilen model sisteminin izolasyon işleminde kullanılan materyaller ve ölçüm yöntemi yer almaktadır. Deneysel çalışmalar bölümünde, Tablo 4.5'de numuneye göre renk skalası (örneğin, kozalak içerikliler bordo renkli, ceviz kabuklu numuneler koyu yeşil renkli vb. sütunlarla gösterilmiştir), firmalardan temin edilen test sonuçları, tasarlanıp geliştirilen Alfa Kabin modeli test kutusu sisteminde yapılan deney çalışmalarından elde edilen ses geçiş kaybı değerlerine ait tablo ve grafikler yer almaktadır. Ses geçiş kaybı en yüksek olan numunelerin değerleri ANSYS programında analizi sonucunda elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Beşinci bölümde, bulgular ve tartışma, altıncı bölümde sonuçlara ve önerilere yer verilmiştir.

Bu çalışma ile araç, inşaat vb. sektörler gibi çok sayıda alandaki ses geçiş kaybı için teorik ve deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, malzemenin çeşitliliğini ve verimliliğini sağlamak ve bu anlamda da teknolojik bir çalışma olması açısından bu tezin bir altyapı oluşturması beklenmektedir.

Üniversiteler bilim anlamında çok büyük katkılara imza atan ve teknolojik alanda olduğu kadar her alanda da topluma önderlik eden kurumlardır. Bu proje teknolojik olması açısından da farklı çalışmalara zemin oluşturabilir. Gelişmeye açık bir konu olmasından dolayı da önemli katkılar sağlayabilecek bir araştırma olarak yer alabilecektir.

BÖLÜM I

LİTERATÜR TARAMASI

1.1. Literatür Taraması

Teknolojinin ilerlemesiyle beraber akustik özelliğe sahip olan birçok malzemenin varlığından söz edilebilmektedir. Bu malzemelerin fiziksel yapıları nedeniyle de hammadde, yoğunluk, kalınlık vb. parametrelerde farklı varyasyonlarda üretilmesiyle deneysel çalışmalar yapmak ve projeye uygunluğu ölçülebilir niteliktedir. Bu nedenle de hammadde ve özellik bazında farklı örnekler alınarak deneysel çalışmalarda kullanılabilecektir.

Bilişim teknolojisinin gelişmesiyle yazılım programlarını kullanabilmek avantajlıdır. Bu çalışmada, ses geçiş kaybı değeri ile ilgili çalışmalar yaparken ANSYS programı da kullanılıp deney sonuçlarını ne kadar doğruladığı test edilebilecektir. Bu sayede deneyde kullanılan akustik malzemelerin verimliliği analiz edilip maksimum düzeyde fayda sağlayan malzemeyle katkı sağlanabilecektir.

Ses geçiş kaybı konusunda birçok araştırmacı, çeşitli varyasyonlarda kumaşlar üreterek ses sorununu çözebilmek amacıyla uygun çözümler bulmaya çalışmaktadırlar. Konuyla ilgili olarak literatür taraması yapıldığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

(Purwanto vd.,2020:736), bir yankısız odaya alternatif olabilecek bir ses yalıtım kutusu tasarlamışlardır. ISO 15186-1 ve ISO 717-1 standartlarına göre çalışmış olup 2 cm ve 4 cm kalınlığında ahşap malzemeleri tercih etmişlerdir. Ölçümlerinde ses şiddeti analizörü kullanmışlardır. Geliştirdikleri kutunun, akustik malzemelerin test edilmesinde alternatif olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

(Páez vd.,2020:115) 250-2000 Hz. frekans aralığında gerçekleştirdikleri çalışmalarında; guadua, acustifibra, panel, panel guadua, panel acustifibra gibi numuneler hazırlayarak ses yutma katsayılarını ölçmüşlerdir. Guadua lifi ve acustifibra numuneleri için yakın sonuçlar elde etmişlerdir. Guadua lifinden yapılan panelin, akustik koşullar için verimli olabileceğini tespit etmişlerdir.

İç mekânda çevre denetimi, mekânın işlevine göre kullanıcının konfor şartlarının sağlanmasını ifade etmektedir. İç mekânda akustik gereksinim; mekânda istenmeyen

seslerin yutulması, dış mekândan gelen istenmeyen seslerin dışarıda bırakılması ve işleve uygun olarak (müzik, konuşma, ses kayıt vb.) sesin mekânda doğru yayılmasını sağlamak olarak tanımlanabilir. Bu amaçla iç mekânda tekstil yüzeylerinin kullanımını irdelemek için öncelikle sesin yayılımını araştırmak gerekmektedir (Gürani ve Kadem,2018:49). Çalışmalarında, tekstil yüzeylerinin iç mekânda kullanılmasının önemine yer vererek; bu malzemelerin akustik bariyer olarak kullanılabilmesi için işlemlerden geçirilerek, renk, yüzey ve şekil açısından tasarımlarla, mimaride farklılık kazandırılabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda yumurta, piramit vb. şekillerde birçok materyal test edilmiştir. Sentetik özelliğe sahip farklı kalınlıklardaki keçelerin, temin edildiği firmanın test odasında ölçülen değerleriyle karşılaştırması yapılmıştır.

(Kalebek,2016:108,110), çalışmasında, birim başına farklı kalınlık ve kütle ile üretilen iğne ile delinmiş dokusuz yüzeylerin akustik davranışını incelemiştir. Test ettiği numuneler ve veriler için kalınlık, yoğunluk, birim alandaki kütle, hava geçirgenliği, gerilme mukavemeti ve uzama gibi değerler ölçülmüştür. Testlerden elde edilen değerler, Design Expert yazılımı ile istatistiksel olarak analiz edildiğinde, birim alandaki kütlenin artmasıyla hava geçirgenliğinin azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada kalınlık, yoğunluk, hava geçirgenliği ve gözenekli yapının ses yalıtımında önemli olduğu kanısına varılmıştır. Otomotiv sektöründe geri dönüştürülmüş malzemelerle elde edilen dokusuz yüzeylerin akustik özelliklerinin iyi olmasının yanında maliyet açısından da avantaj sağladığını göstermiştir. Ayrıca (Çokkeser ve Çeven,2011,51) çalışmalarında bazı otomotiv imalatçılarının, polyesterin naylona göre daha dayanıklı ve maliyetinin düşük olmasından dolayı iğneleme yöntemiyle dokusuz yüzey oluşturmaya yöneldiklerini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte araçlarda taban malzemesi olarak tercih edilmesinin nedeninin ekonomiklik, sağlamlık, renk dayanıklılığı, kolay şekil alabilirlik, hafiflik, termal ve akustik yalıtım gibi özelliklerinin olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda doğal ve geri dönüştürülebilir malzemelere yer verilmiştir. Bu malzemelerle hazırlanan numuneler test edilerek ses geçiş kaybı değerleri hesaplanmıştır. Gerektiği durumda matematiksel modelinde tekrar düzenleme yapıp hangi frekans aralığında ne kadar ses geçiş kaybı sağlandığı, otomotiv ve inşaat sektörü gibi farklı ortamlar için uygulanabilirliği de araştırılmıştır. Ses geçiş kaybı değeri 30 dB'nin üzerinde olan numunelerden kompozit numuneler hazırlanarak test edilmiştir. Bunun sonucunda, yaklaşık olarak 60 dB'nin üzerinde ses geçiş kaybı sağlanabildiği tespit edilmiştir.

Jeneratör gibi yardımcı güç ünitelerinin çalışması sırasında oluşan gürültünün rahatsız edici bir faktör olabileceği gibi meslek alanlarında yüksek düzeydeki gürültünün, sağlığa zarar verebileceği gibi kazalara da yol açabileceği dile getirilmiştir. Konuyla ilgili olarak literatürdeki çalışmalar analiz edilecek aktif ve pasif yöntemler incelenmiştir (Buluklu vd.,2022,161). Çalışma kapsamında üretilip ses geçiş kaybı 45-65 dB aralığında olan numunelerin, yaklaşık olarak 85 dB ses veren jeneratörün çalışması esnasında ortaya çıkan gürültünün azaltılmasında etkili olabileceği tespit edilmiştir.

Kumaş yüzey yapısı ve kalınlığının, iplik tipi ve bağlantı şekillerinin, kumaş kombinasyonları ve bunların düzenleme yöntemlerinin ses yutuculuğu üzerinde önemli etkilerinin araştırıldığı bir diğer çalışmada, örme kumaşların ses yutma kapasitelerini araştırarak, hem atkı (yatay) hem de çözgü (dikey) örme kumaşların yapısal özelliklerinden faydalanmışlardır. Tekstüre polyester, naylon/spandex gibi ipliklerle delikli örme yüzeyler oluşturarak, ses emme katsayılarını incelemişlerdir. Atkı ve çözgü örme kumaş olarak kullanılan iki çeşit kumaşın ses emme katsayısını tespit etmek için iki mikrofon ve empedans ölçüm tüpünü kullanmışlardır. Deneysel çalışma için tercih edilen kumaşların, yüzey yapısının, incelik ve kalınlık değerlerinin, iplik çeşidinin ve yüzey bağlantılarının, ses yutma katsayısını etkilediğini, daha iyi bir ses yutma değeri için çalışmaların yapılabileceğini belirtmişlerdir (Liu ve Hu,2010:1950,1956).

Çeşitli kalınlıklarda ve malzeme türlerinde (pamuk karışımları, mikrofiber vb.) 128 farklı gözenekli malzemenin ses yutuculuk özellikleri incelenmiştir (Zent ve Long,2007:3,4). Deneyleri çınlama odasında yaparken ses alanındaki azalmayı tespit etmek amacıyla odada yutucu malzeme yokken ve varken ölçüm yapmışlardır. Çalışmalarında 6,44 m^3 hacmindeki "Alpha Cabin" adı verilen test odasını kullanmışlardır. Üç hoparlör vasıtasıyla 250 Hz. ile 10000 Hz. arası 1/3 oktav bandında sesler üretilmiş, odada bulunan 5 adet mikrofonla da ölçümler kaydedilmiş ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Ölçümlerde 6,4 mm ile 36,5 mm kalınlıklarında numune kullanmışlardır. Sesin iletimi ve gürültünün azaltılması konusunda, farklı gözeneklere ve kalınlıklara sahip pamuk lifi karışımları ve mikro lifler gibi malzemeler geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada emilimin etkinliğinin doğrudan malzemenin kalınlığı ile alakalı olduğunu, ses emicilerin yüksek frekanslarda daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Kullandıkları tekstil malzemeleri; pamuk, polyester ve polipropilen

liflerden oluşan dokusuz yüzeylerdir. Mikro liflerin kullanılmasının ise hava akış direncinin yüksek olması yani sesin yalıtılması konusunda da önemli bir noktaya sahip olduğunu belirtmişlerdir.

"Orta öğretim kurumlarında farklı nitelikteki etkinliklerin gerçekleştirilmesi için yaygın olarak kullanıldığının ifade edildiği bir çalışmada, farklı işlevlerin aynı hacimde çözümlenmesi gerekliliği ve ekonomik sınırlamalar, akustik açıdan uygun çözümlerin oluşturulmasını güçleştirmektedir. "denilmiştir (İlgürel vd.,2015,131-135). Akustik tasarım anlamında konferans, tiyatro ve farklı müzikal etkinliklerin yapılabildiği çok amaçlı salonlarda; farklı iç mimari tasarımların, hacim akustiği parametrelerine etkisini incelemede, akustik simülasyon tekniklerini kullanmışlardır. Hacim akustiği simülasyon program kullanarak kırıklı tavan ve dış bükey yansıtıcılar tasarlamışlardır. Yüzey alanları ve esas yutma çarpanlarını hesaplayarak farklı frekanslarda bu değerlerin karşılaştırmasını yapmışlardır.

Gazi Üniversitesi Rektörlük Binası içinde yer alan Mimar Kemaleddin Salonunun akustik performansının değerlendirilmesi açısından analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak; müzik amaçlı kullanımlar için uzun bir reverberasyon süresinin gerektiğini ve yansıtıcı yüzey ekleyerek konferans veya ders amaçlı kullanımlar için zemin ile arka duvarın yüzeylerinde soğurucu malzeme kullanmanın daha verimli sonuçlar elde edileceğini belirtmişlerdir (Kurtay vd.,557,566,567,2008). Çalışmamızda, mekânlar arası ses geçiş kaybı sağlayacak farklı doğal, sağlıklı, karbon salınımı üretmeyen, Türkiye kaynaklı malzeme örnekleri araştırılmış ve üretimi olabilecek ürünler için mono ve kompozit olasılıklar üzerinde durulmuştur.

Hava soğutmalı sıvı soğutucunun gürültü seviyesindeki azalmanın araştırıldığı çalışmada, Chiller fanları ve kompresörleri gürültü ürettiğinden dolayı akustik piramit sünger ile çalışma yapmıştır (Tufaner,2020:637,648). Bu sünger ile kaplama işlemi yapıldığında, gürültü seviyesinin 8.5 LeqdBA olarak azaltıldığı tespit edilmiştir (Soğutucudan 11 m uzakta olan tuğla duvarın, gürültüyü azaltma miktarı yaklaşık olarak 5,5 LeqdBA, tuğla duvarın iç yüzeyi, 40 mm 50 dns yanmaz akustik piramit sünger ile kaplanması durumunda yaklaşık olarak 3 LeqdBA miktarında gürültü azaltımıdır).

Polyester tekstil atıklarından (250, 500 ve 1000 g/m^2) ve polyester atık şişelerden (250, 500 ve 750 g/m^2) iğneleme yöntemi ile geri dönüştürülmüş dokusuz yüzeylere elektro lif çekim prosesi ile üretilen poliüretan (PU) nano lifler takviye edilerek hem gürültü hem de atık problemlerine çözüm olması amacıyla kompozit ve sandviç malzemeler üretilerek yapılan çalışmada, nano lif üretim optimizasyonu çalışmaları neticesinde seçilen %13 ve %15 PU konsantrasyonlarından sırasıyla 296,5 ve 509, 9 nm çaplarında farklı sürelerde üretilen nanoliflerin takviye edilmesi ile elde edilen malzemelerin Ses Yutma Katsayısı (SYK) değerleri ölçülerek gürültü azaltma katsayıları (GAK) hesaplanmıştır. Malzeme yapısının, nano lif çapının ve nano lif üretim süresinin SYK ve GAK üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca dokusuz yüzeylerin hava geçirgenlik, kalınlık ve gramajları ile GAK değerleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre nano lifler daha düşük frekans aralıklarında dokusuz yüzeylerden daha etkili ses yutumu sağladığı görülmüştür (Özkal,2019:59,273). Bu çalışmada, sentetik materyallere göre avantaj teşkil edebilecek yüksek ses geçiş kaybı sağlayabilecek doğal içerikli kompozit numuneler hazırlanıp test edilmiştir.

Dokusuz yüzey olarak isimlendirilen kumaşların fiziksel parametrelerinin, kullanılan lif çeşitleri ve dokusuz kumaşların kombine edilmesiyle elde edilen kompozit malzemelere ait olarak hava geçirgenliği ve ses yutum performanslarının değerlendirilerek analiz yapılan bir çalışmada, öncelikle, Peugeot 308 markalı araçtan akustik malzeme olarak keçe elde edip referans olarak belirlemişlerdir. Deney çalışmalarında; farklı yöntemlerle üretilmiş dokusuz yüzeylerden, %100 polyester, %70 pamuk/%30polyester, %70Akrilik-Pamuk-Polyester/%30Polipropilen gibi liflerinin farklı karışım oranlarında elde edilmiş farklı kalınlıktaki numunelerle deney çalışmaları yapılmıştır. Isıl bağlama yöntemiyle elde edilen %70 Akrilik, Pamuk, Polyester/%30 Polipropilen karışımından elde edilen numune 1500 Hz.'de 0,8 değerini, ısıl bağlama yöntemiyle hazırlanan yün ve bikomponent polyester karışımından oluşan 35 mm kalınlığındaki numunede 3000 Hz.'de 0,8 değerinin elde edilebileceğini görmüşlerdir. Dokusuz yüzey üretiminde, life ait, cins, incelik, karışım oranları, kalınlık, birim alan kütlesi ve karışım oranları gibi parametrelerin akustik özellik açısından iyi şekilde belirlenmesi gerektiğini ifade edilmiştir (Yumşak,2010:49,64).

Makroskopik özellikler ve malzeme modelleme programlarını kullanarak tek ve çok katmanlı malzemelerin akustik performansı hesaplanarak yapılan çalışmanın

sonucunda, yazılımların, malzeme tasarımı ve geliştirme sürecinde hem zaman hem de iş gücü açısından nasıl bir katkıda bulunabildiğini inceleyerek otomotiv sektörüne fayda sağlayabileceği ifade edilmiştir. Otomotiv sanayinde kullanılan gözenekli malzemelerin, malzeme modelleme programları aracılığı ile modellenmesini ve elde edilen değerlerle fiziksel sonuçların karşılaştırılması sağlanmıştır. Çalışmada, farklı çaplarda üçer adet küçük ve büyük çaplı olan numunelerin, 125-4000 Hz. ses yutma katsayıları ve ses iletim kayıpları ölçülmüştür. İki katmanlı bariyer elemanı sünger+lastik numunesi için test ve model sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Buna göre test sonuçlarını 4000 Hz. frekansında yaklaşık 32 dB olarak elde etmişlerdir (Vidinlimen,2010:2,3,107, 110). Bu çalışma kapsamında hazırlanan; kozalaklı ve yumurta şekilli kozalaklı numunelerde 2000 Hz. frekansında 60 dB'in, 4000 Hz. frekans aralığında 40 dB'in üzerinde, ceviz kabuğu ve yumurta şekilli kozalaklı numunelerde 1000 Hz. frekansında 40 dB'in üzerinde değerler elde edilebilmiştir. Ses geçiş kaybı en yüksek olan 11 adet numunenin deney sonuçları ile ANSYS programının akustik modülünde gerçekleştirilen analiz sonuçları karşılaştırıldığında uyumlu olduğu görülmüş olduğundan deney sonuçlarının doğruluğu kanıtlanmıştır.

Ses yalıtımlı alçıpan bölme duvarlar kullanılarak yapılan çalışmada, iki alçıpan tabakalar arasında sırasıyla 75 mm, 100 mm mesafe bırakılarak ve bu mesafeye farklı kalınlıklarda sentetik malzeme yerleştirilerek ses geçiş kaybı değerleri ölçülmüştür. İki alçıpan arasındaki mesafenin 75 mm olup arada malzeme kullanılması durumunda, en yüksek ses geçiş kaybı değerinin 1000 Hz.'de 50,15 dB olduğunu tespit etmişlerdir (Zia,2014,54). Çalışma kapsamında test edilen numunelerin karşılaştırılmasında referans olarak alınmıştır.

Piyasada kullanılan malzemelerin de ses yalıtımında kullanıldığı görülmüştür. Bunlardan; 19 cm Bims Bloklu Duvar, 20 cm Gaz Betonlu Duvar, Yatay Delikli 19 cm Sıvasız Tuğla Duvar, Düşey Delikli 19 cm Sıvasız Tuğla Duvar, 10 cm Tuğla, 20 cm Klinker Blok Boşluklu malzemelerinin 500-4000 Hz. frekans aralığında ses geçiş kaybı değerleri, 11,2-51 dB aralığında (Yılmaz Demirkale,2008,27), 3 mm Kontraplak, 1.5 mm Papel Kaplama, 4 mm MDF, 4 mm Yonga Levha gibi malzemelerin 500-8000 Hz. frekans aralığında ses geçiş kaybı değerleri 20,82-48,15 dB aralığında olduğu ifade edilmiştir (Yılmaz,2019,56). Bu çalışmada, doğal içerikli kompozit numunelerde en yüksek kalınlık 75 mm olması durumunda, 1000 Hz. frekansından sonra 40 dB'in

üzerinde değerler ile 2000 Hz. frekansında 60 dB'in üzerinde değerler elde edilebileceği tespit edilmiştir. Piyasada kullanılan malzemelerin ses geçiş kaybı değerleriyle karşılaştırılmıştır.

(Özlüsoylu ve İstek,2019,666,669) mekânlarda ısı yalıtımı kadar ses yalıtımının da önemli olduğunun belirtildiği çalışmada, lignoselülozik kökenli Karaçam (Pinus nigra Arnold.) ağaç kabuklarından izolasyon levhaları üretilecek ses yalıtım özelliği araştırılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında hazırlanan numunelerin yalıtım kapasitesi yüksek olduğu görülmüş olup tespit ettiğimiz malzemeleri farklı kalınlıklarda denenebilmiştir.

Tavuk tüyünün ses geçiş kaybına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, tavuk tüyleriyle, örme ve şönil vb. farklı yapıda ve kalınlıktaki kumaşlarla farklı katman sayısına sahip numuneler hazırlanıp test edilip sonuçlar karşılaştırıldığında, malzeme kalınlığının ses iletim kaybı değerlerine etkisinin yüksek olduğu görülmüştür. Düşük frekanslarda 20-25 dB, yüksek frekanslarda 30-35 dB aralığında ses iletim kaybının elde edilebileceğini tespit edilmiştir (Erol,2019,167,174). Bu çalışmada, tavuk tüyünden farklı geri dönüştürülebilir malzemeler test edilmiştir.

Taşıtlarda kullanılan yalıtım malzemeleri ile ilgili yapılan bir çalışmada, (Doğru ve Pulat,2020,895,900) 29 mm ve 100 mm kalınlıklarında, PP (Polypropylen) ve PES (Polyester) liflerinden hazırlanmış numunelerin ses iletim kaybını da hesaplamışlardır. PES ve PP liflerinden oluşturulan dokusuz yüzeylerde 100-6300 Hz. aralığında empedans tüpüyle yaptıkları ölçümlerde, ses geçiş kaybını 6300 Hz. frekansında yaklaşık olarak 7 dB olarak elde etmişlerdir. Malzemenin ağırlığının arttırılmasıyla ses iletim kaybındaki artışın, titreşim sönümleme ile ilişkilendirilebileceği, otomobilde kullanılacağı bölgeye ve bu bölgedeki sesin kaynağının frekansına göre yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Tez çalışmasında, aynı doğal içerikli materyallerden farklı kalınlıkta numuneler oluşturarak ses geçiş kaybına etkisi araştırılmıştır.

Polimer akustik süngerlerle farklı çaplarda numuneler hazırlanarak empedans tüpünde test edilip ses geçiş kaybı değerleri hesaplanmıştır. Buna göre; 98, 100, 102 mm kalınlıklarındaki numunelerde 63-1600 Hz. frekanslarında yapılan ölçüm sonuçlarına göre en yüksek değer, 102 mm kalınlığındaki numunede yaklaşık olarak 5 dB'dir. 28, 30, 32 mm kalınlıklarındaki numunelerde 1600-6300 Hz. frekanslarında

yapılan ölçüm sonuçlarına göre en yüksek değer 32 mm kalınlığındaki numunede yaklaşık olarak 3 dB olarak bulunmuştur (Vamshi ve Jani,2019,3046,3048). Bu çalışmada, sentetik malzeme yerine doğal materyaller daha çok önem kazanmıştır.

Yukarıda özetlenmiş olan literatür bilgileri doğrultusunda, birçok çalışmada ses yutma katsayısı ile ilgili çalışmaların yoğunlukta olduğu, ses geçiş kaybı ile ilgili çalışmaların daha az olduğu görülmüştür. Çalışmada ses geçiş kaybı değerleri yüksek malzemeler araştırılmıştır. Tasarlanıp geliştirilen Alfa Kabin benzeri test kutusunda (üretiminde doğal malzemeler kullanılmıştır) Akdeniz Bölgesinde temin edilen doğal ve geri dönüştürülebilir malzemelerden kozalak ve ceviz kabukları tercih edilerek farklı yapıda numuneler hazırlanıp test edilmiştir. Özellikle de kompozit yapıda iki numune arasında %100 yün keçe ve heraklit malzemelerinin kullanılmasıyla yaklaşık olarak 63 dB seviyelerine kadar ses geçiş kaybı değerlerinin elde edilebildiği görülmüştür. Farklı nitelikte ve daha verimli olabilecek çalışmaların yürütülebileceği tespit edilmiştir. Literatürdeki ve uygulamadaki ses geçiş kaybı ile ilgili boşluklar doldurulabilecektir. Proje kapsamında akıllı imalat için geliştirilen arayüz programı ile de seri üretimin, çevre dostu olmasının sağlanabilmesinde teknolojide önemli aşamalar kaydedilebilecektir. Ayrıca bu çalışmalar, Ülke ekonomisine katkı ve Uluslararası rekabet edebilirlik açısından da özel sektöre önemli avantajlar getirebilecektir.

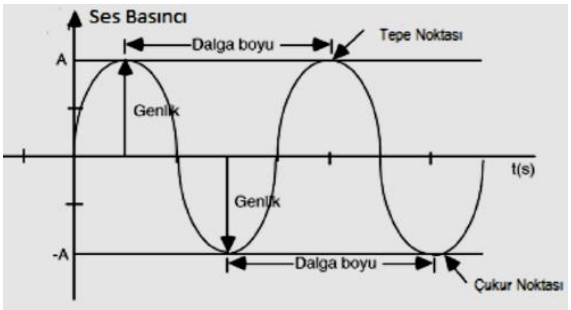
BÖLÜM II

SES, GÜRÜLTÜ ve AKUSTİK

2.1. Ses ve Sesle İlgili Temel Kavramlar

Literatürde sesin tanımı ve ses ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. (Crocker,1998:4) tarafından akustik; ses bilimi olarak tanımlanırken ses, akışkanlar yolu ile alıcıya iletilen basınç değişimi ile tanımlanmaktadır. (Çakıl vd.,2020,845, 850), ses dalgaları doğada bulunan malzemeler ile karşılaştığı zaman nasıl davranış göstereceğini tespit etmek ve yeni çözümler aramak için bu analizlere ihtiyaç duyulmaktadır." demiştir. Çalışmalarında, akustik (ses) dalga iletimini sağlayan kaynaktan çıkan dalgaların önce hava ortamından geçerek farklı ortamlarda ve aynı kalınlıkta olan her bir katmana çarparak yüzeyde oluşturduğu basınç ve hız değerlerini incelemişlerdir. (Erol,2006:5), "Titreşen parçacık, dalganın yayıldığı doğrultuya paralel olarak hareket ettiği zaman boyuna dalgalar, parçacığın yayılma doğrultusuna dikey olarak hareket etmesi durumunda ortaya çıkan dalgalar enine dalgalar meydana gelmektedir" demiştir. Dalganın yayılması esnasında iki farklı hareket meydana gelmektedir. Bunlardan biri, ortamın parçacıkları dalgayı taşırken harmonik olarak titreşmesi ve farklı zamanlarda bulundukları yerlerde bu harmonik hareketin periyot, genlik ve faz gibi özelliklerine bağlı olarak değerlendirilmektedir; diğeri, dalganın homojen bir ortamda, sabit hızla giderek eşit zaman periyotlarında eşit miktarda ilerlemektedir.

Dalga Genliği: Titreşen bir taneciğin maksimum ayrılması, titreşimin genliği olarak ifade edilmektedir. Dalganın genliği, A ile gösterilip, birimi metre (m)'dir (Şekil 2.1).

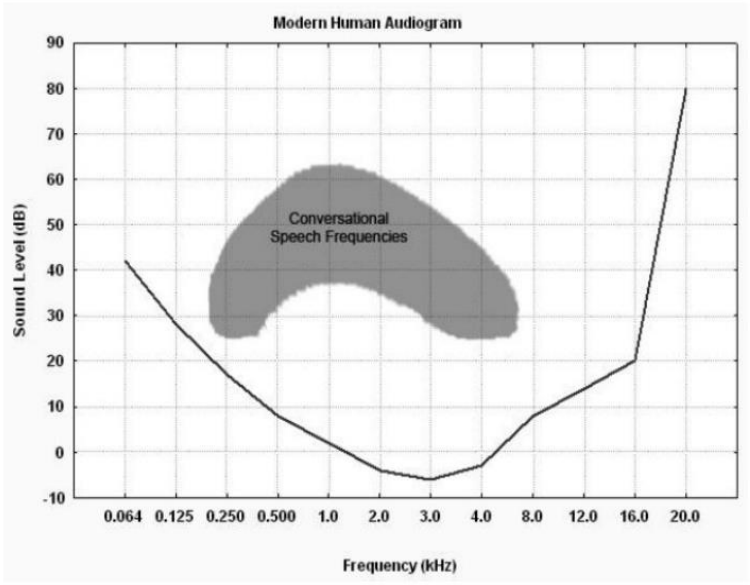


Şekil 2.1. Bir Ses Dalgasının Hareketi

Kaynak: Canbolat,2013:5.

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi iki dalganın tepesi arasındaki mesafenin yarısı genliği ifade etmektedir.

Frekans; bir saniyede oluşan titreşim sayısıdır ve birimi Hertzdir (Koçyiğit,2020:4). Erişkin bir erkekte ses telleri konuşma sırasında yaklaşık 100-140 kez titreşirken kadınlar için bu aralık yaklaşık 200-240 Hz.'dir (Moore& Glasberg,1987). Sesin inceliği ve kalınlığı, sesin oluşmasına temel olan parçacık hareketinin özelliklerine bağlı olan frekans, devir süresi ve dalga boyu tanımlamalarını içermektedir (Erol,2006:5). Duyulan sesler genel olarak birçok frekanstan oluşmaktadır. Bu frekanslar içerisinde en düşük olanı, temel frekans (fundemental ton) olarak tanımlanmaktadır. Frekansın yükselmesi durumunda saniyedeki titreşim sayısının artmasına bağlı olarak sesin inceldiği bilinmektedir. Modern insan odyogramı ve konuşma frekansları Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Modern insan odyogramı ve konuşma frekansları

Kaynak: Quam vd.,2022:7.

Şekil 2.2'ye göre, kesintisiz çizgi, frekansın bir fonksiyonu olarak minimum işitilebilir eşiği temsil etmektedir. Bu, belirli bir frekansta bir insan öznenin zamanın en az %50'sinde doğru olarak algılayabileceği minimum ses seviyesidir. Eğrinin altındaki noktalar daha yüksek bir işitsel hassasiyeti göstermektedir ve en iyi frekans 3 kHz civarında görünmektedir. "Konuşma muzu" (Fant, 1973) olarak adlandırılan konuşma düzeyinde insan konuşma dilinin frekans aralığı da gölgeli bölge ile gösterilir. Burada sunulan odyogram, Sivian ve White'ın (1933) MAP işlevine karşılık gelmektedir (Quam vd.,2022,7).

Periyot, bir dalganın oluşması için geçen süreye denir. Birimi saniye' dir (Koçyiğit,2020:4). 2 pik arasındaki mesafe olarak da bilinmektedir. Periyot ile frekans arasında Eşitlik 2.1'deki gibi bağıntı bulunmaktadır (Ver ve Berenak, 2006).

$$f=\frac{1}{T} \tag{2.1}$$

Eşitlik 2.1'e göre f frekansı, T periyotu ifade etmektedir. Bu eşitliğe göre periyodun 500 olması durumunda frekansın 0,02 olması örnek verilebilir.

Dalga boyu: (Koçyiğit,2020:4) tarafından, "Bir dalganın oluşması için gereken mesafedir. Birimi m (metre) olup λ (lamda) ile gösterilir" şeklinde tanımlanmıştır. Ayrıca bir salınım hareketinde iki tepe arasında uzaklık olarak da bilinmektedir. Hem titreşim hareketinin özellikleri hem de ortamın özellikleri şeklinde detaylandırılarak dalga boyu, Eşitlik 2.2'deki gibi ifade edilmiştir.

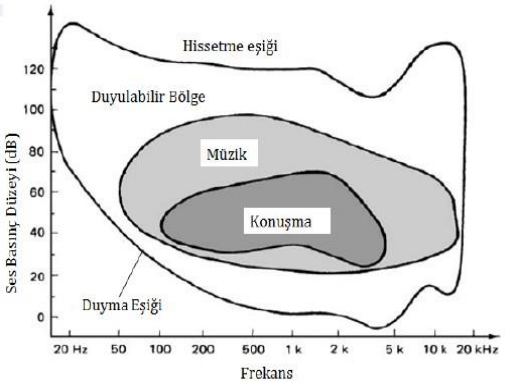
$$\lambda = \frac{c}{f} \tag{2.2}$$

Eşitlik 2.2'e göre λ, dalga boyunu, c sesin hızını ve f frekansı ifade etmektedir. Bir ses dalgasının hareketi Şekil 2.1'de verilmiştir. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi iki dalganın tepesi arasındaki mesafenin yarısı genliği ifade etmektedir.

Genliğin artmasıyla, basınç fazlalığı ve basınç azlığı arasındaki farklılığın da artacağını ve akustikte bu basınç farkının akustik basınç olarak tanımlandığı ifade edilmiştir. Akustik basınç, işitilebilen en hafif sesle en yeğin ses arasında 0,0002 mikro bar ile 200 mikro bar arasında değişen değer almaktadır. Titreşimler, akustik basıncı 200 mikro bardan daha yüksek olduğunda, ses yerine kulak zarına katı bir cisimle dokunuluyormuş gibi rahatsız edici olduğundan çalışmamızda yalıtım malzemelerinin bu iki frekans bandı aralıklarında duyma sınırları içindeki değerleri ele alınarak değerlendirilmektedir (Sirel,1974).

(Gelen,2016:3), "Ses basıncı Paskal (Pa (N/m^2)) ile ölçülmektedir. İnsan kulağının işitebilmesi için alt sınır $2x10^{-5}$ Pa; üst sınır yaklaşık olarak 20 Pa'dır" demiştir. Şekil 2.3'de işitme sınır eğrileri görülmektedir. Bir büyüklüğün bir referans

değerine bölümü algoritmasına Graham Bell'den yola çıkılarak (Bell) bu değerin 10'da 1'i desibel (dB) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2.3. İşitme Sınır Eğrisi

Kaynak: Gelen,2016:3.

Şekil 2.3'de verilen işitme sınır eğrisi ses basınç düzeyine göre belirlenmektedir. Ayrıca bu bandın çok geniş olmasından dolayı analizler uzun zaman alabilmektedir. Bu nedenle de analiz edilecek olan sesin frekans aralıkları oktav adı verilen aralıklara bölünmektedir. Bir oktav bandında, bandın üst sınır değeri, bandın alt sınır değerinin iki katı olup her banda ait üst sınır değeri, bir sonraki bandın alt sınır değerini vermektedir. (Özgüven,2000:16), "Bu şekilde tanımlanmasının nedeni; kulağın, frekansları oranı tam sayı olan sesleri benzer ses algılamasıdır" şeklinde ifade etmiştir. Kısaca tam oktav farkı bulunan iki sesin aynı noktaya karşı gelmektedir. Bu nedenle de kulağın, bu sesi benzer sesler olarak algıladığını, 1/3 ve 1/10 oktav analizlerinde bant genişliğinin daraldığını, düşük frekanslarda çok dar olan frekans aralığının yüksek frekanslarda bu kadar dar olmadığı da bilinmektedir. Bir insan kulağı en düşük 20 dB sesi logaritmik olarak duymaktadır ve dB'in referans ağırlığı 20 mikro paskal olduğu için referans ses basıncı 20 mikro paskal olarak alınmaktadır (Bal Koçyiğit,2020:5).

Şiddet ve basınç (bir alana uygulanan güç) enerji olarak bilinmektedir. Bir alana uygulanan güç, sesin şiddetini ifade etmektedir. Ses Şiddeti Seviyesi (SIL), Eşitlik 2.3 ile hesaplanmaktadır.

$$L_1=10 \log I/ I_o \qquad (2.3)$$

Eşitlik 2.3'de I, ses şiddeti olup ses gücünün sesin geçtiği ortamın alanına oranıdır (I= W/A). I_o, referans ses şiddetidir ve 10^{-12} W/m^2 değerine sahiptir.

Desibel (dB, decibel) cinsinden ses basıncını ifade eden L_P; Eşitlik 2.4'deki formülle hesaplanmaktadır (Çelikel,2017:33).

$$Lp= 10 \log P/ P_o \quad (2.4)$$

Ses basınç seviyesi (ses gücü veya akustik güç), bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücü olduğu bilinmekte ve watt ile ifade edilmektedir. Referans güç düzeyi Wo = 10^{-12} watt olup dB cinsinden ses gücü seviyesi (SPL_W), Eşitlik 2.5 ile hesaplanmaktadır.

$$SPL_W = 10\ log\frac{W}{W_0} \quad (2.5)$$

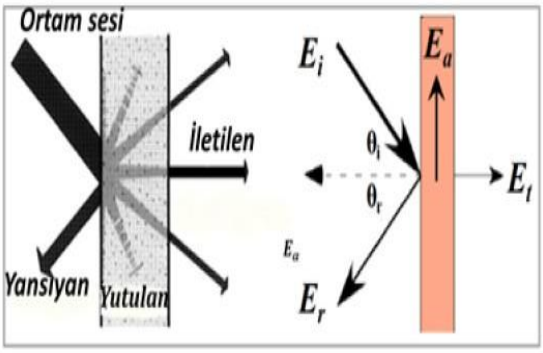
Ses basınç seviyelerinin karşılaştırılması Şekil 2.4'de verilmiştir (Karabiber, 1992).

Şekil 2.4. Ses Basınç Seviyesinin Karşılaştırılması
Kaynak: Karabiber,1992.

Şekil 2.4'e göre; işitme alt eşiği için ses basınç seviyesi, 0'dır. Fakat bu değer havalanmakta olan bir uçak için yaklaşık olarak 120-130 dB aralığındadır.

2.2. Ses Yutulması (Sound Absorption)

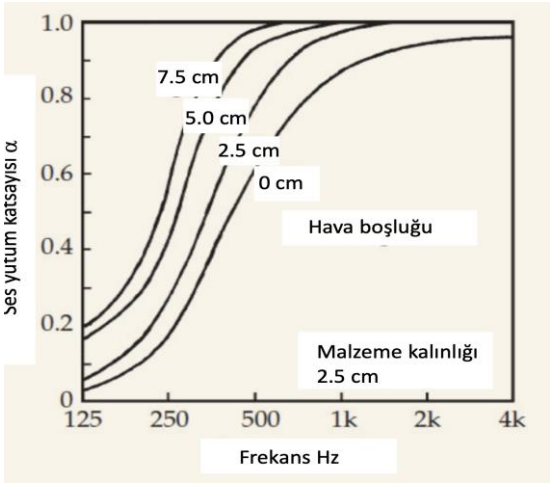
Ses enerjisi gözenekli ses yutuculardaki boşluklara girdiğinde ısı enerjisine dönüşmektedir. Ses dalgaları bir gözenekli yüzeye çarptığında yansıma, yutum ve iletim olmak üzere üç olay gerçekleşmektedir. Ortam ses enerjisi bu üçünün toplamıdır (Cao vd.,2018:26). Sesin yutma mekanizması Şekil 2.5.'de verilmiştir.



Şekil 2.5. Sesin Yansıma, Yutma ve Geçiş Mekanizması

Kaynak: Cao vd.,2018:26.

Ses kontrolü amacı ile kullanılan malzemelerin sesi yutabilmesi için hammaddesi, gözenekli yapıya sahip olması, kullanılacak panelin malzemesi vb. önemlidir. 2.5 cm kalınlığındaki bir cam yünü malzemenin arkasında bırakılan hava boşluğunun ses yutum performansına etkisi Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. 2.5 cm Kalınlığındaki Bir Cam Yünü Malzemenin Arkasında Bırakılan Hava Boşluğunun Ses Yutum Performansına Etkisi

Kaynak: Everest ve Pohlmann,2014.

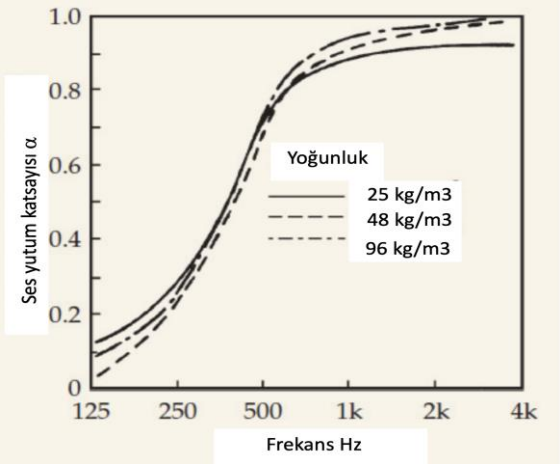
Şekil 2.6'ya göre hava boşluğu arttıkça ses yutma miktarında artış gözlenmektedir. Gözenekli malzemelerin ses yutum katsayılarına örnekler Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Gözenekli malzemelerin ses yutum katsayılarına örnekler

	Yutma Çarpanları						
Gereçler	**125 Hz.**	**250 Hz.**	**500 Hz.**	**1000 Hz.**	**2000 Hz.**	**4000 Hz.**	**NRC**
Duvar veya beton üzerine cam yünü karışık sıva	0.02	0.07	0.40	0.68	0.68	0.75	0.45
Beton üzerine serbest ince halı	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37	0.20
Döşeme üzerine tesbit edilmiş 5 mm kalınlığında halı	0.04	0.04	0.15	0.29	0.52	0.59	0.25
İnce kumaş perdeler	0.04	0.06	0.10	0.20	0.30	0.40	0.15
5 mm kalınlıkta tabi elyaflı keçe (duvar üzerine)	0.09	0.12	0.18	0.30	0.55	0.59	0.30

Kaynak: Koçyiğit,2023.

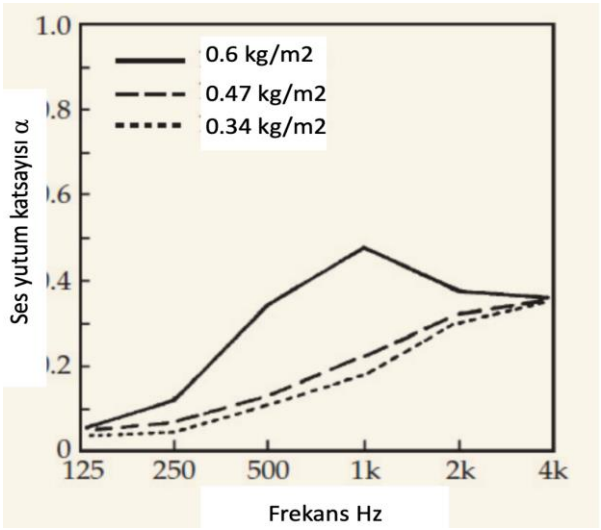
Akustik alanda kullanılan malzemeler, farklı kalınlıkta, yoğunlukta ve şekillerde üretilebilmektedir. Bir cam yünü malzemenin yoğunluk artışının ses yutum performansına etkisi Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Bir cam yünü malzemenin yoğunluk artışının ses yutum performansına etkisi

Kaynak: Everest ve Pohlmann,2014.

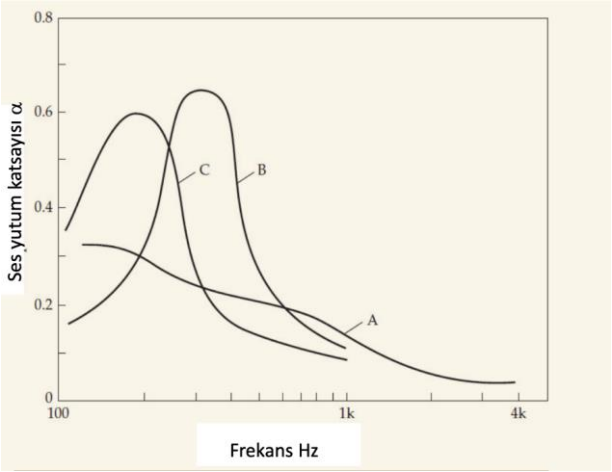
Tekstil bir malzemenin (örneğin perde) yüzey yoğunluk artışının ses yutum performansına etkisi Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Tekstil bir malzemenin (örneğin perde) yüzey yoğunluk artışının ses yutum performansına etkisi

Kaynak: Everest ve Pohlmann,2014.

Şekil 2.8'deki tekstil malzemesinin haricinde farklı kalınlığa ve hava boşluğuna sahip panel üretimleri ile karşılaşılabilmektedir. Panellerde kalınlık ve hava boşluğunun etkisi Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Panellerde Kalınlık ve Hava Boşluğunun Etkisi

Kaynak: Rossing,2007.

Şekilde 2.9'a göre,

• A arkasında 5 cm hava boşluğu olan 5 mm'lik kontraplak
• B arkasında 2.5 cm taş yünü ve 6.5 mm hava boşluğu olan 5 mm'lik kontraplak
• C arkasında 2.5 cm taş yünü ve 6.5 mm hava boşluğu olan 3 mm'lik kontraplak

bulunmaktadır. Bazı panel yutucuların ses yutum katsayıları Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Bazı Panel Yutucuların Ses Yutum Katsayıları

	Yutma Çarpanları						
Gereçler	**125 Hz.**	**250 Hz.**	**500 Hz.**	**1000 Hz.**	**2000 Hz.**	**4000 Hz.**	**NRC**
8 mm kalınlıkta talaş levhalar, yüzeyi düz, duvardan uzaklık 20 mm	0.46	0.24	0.04	0.01	0.01	0.01	0.10
4 mm kalınlıkta sert elyaflı levhalar veya aynı ağırlıkta kontraplak levhalar, duvardan 5 mm uzakta	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.10	0.10
Normal boyutlarda pencere camı	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04	0.15
Kapalı çift cam	0.10	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05

Kaynak: Bal Koçyiğit,2023.

Yutulan sesin, bir mekân içerisinde çınlamayı önlenmesi ve mekân dışına ses geçiş kaybının sağlanması amacıyla panel veya geri dönüştürülmüş sünger vb. malzemeler tek veya birbirleriyle birleştirilerek kullanılabilmektedir. Malzemelerin sesi yutabilme miktarı ses yutma katsayısının hesaplanmasıyla tespit edilmektedir.

Bir malzemenin ses yutmadaki etkinliğini ölçmek için ses yutma katsayısı kullanılır "α" olarak, bir ses enerjisinin %55'inin yutulması durumunda ses yutma katsayısının, bahsedilen frekanslar için 0.55 olduğunu, sesin %100'ünün yutulması durumunda α değerinin 1, sesin %100 yansıtılması durumunda 0 olarak elde edildiğini ifade etmişlerdir (Everest ve Pohlmann,2009:180). (Koçyiğit,2020:5), "Bir kaynaktan çıkan sesin 60 dB düşmesi için geçen süreye çınlama süresi denir. Diğer bir ifadeyle, kaynaktaki ses kapatıldığında, ortamdaki sesin 60 dB düşmesi için geçen süredir" olarak tanımlamaktadır. Örneğin, kaynakta 110 dB olan ses kapatıldığında, 60 dB düşmesi (110 dB'den 50 dB'e) için geçen süre 2,5 sn olması durumunda, çınlama süresi 2,5 sn olarak ifade edilmektedir.

(Çalışkan ve Belgin, 2004:41) çalışmalarnda, malzemelerin ses yutma özelliğini, ses yutma katsayısı olarak bilinen ve α ile gösterilen bir parametre ile nicel olarak ifade edilebileceğini, yüzey ya da malzeme tarafından yutulan sesin enerjisinin yüzey üzerine düşen ya da çarpan ses enerjisine oranı ses yutma katsayısı olarak tanımlandığını belirtmişlerdir. Yutulan sesin enerjisinin yüzeye gelen sesin enerjisinden daha küçük olmasından dolayı ses yutma katsayısı, sıfır ile bir arasında olup çoğunlukla frekans arttıkça ses yutma katsayısı artan değerler almaktadır. Uluslararası standartlara göre

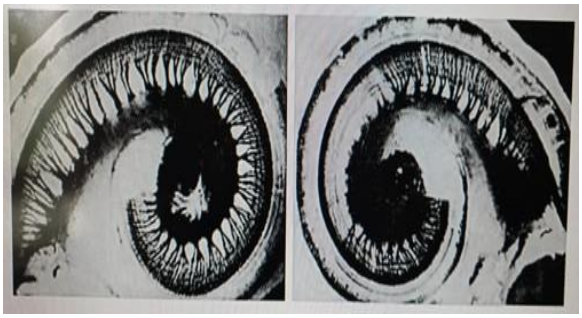
ölçülen bir değerdir ve genellikle 125-4000 Hz. aralığındaki oktav bantlarda gösterilmektedir. Bu katsayı, frekans, malzeme özellikleri, malzemenin montaj şekli, kapalı mekânın geometrisi ve boyutları ve malzemenin mekân içinde konumu gibi parametrelere bağlıdır. Kapalı bir mekânda ses yutma katsayısı aşağıdaki Eşitlik 2.6 ile hesaplanmaktadır.

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \alpha_i S_i}{\sum_{i=1}^{N} S_i} \qquad (2.6)$$

Eşitlik 2.6'da, S_i, i yüzeyinin alanını ve α_i, i yüzeyinin ses yutma katsayısını ifade etmektedir.

2.3. Gürültü

(Koçyiğit,2003:2), "İstenmeyen ses olarak tanımlanabilir. TS 5960'da gürültü; birbirine uyumsuz frekanslarda ve rahatsız edici şiddette olan ses veya ses grupları olarak tanımlanmıştır" demiştir. Rahatsız edici olan sesin kulakta yol açabileceği zararlar ile ilgili görsel Şekil 2.10'da verilmiştir.

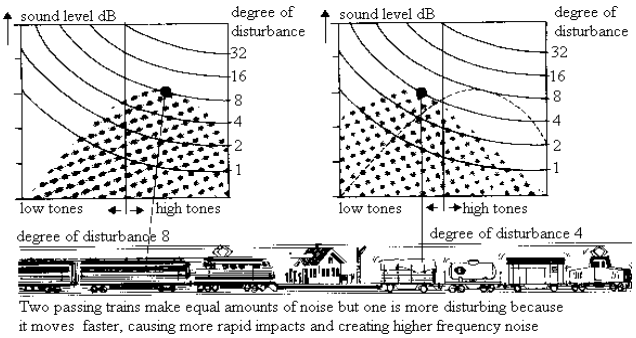


Şekil 2.10. Rahatsız Edici Olan Sesin İç Kulakta Yol Açtığı Tahribat

Kaynak: Fridlund,1987:44.

Şekil 2.10'da, gürültüden zarar görmüş iç kulak tabakasının ve burada sinir uçlarının yaklaşık üçte birinin tamamen tahrip olduğu görülmektedir. Bu durum, yüksek sesleri duymayı imkânsız hale getirmektedir.

İnsan kulağı yüksek frekanslı seslere, düşük frekanslı seslere göre daha fazla duyarlıdır. Yüksek ve düşük frekanslı seslere karşı duyarlılık düzeylerinin karşılaştırılması Şekil 2.11'de verilmiştir.

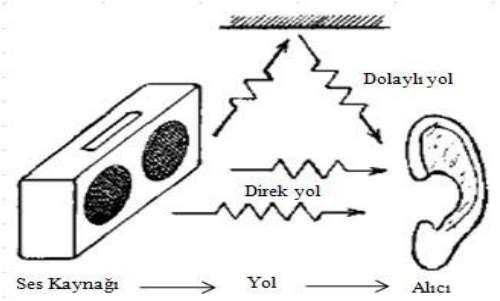


Şekil 2.11. İnsan Kulağının Yüksek Frekanslı ve Düşük Frekanslı Seslere Duyarlılık Düzeylerinin Karşılaştırılması

Kaynak: Bal Koçyiğit,2020,42.

Şekil 2.11'de görüleceği üzere duyarlılığa bağlı olarak, gürültü seviyesini azaltmanın mümkün olmadığı durumlarda, frekansı düşürerek çözüm üretilebilmektedir.

Sesin varlığını hissedebilme noktasında üç parametre söz konusudur. Bunlar; sesin kaynağı, sesin yolu ve alıcı olarak bilinmektedir (Koçyiğit, 2020:5). Bu parametreler, Şekil 2.12'de verilmiştir.



Şekil 2.12. Sesi Oluşturan Parametreler

Kaynak: Barron,2001:18.

Herhangi bir gürültünün kontrol edilmesinde, aşağıdaki gibi üç şekilde kontroller yapılabilmektedir (Faulkner, 1976).

1. Sesin kaynağında kontrol,
2. Sesin aldığı yolda kontrol,
3. Alıcıda kontrol.

Bir kişi gürültüye maruz kaldığında kalıcı işitme kayıpları ile karşı karşıya kalabilmektedir (Barron,2001:18).

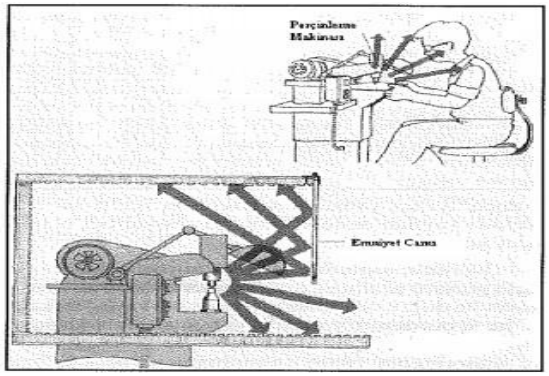
İnsan sağlığı için Uluslararası farklı standart çalışmaları sürdürülmektedir. ILO, WHO (WHO,2009), vb. gibi Uluslararası örgütler çeşitli çalışmalar yapmışlardır ve Tablo 2.3' de görülen sonuçları elde etmişlerdir.

Tablo 2.3. ILO, WHO, BOHS vb. Standartlarına Göre Ses Seviyesi ve En Uzun Kalınabilecek Etki

Standardın Tanımı	**Ses Seviyesi (dB)**	**En Uzun Kalınabilecek Etki Süresi**
ILO (International Labour Organization)	85	8 saat/ gün
WHO (World Health Occupation)	100	4 saat
BOHS (British Occupational Hygiene Society)	90	8 saat/ gün
B S (The British Standart BS: 5330)	90	40 yıl
NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health, USA)	85	8 saat/ gün
OSHA (The Occupational Safety and Health Administration of US Department of Labour, USA)	90	8 saat/ gün
ACOIH (Amerikan Conference of Governmental Industrial Hygienist)	85	8 saat/ gün
ISO (International Standardization Organization)	90	8 saat/ gün
TSE (Türk Standartları Enstitüsü, TS 2607)	90	40 saat
İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü	80	8 saat/ gün
SSK Sağlık İşlemleri Tüzüğü	85	8 saat/ gün

ILO (International Labour Organization- Uluslararası Çalışma Örgütü) standartlarında, 85 dB' de çalışma süresi 8 saat olarak belirlenmiştir. Gürültü ölçümleri için elde edilen rakamlar 85 dB (A) 'yı aşarsa, iş yerlerinde gürültü haritası yapılmalıdır (ILO,1984:64).

(Çalışkan ve Belgin,2004:43), "Hücre ya da kabin uygulamaları, endüstriyel gürültünün denetiminde en çok başvurulan yöntemlerden biridir." demiştir. Gürültülü çalışan makinaların üzerinin tamamıyla (hücre/kabin vb.) ya da sadece gürültülü bölgelerin yüzeylerini kapatılmasıyla gürültü enerjisinin hücre/kabin dışına çıkması engellenmektedir. Özellikle de jeneratör gibi makinalardan kaynaklanan gürültünün kontrol altına alınmasında etkili yöntemlerdir. Bu yöntemle, kapalı mekânın iç yüzeylerine çarpan ses dalgalarının enerjisinin bir kısmı yansımadan dolayı mekânın iç yüzüne dönerken bir kısmı yüzeylerde yutularak sönümlenmektedir, bir kısmı da yüzeylerin üzerinden yapıya geçerek yapı elemanlarının içinde yayılan dalga hareketine neden olmaktadır. Bu enerjinin diğer bir kısmı kapatılan bölgeyi çevreleyen hücre veya kabinin diğer tarafına geçmektedir. Hücre veya kabin uygulaması Şekil 2.13'de verilmiştir.



Şekil 2.13. Hücre veya Kabin Uygulaması

Kaynak: Çalışkan ve Belgin,2004:43.

Şekil 2.13'de görüldüğü gibi ses kaynağının hücre veya kabin ile kapatılmasıyla verdiği rahatsızlığın azaltılmaya çalışıldığı görülmektedir.

Günümüzde (03.11.2020 tarihi itibari ile) Savunma Sanayi Başkanlığı (www.arge.ssb.gov.tr) tarafından yürütülmüş olan Cumhurbaşkanlığı Akustik OTAĞ Lansman çalışmalarında SAGA ve SAPT süreci belirlenmekte ve özellikle savunma sanayinde akustik AR-GE çalışmaları sürdürülmekte ve inşaat sektörü vb. alanda kullanılmak üzere akustik ve yalıtım malzemeleri üretilmektedir. Bal Koçyiğit ve Şenocak, denizaltı gibi araçlarda kullanılan karbon içerikli malzemelerin, birkaç hafta boyunca kapalı kalacak denizcilerin akciğerlerine zarar verebileceği ihtimalinden dolayı doğal, anti alerjik ve sağlığa olumsuz etkisi olmayacak malzeme önerisinde bulunmuşlardır.

İç mekânda oluşacak sesin dışarıya çıkmaması; denizaltıları iç mekânında oluşan makine gürültüsü, insan sesleri ve elektronik araçların seslerinin gemi dışına çıkmasının yabancı gemiler tarafında kolay algılanmalarına etkisinin büyük olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle iç mekân seslerinin gemi dışına çıkmaması önem kazanmaktadır. Bu amaçla kullanılan ses yutucu malzemeler genellikle polimer olup karbon içeriklidir. Karbon içerikli bu malzemelerin bütün gemi çeperinde olduğu düşünüldüğünde büyük bir yüzey oluşturacağı açıktır. Bu nedenle de mekân için hava kalitesine ve dolayısı ile akciğerlerine zarar vermesi muhtemeldir. Çalışmanın öncelikli amacı insan sağlığına zarar veren malzemelerin yerine doğal, anti alerjik ve sağlığa olumsuz etkisi olmayacak malzeme önermektir.

Yankılanma süresinin azaltılması, ses yutmada etkili malzemelerle yapılabilmektedir. Bu anlamda birçok çalışma ile karşılaşılmaktadır. Bu çalışmalar analiz edildiğinde, farklı şekillere ve ebatlara sahip akustik süngerler, ahşap panelin farklı yüzeylerine lamine edilebilen, doğal lifler (hindistan cevizi, çay lifi vb.) ile sentetik liflerden veya doğal- sentetik lif karışımlarından elde edilen dokuma, örme kumaşlar ve dokusuz yüzeyler (non-woven), ayrıca köpük vb. malzemelerin kullanıldığı görülmektedir. Bu malzemeler yoğunluğuna, yapısındaki gözenek miktarına göre ses yutma ve ses iletim düzeyleri açısından farklılık göstermektedir.

Gözenekli, lifli sesi yutucu materyaller, çeşitli liflerin bir binder vasıtasıyla veya dokusuz yüzey oluşturma tekniği ile bir araya getirilmesi sonucu elde edilen materyallerdir (Ver ve Beranek,2006:41). Ses dalgaları, gözenekli materyallerde gözeneklere çarptığında düzensiz konumlanmış gözeneklerden dolayı, ses dalgaları gözeneklere temas ettiğinde sürtünmeler meydana gelmektedir ve bu sürtünmeler sonucun da ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Kısaca, düşük frekanslarda gözenekli elastik materyaller ses enerjisini ısı enerjine çevirerek yutmaktadırlar. Bu durum izotermal bir proses olarak bilinmektedir.

Günümüzde gözenekli malzeme olarak süngerlerle karşılaşılmaktadır ve akustik anlamda kullanımı yaygındır. Fakat akustik süngerler, çoğunlukla poliüretan malzemeden üretildiği için çabuk alev alma özelliğinden dolayı istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, tekstil yüzeylerinden biri olan keçe ve alternatif malzemeler tercih edilebilir. Örneğin; keçe, pamuk, polyester, yün vb. tekstil liflerinin, dokusuz yüzey yöntemlerine göre üretilebilen bir malzemedir. Ayrıca bu malzemelerin yanma mukavemetinin, poliüretana göre daha iyi olduğu bilinmektedir. Daha ince üretilebildiği için daha az yer kaplama olanağı sağlayacağından avantajlı olarak görülebilir. Bunun yanı sıra, farklı şekillendirmelerle ses yutma kapasitesinin yanında mimari açıdan da estetik görünümler sağlayabilmektedir. Tekstil teknolojisinin hızla ilerlemesiyle doğal liflerin kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Örneğin; kavak ağacından imal edilen uzun ve ince ahşap yünü (odun talaşı olarak da bilinen) heraklittir. Bu malzeme, bağlayıcı görevi gören çimento ile karıştırılıp, kalıplara dökülmesi ve preslenmesiyle elde edilen yalıtım levhaları olarak kullanılmaktadır.

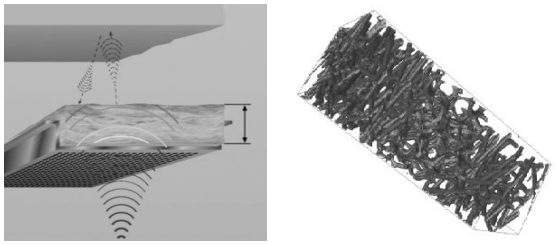
BÖLÜM III

SES YUTUCU MALZEMELERİN SES YUTMA PERFORMANSINA ETKİLERİ

Piyasada kullanılan ve ses iletim kaybı sağlayabilen malzemelerin yapısal farklılıkları bulunabilmektedir. (Lee ve Joo,2003:78), "Ses yutucu malzemeler genel olarak; gözenekli, rezonatör ve panel olmak üzere üç gruba ayrılır. Bu üç grubun hepsinde de ses enerjisinin termal enerjiye dönüşmesi teorisine dayanır" şeklinde ifade etmişlerdir.

3.1. Gözenekli Yapıların Ses Yutma Performansına Etkisi

Akustik alanda kullanılmakta olan ürünler içerisinde gözenekli yapıya sahip farklı formlarda ve kalınlıklarda akustik süngerler, sentetik içerikli keçe vb. ürünlerin kullanıldığı görülmektedir. (Midha&Chavhan,2012:48), "Sesi yutan tekstil malzemeleri, özellikle de dokunmamış yapılar ve geri dönüştürülmüş malzemeler, düşük üretim maliyeti ve düşük özgül ağırlığına sahip olup estetik açıdan da ilgi çekicidir" demiştir. Dokunmamış kumaşların yutma ve yalıtım özellikleri, elyafın geometrisine ve kumaş içindeki düzenlemesine bağlı olmaktadır. Gözenekli malzemelerin ses yutmasında, hava boşluklarının hacimlerinin boyutuna bağlı olarak kalınlığın önemli bir faktör olduğu bilinmektedir. Ses enerjisinin ısı enerjisine dönüştüğü yerde hava akımını da sağlamaktadır. Yaygın olarak kullanılan gözenekli malzemeler, halılar, lifli mineral yün/ cam elyafı vb. malzemelerdir. Şekil 3.1'de, mineral liften üretilmiş gözenekli bir malzeme görülmektedir.

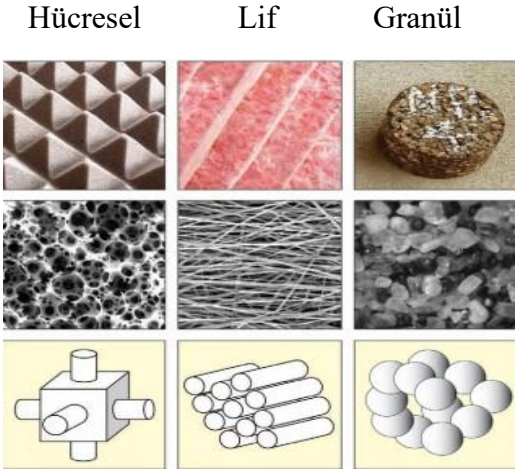


Şekil 3.1. Mineral liften üretilmiş gözenekli bir malzeme

Kaynak: Midha&Chavhan,2012:48.

Şekil 3.1'de görülen bu malzeme, gözenekli bir yapıya sahip olduğu için sesi yutabilmektedir.

(Arenas&Crocker,2010:12,13), çalışmalarında, gözenekli malzemelerin çoğunun lifli olduğunu ve bu lifli malzemelerin aralarında havayı hapsettiklerini belirtmişlerdir. Farklı termal, mekanik ve akustik özelliklere sahip rulo veya plakalar halinde üretilebilmektedir. Doğal (pamuk, kenevir, keten vb.) ve sentetik (cam yünü, mineral yün, grafit, seramik, polyester, polipropilen, kevlar vb. olarak sınıflandırılmaktadır. Şekil 3.2'de, ses yutma özelliğine sahip gözenekli malzemelerin yutma mekanizmalarını tanımlamak amacıyla kullanılan fiziki modellerinin mikroskop altındaki görünümleri verilmiştir.



Şekil 3.2. Gözenekli Malzemelerin Yutma Mekanizmalarını Tanımlamak Amacıyla Kullanılan Fiziki Modellerinin Mikroskop Altındaki Görünümleri
Kaynak: Arenas & Crocker,2010:12,13.

Lifli materyaller ya da dokusuz kumaşların farklı ses yutma özellikleri vardır. Bu özellikler; materyalin lif yapısı (lifin çapı, cinsi, enine kesiti ve karışımı), üretim yöntemleri, fiziksel (kalınlık, yoğunluk, hava direnci, gözeneklilik, hava boşluğu vb.) gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Puranik vd.,2014:83).

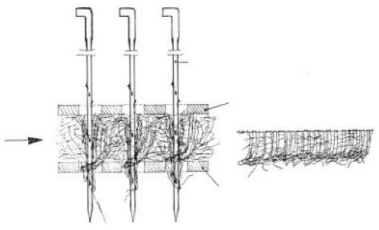
Gözenekli yapılardan biri de dokusuz (nonwoven) yüzeylerdir. Dokusuz yüzeyler, sadece lifler ve gözeneklerden oluşmasına rağmen yapıları çok karmaşıktır (Süvari,2012:3). Kalınlık, ağırlık, yoğunluk, hava geçirgenliği, vb. dokusuz yüzeyleri karakterize eden birçok parametre olup lifli-ağsı yapının dokusuz yüzeyin özellikle fiziksel davranışlarını kontrol eden temel faktör olduğu bilinmektedir. Dokusuz yüzey üretim prosesleri ve kullanılan lifler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Dokusuz Yüzey Üretim Prosesleri ve Kullanılan Lifler

Üretim Teknolojileri	Kullanılan Lif	Doku Oluşturma	Doku Sabitleme
Taraklama	Rayon, Polyester	Tarak Makinası	Kimyasal Bağlama
Isı ile Bağlama (Termobonding)	Rayon, Polyester, Polipropilen, Selüloz	Kuru İşlem, Islak İşlem, Sonsuz Elyaflı İşlem, Eriyikten Püskürtme	Düşük Erime Sıcaklığına Sahip Lifler, Tozlar, Bikomponent Lifler
Su Jeti ile Bağlama (Spunlace)	Rayon ve Selüloz, Pamuk, Polyester	Tarak Makinası Islak İşlem, Kuru İşlem	Çok Az Oranda Kimyasal Madde ile Kaplama
İğneleme (Needle-punched)	Tüm Elyaflar	İğneleme Makinası	Kimyasal Bağlama
Sonsuz Elyaflı İşlem (Spunbond)	Polipropilen, Polyester, Poliamid	Sonsuz Elyaflı İşlem	Sıcak Silindir ile Bağlama
Eriyikten Püskürtme (Meltblown)	Polipropilen, Polietilen	Eritilerek Püskürtme Tekniği	Sıcak Hava ile Bağlama
Islak İşlem (Wetformed)	Selüloz, Kısa Rayon, Kısa Polyester	Islak İşlem Tekniği	Kimyasal Bağlama
Havalı Serme (AirLaid)	Selüloz, Sentetik Lifler	Hava ile Serme	Kimyasal Bağlama (Sprey Sistemi)

Kaynak: Süvari,2012:3.

Tablo 3.1'de görülen yöntemlerden; iğneleme ile bağlama yöntemiyle, vatka formunda serilmiş liflerin iğne tezgahında karşılıklı olarak dolaştırılmasıyla bağlanarak oluşturulan dokusuz yüzeyli kumaşlar elde edilmektedir (Russell,2007:2,5). Keçeleştirme iğnelerinin yapısal özelliklerinden; numarası, kalınlık, uzunluk, dikey ucun oranı, aralığı ve enine kesit şekli ve iğneleme ile bağlama prosesinde önemli faktörler olarak bilinmektedir ve elde edilecek dokusuz yüzeyin özelliklerini etkilemektedir. Ayrıca vatkaya ait lif tipi, birim alan ağırlığı ve lifin boyutları çeşitli uygulamalarda, iğne seçiminde göz önünde bulundurulması gereken parametrelerdir. Endüstride, iğneyle bağlama yöntemine göre üretim yapılabilen farklı vatka oluşturma yöntemleri bulunmaktadır. Bunlardan yaygın olarak kullanılanı, müşteri talebine göre alan yoğunluğuna ve genişliğe sahip vatkalardır. Vatkanın üretimiyle ilgili Şekil 3.3'de verilmiştir (Albrecht vd.,2003:271).



Şekil 3.3. Vatkanın Üretim Şekli

Kaynak: Albrecht vd.2003:271.

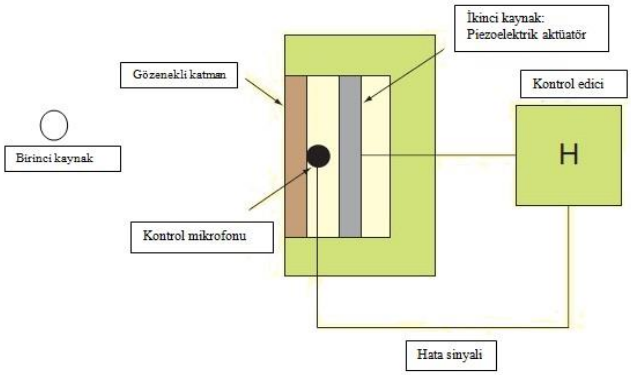
Şekil 3.3'e göre iğneler vatkaya temas ettiğinde, iğnede bulunan çentikli yapı bazı lifleri yakalayarak, yakaladığı bu lifleri, diğer liflerin arasından çekmektedir.

İğnelerin yukarıya doğru hareketleri sırasında ilmekler bulunduğu yerde kalmaktadır. Bu işlemin birkaç kez tekrarlanmasıyla iğneleme işlemi, vatkayı daha yoğun bir yüzey haline getirerek iğnelenmiş keçenin oluşmasını sağlamaktadır.

3.2. Rezonansın ve Panelin Ses Yutma Performansına Etkisi

Rezonans yutma, malzemenin özelliklerine doğrudan bağlı değildir. Soğurma, salınımlı bir sistemdeki enerji kayıpları ile elde edilmektedir. İki adet rezonatör bulunmaktadır. Bunlar, Membran ve boşluk (Helmholtz) rezonatörleridir. Membran rezonatörler, panel yutucular olarak da bilinmektedir. Yaygın olarak kullanılan panel yutucular veya membran rezonatörler, ahşap panel, cam ve rezonans özelliğine sahip sesi yutabilen geniş yüzeyler olabilmektedir (Midha & Chavhan,2012:49).

(Arenas&Crocker,2010:16), "Son yıllarda, aktif gürültü kontrolü için hibrid malzemeler geliştirilmiştir. Bir hibrid yutucu, geniş frekans aralığında ses yutuculuğunu sağlayabilir." demiştir. Melamin köpük malzeme ile poliviniliden florürlü bir termo set polimer (PVDF) ile piezoelektrik-film gömülü aktüatör kullanılmıştır. Bahsedilen kompozit malzeme, orta ve yüksek frekanslarda etkili bir şekilde ses yutmayı sağlamaktadır. Ses emiliminin optimizasyonu için akıllı köpük olarak ifade edilen malzeme, üç boyutlu sonlu elemanlar teknikleri kullanılarak geliştirilmiştir. Bu şekilde hafif, ince ve verimli bir şekilde ses yutma malzemesi üretilebilecektir. Hibrid pasif/aktif yutucu eleman Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Hibrid Pasif/Aktif Yutucu Sistem
Kaynak: Arenas & Crocker,2010:16.

Şekil 3.4'de verilen sistemde, piezoelektrik aktüatörün ikinci kaynak olarak kullanılmasıyla gözenekli malzemelerin birkaç elemandan oluşan aktif yapı olarak üretilip etkili bir şekilde ses yutmayı sağlamak mümkün olabilmektedir.

3.3. Doğal Malzemelerin Ses Yutma Performansına Etkisi

Doğada birçok özellikler taşıyabildiği gibi ses yutma özelliğine sahip materyaller de bulunmaktadır. Bu materyallerden bazıları geri dönüştürülebilir durumda olup ceviz kabuğu, ahşap talaşı, odun kömürü, zeytin yaprağı ve kozalak vb. ürünler örnek olarak verilebilir. Bu örneklerden kozalak, Dünyada bazı bölgelerde yetişen çam ağaçlarının meyvesi olan kozalağın Türkiye'de Akdeniz Bölgesi'nde yoğun olarak görülebilen kozalak, Kızılçam, Karaçam, Sarıçam, Halep Çamı ve Fıstık Çamı olarak sınıflandırılmaktadır (Can,2013:67). Bunların arasında Akdeniz Bölgesinde yoğun olarak görülenleri, Kızılçam (Pinus brutia) ve Fıstık çamı (Pinus pinea) ağaçlarıdır. Çalışmada, fıstık çamının meyvesi olan kozalak kullanılmıştır. Yapısından dolayı yutuculuğa katkısı olabileceği düşünülmektedir. Fıstık çamının meyvesi olan kozalağın görseli Şekil 3.5 (a)'da verilmiştir.

Şekil 3.5. (a) Fıstık Çamının Kozalağı

Kaynak: Can,2013:67.

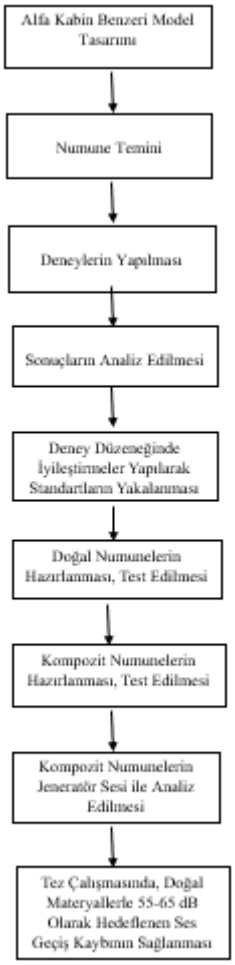
İkinci seçilen malzeme ceviz kabuğudur. Akdeniz Bölgesinde görülen ceviz meyvesinin, geri dönüştürülebilir kabuklarının, konveks (dış bükey) ve konkav (iç bükey) yapısından faydalanarak numune oluşturulmasında faydalanılmıştır. Kozalakların öğütülmüş formlarının ve ceviz kabuklarının alçıpan üzerine yerleştirilebilmesinde alçı tercih edilmiştir. Kompozit yapılı numune hazırlanıp test edilirken %100 yün keçe ve heraklit malzemeleri kullanılmıştır. Ceviz kabuğunun şekli Şekil 3.5 (b), (c) ve (d)'de verilmiştir.

(b) Tüm Ceviz (c) Konveks (dış bükey) (d) Konkav (iç bükey)

Şekil 3.5 (b), (c) ve (d) Tüm Ceviz, Konveks ve Konkav Ceviz Kabuğu

Kaynak: Anonymous.

Şekil 3.5 (b), (c) ve (d)'de tüm ceviz, konveks ve konkav ceviz kabuğu şekilleri, deney çalışmalarında konveks ve konkav şekillerde dizilim sağlanarak ses geçiş kaybı ölçümleri yapılmaya çalışılmıştır. Çalışmanın hedefi doğrultusunda, iş akış şeması Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. İş Akış Şeması

Şekil 3.6'da iş akışı sürecinde test edilen numunelerin tanımlanmasında, numaralandırma ve renk skalası tercih edilmiştir. Örneğin, piyasada kullanılan ürünlerde gri rengin farklı tonları, sentetik numunelerde mavi, kozalakların yoğun olduğu numunelerde bordo, ceviz kabuklarının yoğun olduğu numunelerde koyu yeşil gibi renkler tercih edilmiştir. 4.3. Deneysel Çalışmalar bölümünde bulunan Tablo 4.5.'de detaylı olarak anlamlandırılmıştır. Şekil 3.7'de bazı numuneler için renk skalası örneği verilmiştir.

Numune	**Renk**	**Numune**	**Renk**	**Numune**	**Renk**	**Numune**	**Renk**
Piyasada Kullanılan Ürünler		Sentetik Numuneler		Kozalak		Ceviz kabuğu	

Şekil 3.7. Numunelerin Tanımlanmasında Kullanılan Renk Skalası Örneği

BÖLÜM IV

MATERYAL ve METOT

4.1. Materyal

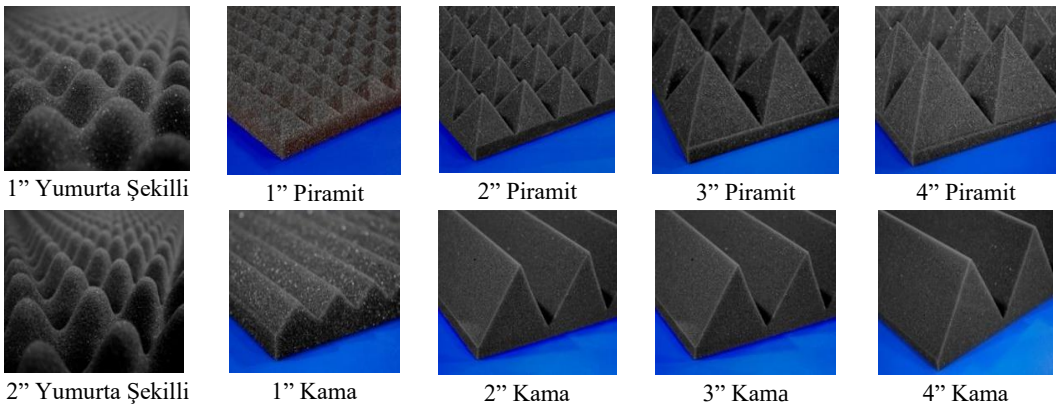
Çalışmada; doğal ve sentetik içerikli birçok malzeme temin edilerek numune olarak kullanılmıştır. Doğal malzemeler; fayans, 10 mm MDF, heraklit, %100 yün keçe, zeytin yaprağı, pestil, bal peteği şeklindeki balmumu, kömür, kabak lifi, Akdeniz Bölgesinde kızılçamın meyvesi olan kozalak ve geri dönüştürülebilir malzeme olarak ceviz kabukları tercih edilmiştir. Kozalaklar, karpelli (karpel; kozalağın yapısında bulunan her bir diş) ve lifli yapıya sahip olduğundan dolayı karpelli, bu karpellerin daha küçük parçalara ayrılmış vb. farklı şekilde kullanımlarından faydalanılmıştır. Sentetik malzemeler; akustik cephe paneli, alüminyum folyolu ve bir yüzü kendinden yapışkanlı elastomerik kauçuk köpük, ticari ismi ductliner olan cam yününden yapılmış sentetik izolasyon malzemesi, farklı kalınlıklarda akustik yumurta süngerler, 55 mm kalınlığında akustik düz sünger, strafor, geri dönüştürülmüş %100 geri dönüştürülmüş polyester keçe (ticari ismi İzobozz Keçe), 55 mm kalınlığında bir yüzeyi kumaş iç kısmı taş yünü olan akustik panel (ticari ismi canopy), 100 mm kalınlığında asimetrik yüzeyli akustik panel, 40 mm kalınlığında dış yüzeyi cam yünü, iç yüzeyi taş yünü dikdörtgen şeklindeki akustik panel vb. malzemeler kullanılmıştır. Daha sonraki aşamalarda, ses geçiş kaybı değerleri, 30 dB ve üzerinde olan kozalaklı ve ceviz kabuklu numunelerden kompozit yapılı numuneler hazırlanarak test edilmiştir. Kompozit yapılarda iki numune arasında %100 yün keçe ve heraklit gibi malzemeler de kullanılarak hazırlanan numuneler test edilip ses geçiş kaybı değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak, 500-8000 Hz. frekans aralıklarında, ses geçiş kaybı değerleri, 40 dB'in üzerinde olan numunelerin ANSYS programında analizi gerçekleştirilip deney kutusundaki ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Kompozit yapıda kullanılan heraklit ve %100 yün keçe Şekil 4.1'de verilmiştir.

Heraklit	%100 Yün keçe

Şekil 4.1. Heraklit ve %100 Yün keçe

4.1.1. Sentetik Malzemeler

Akustik özelliğe sahip sentetik birçok malzeme bulunmaktadır. Polyester, poliüretan vb. malzeme içeriklerine göre farklı özelliklere sahip olabilmektedir. Bu nedenle de literatüre ve piyasadaki değerlere göre ses iletim kaybı ve ses yutma katsayısı açısından değişken değerlere sahip oldukları görülmektedir. Poliüretandan üretilen yumurta ve piramit şekilli akustik yumurta sünger ile ilgili olarak veriler ve görseller temin edilmiştir. Farklı kalınlıklardaki akustik yumurta ve piramit süngerlerin görselleri Şekil 4.2'de verilmiştir.

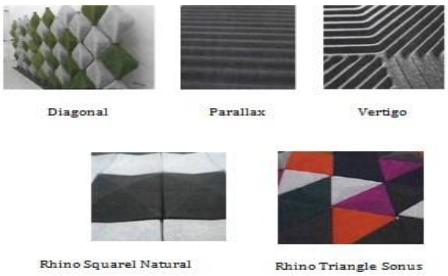


Şekil 4.2. Farklı Kalınlık ve Ebatlarına Göre Yutucu Süngerler Akustik Süngerler

Kaynak: The Foam Factory,2014,https://www.thefoamfactory.com

Şekil 4.2'de akustik süngerlerin farklı formlarda ve kalınlıklarda üretildiği görülmüştür.

Akustik süngerlerden hariç tekstil ürünlerinden bir olan dokusuz (nonwoven) yüzeyler şeklinde üretilebilen; cam yünü, taş yünü ve keçe, sesin yutulmasında diğer malzemelere göre daha fazla kullanılabilmektedir. İşletmelerin bazılarında keçe olarak isimlendirilen yüzeylerin farklı yapılarda (kalınlık, şekil vb.) üretilmesiyle ses yutma sağlanırken estetik özellik de kazandırılabilmektedir. Farklı yapıların özelliğine göre ses yutma katsayıları karşılaştırılıp bu konuda optimizasyon sağlanabilmesi için tasarımlar yapılabilmektedir. Bu çalışmada, farklı fiziksel özelliklere sahip modellerin ses yutma katsayıları karşılaştırılmıştır. Buna göre; özel bir firmadan Diagonal, Parallax, Vertigo, Rhino Squarel Natural ve Rhino Triangle Sonus modellerinin görseli Şekil 4.3'de verilmiştir (Feltouch,2019, www.feltouch.com).



Şekil 4.3. Diagonal, Parallax, Vertigo, Rhino Squarel Natural ve Rhino Triangle Sonus Modellerinin Görseli

Kaynak: Feltouch,2019, www.feltouch.com.

Şekil 4.3'de verilen keçe modelleri, farklı olarak tasarlanabilmektedir (Feltouch,2019, www.feltouch.com).

4.1.2. Doğal Malzemeler

Doğal malzemelerin alçıpan üzerine yerleştirilmesinde alçı, bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Alçı, kimyasal bileşimi CaSO4.2H2O olup alçıtaşının yaklaşık yarım molekül kristal suyu kalacak veya hiç kalmayacak şekilde ısıtılıp suyunun uçurularak öğütülmesi ile elde edilmektedir (Karaman,2019,76). Alçıtaşının görseli Şekil 4.4'de verilmiştir (Eti Sanat, Seramik Atölyesi Malzemeleri,2022,https://etisanat.com/mis-bal-alci).

Şekil 4.4. Alçıtaşı

Kaynak: Eti Sanat, Seramik Atölyesi Malzemeleri, 2022, https://etisanat.com/mis-bal-alci.

Çalışmada, alçıtaşından üretilen alçı, kozalak ve ceviz kabuğu malzemelerin alçıpanın üzerine yerleştirilmesinde kullanılmıştır.

Numunelerde kullanılan kozalağın, Dünyada bazı bölgelerde yetişen çam ağaçlarının meyvesi olduğu, bu ağaçların; Kızılçam, Karaçam, Sarıçam, Halep Çamı ve Fıstık Çamı olarak sınıflandırıldığı, Akdeniz Bölgesinde yoğun olarak görülen türlerinin, kızılçam (Pinus brutia) ve fıstık çamı (Pinus pinea) olduğu bilinmektedir (Can,2013,72). Çalışmada, ikinci seçilen malzeme ceviz kabuğudur. Ses geçiş kaybı ve ses yutma katsayısı gibi değerlerin hesaplanmasında, test sonuçlarının verimliliği açısından konveks ve konkav olarak iki farklı yapı kullanılmıştır. Soğuklama

gereksinimine bağlı olarak geniş çeşitliliğe (400–1800 saat) sahip olması nedeniyle farklı iklim koşullarına da uyum sağladığı bilinmektedir (Şen vd.,2018,31). Günümüzde zeytin ağaçlarının %98 gibi önemli bir bölümünün Akdeniz ülkelerinde olduğu bilinmektedir. Ege, Anadolu'nun Akdeniz kesimlerinde görülebilen bir ağaç türüdür (KUTO, www.kuto. org.tr/site/assets/files/1585/turkiyede_zeytin_ve_zeytin_yagi_bilgi _notu.pdf,2). Doğal materyal olduğu için çalışmada tercih edilmiştir. Bunların haricinde kauçuk yaprağı ve kozalak karpelleri ile numune hazırlanıp test edilmiştir. Kauçuk yaprağı, Moraceae (morase) familyasından olan tropik ve subtropik bölgelerde yaşayan bir bitki olup 500 civarında türü bulunduğu, yaprakları büyük, kalın, derimsi yapı ve parlak koyu yeşil renk olduğu bilinmektedir (megep,2016,6). Balmumu da kozalak karpeli ve küçük parçalara ayrılmış (öğütülmüş) kozalaktan numune hazırlanması aşamasında bağlayıcı materyal olarak tercih edilmiştir. Balmumunun yutucu özelliği bulunmakla birlikte gıda, tekstil, boya, kağıt sanayi ve sağlık gibi birçok sektörde kullanılmaktadır (Topal,2010,210). Yapısından dolayı pestilin, karbonhidrat, enerji, mineraller ve lif açısından zengin olan bir gıda maddesi olduğu bilinmektedir (Kara ve Küçüköner,2019,260). Lifli yapının ses geçiş kaybını olumlu etkileyebileceğinden dolayı çalışmada tercih edilmiştir. Kullanılan malzemelerden bir diğeri de odun kömürüdür. Odun kömürünün, odunsu artıkların havasız bir ortamda ısıl işlemle kömürleştirilmesi yöntemiyle üretilen de kompoze haldeki katı bölümü olup yarı yanmış ve kömürleşmiş şekilde olan organik materyal olduğu bilinmektedir. Kimya endüstrisinde, metalürjide, çimento endüstrisinde, gaz jeneratörlerinde ve birçok endüstri alanında kullanılmaktadır (Güvenli ve Daşdemir,2017,82).

Yukarıda bahsedilen doğal malzemeler çalışmada, ses geçiş kaybı değerlerini tespit etmeye yönelik numunelerin hazırlanmasında kullanılmıştır. Referans olarak karşılaştırmak amacıyla piyasadaki ürünlerin ses geçiş kaybı değerleri araştırılmış olup karşılaştırmalı olarak Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Piyasada Kullanılmakta Olan Ürünlerin Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	19 cm Bims Bloklu Duvar	20 cm Gaz Betonlu Duvar	Yatay Delikli 19 cm Sıvasız Tuğla Duvar	Düşey Delikli 19 cm Sıvasız Tuğla Duvar	10 cm Tuğla	20 cm Klinker Blok Boşluklu	3 mm Kontraplak	1,5 mm Papel Kaplama	4 mm MDF	4 mm Yonga Levha
500	11,2	31,6	38,9	37	37	33	21,92	20,82	22,33	22,87
1000	13,7	29,8	44,8	40,1	37	39	29,76	25,81	25,35	29,97
2000	24,7	35,9	46,3	41,9	37	45	39,48	32,21	28,83	35,85
4000	28,6	36,1	47,7	42	43	51	43,27	35,39	29,9	39,29
8000	Literatürde bu frekanslarda ölçüme ulaşılamamıştır.						48,15	31,12	30,89	41,59

Kaynak: Yılmaz Demirkale,2008:27, Yılmaz, 2019:56.

Tablo 4.1'deki değerlerde, 19 cm bims bloklu duvar, 20 cm gaz betonlu duvar, yatay delikli 19 cm sıvasız tuğla duvar, düşey delikli 19 cm sıvasız tuğla duvar, 10 cm tuğla, 20 cm klinker blok boşluklu ürünlerde 500-4000 Hz. frekans aralığında ölçüm yapıldığı ses geçiş kaybı değerlerinin 11,2-47,7 dB aralığında olduğu görülmüştür. 3 mm kontraplak, 1,5 mm papel kaplama, 4 mm MDF, 4 mm yonga levha ürünlerinde; 500-8000 Hz. frekans aralığında 20,82-48,15 dB aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Literatürdeki farklı bir çalışmada, alçıpan kullanılarak hazırlanan numunelerle ses geçiş kaybı değerlerini belirlenmeye çalışılmıştır. Deney çalışmaları sonucunda elde edilen ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Alçıpan Numunelerde Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekanslar (Hz)	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
P[75]GB[I]-00	38,25	44,38	39,85	46,13	21,39
P[75]GB[II]-00	41,56	45,76	47,16	44,25	26,71
P[75]GB[II]-37	44,74	50,15	36,45	41,48	22,68
P[75]GB[II]-75	44	51,86	49,35	36,59	28
P[100]GB[II]-00	48,78	47,3	54,75	50,32	22,52
P[100]GB[II]-100	52,84	47,19	50,17	36,93	27,86

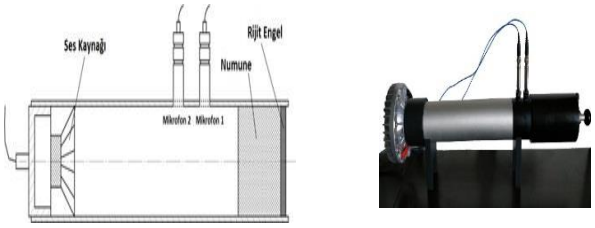
Kaynak: Zia,2014,54,57.

Tablo 4.2'de, ses geçiş kaybı değerlerinin 500-8000 Hz. frekanslarında 21,39-51,86 dB aralığında olduğu görülmüştür.

4.2. Metot

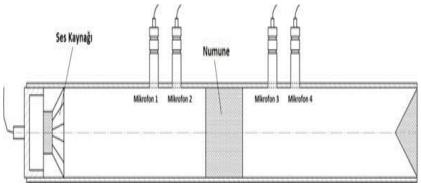
Akustik alanda önemli olan ses yutma katsayısı ve ses iletim kaybı gibi parametreler, akustik malzemelere uygulanan testlerle belirlenmektedir. Bu testlerden, çınlama odasında ses yutum katsayılarının ölçümünde, Amerika'da ASTM C423,

Avrupa'da ISO 354 ve Türkiye'de ISO 354 standartları, empedans tüpü ile ses yutma katsayısının ölçülmesinde ASTM E1050- ISO 10534-2 standartları, ses iletim kaybının ölçülmesinde ASTM E2611–09 standardı dikkate alınmaktadır. ISO 354 standardına göre, 10-12 m²'lik ebata sahip örnek ve omnidirectional mikrofonlar kullanılmaktadır. Empedans tüpü ile ölçüm metodunda numune tüpün içine yerleştirilmektedir. İki veya dört mikrofonlu olarak tasarlanabilmektedir. İki mikrofonlu empedans tüpü Şekil 4.5'de verilmiştir (DTA Mühendislik,2017, http://www.dta.com.tr/pdf/outgoing/company/ Proje_Hizmetleri_Brosur_2017.pdf).



Şekil 4.5. Empedans Tüpü
Kaynak: DTA Mühendislik,2017,http://www.dta.com.tr/pdf/outgoing/company/Proje_Hizmetleri_ Brosur_2017.pdf

Empedans tüpü dört mikrofonlu türü de bulunmaktadır. Dört mikrofonlu empedans tüpü Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Dört Mikrofonlu Empedans Tüpü
Kaynak: DTA Mühendislik,2017, http://www.dta.com.tr/pdf/outgoing/company/Proje_Hizmetleri_ Brosur_2017.pdf

Dört mikrofonlu empedans tüpü ile ölçüm yapmanın, iki mikrofonlu ölçüm yöntemine göre avantajlı olmasının nedeni, tek bir ölçümle bütün frekans aralığında cevap alınabilmektir ve numunenin her iki tarafında ses basıncı ölçülerek ses iletim kaybı ölçülmektedir. Empedans tüpünün haricinde çınlama kabini de ses yalıtım malzemelerinin akustik özelliğini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca çınlama zamanına bağlı olarak da ses yutma katsayıları tespit edilmektedir. Alfa Kabin, ISO354 standartlarına uygun olarak tasarlanan ve bir çınlama odasının 1/3 oranındaki boyutlarına sahip olduğu bir kabin olarak bilinmektedir. Çınlama odası kabini Şekil 4.7. (a), (b) ve (c)'de verilmiştir.

(a) (b) (c)

Şekil 4.7. (a),(b),(c). Çınlama Odası Kabini

Kaynak: DTA Mühendislik,2017, http://www.dta.com.tr/pdf/outgoing/company/Proje_Hizmetleri_Brosur_2017.pdf.

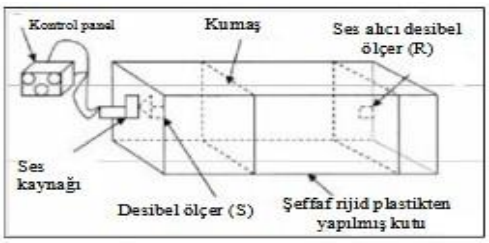
Bu çınlama odası kabininin, iki çınlama kabini olarak da tasarımı bulunmaktadır. Bu ölçme cihazında da ses yalıtım malzemelerinin akustik performansları değerlendirilebilmektedir. İki çınlama odası metodunda ISO 140-3/ASTM E-90 standardı (bu standart, daha çok otomotiv sektöründe önemli olan SAE J1400 standardını karşılamaktadır) kullanılmaktadır. Ses iletim kaybı ölçümlerinde ASTM E-413 standardına göre ses iletim sınıfı (STC, sound transmission class) hesaplanmaktadır ve bu standart ASTM E-90 standardını karşılamaktadır. Sound reduction index olarak bilinen SRI değeri, ISO 717 standardına göre hesaplanmaktadır. İki çınlama odası Şekil 4.8'de verilmiştir.

Şekil 4.8. İki Çınlama Odası

Kaynak: DTA Mühendislik,2017, http://www.dta.com.tr/pdf/outgoing/company/Proje_Hizmetleri_Brosur_2017.pdf.

Yapılan literatür araştırmalarında bazı ülkelerde ucuz alfa kabin üretimi için yapılan farklı tasarımlara örnekler bulunmaktadır.

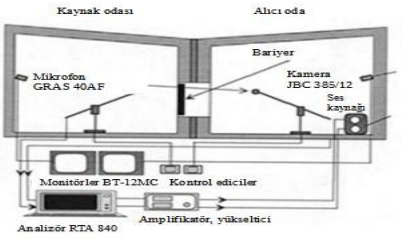
Bunlardan, (Kumar ve Kumar,2015:23), çalışmalarında, dokusuz yüzeyleri numune olarak kullandıkları çalışmalarında deney yaparken (50% Polypropylene, 20% Polyethylene Terephthalate (PET) ve 30% Hollow PET karışım oranına sahip geri dönüştürülmüş ham maddeler ile 250, 300 ve 400 iğne yoğunluğuna sahip numunelerle) Şekil 4.9'daki deney düzeneğini tasarlamışlardır.



Şekil 4.9. Ses İletim Kaybı için Deney Düzeneği

Kaynak: Kumar ve Kumar,2015:23.

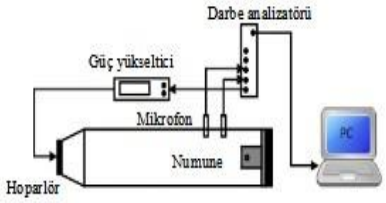
Bir diğer çalışmada, 5 kHz üzerindeki frekanslarda, bariyerlerin ses yutma katsayısını belirlemek amacıyla test odası tasarlanmıştır. Bu test düzeneğinde yatay olarak ve bitişik halde iki oda bulunmaktadır. Test elemanları ise bu iki oda arasındaki bölmeye yerleştirilmektedir. Tasarlanan bu düzenek Şekil 4.10'da verilmiştir (Dariusz ve Witold,2018:57).



Şekil 4.10. Ses Yalıtımının Ölçülmesinde Kullanılan Test Standı

Kaynak: Dariusz ve Witold,2018:57.

Bu alanda bir diğer tasarım örneği içeren çalışmayı (Fitriani vd.,2016:2) yapmıştır. 200-1600 Hz. frekans aralığında keçe, silikon uygulanmış keçe gibi malzemeler kullanarak gerçekleştirdikleri deneysel çalışmaları için tasarladıkları, ses yutma ölçümü için kurulum Şekil 4.11'de verilmiştir.

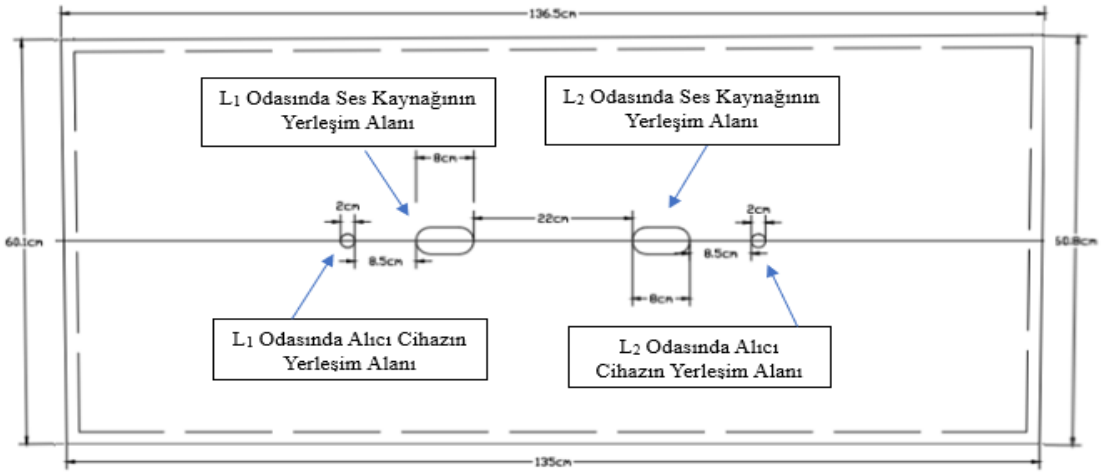


Şekil 4.11. Ses Yutma Ölçümü İçin Kurulum

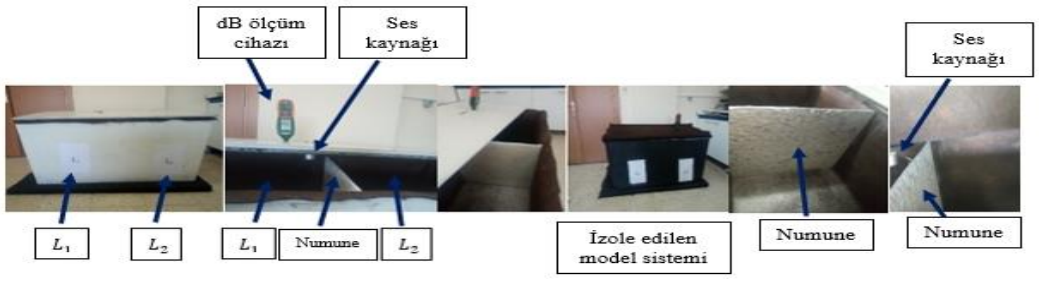
Kaynak: Fitriani vd.,2016:2.

Literatürdeki farklı tasarımlar incelendikten sonra çalışmada, akustikle ilgili olarak yapılan deneysel çalışmalarda, ön seçimler için tasarlanıp geliştirilen Alfa kabin model sistemi önerilmiştir (Buluklu,vd.,2022). Önerilen sistemin kullanılmasıyla, çok sayıda deneysel ölçüm, daha düşük maliyetlerle yapılması sağlanabilir. Bu nedenle de

bu çalışmada, yeni bir yaklaşım olarak, geliştirilen Alfa Kabin benzetimi model sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemin ölçekli çizimi Şekil 4.12.'de (cm birim sistemine göre çizilmiştir), L_1 ve L_2 odaları ve ölçüm cihazlarının yerleşimi Şekil 4.13'de verilmiştir. Bu model sisteminin; taban ölçüleri, 60*120*60 cm (en*boy*yükseklik), hacmi yaklaşık olarak 0,392 m^3'tür. Ölçüm sırasında ölçüm kutusu içinde node'lar (ses düğümleri) olmaması amacı ile tüm yüzeylerde paralellik olmaması öngörülmüştür. Ses izolasyonunu sağlamak amacıyla farklı malzemelerle (polar, halıflex ve strafor köpük gibi) deney kutusunun iç-dış yüzeyleri ve kapağı kaplanarak, kutunun içi ve dışı arasında ses basınç seviyesi, 500-8000 Hz. aralıklarında (mimari akustikte yoğunlukla kullanılan frekans aralığıdır) ölçülmeye çalışılmıştır. 32 dns yoğunluğunda ve 15 mm kalınlığında, cam yünü içerikli dokusuz yüzey (Ductliner) ile daha etkili bir izolasyon sağlanmıştır.



Şekil 4.12. Tasarlanan Alfa Kabin Model Siteminin Ölçekli Çizimi
Çizim, Mimar Salih Şahiner tarafından yapılmıştır.



Şekil 4.13. Tasarlanan Alfa Kabin Model Siteminde L_1 ve L_2 Odaları ve Ölçüm Cihazlarının Yerleşimi

Şekil 4.12 ve 4.13'de detayları verilmiş olan model sistemi, ses yalıtım malzemesi ile kaplanmıştır. 500-8000 Hz. aralıklarında (insan sesi orta frekans aralığında test edilmiştir) alınan beyaz gürültü ve pembe gürültü gibi sesler için "White

Noise Free" programı, ses basınç seviyelerinin ölçümü için "Ses ölçer- Desibel ve gürültü ölçer" programı, frekans ölçümü için "Frequency Generator (frekans jeneratörü)" programı kullanılarak test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Frekans jeneratörü programındaki frekanslar ses kaynağı aracılığıyla deney kutusuna iletilmiştir. Ses ölçer cihazı da alıcı olarak kullanılmıştır. Bu cihazlardan ses kaynağı, tasarlanan Alfa Kabin model sisteminin içinde alıcı ise bu model sisteminin üzerinde olacak şekilde yerleştirilmiştir. Titreşimleri engellemek amacıyla da ses kaynağı ve alıcıların altına, pamuk içerikli yalıtım malzemesi ve keçe yerleştirilmiştir. Daha sonra başka bir ses kaynağından beyaz gürültü verildiğinde, model sisteminin içinde ve üzerinde bulunan alıcıların ekranlarında görülen ses basınç seviyeleri kaydedilmiştir. Aynı işlem pembe gürültü için de tekrarlanmıştır. Buna göre, farklı tarihlerde, farklı izolasyon malzemeleri kullanılarak, Tasarlanan Alfa Kabin model sisteminde yapılan arka plan ses seviyelerinin karşılaştırılması Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Tasarlanan Alfa Kabin Model Sisteminde Yapılan Arka Plan Ses Seviyelerinin Karşılaştırılması

Tasarlanan Alfa Kabin Model Sisteminde Yapılan Arka Plan Ses Seviyelerinin Karşılaştırılması						
Tarih	**Değer**	**Beyaz Gürültü**		**Pembe Gürültü**		**Açıklama**
		Kutunun Dışı	**Kutunun İçi**	**Kutunun Dışı**	**Kutunun İçi**	-
28.01.2021	Minimum	41	30	45	42	Deney Kutusunun altına 1. yalıtım malzemesi olarak halı kullanılmıştır. Ölçüm yaparken titreşimi engellemek için cihazlarının altında dokulu yalıtıcı yüzey (pamuklu) bulunmaktadır.
	Ortalama	46	41	52	44	
	Maksimum	52	73	70	59	
29.01.2021	Minimum	47	29	30	29	Kutunun altında 1. yalıtım malzemesi olan halı ve 2. yalıtım malzemesi olarak çift katlı battaniye vardır. Ayrıca kutunun içine ve kapak bölümlerine 3. yalıtım malzemesi olarak yumuşak tuşeli dokuma ürün olarak polar, kutunun etrafı için de sert tuşeli bir kilim 4. yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Ölçüm yaparken titreşimi engellemek için cihazların altında dokulu yalıtıcı yüzey (pamuklu) bulunmaktadır.
	Ortalama	54	32	52	33	
	Maksimum	61	72	66	58	
31.01.2021	Minimum	32	30	30	28	Kutunun altında 1. ve 2. yalıtım malzemeleri vardır. Ayrıca kutunun içine yine 3. yalıtım malzemesi, kutunun arka ve kapağın üst tarafına 2. yalıtım malzemesi olan çift katlı battaniye kullanılmıştır. Ölçüm yaparken titreşimi engellemek için cihazlarınn altında dokulu yalıtıcı yüzey (pamuklu) bulunmaktadır.
	Ortalama	44	34	42	32	
	Maksimum	57	53	45	52	

6.02.2021	Minimum	33	30	33	29	Kutunun dış yüzeyin alt kenarlarına ve bağlantı yerlerine 5. yalıtım malzemesi olarak strafor yerleştirilmiştir. Kutunun içine, 6. yalıtım malzemesi olarak 0,5 mm kalınlığında keçe ve üzerine 3. yalıtım malzemesi olan polar yerleştirilip, kapak da bu polar ile sarılmıştır. Kapak kapatıldığında ses kaçışlarının olmaması için kutunun üst kenarların iç kısmına 10 mm kalınlığında keçe, 6. yalıtım malzemesi olarak yerleştirilmiştir.
	Ortalama	51	36	49	35	
	Maksimum	56	52	67	53	

Tablo 4.3’de görülen minimum, ortalama ve maksimum değerler, “dB ölçer” programının ekranında ölçüm anında okunan değerlerdir. Tablo 4.3’de bulunan izolasyon işlemlerinin ve birincil olarak kullanılan ses kaynağı ile yapılan ölçümlerin, ses düzeyi yönünden yeterli olmayabileceği düşünüldüğünden, başka bir ses kaynağı olarak hoparlör, alıcı olarak da ses basınç seviyesi ölçüm cihazı olan Extech HD600 cihazı kullanılmıştır. Tasarlanan Alfa Kabin model sisteminde yalıtım malzemesi olarak 32 dns yoğunluğunda ve 15 mm kalınlığında, cam yünü içerikli dokusuz yüzey ile (Ductliner) kutunun dış yüzeyi kaplanıp kapağın üst kısmı kapatılmıştır. Kapakta bulunan açıklıklardan, ses kaçışını engellemek için ses kaynağının kablosunun (hoparlörün kablosu) ve alıcının uç kısmının etrafı için cam yünü içerikli dokusuz yüzey ve keçe kullanılmıştır (Resilient materials). Öncelikle ses üretici kaynağın ses basınç seviyesi ölçülmüştür. Ayrıca kaynağın (ses üreticisinin) ve alıcının, tasarlanan Alfa Kabin model sisteminin içinde veya dışında olmasına göre beş adet test yapılıp ölçüm sonuçları Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Ses Kaynağının ve Alıcının, Tasarlanan Alfa Kabin Model Sisteminin İçinde veya Dışında Olmasına Göre Ölçüm Sonuçları

TASARLANAN ALFA KABİN MODEL SİSTEMİNDE YAPILAN ÖLÇÜMLER							
SIRA NO	**SES KAYNAĞI (HOPARLÖR)**	**dB ÖLÇÜM CİHAZI**	**BEYAZ GÜRÜLTÜ ORTALAMA (dB)**	**PEMBE GÜRÜLTÜ ORTALAMA (dB)**	**AÇIKLAMA**		
1	Düzenek içinde	Düzenek içinde	100	96	Ölçüm cihazının ucundaki sünger, ölçüm yerine sığmadığı için çıkarılarak ölçüm yapılmıştır.		
2	Düzenek içinde	Düzenek dışında	58,6-59,3	57,6-59,9	Ölçüm cihazının ucundaki sünger takılı değilken.	Sünger takılı değilken ve takılı iken aradaki fark.	
3	Düzenek içinde	Düzenek dışında	59,5-59,6	58,5-60,3	Ölçüm cihazının ucundaki sünger takılı halde.		
4	Düzenek dışında	Düzenek dışında	97,6-101,3	95,8-96,8	Ölçüm cihazının ucundaki sünger takılı değilken.	Sünger takılı değilken ve takılı iken aradaki fark.	
5	Düzenek dışında	Düzenek dışında	99,9-100,7	95,4-96	Ölçüm cihazının ucundaki sünger takılı halde.		

Tablo 4.2'deki verilere göre; ses kaynağı olarak belirlenen hoparlör yaklaşık olarak 100 dB'lik bir ses vermektedir. Daha sonra ortalama olarak 100 dB ses verebilen ses kaynağı (hoparlör) kullanılmıştır. Deney düzeneğinin içine farklı numuneler yerleştirilip ölçümler yapılacağı için kontrollü olarak (Transmission Loss/Ses Geçiş Kaybı) ölçümleri yapılabilmesi için L_1 ve L_2 odacığı olarak isimlendirilmiştir. Ölçümlerle ilgili olarak ISO 15186, ISO 140-3 ve ISO 140-5 standartlarında tanımlanan ölçüm sistemi dikkate alınmıştır. Bu ölçümlerle ilgili kaynak odası ve alıcı odanın görseli Şekil 4.14'de verilmiştir.

Şekil 4.14. Kaynak Odası ve Alıcı Odanın Görseli

Kaynak: Brüel& Kjaer,2021,6, https://ocw.upj.ac.id/ files/Textbook-ARS-405-TEXTBOOK -09-FISIKA-BANGUNAN.pdf

Çalışmada deneysel çalışmalar, Şekil 4.14'deki ölçüm prensibine göre gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde, ses kaynağı olan hoparlör ve alıcının (SPL ölçüm

cihazı), L_1 ve L_2 odacığına yerleşim durumlarına göre ayrı ayrı yapılıp kaydedilmiştir. Ses kaynağı, düzeneğin kapağının altına içten yerleştirilip kabloları, kapaktaki açıklıktan dışarıya çıkarılıp bilgisayara bağlantısı sağlanmıştır. Alıcı ise düzeneğin kapağında bulunan delikten odacıklara sarkacak şekildedir. Buna göre; sırasıyla, L_1 odacığına kaynak ve alıcı, L_1 odacığına kaynak ve L_2 odacığına alıcı, L_2 odacığına kaynak ve alıcı, L_2 odacığına kaynak ve L_1 odacığına alıcı yerleştirilmiştir. Bu işlemlerin her birinde, önce odadaki gürültü seviyesine ve SPL cihazı yardımıyla kutunun içindeki arka plan gürültüsüne bakılmıştır. Daha sonra kaynaktan, Beyaz Gürültü ve Pembe Gürültü verilerek, L_2 odacığının üzerine denk gelen açıklıktan sarkıtılan SPL ölçüm cihazının ekranında görülen değerler kaydedilmiştir. Daha sonra frekans jeneratörü programı açılıp sırasıyla, literatürde 125-16000 Hz. arası frekanslarda yer alan (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 ve 16000) 8 band ses içerisinde, 500,1000,2000,4000 ve 8000 Hz. frekanslarda (mimari alanda en çok kullanılan) ses gönderilmiştir (Koçyiğit,2020:5). SPL ölçüm cihazından alınan değerler kaydedilerek ses geçiş kaybı değerleri hesaplanmıştır. Bu işlem tamamlandıktan sonra ses kaynağı L_2 odacığına, SPL ölçüm cihazı L_1 odacığına yerleştirilerek aynı işlemler tekrarlanmıştır.

4.3. Deneysel Çalışmalar

Çalışmada, malzemelerin miktarı ve numunelerin yüzey yapıları ses geçiş kaybında etkili bir faktördür. Örneğin; alçıpan üzerine yaklaşık oranlara göre %32 alçı, %12 kozalak parçaları, %56 su kullanılmasıyla hazırlanan 1,5 cm kalınlığındaki numune ile alçıpan üzerine yaklaşık oranlara göre %39 alçı, %15 kozalak parçaları, %46 su kullanılmasıyla hazırlanan 2 cm kalınlığındaki numuneler test edilmiştir. Oranlar yakın olduğundan dolayı sonuçlar da yakın çıkmıştır. 2 cm kalınlığındaki numunede 8000 Hz. frekansında daha yüksek değer elde edilebilmiştir.

4.3.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Numuneler

Tasarlanan Alfa Kabin model sisteminde test edilen ve 4.1. Sentetik Numuneler ile 4.2. Doğal Numuneler başlıklı bölümlerde bahsedilen numuneler, Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Test Edilen Doğal ve Sentetik Numuneler

Numune No	**Numunelerin Tanımı**	**Grafik Renk Tanımı**
Numune 1	80 mm Akustik Cephe Paneli	
Numune 2	55 mm kalınlığında, 70 dansite (dns) yoğunluğunda düz akustik sünger	
Numune 3	15 mm, 1000 gr/m^2 yoğunluğunda olan polyester keçe	
Numune 4	10 mm, 1000 gr/m^2 yoğunluğunda olan polyester keçe	
Numune 5	20 mm, 1500 gr/m^2 yoğunluğunda olan polyester keçe	
Numune 6	7 mm, 700 gr/m^2 yoğunluğunda olan polyester keçe	
Numune 7a	40/20 mm kalınlığında, 70 dansite (dns) yoğunluğunda akustik yumurta sünger, L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 7b	40/20 mm kalınlığında, 70 dansite (dns) yoğunluğunda akustik yumurta sünger, L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 8a	30/10 mm kalınlığında, 70 dansite (dns) yoğunluğunda akustik yumurta sünger. L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 8b	30/10 mm kalınlığında, 70 dansite (dns) yoğunluğunda akustik yumurta sünger. L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 9	20 mm kalınlığında beyaz polyester keçe	
Numune 10a	20/10 mm kalınlığında, 70 dansite (dns) yoğunluğunda akustik yumurta sünger. L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 10b	20/10 mm kalınlığında, 70 dansite (dns) yoğunluğunda akustik yumurta sünger. L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 11a	40 mm kalınlığında olan akustik lacivert panel, ön yüzeyi lacivert dokuma kumaş, arka yüzeyi cam yününden dokusuz kumaş ve bu iki kumaş arası taş yünü. L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 11b	40 mm kalınlığında olan akustik lacivert panel, ön yüzeyi lacivert dokuma kumaş, arka yüzeyi cam yününden dokusuz kumaş ve bu iki kumaş arası taş yünü. L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 12a	40 mm kalınlığında dikdörtgen beyaz akustik panel. L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 12b	40 mm kalınlığında dikdörtgen beyaz akustik panel. L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 13a	100 mm kalınlığında asimetrik yeşil akustik panel. L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 13b	100 mm kalınlığında asimetrik yeşil akustik panel. L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 14a	1,5 cm kalınlığındaki alçıpan, alçı ve kozalak numunesi. L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 14b	1,5 cm kalınlığındaki alçıpan, alçı ve kozalak numunesi. L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 15a	2 cm kalınlığındaki alçıpan, alçı ve kozalak numunesi. L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 15b	2 cm kalınlığındaki alçıpan, alçı ve kozalak numunesi. L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 16a	4 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve yumurta şekilli alçı ve küçük parçalara ayrılmış kozalaklı	
Numune 16b	4 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve yumurta şekilli alçı ve küçük parçalara ayrılmış kozalaklı	
Numune 17a	Alçıpan, alçı ve konkav şekilde ceviz kabuğu numune: L_1 odasına göre	

	yerleşim.	
Numune 17b	Alçıpan, alçı ve konkav şekilde ceviz kabuğu numune: L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 18a	Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu numunesi: L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 18b	Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu numunesi: L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 19a	Balmumu ve Küçük Parçalara Ayrılmış Kozalak Karpeli ile Hazırlanan Numune: L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 19b	Balmumu ve Küçük Parçalara Ayrılmış Kozalak Karpeli ile Hazırlanan Numune: L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 20a	Balmumu, Çamsakızı, Küçük Parçalara Ayrılmış Kozalak ile Hazırlanan Numune: L_1 odasına göre yerleşim.	
Numune 20b	Balmumu, Çamsakızı, Küçük Parçalara Ayrılmış Kozalak ile Hazırlanan Numune: L_2 odasına göre yerleşim.	
Numune 21	25 mm Kalınlığında heraklit	
Numune 22	10 mm Kalınlığında MDF	
Numune 23	20 mm kalınlığında alçıpan, alçı ve kömür karışımıyla hazırlanan numune	
Numune 24a	Alçıpan, Alçı ve Konveks Şekilde Ceviz Kabuğu Hareketli Yüzey L_1'de (solda), 2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak Hareketli Yüzey L_2'de (sağda). İki numune arası mesafe 5 cm.	
Numune 24b	Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu hareketli yüzey L_2'de (sağda), 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak hareketli yüzey L_1'de olması (solda). İki numune arası mesafe 5 cm.	
Numune 25a	Alçıpan, Alçı ve Konveks Şekilde Ceviz Kabuğu Hareketli Yüzey L_1'de (solda), 2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak Hareketli Yüzey L_2'de (sağda) ve İki Numune Arasına Pamuk Yerleştirilerek Hazırlanan Numune. İki numune arası mesafe 5 cm.	
Numune 25b	Alçıpan, Alçı ve Konveks Şekilde Ceviz Kabuğu Hareketli Yüzey L_2'de (sağda), 2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak Hareketli Yüzey L_1'de (solda) ve İki Numune Arasına Pamuk Yerleştirilerek Hazırlanan Numune. İki numune arası mesafe 5 cm.	
Numune 26a	Alçıpan, Alçı ve Konkav Şekilde Ceviz Kabuğu Hareketli Yüzey L_1'de (solda), Alçıpan, Alçı ve Kozalak Yumurta Şekilli Hareketli Yüzey L_2'de (sağda). İki numune arası mesafe 5 cm.	
Numune 26b	Alçıpan, Alçı ve Konkav Şekilde Ceviz Kabuğu Hareketli Yüzey L_2'de (sağda), Alçıpan, Alçı ve Kozalak Yumurta Şekilli Hareketli Yüzey L_1'de (solda). İki numune arası mesafe 5 cm.	
Numune 27a	Alçıpan, Alçı ve Konveks Şekilde Ceviz Kabuğu Hareketli Yüzey L_1'de (solda), Alçıpan, Alçı, Kozalak Yumurta Şekilli Hareketli Yüzey L_1'de (sağda). İki numune arası mesafe 5 cm.	
Numune 27b	Alçıpan, Alçı ve Konveks Şekilde Ceviz Kabuğu Hareketli Yüzey L_2'de (sağda), Alçıpan, Alçı, Kozalak Yumurta Şekilli Hareketli Yüzey L_2'de (solda). İki numune arası mesafe 5 cm.	
Numune 28a	Alçıpan, Alçı ve Kozalak Hareketli Yüzey L_1'de (solda), Alçıpan, Alçı, Kozalak Yumurta Şekilli Hareketli Yüzey L_1'de (sağda). İki numune arası mesafe 5 cm.	
Numune 28b	Alçıpan, Alçı ve Kozalak Hareketli Yüzey L_2'de (sağda), Alçıpan, Alçı, Kozalak Yumurta Şekilli Hareketli Yüzey L_2'de (solda). İki numune arası mesafe 5 cm.	

Numune 29a	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli, (Hareketli Yüzey L_1'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm.	
Numune 29b	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli, (Hareketli Yüzey L_2'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm.	
Numune 30a	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli, (Hareketli Yüzey L_1'de, sağda). İki numune arası mesafe 7,5 cm. Araya 2 adet keçe yerleştirildi.	
Numune 30b	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli, (Hareketli Yüzey L_2'de, solda). İki numune arası mesafe 7,5 cm. Araya 2 adet keçe yerleştirildi.	
Numune 31a	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli, (Hareketli Yüzey L_1'de, sağda), İki numune arası mesafe 7,5 cm. Her İki Numune Arasına Heraklit	
Numune 31b	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli, (Hareketli Yüzey L_2'de, solda), İki numune arası mesafe 7,5 cm. Her İki Numune Arasına Heraklit	
Numune 32a	1,5 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Konveks Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm	
Numune 32b	1,5 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Konveks Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm	
Numune 33a	1,5 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Konveks Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm lik keçe yerleştirilmiştir.	
Numune 33b	1,5 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Konveks Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm lik keçe yerleştirilmiştir.	
Numune 34a	1,5 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Konveks Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2,5 cm kalınlığında heraklit yerleştirilmiştir.	
Numune 34b	1,5 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Konveks Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2,5 cm kalınlığında heraklit yerleştirilmiştir.	
Numune 35a	1,5 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Konveks Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya ceviz kabuklunun arkasına 2 adet 1'er cm keçe, arkasına 2,5 cm kalınlığında heraklit yerleştirilmiştir.	
Numune 35b	1,5 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Konveks Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya ceviz kabuklunun arkasına 2 adet 1'er cm keçe, ardından 2,5 cm kalınlığında heraklit yerleştirilmiştir.	
Numune 36a	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm	
Numune 36b	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, solda). İki numune	

	arası mesafe 75 mm	
Numune 37a	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe	
Numune 37b	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe	
Numune 38a	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe, 2,5 cm kalınlığında heraklit	
Numune 38b	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe, 2,5 cm kalınlığında heraklit	
Numune 39a	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2,5 cm kalınlığında heraklit	
Numune 39b	2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı ve Kozalak, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2,5 cm kalınlığında heraklit	
Numune 40a	Alçıpan, Alçı ve Konkav Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm	
Numune 40b	Alçıpan, Alçı ve Konkav ceviz kabuğu, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm	
Numune 41a	Alçıpan, Alçı ve Konkav Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe	
Numune 41b	Alçıpan, Alçı ve Konkav Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe	
Numune 42a	Alçıpan, Alçı ve Konkav Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve heraklit	
Numune 42b	Alçıpan, Alçı ve Konkav Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve heraklit	
Numune 43a	Alçıpan, Alçı ve Konkav Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_1'de, solda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2,5 cm kalınlığında heraklit	
Numune 43b	Alçıpan, Alçı ve Konkav Ceviz Kabuğu, (Hareketli Yüzey L_2'de, sağda), 4 cm Kalınlığında Yumurta Şekilli (Hareketli Yüzey L_1'de, solda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2,5 cm kalınlığında heraklit	
Numune 44	1,5 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak karpelli	
Numune 45	2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak karpelli	
Numune 46	1 cm kalınlığında balmumu ve kozalak karpelli	
Numune 47	Yaklaşık 1 cm kalınlığında %100 yün keçe ve kozalak karpelli	
Numune 48	Yaklaşık olarak 1 cm kalınlığında %100 yün keçe	-

Numune 49	Kozalak (Helezonik yapı dışarı doğru ve uçları dışarı doğru)	-
Numune 50	Fayans	-
Numune 51	1 cm kalınlığında alçıpan (Bordex)	-
Numune 52	Strafor	-
Numune 53	Alüminyum folyolu ve bir yüzü kendinden yapışkanlı elastomerik kauçuk köpük	-
Numune 54	Bal peteği şeklindeki balmumu	-
Numune 55	Kabak lifi (açılmış olarak)	-
Numune 56	Pestil	-
Numune 57	Kauçuk yaprağı ve kozalaklı	-
Numune 58	Zeytin yaprağı	-
Numune 59	Ductliner	-

Tablo 4.5.'de Numune 1, Numune 2 ve devamı şeklinde numaralandırılarak tanımlamaları yapılmış olup tablolarda ve grafiklerdeki karşılaştırmalar açısından da numune çeşidine göre renk kodları verilmiştir. Numune 48-Numune 59 aralığındaki numunelerin grafiklerinin çizilmesine gerek duyulmadığı için renk tanımı yapılmamıştır. Tasarlanıp geliştirilen model sisteminde, yapılan deneysel çalışmalarda, ses kaynağı, hoparlör olup alıcı, ses basınç ölçüm cihazıdır. Bu sistemin performansını ölçebilmek için ilk temin edilen; Numune 1: Akustik Cephe Paneli, Numune 2: 55 mm kalınlığında düz akustik sünger ve Numune 3: 15 mm kalınlığında %100 geri dönüştürülmüş polyester keçe (ticari adı, İzobozz Keçe) gibi malzemelerle ölçümler yapılmıştır. Akustik Cephe Paneli ve 15 mm kalınlığındaki polyester keçenin, firmadan ses iletim kaybı ve ses yutma katsayıları değerleri temin edilebilmiştir. Numunelerin tasarlanan Alfa Kabin model sisteminin iç orta bölümüne panel oluşturacak şekilde yerleştirilmesi ile ilgili resimleri Şekil 4.15'de verilmiştir.

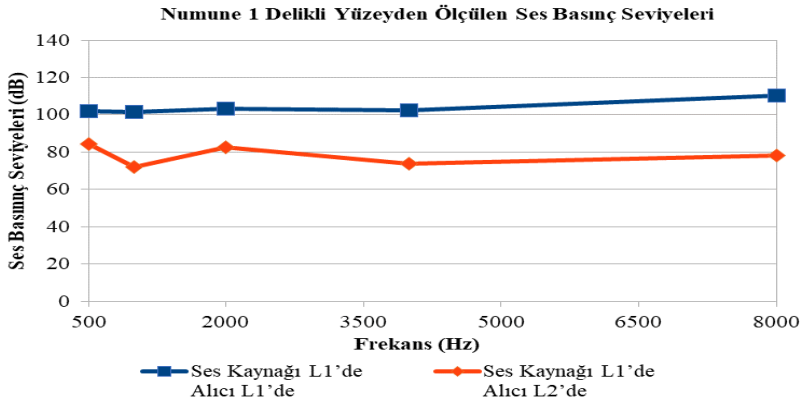
Şekil 4.15. Numunelerin Resimleri ve Tasarlanan Alfa Kabin Model Sistemine Yerleşimi

Şekil 4.15’de Numune 1, Numune 2 ve Numune 3’e Ait Ölçüm Sonuçları Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6. Numune 1, Numune 2 ve Numune 3’e Ait Ölçüm Sonuçları

	Numune 1: 80 mm Kalınlığında Akustik Cephe Paneline Ait Ölçümler								**Numune 2: 55 mm Kalınlığında Akustik Süngere Ait Ölçümler**								**Numune 3: 15 mm Kalınlığında Polyester Keçeye Ait Ölçümler**							
	Delikli yüzeyden yapılan ölçüm				**Düz yüzeyden yapılan ölçüm**																			
Ses Kaynağı ve Alıcının Konumu	**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_1’de**		**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_1’de**		**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_1’de**		**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_1’de**		**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_1’de**		**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_1’de**	
Kutuda Arka Plan Gürültüsü	46		52,3		49,3		39,6		46		52,3		49,3		39,6		46		52,3		49,3		39,6	
Odada Arka Plan Gürültüsü	39,6		39,7		39,9		39,8		39,6		39,7		39,9		39,8		39,6		39,7		39,9		39,8	
Minimum (Min.) ve Maksimum (Max.)	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**
Beyaz Gürültü	97,2	98,8	81,6	82,4	107	107,7	81,6	82,3	97,2	98,8	81,6	82,4	107	107,7	81,6	82,3	97,2	98,8	81,6	82,4	107	107,7	81,6	82,3
Pembe Gürültü	94,8	95,6	81,1	84,7	104,8	105,2	82	83,1	94,8	95,6	81,1	84,7	104,8	105,2	82	83,1	94,8	95,6	81,1	84,7	104,8	105,2	82	83,1
	SPL DEĞERLERİ (dB)																							
Frekans (Hz)	**Ses Kaynağı L_1’de, Alıcı L_1’de**		**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_1’de**		**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_1’de**		**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_1’de**		**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_1’de**		**Ses Kaynağı L_1’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_2’de**		**Ses Kaynağı L_2’de Alıcı L_1’de**	
	İç	**Dış**	**İç**	**Dış**	**İç**	**Dış**	**İç**	**Dış**	**İç**	**Dış**	**İç**	**Dış**	**İç**	**Dış**	**İç**	**Dış**	**İç**	**Dış**	**İç**	**Dış**	**İç**	**Dış**	**İç**	**Dış**
500	101,9	58	84,3	58	108,90	71,00	81,90	75	101,9	58	84,3	58	108,90	71,00	81,90	75	100,7	69	107,2	75	102,90	71,00	104,30	69
1000	101,5	53	72,1	71	110,9	75	88,2	77	101,5	53	72,1	71	110,9	75	88,2	77	110,1	66	106,8	66	99,2	63	108,5	65
2000	103,1	44	82,7	62	115,2	69	79,8	72	103,1	44	82,7	62	115,2	69	79,8	72	112	69	107,3	67	105,4	57	104,2	64
4000	102,3	36	73,6	50	109,9	62	67	74	102,3	36	73,6	50	109,9	62	67	74	99,6	61	98,9	56	106,2	49	92,5	54
8000	110,5	35	78,4	43	119,9	27	84,3	41	110,5	35	78,4	43	119,9	27	84,3	41	110,5	38	102,6	41	99,9	38	106	41

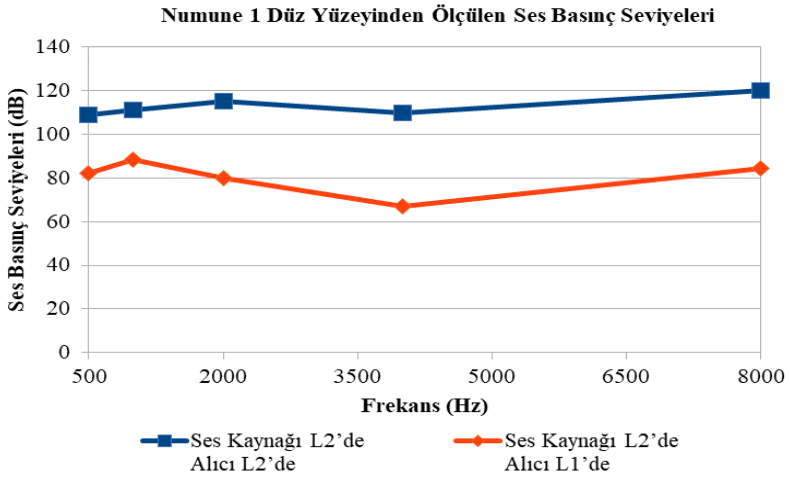
Tablo 4.6'da görülen numunelerden Numune 1'in delikli yüzeyinden yapılan birinci ölçüm sonuçlarına göre grafik Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Numune 1'in Delikli Yüzeyinin L_1 Odasına Göre Yerleştirilmesi Durumunda Ölçüm Sonucu

Şekil 4.16'da ölçümü yapılan numune 1'in delikli yüzeyi L_1, düz yüzeyi L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Ses kaynağı ve alıcı cihaz L_1 odasındayken ölçüm alındıktan sonra ses kaynağı L_1'de, alıcı cihaz L_2 odasında bulunacak şekilde ölçüm yapılmıştır.

Numune 1'in düz yüzeyinden yapılan ölçüm sonucu Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Numune 1'in Düz Yüzeyinin L_2 Odasına Göre Yerleştirilmesi Durumunda Ölçüm Sonucu

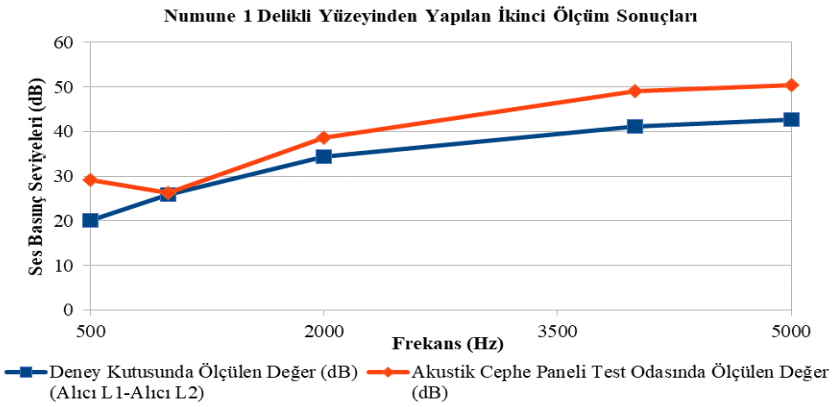
Tablo 4.6'da ve buna bağlı olarak oluşturulan Şekil 4.16'da ve Şekil 4.17'de görülen veriler, literatürde yer alan 8 band frekansında bulunan 500-8000 Hz. aralığında

elde edilen değerlerdir. Değerlere göre yapılan analizler sonucunda, tasarlanan Alfa Kabin model sisteminde, hem maliyeti düşürmeye yönelik olarak tek bir malzeme kullanılması ve model sisteminin dışının, ses yalıtımında etkili olabileceği düşünülen cam yünü içerikli dokusuz yüzeyi (ticari adı ductliner) ile kaplanması uygun görüldüğünden dolayı iç kenarlardaki keçe çıkarılarak yerine cam yünü izolasyon malzemesi ile kaplama işlemleri gerçekleştirilerek çalışmaya devam edilmiştir. Buna göre, Numune 1'in delikli yüzeyinin L_1 odasına göre yerleştirilmesi durumunda 2. ölçüm değerleri Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Numune 1'in Delikli Yüzeyinin L_1 Odasına Göre Yerleştirilmesi Durumunda 2. Ölçüm Sonucu

Numune 1'in Delikli Yüzeyinden Yapılan Ölçümler				
Ses kaynağı ve Alıcının Konumu	**Ses Kaynağı L_1'de, Alıcı L_1'de**		**Ses Kaynağı L_1'de, Alıcı L_2'de**	
Kutuda Arka Plan Gürültüsü	38,8		38,4	
Odada Arka Plan Gürültüsü	39		39	
Minimum ve Maksimum	**Minimum**	**Maksimum**	**Minimum**	**Maksimum**
Beyaz Gürültü	101,5	102,3	76,3	77,1
Pembe Gürültü	98,2	99,1	77,1	78
	SPL Değerleri (dB)			
Frekans (Hz)	**Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_1'de**	**Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_2'de**	**Tasarlanan Alfa Kabin Sisteminde Elde Ettiğimiz Değer (Alıcı L_1-Alıcı L_2) *(dB)***	**Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen Değer *(dB)***
500	98	78	20	29,1
1000	94,7	68,9	25,8	26,3
2000	107,2	72,8	34,4	38,6
4000	100,5	59,3	41,2	49
5000	110,5	67,9	42,6	50,5

Tablo 4.7'deki Numune 1'in delikli yüzeyinin L_1 odasına göre yerleştirilerek yapılan 2.ölçüm sonuçlarına göre grafiksel görünüm Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18. Numune 1'in Delikli Yüzeyinin L_1 Odasına Göre Yerleştirilmesi Durumunda 2.Ölçüm Sonucu

Şekil 4.18'de elde edilen veriler analiz edildiğinde, tasarlanan Alfa Kabin model sisteminin ebatlarına göre iç mekân akustiği için kullanıma daha uygun olduğu görülmüştür.

Tablo 4.7'deki deney sonuçlarına göre Numune 1 için 500 ve 2000 Hz. frekansları için ses iletim kaybı değerinin teorik olarak hesaplanabilmesi için kullanılan formüller sırasıyla Eşitlik 4.1 ve Eşitlik 4.2'de verilmiştir (Bal Koçyiğit,2020:6).

$$RT = 0{,}161\frac{V}{\Sigma S.A} \tag{4.1}$$

$$R = L_1 - L_2 + 10.\log\left({}^{S}/_{A}\right) \tag{4.2}$$

RT: Çınlama süresi
R: Ses iletim kaybı
L_1: Kaynak odasındaki ortalama ses basınç düzeyi (dB)
L_2: Alıcı odasındaki ortalama ses basınç düzeyi (dB)
S : Test malzemesinin yüzey alanı (m^2)
A: Alıcı odasındaki eşdeğer yutum alanı (m^2)

Ses geçiş kaybı hesaplamaları için Tablo 4.7'den alınan veriler özet olarak Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Ses Geçiş Kaybının Hesaplanmasında ve Karşılaştırmada Kullanılan Veriler

Frekans (Hz)	**Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_1'de**	**Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_2'de**	**Deney Kutusunda Ölçülen Değer (dB) (Alıcı L_1-Alıcı L_2)**	**Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen Değer (dB)**
500	98	78	20	29,1
2000	107,2	72,8	34,4	38,6
4000	100,5	59,3	41,2	49

Akustik Cephe Paneli test odasında ölçülen değerlerde 8000 Hz. frekansında ölçüm değerleri görülmediği için karşılaştırma değeri olarak alınamamıştır.

Ölçülen ve aşağıdaki hesaplamalardaki çınlama süreleri, 500, 2000 ve 4000 Hz frekansları için Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9. 500, 2000 ve 4000 Hz. Frekanslarında Ölçülen Çınlama Süreleri (sn)

Ses Kaynağı L_1'de, Ölçülen Çınlama Süreleri (sn)				
Frekans (Hz.)	**1. Ölçüm**	**2. Ölçüm**	**3. Ölçüm**	**4. Ölçüm**
500	0,28	0,30	0,27	0,30
1k	0,15	0,13	0,13	0,14
2k	0,10	0,10	0,1	0,1
4k	0,05	0,04	0,05	0,09
Ortalama	0,21	0,2	0,2	0,21

Tablo 4.9'daki verilere göre, 500 Hz. için yaklaşık olarak 0,3 sn, 2000 Hz için 0,1 sn ve 4000 Hz için 0,06 sn (ortalama) olarak alınmıştır. Numunenin alanı yaklaşık olarak 0,3105 m^2'dir. Bu değerlere göre hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

$0{,}30 = 0{,}161\frac{0{,}192}{\sum SA}$ eşitliğinden $\sum SA = 0{,}10$ olarak bulunur.

Tablo 4.8'deki değerlere göre,

500 Hz. için;

$R = 98 - 78 + 10.\log(0{,}3105/0{,}10)$

$R = 24{,}9$ dB' dir.

2000 Hz. için;

$0{,}1 = 0{,}161\frac{0{,}192}{\sum SA}$ eşitliğinden yaklaşık olarak $\sum SA = 0{,}31$ olarak bulunur.

$R = 107{,}2 - 72{,}8 + 10.\log(0{,}3105/0{,}31)$

$R = 34{,}4$ dB'dir.

4000 Hz. için;

$0{,}06 = 0{,}161\frac{0{,}192}{\sum SA}$ eşitliğinden yaklaşık olarak $\sum SA = 0{,}51$ olarak bulunur.

$R = 100{,}5 - 59{,}3 + 10.\log(0{,}3105/0{,}51)$

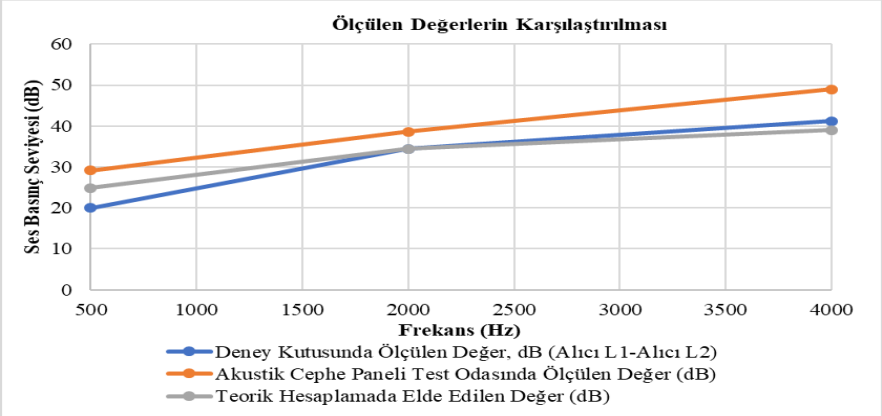
$R = 39$ dB' dir.

Deney kutusunda, akustik cephe paneli test odasında ölçülen ve teorik hesaplamada elde edilen değerleri ile ilgili karşılaştırma Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Deney Kutusunda, Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen Değerlerin ve Teorik Hesaplamada Elde Edilen Değerlerin Karşılaştırılması

Frekans (Hz.)	Ses Kaynağı L_1'de, Alıcı L_1'de	Ses Kaynağı L_1'de, Alıcı L_2'de	Deney Kutusunda Ölçülen Değer, dB (Alıcı L_1-Alıcı L_2)	Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen Değer (dB)	Teorik Hesaplamada Elde Edilen Değer (dB)
500	98	78	20	29,1	24,9
2000	107,2	72,8	34,4	38,6	34,4
4000	100,5	59,3	41,2	49	39

Tablo 4.10'a göre; tasarlanan Alfa Kabin model sisteminde ölçülen değerlerin, 500 Hz. için 20 dB, 2000 Hz. için 34,4 ve 4000 Hz. için 41,2 dB, Akustik Cephe Paneli Test Odasında ölçülen değerlerin, 500 Hz. için 29,1 dB, 2000 Hz. için 38,6 dB ve 4000 Hz. için 49 dB olduğu görülmektedir. Bu değerlerin, teorik hesaplamada 500 Hz. için 24,9 dB, 2000 Hz. için 34,4 ve 4000 Hz. için 39 dB olarak elde edilen değerlerle örtüştüğü görülmektedir. Tasarlanan Alfa Kabin model sisteminde, Akustik Cephe Paneli Test Odasında ve Teorik hesaplamada elde ettiğimiz değerler ile ilgili karşılaştırma grafiği Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19. Deney Kutusunda, Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen ve Teorik Hesaplamada Elde Edilen Değerlerin Karşılaştırılması

Şekil 4.19'a göre, karşılaştırılan değerlerin yaklaşık olarak paralelliğin olduğu görülmektedir.

Çalışmada, deney kutusunda, 10 mm kalınlığında 1000 gr/m^2 yoğunluğunda, 20 mm kalınlığında ve 1500 gr/m^2 yoğunluğunda, 7 mm kalınlığında 700 gr/m^2 yoğunluğunda, 70 dansite (dns) yoğunluğundaki 40/20 mm kalınlığında ve 30/10 mm

kalınlığındaki akustik yumurta sünger ve 20 mm kalınlığında polyester keçe numuneleri de test edilmiştir. Hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Numune 7a, Numune 8a, Numune 3 için Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Sıra No	Frekans (Hz.)	40/20 mm Kalınlığında Akustik Yumurta Sünger			30/10 mm Kalınlığında Akustik Yumurta Sünger			55 mm Akustik Düz Sünger		
		Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_1'de (dB)	Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_2'de (dB)	L_1-L_2 (dB)	Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_1'de (dB)	Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_2'de (dB)	L_1-L_2 (dB)	Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_1'de (dB)	Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_2'de (dB)	L_1- L_2 (dB)
1	**500**	103,4	102,1	1,3	102,9	101,3	1,6	102,8	102,3	0,5
2	**1000**	106,2	96,7	9,5	106,6	96,8	9,8	107,7	93,4	14,3
3	**2000**	105,6	105,2	0,4	106	105,6	0,4	107,9	105,6	2,3
4	**4000**	107	106,8	0,2	102,8	99,8	3	105	91,9	13,1
5	**8000**	99,9	99,7	0,2	102,8	99,8	3	102,5	95	7,5

Tablo 4.11'de ses geçiş kaybı değerleri karşılaştırıldığında; Numune 7a, Numune 8a' da 1000 Hz. frekansında yaklaşık olarak 10 dB, Numune 3'de 1000 Hz.'de 14,3 ve 4000 Hz. de 13,1 olup diğer numunelerden daha yüksek değerlerin elde edilebildiği görülmüştür. Numune 4: 10 mm kalınlığında 1000 gr/m^2 yoğunluğunda, Numune 5: 20 mm kalınlığında ve 1500 gr/m^2 yoğunluğunda ve Numune 6:7 mm kalınlığında 700 gr/m^2 yoğunluğundaki numunelerin değerleri Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Numune 4, Numune 5 ve Numune 6 Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Sıra No	Frekans (Hz.)	10 mm Polyester Keçe			20 mm Kalınlığında Polyester Keçe			7 mm Kalınlığında Polyester Keçe		
		Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_1'de (dB)	Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_2'de (dB)	L_1-L_2 (dB)	Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_1'de (dB)	Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_2'de (dB)	L_1-L_2 (dB)	Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_1'de (dB)	Ses Kaynağı L_1'de Alıcı L_2'de (dB)	L_1-L_2 (dB)
1	**500**	106,9	105	1,9	101,5	101,1	0,4	101,3	100,6	0,7
2	**1000**	107,9	105,3	2,6	106,8	96,6	10,2	107,3	102,5	4,8
3	**2000**	104	102	2	107,7	101,9	5,8	103,8	101,9	1,9
4	**4000**	109,1	106,8	2,3	110,8	105,8	5	111,8	110,6	1,2
5	**8000**	111,6	99,9	11,7	100,7	99,5	1,2	105,6	102,4	3,2

Tablo 4.12'de verilen değerlere göre Numune 5'de 1000 Hz. 10,2 dB olup Numune 4'de 8000 Hz. de 11,7 olarak yüksek değerlerin elde edilebildiği görülmüştür.

Yukarıda bahsedilen numunelerle ilk aşamada deney kutusunun performansı ölçüldükten sonra 2.aşamada genellikle doğal malzemelerle testler yapılmıştır. Doğal içerikli malzemelerle numunelerin hazırlanmasında, alçıpan tercih edilmiştir. Alçıpanın her iki yüzeyi karton kaplı olup doğal ürünlerin uygulanabilmesi amacıyla alçı da kullanılmıştır. Alçıpanın kartonlu ve kartonsuz yüzeyleri Şekil 4.20'de verilmiştir.

Kartonlu yüzey 1

Kartonlu yüzey 2

Karton çıkarılmış yüzey 1

Karton çıkarılmış yüzey 2

Şekil 4.20. Alçıpanın Kartonlu ve Kartonsuz Yüzeyleri

Testler edilen numuneler, Şekil 4.20'de görülen ve 1 cm kalınlığındaki alçıpan (Bordex) üzerine alçı ile farklı doğal materyaller yerleştirilerek numuneler hazırlanmıştır. Bunlar; 0.5 cm saten alçı ve kozalak karpelleri yerleştirilerek elde edilen 1.5 cm, alçıpan (Bordex), 1 cm alçı ve kozalak karpelleri yerleştirilerek elde edilen yaklaşık 2 cm numune, balmumu ve kozalak karpelleri karışımından 1 cm numune, %100 yün keçe ve %100 yün keçenin üzerine kozalak karpelleri yerleştirilerek hazırlanan numunelerdir. Ayrıca alçıpanın üzerine alçı ile yerleştirilen küçük parçalara ayrılmış kozalak (1,5 cm ve 2 cm kalınlıklarında), ceviz kabuğunun konveks ve konkav şekilde yerleştirilmesiyle elde edilen (1,5 cm ve 2 cm kalınlıklarında), küçük parçalara ayrılmış odun kömürü ile 2 cm ve yumurta kalıbında alçı ve küçük parçalara ayrılmış kozalaktan elde edilen 4 cm kalınlığındaki numunelerdir. Bunların haricinde bal peteği şeklindeki balmumu, kabak lifi, pestil, kauçuk yaprağı ve kozalak karpellerinden hazırlanan yaklaşık 5 cm kalınlığında, zeytin yaprağı, yüzeyi lacivert renkli dokuma kumaş, içi taş yünü olan akustik panel ve 55 mm kalınlığında düz akustik sünger, 20, 30, 40 mm kalınlıklarında akustik yumurta sünger numuneleri de test edilmiştir. Testler, mimari akustik kapsamında 500-8000 Hz. frekans aralıkları en yoğun kullanım alanı (Bal Koçyiğit,2020) olduğundan dolayı deneyler bu aralıkta ve tasarlayıp geliştirdiğimiz Alfa Kabin model sisteminde gerçekleştirilmiştir. Model sisteminde numunenin yerleşimi Şekil 4.21'de verilmiştir.

Şekil 4.21. Deney Kutusunda L_1, L_2 Odaları ve Numunenin Yerleşim Alanı

Deneyler, Şekil 4.21'de görülen deney kutusunda gerçekleştirilmiştir.

Alçıpanın her iki yüzeyindeki kartonlar çıkarılarak üzerine kozalak, ceviz kabuğu, kömür vb. malzemeler alçı ile yerleştirilmiştir. Hazırlanan numuneler 1.5, 2 ve 4 cm gibi farklı kalınlıklardadır. Bu numunelerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler Şekil 4.22'de verilmiştir.

Şekil 4.22. Numunelerin Hazırlanmasında Kullanılan Malzemeler

Şekil 4.22'de görselleri verilen malzemelerin haricinde, doğal malzemelerden; balmumu, çamsakızı ve ufalanmış kozalak karışımı, %100 yün keçe, zeytin yaprağı, kabak lifi, pestil vb. malzeme de tercih edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, numunelere göre en yüksek ses geçiş kaybı değerleri; 1,5 cm kalınlığındaki alçıpan, alçı ve kozalak için 2000 Hz.'de 18,5 dB, 2 cm kalınlığındaki alçıpan, alçı ve kozalak için 1000 Hz.'de 16,6 dB, balmumu ve kozalak için 1000 Hz.'de 21,1 dB, %100 yün keçede 1000 Hz.'de 13,3 dB'dir. Ayrıca %100 yün keçenin üzerine kozalak yerleştirildiğinde 8000 Hz.'de 25,1 dB, kauçuk yaprağı ve kozalak için 8000 Hz.'de 16,2 dB, zeytin yaprağı için 4000 Hz.'de 6,6 dB, bal peteği için 4000 Hz.'de 11,7 dB, pestil için 4000 Hz.'de 14,9 dB, kabak lifi için 2000 Hz.'de 5,6 dB olduğu tespit edilmiştir. Doğal numunelerin haricinde sentetik içerikli numuneler de test edilmiştir. Bunlardan, bir yüzeyi lacivert renkli ve iç yüzeyi taş yünü olan 55 mm kalınlığındaki akustik panel

numunesine (ticari adı Canopy) ait ses geçiş kaybı değeri, 4000 Hz. frekansında 28,6 dB, 55 mm akustik düz sünger numunesinde 2000 Hz. frekansında 18,4 dB olarak elde edilebilmiştir.

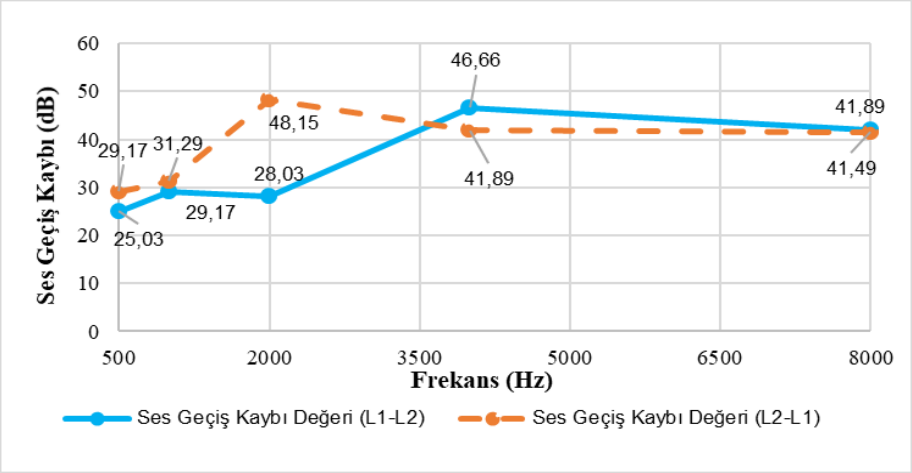
Deney sonuçlarına göre hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri, 500-8000 Hz. aralığında 30 dB'in üzerinde olan numunelerin arasından seçimler yapılarak deney çalışmalarına Mersin İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi (MEİTAM) bünyesinde bulunan yankısız odada devam edilmiştir. Bunun için öncelikle arka plan gürültüsü, frekanslara bağlı olarak ölçülmüştür. Ses basınç seviyesi yaklaşık olarak 40 dB olduğu tespit edildikten sonra çalışmalara devam edilmiştir. L_1 ve L_2 odalarına göre konumlandırılan numunelere göre ölçümler yapılarak ses geçiş kaybı değerleri hesaplanmıştır. Bunun için öncelikle, test sonuçlarıyla birlikte farklı firmalardan temin edilen numuneler, daha sonra doğal içerikli ve kompozit numunelerin deneylerine ağırlık verilmiştir. Ölçümleri yapıldıktan sonra teorik olarak hesaplanan ses geçiş kaybı veya ses yutma katsayısı değerleriyle karşılaştırılıp analiz edilmiştir. MEİTAM'da test edilen numunelerin adı, renk tanımı ve görselleri Tablo 4.13'de verilmiştir. Tablolarda Ses Geçiş Kaybı (STL; Sound Transmission Loss) olarak bilinmektedir.

Numune 1: 80 mm kalınlığında akustik cephe paneli numunesinin hareketli yüzeyi (delikli olan yüzey) L_1'de olacak şekilde yerleştirildiğinde hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.13. Numune 1: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	25,03	29,17
1000	29,17	31,29
2000	28,03	48,15
4000	46,66	41,89
8000	41,89	41,49

Tablo 4.13'deki değerlerin grafiği Şekil 4.23'de verilmiştir.



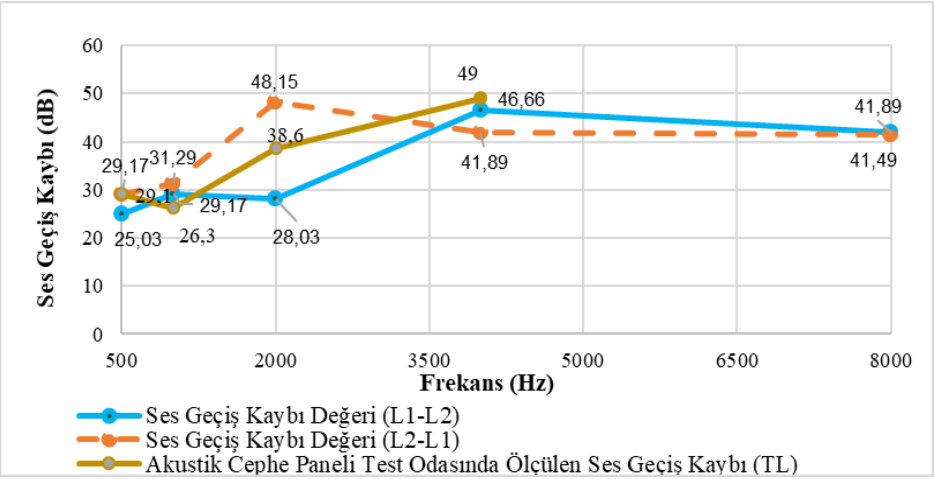
Şekil 4.23. Numune 1: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Tablo 4.13'de verilen Akustik Cephe Paneli test odasında (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesinde) ölçülen değerleri ile elde edilen ses geçiş kaybı değerleri ile karşılaştırılarak Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14. Numune 1: Ölçülen ve Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı (L_2-L_1)**	**Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen Ses Geçiş Kaybı**
500	25,03	29,17	29,1
1000	29,17	31,29	26,3
2000	28,03	48,15	38,6
4000	46,66	41,89	49
8000	41,89	41,49	-

Tablo 4.14'de deney kutusunda ölçülüp hesaplanan değerlerin, Akustik Cephe Paneli test odasında 4000 Hz. frekansına kadar ölçülen değerlere göre daha iyi olduğu görülmektedir. Değerlerin karşılaştırmalı grafiği Şekil 4.24'de verilmiştir.



Şekil 4.24. Numune 1: Ölçülen ve Akustik Cephe Paneli Test Odasında Ölçülen Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

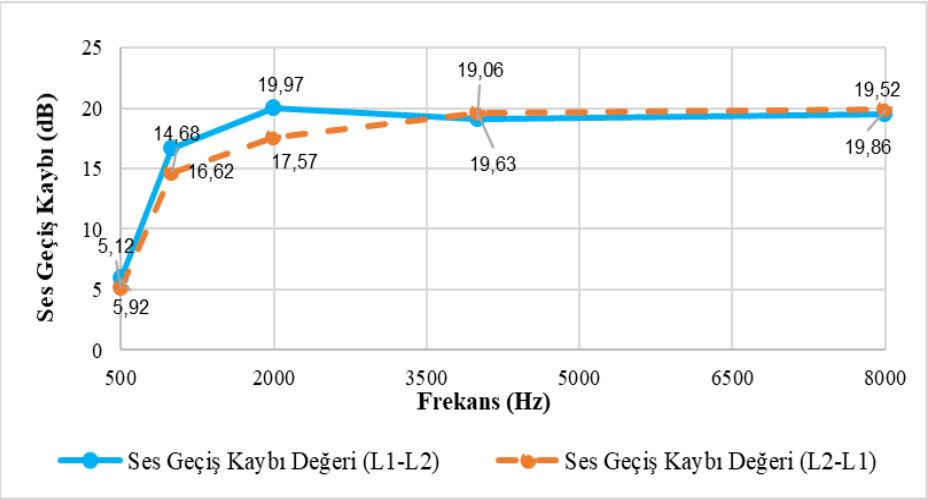
Şekil 4.24'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerlerinin (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde olduğu, Akustik Cephe Paneli test odasında ölçülen değerlerle karşılaştırıldığında, deney kutusunda daha yüksek verilerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 2: 55 mm kalınlığındaki akustik düz süngere ait ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.15'de verilmiştir. Her iki yüzey düzdür.

Tablo 4.15. Numune 2: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	5,92	5,12
1000	16,62	14,68
2000	19,97	17,57
4000	19,06	19,63
8000	19,52	19,86

Tablo 4.15'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.25'de verilmiştir.



Şekil 4.25. Numune 2: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

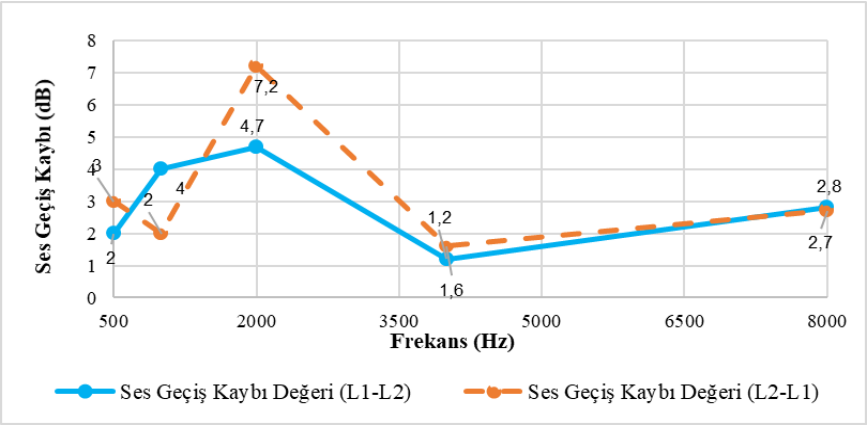
Şekil 4.25'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 11 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 11,2 dB, L_2-L_1 değeri 5,6 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 14,1 dB, L_2-L_1 değeri 12 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 13,3 dB, L_2-L_1 değeri 13,8 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 2,3 dB, L_2-L_1 değeri 14,1 dB'dir. 2000, 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında en yüksek değerlerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 3: 7 mm kalınlığında, 700 gr/m^2 yoğunluğundaki polyester keçe numunesinin ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.16'da verilmiştir. Her iki yüzey düzdür.

Tablo 4.16. Numune 3: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	2	3
1000	4	2
2000	4,7	7,2
4000	1,2	1,6
8000	2,8	2,7

Tablo 4.16'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.26. Numune 3: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

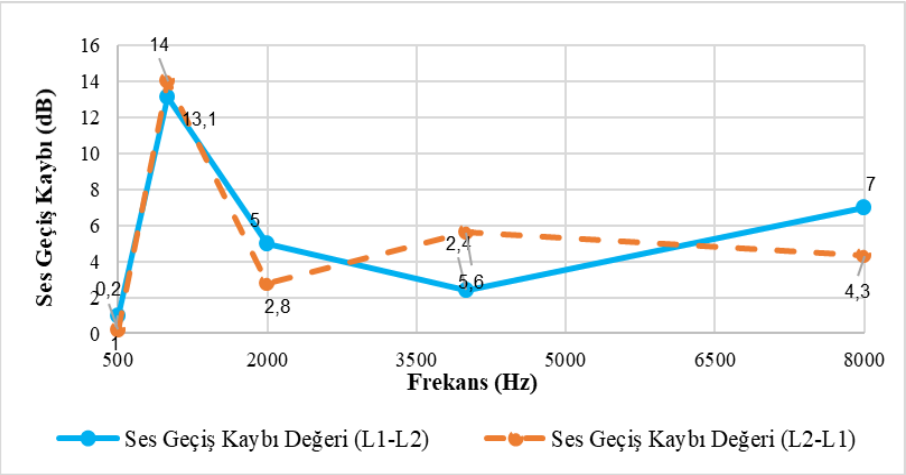
Şekil 4.26'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 15 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 500-8000 Hz. frekans aralığında; 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 4,7 dB, L_2-L_1 değeri 7,2 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 2,8 dB, L_2-L_1 değeri 2,7 dB'dir. 4000 Hz. frekanslarında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 4: 10 mm kalınlığında, 1000 gr/m^2 yoğunluğundaki polyester keçe numunesine (Şekil 4.15'dekinin daha kalını) ait ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.17'de verilmiştir. Her iki yüzey düzdür.

Tablo 4.17. Numune 4: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	1	0,2
1000	13,1	14
2000	5	2,8
4000	2,4	5,6
8000	7	4,3

Tablo 4.17'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.27'de verilmiştir.



Şekil 4.27. Numune 4: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

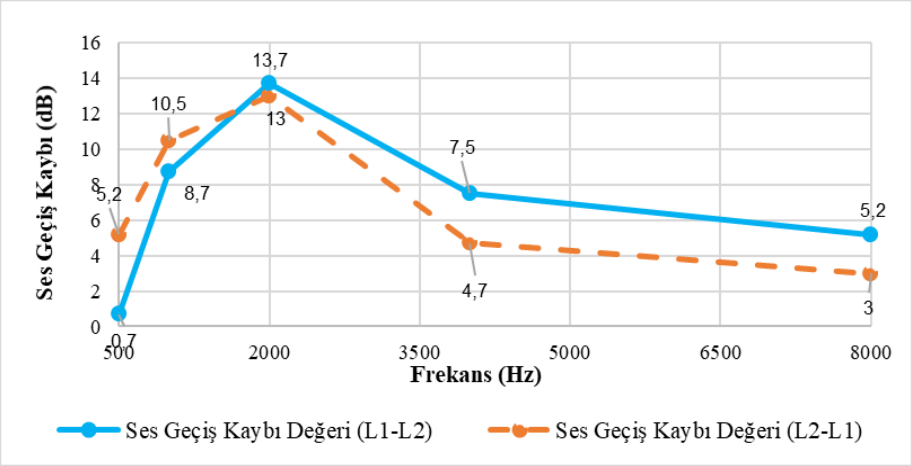
Şekil 4.27'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 13 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 500-8000 Hz. frekans aralığında; 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 13,1 dB, L_2-L_1 değeri 14 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 5 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değerinin 7 dB'dir. 1000 Hz. frekansında en yüksek değerlerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 5: 15 mm kalınlığında, 1000 gr/m^2 yoğunluğundaki polyester keçe numunesine (Şekil 4.15) ait ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.18'de verilmiştir. Her iki yüzey düzdür.

Tablo 4.18. Numune 5: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	0,7	5,2
1000	8,7	10,5
2000	13,7	13
4000	7,5	4,7
8000	5,2	3

Tablo 4.18'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.28. Numune 5: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

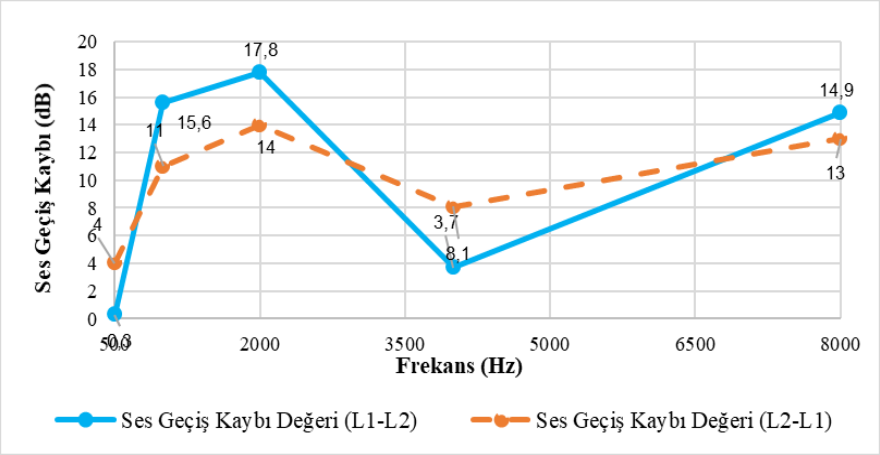
Şekil 4.28'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 10 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 500-8000 Hz. frekans aralığında; 1000 Hz.'de L_2-L_1 değeri 10,5 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 13,7 dB'dir. 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 6: 20 mm kalınlığında, 1500 gr/m^2 yoğunluğundaki polyester keçe numunesine (Şekil 4.15'dekinin daha kalını) ait ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.19'da verilmiştir. Her iki yüzey düzdür.

Tablo 4.19. Numune 6: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	0,3	4
1000	15,6	11
2000	17,8	14
4000	3,7	8,1
8000	14,9	13

Tablo 4.19'da görülen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.29'da verilmiştir.



Şekil 4.29. Numune 6: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

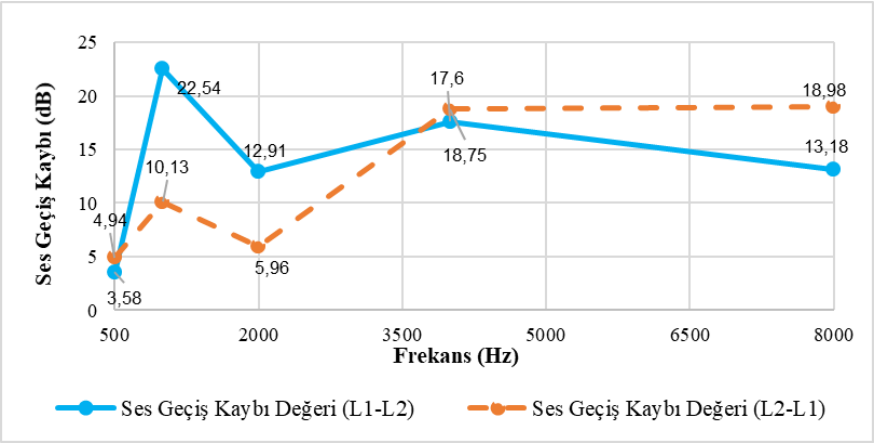
Şekil 4.29'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 10 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 500-8000 Hz. frekans aralığında; 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 15,6 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 17,8 dB, 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 14,9 dB'dir. 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 7a: 40/20 mm kalınlığında, 70 dansite yoğunluğundaki akustik yumurta süngerin (viyol) hareketli yüzeyinin L_1 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi sonucunda hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.20'de verilmiştir.

Tablo 4.20. Numune 7a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	3,58	4,94
1000	22,54	10,13
2000	12,91	5,96
4000	17,60	18,75
8000	13,18	18,98

Tablo 4.20'de görülen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.30. Numune 7a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

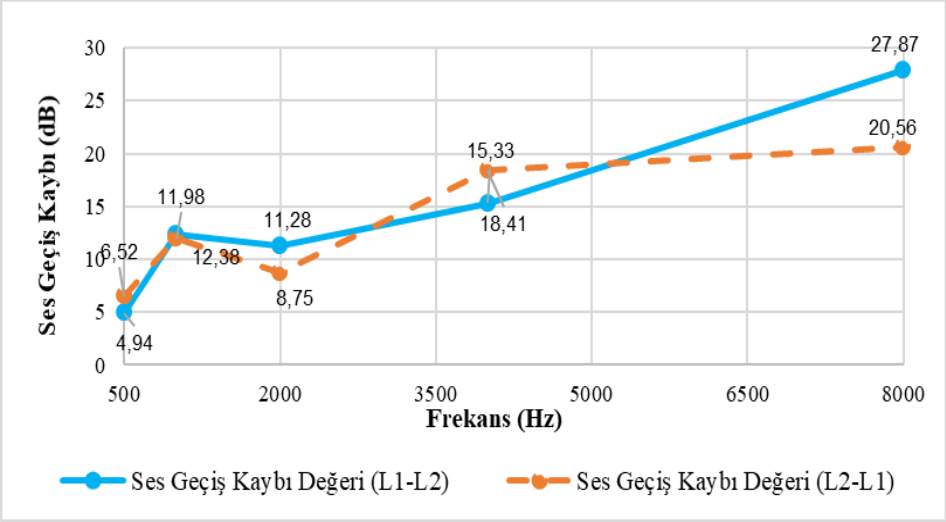
Şekil 4.30'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 10 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 500-8000 Hz. frekans aralığında; 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 22,54 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 17,60 dB, L_2-L_1 değeri 18,75 dB, 8000 Hz.'de L_2-L_1 değeri 18,98 dB'dir.

Numune 7b: 40/20 mm kalınlığında ve 70 dansite yoğunluğunda olan akustik yumurta sünger (viyol) numunesinin hareketli yüzeyinin L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi sonucunda hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.21'de verilmiştir.

Tablo 4.21. Numune 7b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	4,94	6,52
1000	12,38	11,98
2000	11,28	8,75
4000	15,33	18,41
8000	27,87	20,56

Tablo 4.21'de görülen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.31. Numune 7b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

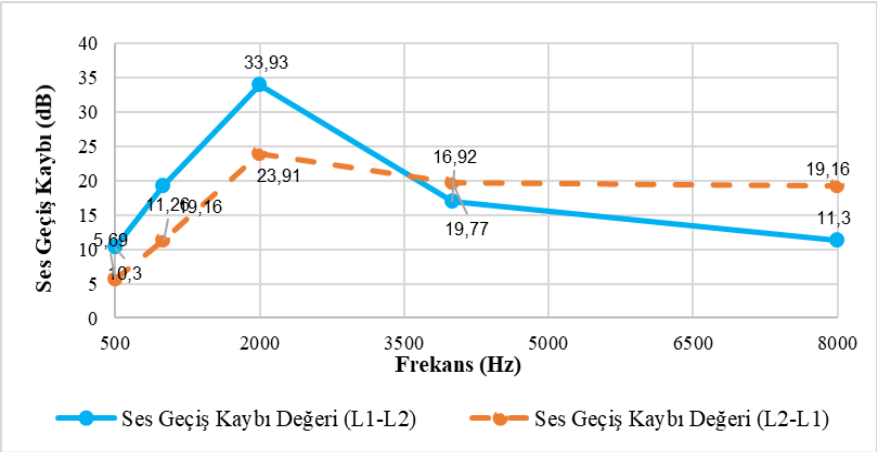
Şekil 4.31'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 10 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 4000 Hz'de L_2-L_1 değeri 15,33 dB, 8000 Hz'de L_1-L_2 değeri 27,87 dB'dir. 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. L_1 odasındaki yerleşime göre 8000 Hz. frekansında daha yüksek veriler elde edilmiştir.

Numune 8a: 30 mm kalınlığında ve 70 dansite yoğunluğundaki akustik yumurta sünger (viyol) numunesinin hareketli yüzeyinin L_1 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi sonucunda hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.22'de verilmiştir.

Tablo 4.22. Numune 8a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	10,30	5,69
1000	19,16	11,26
2000	33,93	23,91
4000	16,92	19,77
8000	11,30	19,16

Tablo 4.22'de görülen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.32'de verilmiştir.



Şekil 4.32. Numune 8a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

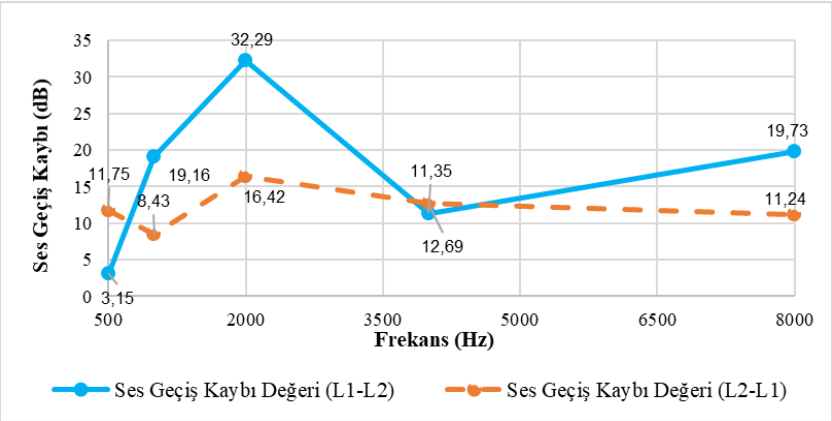
Şekil 4.32'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 11 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 33,93 dB, L_2-L_1 değeri 23,91 dB, 4000 Hz.'de L_2-L_1 değeri 16,92 dB, L_2-L_1 değeri 19,77 dB 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 11,30 dB'dir. 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 8b: 30 mm kalınlığında ve 70 dansite yoğunluğunda olan akustik yumurta sünger (viyol) numunesinin L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.23'de verilmiştir.

Tablo 4.23. Numune 8b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	3,15	11,75
1000	19,16	8,43
2000	32,29	16,42
4000	11,35	12,69
8000	19,73	11,24

Tablo 4.23'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.33'de verilmiştir.



Şekil 4.33. Numune 8b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

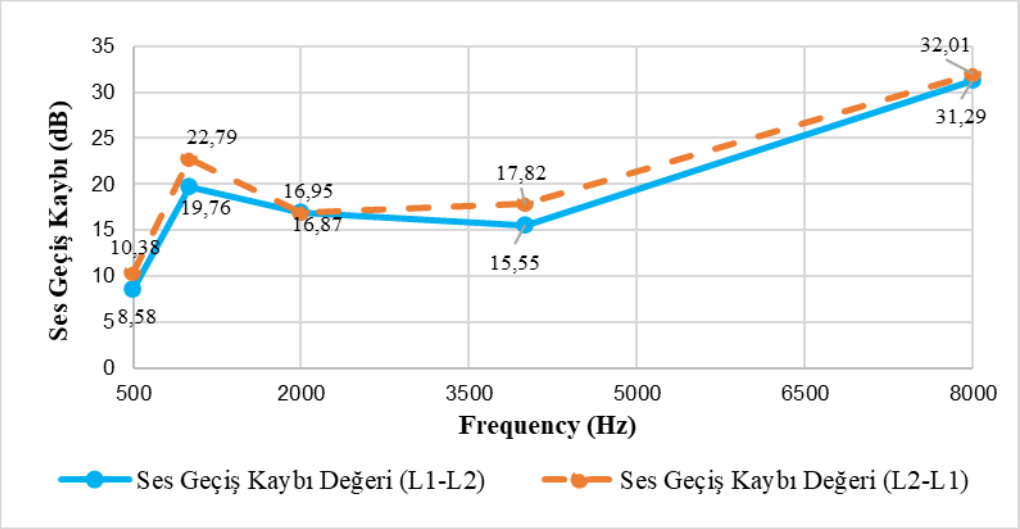
Şekil 4.33'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 10 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 32,29 dB, 4000 Hz.'de L_2-L_1 değeri 12,69 dB'dir. 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Bu sonuçlar viyol yüzeyin L_2, düz yüzeyin L_1 odasına denk gelmesi durumunda, 2000 Hz.de diğer frekanslara göre daha yüksek ses geçiş kaybı sağlanabileceğini göstermektedir.

Numune 9: 20 mm kalınlığında her iki yüzeyi aynı olan beyaz polyester keçe de numune olarak kullanılmıştır. Bu numunenin deney kutusuna yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.24'de verilmiştir.

Tablo 4.24. Numune 9: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	8,58	10,38
1000	19,76	22,79
2000	16,87	16,95
4000	15,55	17,82
8000	31,29	32,01

Tablo 4.24'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.34'de verilmiştir.



Şekil 4.34. Numune 9: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

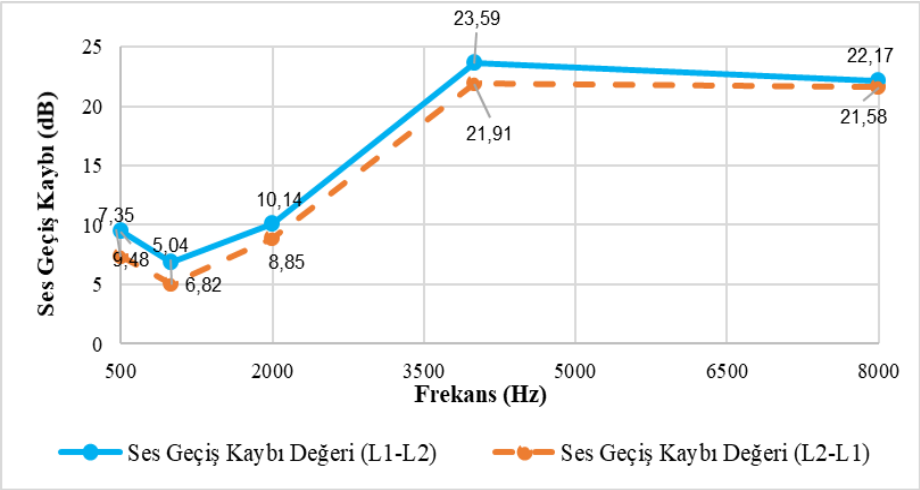
Şekil 4.34'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerlerinin (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 500-8000 Hz. frekans aralığında 10 dB'nin üzerinde, en yüksek değerin 8000 Hz. frekansında 32,01 dB olduğu tespit edilmiştir.

Numune 10a: 20 mm kalınlığında ve 70 dansite yoğunluğunda olan akustik yumurta sünger (viyol) numunesinin L_1 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda ses basınç seviyeleri ve ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.25'de verilmiştir.

Tablo 4.25. Numune 10a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	9,48	7,35
1000	6,82	5,04
2000	10,14	8,85
4000	23,59	21,91
8000	22,17	21,58

Tablo 4.25'de görülen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.35'de verilmiştir.



Şekil 4.35. Numune 10a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

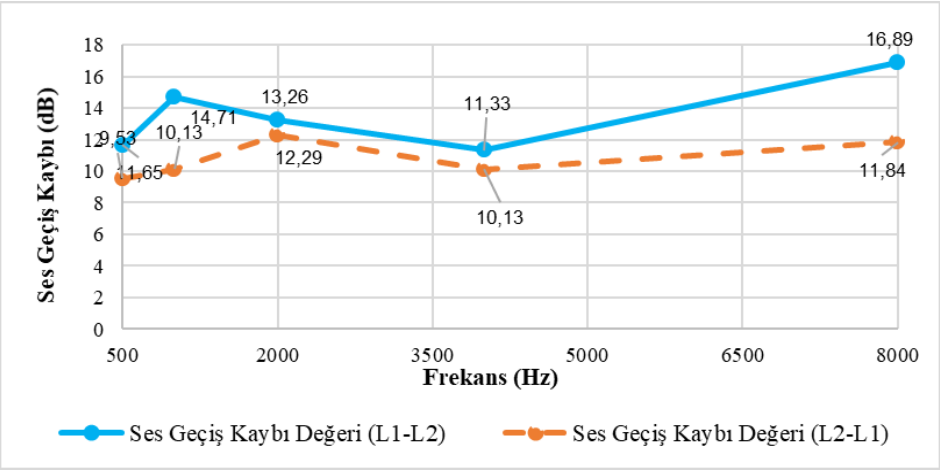
Şekil 4.35'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 10 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında en yüksek değerin 20 dB'in üzerinde olduğu görülmüştür. L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirilerek test edilmesine göre değerler daha yüksektir.

Numune 10b: 20 mm kalınlığında ve 70 dansite yoğunluğunda olan akustik yumurta sünger (viyol) numunesinin L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.26'da verilmiştir.

Tablo 4.26. Numune 10b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	11,65	9,53
1000	14,71	10,13
2000	13,26	12,29
4000	11,33	10,13
8000	16,89	11,84

Tablo 4.26'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.36'da verilmiştir.



Şekil 4.36. Numune 10b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

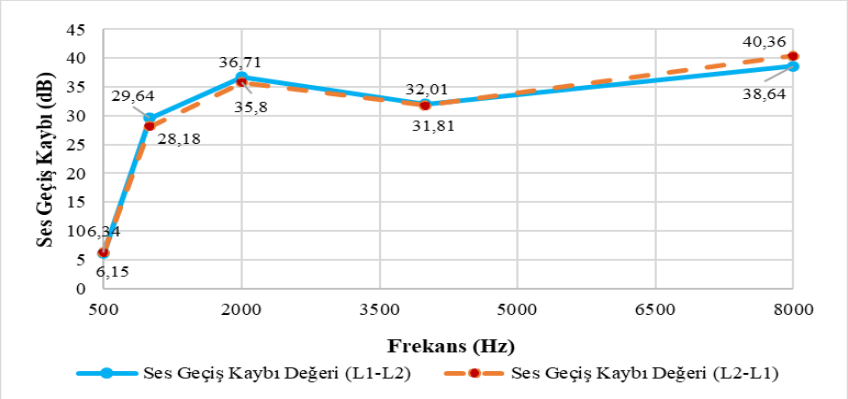
Şekil 4.36'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerlerinin (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında değerlendirildiğinde 8000 Hz. de L_1-L_2 değerinin 16,89 dB olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar viyol yüzey L_2, düz yüzey L_1 odasına denk gelecek şekilde yerleştirilmiştir. 8000 Hz.'de diğer frekanslara göre daha yüksek olabileceği görülmüştür. Viyol yüzeyin L_1 odasına göre yerleştirilmesi durumunda 4000 ve 8000 Hz. de daha yüksek değerlerin elde edilebileceği tespit edilmiştir (Numune 10a).

Numune 11a: 40 mm kalınlığında olan akustik lacivert panel, ön yüzeyi lacivert dokuma kumaş, arka yüzeyi cam yününden dokusuz kumaş ve bu iki kumaş arası taş yünü olan akustik panel numunesinin L_1 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.27'de verilmiştir.

Tablo 4.27. Numune 11a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	6,15	6,34
1000	29,64	28,18
2000	36,71	35,80
4000	32,01	31,81
8000	38,64	40,36

Tablo 4.27'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.37'da verilmiştir.



Şekil 4.37. Numune 11a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

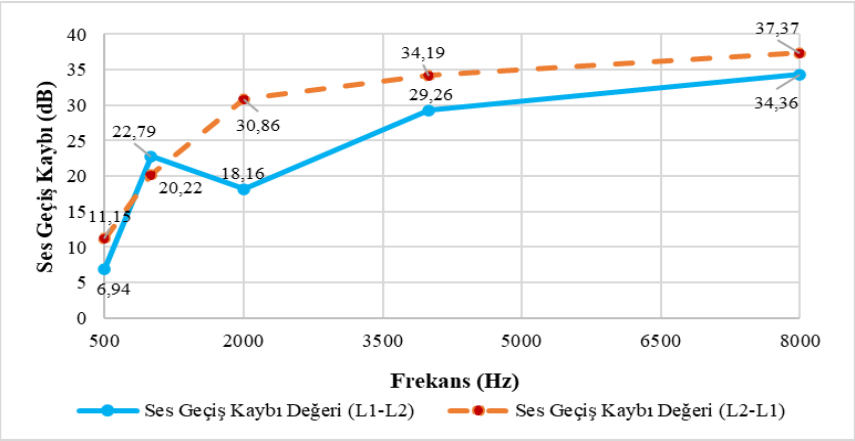
Şekil 4.37'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında değerlendirildiğinde; yaklaşık olarak 30 dB'nin üzerinde ve en yüksek değerler 8000 Hz. dedir.

Numune 11b: 40 mm kalınlığında olan akustik lacivert panel, ön yüzeyi lacivert dokuma kumaş, arka yüzeyi cam yününden dokusuz kumaş ve bu iki kumaş arası taş yünü olan akustik panel numunesinin L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.28'de verilmiştir.

Tablo 4.28. Numune 11b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	6,94	11,15
1000	22,79	20,22
2000	18,16	30,86
4000	29,26	34,19
8000	34,36	37,37

Tablo 4.28'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.38'de verilmiştir.



Şekil 4.38. Numune 11b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

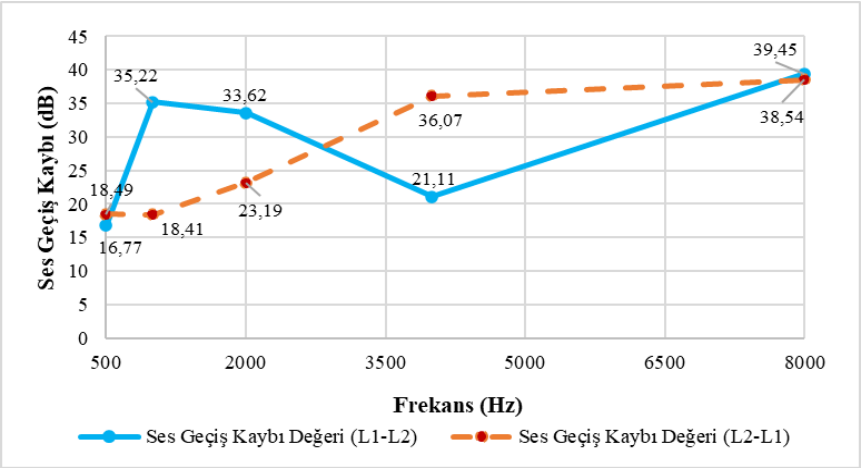
Şekil 4.38'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında; 30 dB'nin üzerindedir. Numunede hareketli yüzey dokuma kumaş, arka yüzeyi cam tülü kumaştır. Cam tülünün bulunduğu yüzeye göre ölçümlerin özellikle de 2000, 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında daha yüksek olduğu görülmüştür.

Numune 12a: 40 mm kalınlığında olan dikdörtgen beyaz akustik panelin iki yüzü birbirinden farklıdır. Hareketli yüzeyinin L_1 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.29'da verilmiştir.

Tablo 4.29. Numune 12a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	16,77	18,49
1000	35,22	18,41
2000	33,62	23,19
4000	21,11	36,07
8000	39,45	38,54

Tablo 4.29'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.39'da verilmiştir.



Şekil 4.39. Numune 12a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Numune

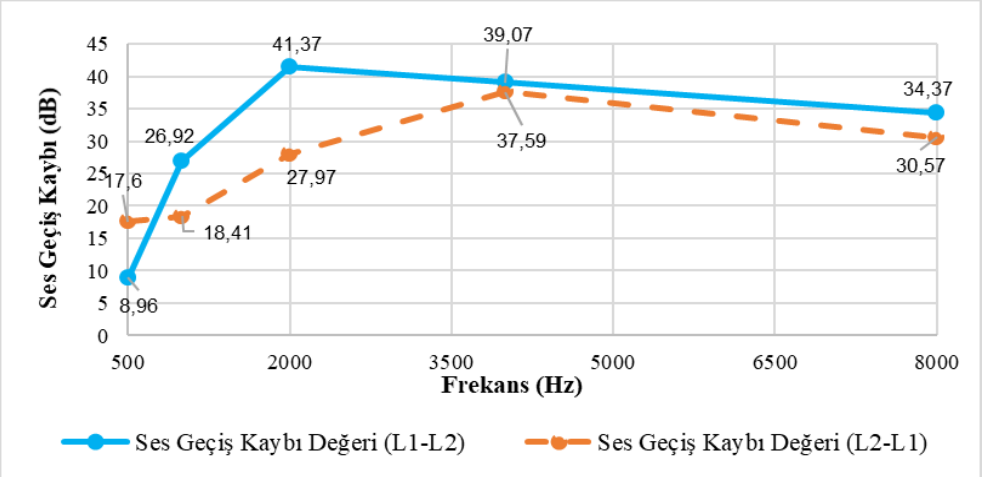
Şekil 4.39'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında; numunede hareketli yüzeyin L_1'e göre yerleşmesi durumunda 1000 ve 2000 Hz. 'de diğer yüzeye göre daha yüksek ses geçiş kaybı sağlandığı, 4000 Hz.'de numunenin cam tülü yüzeyinde daha yüksek değer elde edilebilmiştir.

Numune 12b: 40 mm kalınlığında olan dikdörtgen beyaz akustik panelin iki yüzü birbirinden farklıdır. Hareketli yüzeyinin L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.30. Numune 12b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	8,96	17,60
1000	26,92	18,41
2000	41,37	27,97
4000	39,07	37,59
8000	34,37	30,57

Tablo 4.30'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.40'da verilmiştir.



Şekil 4.40. Numune 12b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

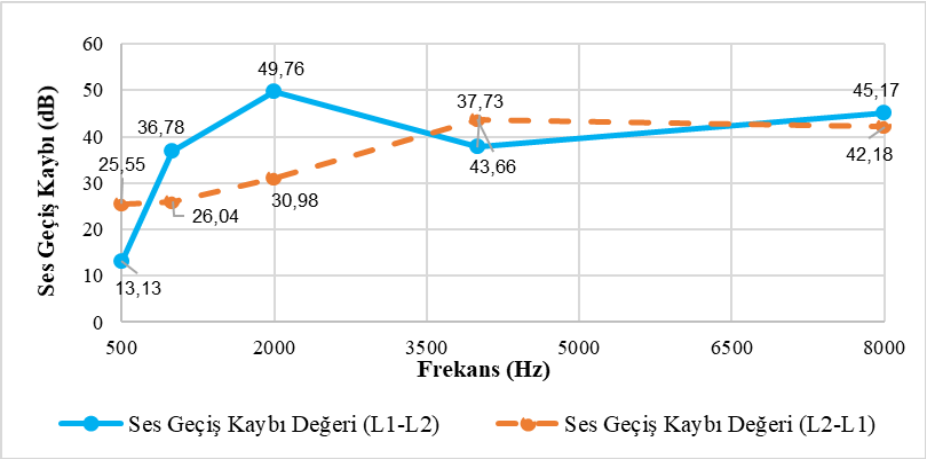
Şekil 4.40'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000 Hz. frekanslarında 41,37 dB olarak hesaplanmıştır. Cam tülü yüzeye göre 2000, 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında diğer yüzeye göre daha yüksek ses geçiş kaybı sağlandığı görülmüştür. Asma panel şeklinde kullanıldığı için cam tülü yüzeyin de ses geçiş kaybı değerinin artmasını sağlayabildiği görülmüştür.

Numune 13a: 100 mm kalınlığında olan akustik panelin iki yüz tarafı birbirinden farklı olup asimetrik üst yüzeyi yeşil kumaş, arka yüzeyi cam yünü, bu iki yüzey arasında taş yünüdür. Taban kalınlığı 40 mm, tabandan asimetrik tepeye kadar olan mesafe 100 mm'dir. Hareketli yüzeyin L_1 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.31'de verilmiştir.

Tablo 4.31. Numune 13a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	13,13	25,55
1000	36,78	26,04
2000	49,76	30,98
4000	37,73	43,66
8000	45,17	42,18

Tablo 4.31'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.41'de verilmiştir.



Şekil 4.41. Numune 13a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

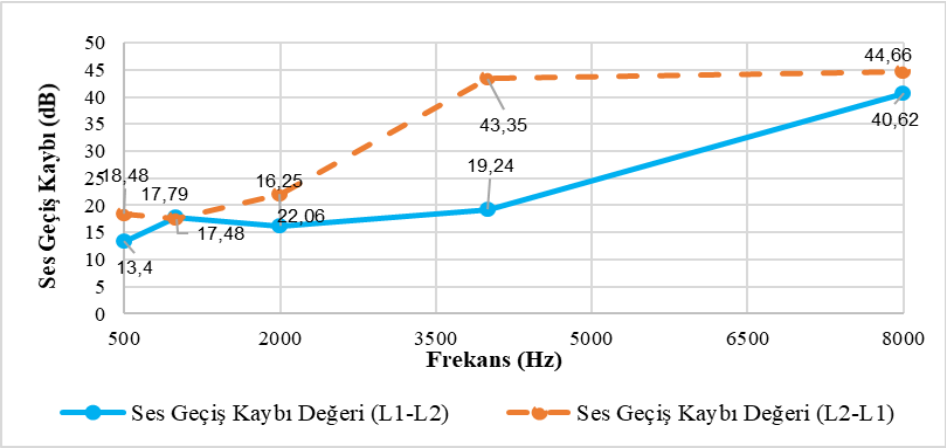
Şekil 4.41'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında; 8000 Hz.'de 45,17 dB, en yüksek değer 2000 Hz. frekansında 49,76 dB olarak tespit edilmiştir. Numunede hareketli yüzeyin (asimetrik yüzeyin) L_1'e, düz yüzeyin L_2'ye bakacak şekilde yerleşmesi durumunda, L_1-L_2, 2000 Hz.'de en yüksek değerine ulaşılabildiği, yüzeyin asimetrik olmasının bu frekansta daha etkili olmasını sağlayabileceği görülmüştür.

Numune 13b: 100 mm kalınlığında olan akustik panelin iki yüz tarafı birbirinden farklı olup asimetrik üst yüzeyi yeşil kumaş, arka yüzeyi cam yünü, bu iki yüzey arasında taş yünüdür. Taban kalınlığı 40 mm, tabandan asimetrik tepeye kadar olan mesafe 100 mm'dir. Hareketli yüzeyin L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.32'de verilmiştir.

Tablo 4.32. Numune 13b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	13,40	18,48
1000	17,79	17,48
2000	16,25	22,06
4000	19,24	43,35
8000	40,62	44,66

Tablo 4.32'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.42'de verilmiştir.



Şekil 4.42. Numune 13b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.42'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında; 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında yaklaşık olarak 20 ve 30 dB'nin üzerinde ve en yüksek değer 8000 Hz'de 44,66 dB olarak elde edilebilmiştir.

Yankısız odaya alınan tasarlanıp geliştirilen Alfa Kabin deney kutusunda, test edilen sentetik içerikli numunelere ait ses geçiş kaybı değerlerinin, test edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında yakın değerlerin elde edilebildiği tespit edilmiştir.

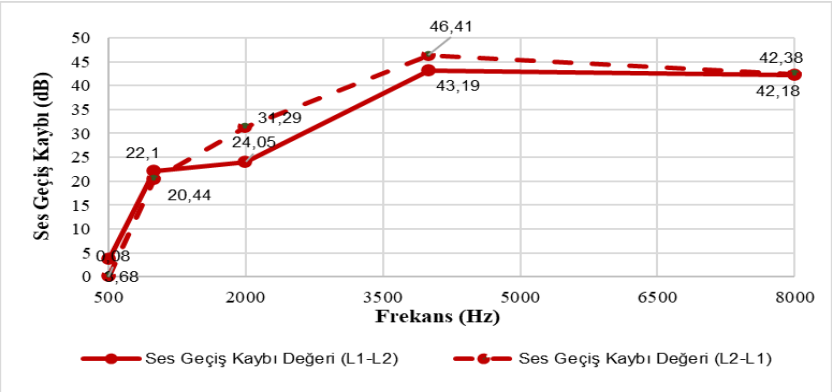
Bundan sonraki aşamada, çoğunlukla doğal içerikli malzemelerin temin edilip hazırlanan numunelerle deney çalışmalarına devam edilmiştir. Bu numuneler, alçıpan tabakasının üzerine farklı formlarda kozalak, ceviz kabuğu, çamsakızı, kömür gibi materyaller alçı ile kombinlenerek hazırlanmıştır. Bu numunelerin sonuçlarına göre ses iletim kaybı değerleri iyi olanlardan kompozit yapılar oluşturulmuştur. Kompozit yapılarda, iki numune arasında 75 mm mesafe bırakarak ve bu mesafeler arasına heraklit yerleştirerek, heraklit ve iki adet %100 yün keçe numuneleri yerleştirilerek testler yapılıp ölçülen değerlerden teorik olarak ses iletim kaybı değerleri hesaplanmıştır. Bunların haricinde, kozalak-balmumu, kozalak-çamsakızı-balmumu, heraklit vb. doğal malzemeler de numune olarak hazırlanıp test edilerek hesaplanan veriler aşağıda verilmiştir.

Numune 14a: 1,5 cm kalınlığındaki alçıpan, alçı ve kozalak numunesinin hareketli yüzeyi L_1'de olacak şekilde deney yapıldığında ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.33'de verilmiştir.

Tablo 4.33. Numune 14a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	3,68	0,08
1000	22,10	20,44
2000	24,05	31,29
4000	43,19	46,41
8000	42,18	42,38

Tablo 4.33'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.43'de verilmiştir.



Şekil 4.43. Numune 14a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

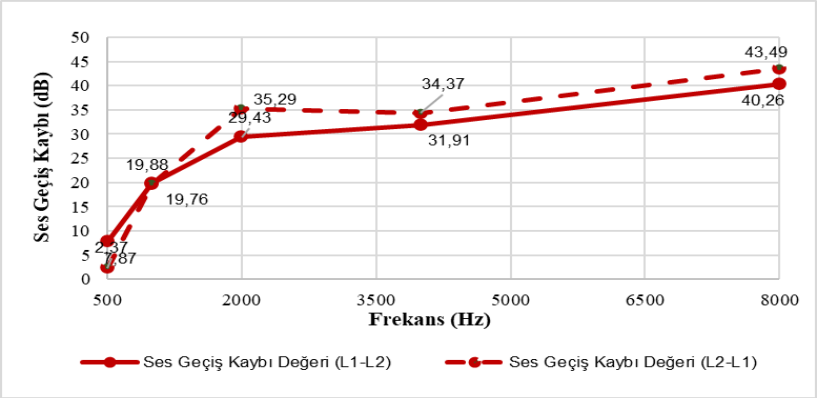
Şekil 4.43'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 24 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 500-8000 Hz. frekans aralığında yapılan ölçümlere göre değerlendirildiğinde sırasıyla; 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 43,19 dB, L_2-L_1 değeri 46,41 dB, 8000 Hz.'de L_1-L_2 ve L_2-L_1 değeri yaklaşık olarak 42 dB olarak hesaplanmıştır. Numune 14b, numune 14a'nın diğer odaya bakacak şekilde yerleşmesiyle test edilen bir numunedir. Numune 14b'de 2000 Hz. frekansında değerler, yaklaşık 30-35 aralığındadır.

Numune 14b: 1,5 cm kalınlığındaki alçıpan, alçı ve kozalak numunesinin hareketli yüzeyi L_2'de olacak şekilde deney yapıldığında ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.34'de verilmiştir.

Tablo 4.34. Numune 14b: L_2'e Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	7,87	2,37
1000	19,88	19,76
2000	29,43	35,29
4000	31,91	34,37
8000	40,26	43,49

Tablo 4.34'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.44'de verilmiştir.



Şekil 4.44. Numune 14b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

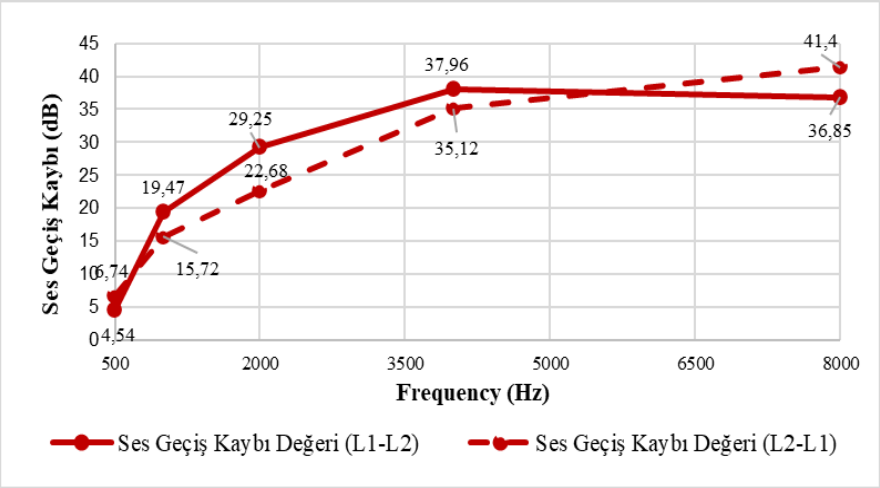
Şekil 4.44'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 19 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 29,43 dB, L_2-L_1 değeri 35,29 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 31,91 dB, L_2-L_1 değeri 34,37 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,26 dB, L_2-L_1 değeri 43,49 dB olarak en yüksek değerlerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 15a: 2 cm kalınlığındaki alçıpan, alçı ve kozalak numunesinin hareketli yüzeyi L_1'de olacak şekilde deney yapıldığında ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.35'de verilmiştir.

Tablo 4.35. Numune 15a: L_1'e Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)
500	4,54	6,74
1000	19,47	15,72
2000	29,25	22,68
4000	37,96	35,12
8000	36,85	41,40

Tablo 4.35'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.45'de verilmiştir.



Şekil 4.45. Numune 15a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

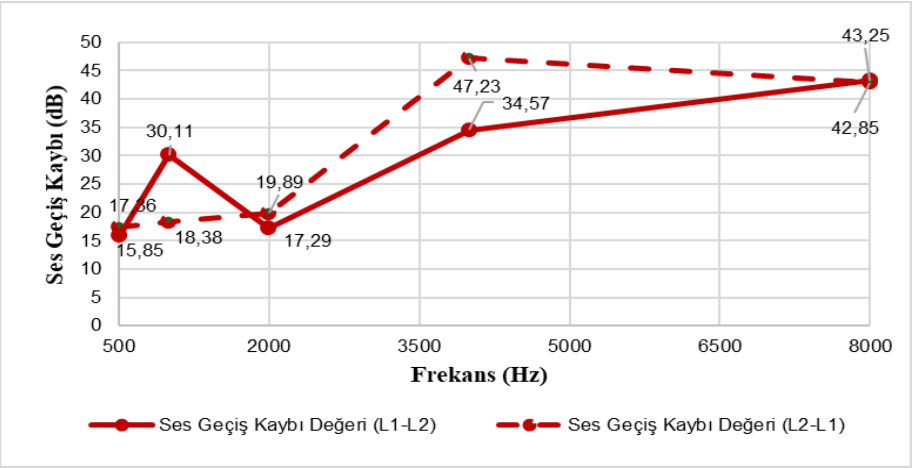
Şekil 4.45'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 29,25 dB, L_2-L_1 değeri 22,68 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,96 dB, L_2-L_1 değeri 35,12 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 36,85 dB, L_2-L_1 değeri 41,40 dB olarak en yüksek değerlerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 15b: 2 cm kalınlığındaki alçıpan, alçı ve kozalak numunesinin hareketli yüzeyi L_2'de olacak şekilde deney yapıldığında ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.36'da verilmiştir.

Tablo 4.36. Numune 15b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	15,85	17,36
1000	30,11	18,38
2000	17,29	19,89
4000	34,57	47,23
8000	43,25	42,85

Tablo 4.36'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.46'da verilmiştir.



Şekil 4.46. Numune 15b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

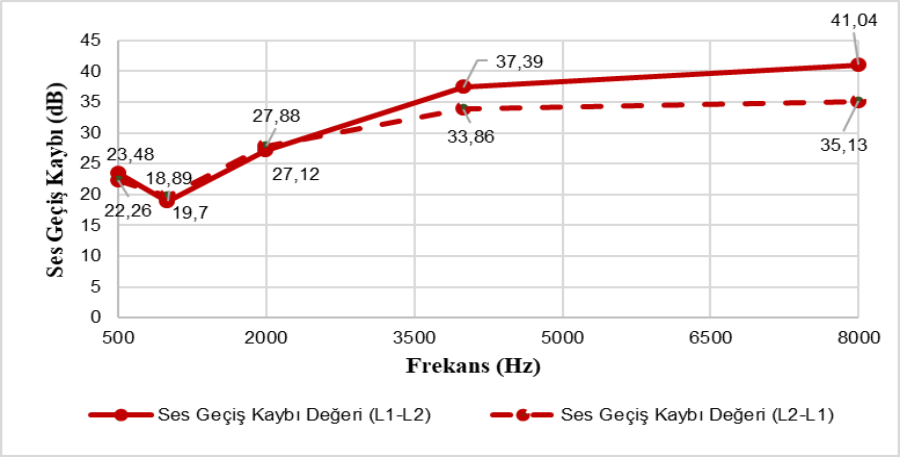
Şekil 4.46'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 30 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 500-8000 Hz. frekans aralığında; 4000 Hz.'de L_2-L_1 değeri 47,23 dB'dir. 8000 Hz'de L_1-L_2 değeri 43,25 dB, L_2-L_1 değeri 42,85 dB olup en yüksek değerin 2000 Hz.'de elde edilebileceği görülmüştür. 2 cm kalınlığında olmasından dolayı 500-8000 Hz. frekanslarının hepsinde, 1,5 cm kalınlığındaki numuneden yüksek olması beklenmeyebilmektedir. Hareketli yüzeyin L_2 odasına yerleşmesi durumunda, L_1 ve L_2 odalarının alanının az da olsa farklılık göstermesinden dolayı 2000 Hz.'de düz yüzeyin L_1'e bakması durumuna kıyasla daha fazla ses geçiş kaybı elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 16a: 4 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalaktan hazırlanan yumurta şekilli numunede hareketli yüzey L_1'de olacak şekilde deney yapılması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.37'de verilmiştir.

Tablo 4.37. Numune 16a: L_1'e Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	23,48	22,26
1000	18,89	19,70
2000	27,12	27,88
4000	37,39	33,86
8000	41,04	35,13

Tablo 4.37'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.47'de verilmiştir.



Şekil 4.47. Numune 16a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

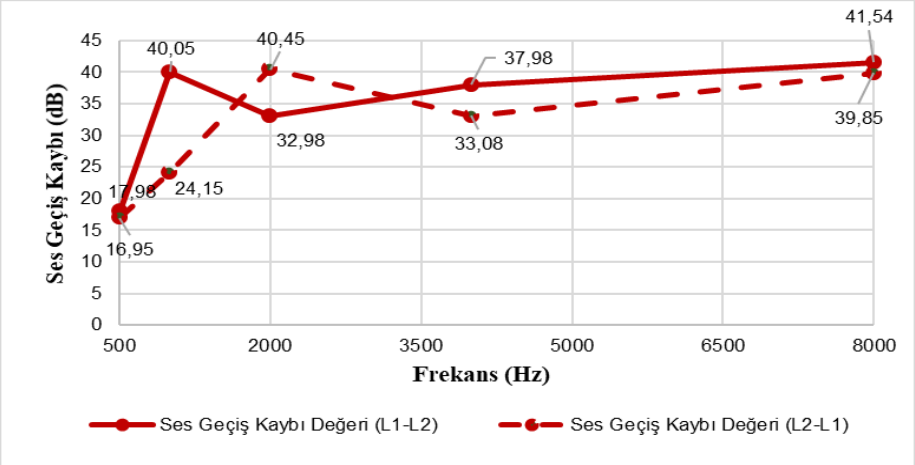
Şekil 4.47'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 500-8000 Hz. frekans aralığında 19 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 500 Hz. frekansında L_2 odasına göre 20 dB'nin üzerindedir (numune 16b ile karşılaştırıldığında). Frekansa bağlı dalga boyu ve odanın alanı da etkili olmuştur. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 27,12 dB, L_2-L_1 değeri 27,88 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,39 dB, L_2-L_1 değeri 33,86 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 41,04 dB, L_2-L_1 değeri 35,13 dB olarak en yüksek değerlerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 16b: 4 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalaktan hazırlanan yumurta şekilli numunede hareketli yüzey L_2'de olacak şekilde deney yapılması durumunda geçiş kaybı değerleri Tablo 4.38'de verilmiştir.

Tablo 4.38. Numune 16b: L_2'e Göre Bulunması Durumunda Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	17,98	16,95
1000	40,05	24,15
2000	32,98	40,45
4000	37,98	33,08
8000	41,54	39,85

Tablo 4.38'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.48'de verilmiştir.



Şekil 4.48. Numune 16b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

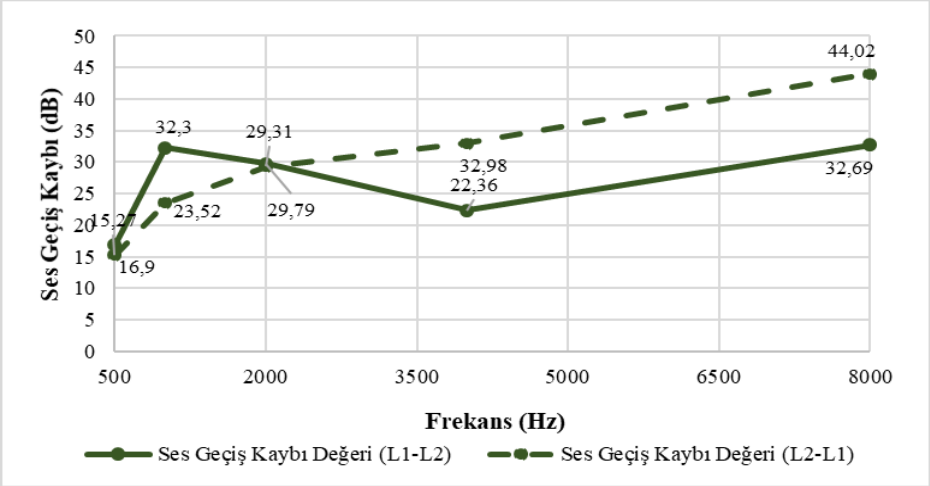
Şekil 4.48'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 500-8000 Hz. frekans aralığında; 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,05 dB, L_2-L_1 değeri 24,15 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 32,98 dB, L_2-L_1 değeri 40,45 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,98 dB, L_2-L_1 değeri 33,08 dB, 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 41,54 dB, L_2-L_1 değeri 39,85 dB'dir. Yumurta şekilli yüzeyin L_1'e, düz yüzeyin L_2'e bakması durumunda 1000, 4000 ve 8000 Hz.'de diğer frekanslara göre daha yüksek ses geçiş kaybı değerlerinin elde edilebileceği görülmüştür. Yumurta şekilli kozalaklı numunenin yüzey yapısının, ses geçiş yapısına katkısı olarak ifade edilebilmektedir.

Numune 17a: Alçıpan, alçı ve konkav şekilde ceviz kabuğu numunenin hareketli yüzeyin L_1'de olması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.39'da verilmiştir.

Tablo 4.39. Numune 17a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	16,90	15,27
1000	32,30	23,52
2000	29,79	29,31
4000	22,36	32,98
8000	32,69	44,02

Tablo 4.39'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.49'da verilmiştir.



Şekil 4. 49. Numune 17a: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.49'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 25 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 32,30 dB, L_2-L_1 değeri 23,52 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 29,79 dB, L_2-L_1 değeri 29,31 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 22,36 dB, L_2-L_1 değeri 32,98 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 32,69 dB, L_2-L_1 değeri 44,02 dB olup yumurta yüzeyin L_2, düz yüzeyin L_1'e bakacak şekilde yerleşmesi durumunda, hareketli yüzeyin

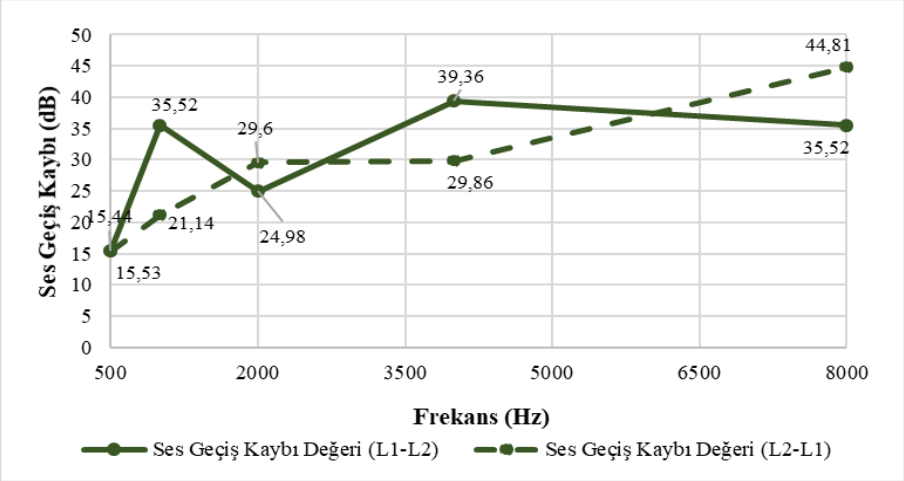
yapısına bağlı olarak 4000 ve 8000 Hz.'de diğer frekanslara göre daha yüksek ses geçiş kaybının sağlanabildiği tespit edilmiştir.

Numune 17b: Alçıpan, alçı ve konkav şekilde ceviz kabuğu numunesinin hareketli yüzeyinin L_2'de olması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.40'da verilmiştir.

Tablo 4.40. Numune 17b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	15,53	15,44
1000	35,52	21,14
2000	24,98	29,60
4000	39,36	29,86
8000	35,52	44,81

Tablo 4.40'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.50'de verilmiştir.



Şekil 4.50. Numune 17b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.50'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 35,52 dB, L_2-L_1 değeri 21,14 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 24,98 dB, L_2-L_1 değeri 29,60 dB olduğu 4000 Hz'de L_1-L_2 değeri 39,36 dB, L_2-L_1 değeri 29,86 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 35,52 dB, L_2-L_1 değeri 44,81 dB olarak en

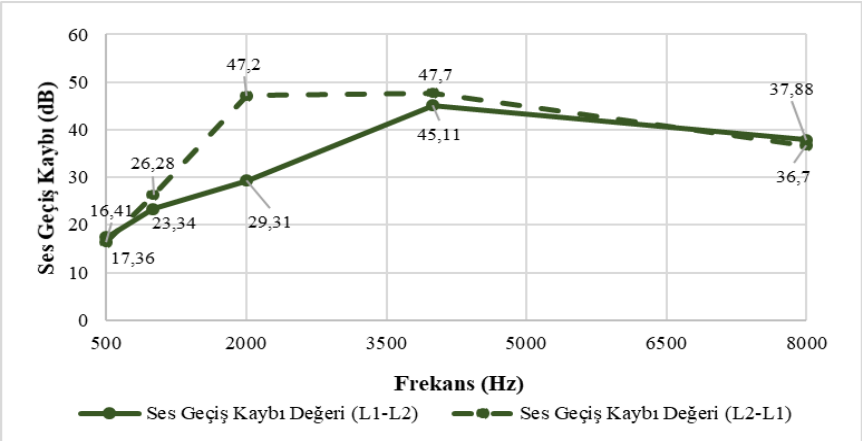
yüksek değerlerin elde edilebileceği görülmüştür. 1000 Hz.'de, alçıpan yüzeyin L_1'e, hareketli yüzeyin L_2'e göre yerleşmesine göre (numune 17a ile karşılaştırıldığında) daha yüksek değer elde edilebilmiştir. Alfa kabin model sisteminin oda alanlarına bağlı olarak farklılıklar olabileceği tespit edilmiştir.

Numune 18a: Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu numunesinin hareketli yüzeyinin L_1'de olması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.41'de verilmiştir.

Tablo 4.41. Numune 18a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	17,36	16,41
1000	23,34	26,28
2000	29,31	47,20
4000	45,11	47,70
8000	37,88	36,70

Tablo 4.41'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.51'de verilmiştir.



Şekil 4.51. Numune 18a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.51'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 22 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 29,31 dB, L_2-L_1 değeri 47,2 dB olduğu 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 45,11 dB, L_2-L_1 değeri 47,7 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,88 dB, L_2-L_1 değeri 36,70 dB olduğu ve 2000 Hz. ve 4000 Hz. frekanslarında en yüksek değerlerin

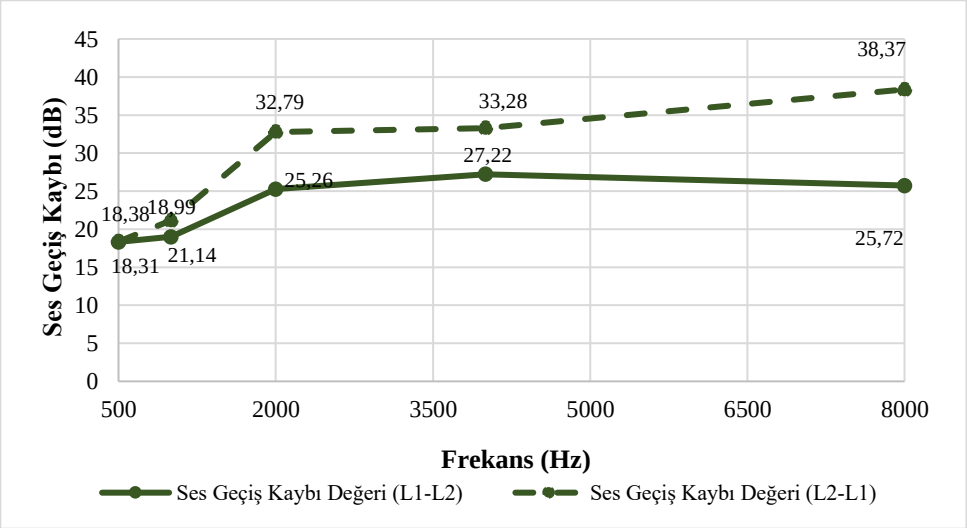
elde edilebileceği görülmüştür. Konveks yüzeyli olan ceviz kabukları alçıpanın üzerine alçı ile yerleştirilmiştir. Konveks olarak yerleştirilen ceviz kabuklarının 8000 Hz.'de sesi toplayıcı etkisinin daha iyi olabileceği tespit edilmiştir.

Numune 18b: Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu numunesinin hareketli yüzeyinin L_2'de olması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.42'de verilmiştir.

Tablo 4.42. Numune 18b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	18,31	18,38
1000	18,99	21,14
2000	25,26	32,79
4000	27,22	33,28
8000	25,72	38,37

Tablo 4.42'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.52'de verilmiştir.



Şekil 4.52. Numune 18b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.52'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 25 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 25,26 dB, L_2-L_1 değeri 32,79 dB olduğu 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 27,22 dB, L_2-L_1 değeri 33,28 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 25,72 dB, L_2-L_1

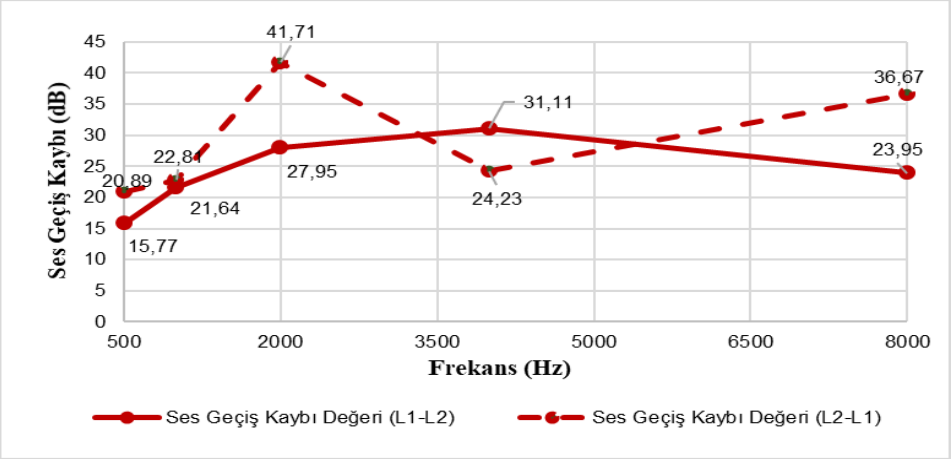
değeri 38,37 dB olduğu ve 8000 Hz. frekanslarında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Konveks yüzeyli olan ceviz kabukları alçıpanın üzerine alçı ile belirli mesafelerde yerleştirilmiştir. 2000, 4000 ve 8000 Hz. frekanslarda konveks olarak yerleştirilen ceviz kabuklarının sesi toplayıcı etkisine göre daha yüksek değerlerin elde edilebileceği tespit edilmiştir.

Numune 19a: Balmumu ve küçük parçalara ayrılmış kozalak karpeli ile hazırlanan numunenin hareketli yüzeyinin L_1'de olması durumunda elde edilen ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.43'de verilmiştir.

Tablo 4.43. Numune 19a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	15,77	20,89
1000	21,64	22,81
2000	27,95	41,71
4000	31,11	24,23
8000	23,95	36,67

Tablo 4.43'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.53'da verilmiştir.



Şekil 4.53. Numune 19a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.53'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 27,95 dB, L_2-L_1 değeri 41,71 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri

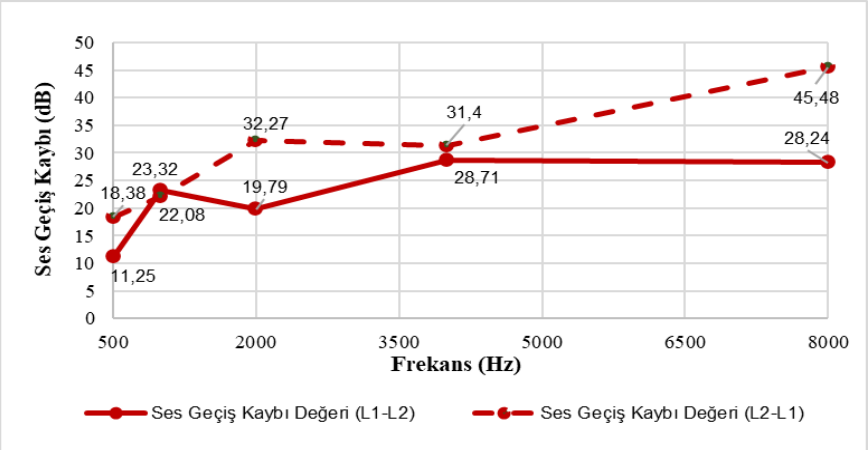
31,11 dB, L_2-L_1 değeri 24,23 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 23,95 dB, L_2-L_1 değeri 36,67 dB'dir. 2000 Hz. frekanslarında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Balmumu çabuk eriyip çabuk donabilen malzemedir. Kozalak karpelinin karışımından elde edildiği için kozalak veya balmumu yoğunluğu farklılık gösterebilmektedir. Hareketli yüzeyin L_1'e göre yerleşmesi durumunda, 2000 ve 8000 Hz.'de L_2-L_1 değerinin diğer frekanslara göre 4000 Hz.'de L_1-L_2 değerinin daha yüksek olabileceği görülmüştür. Bu durumun numunenin yüzey yapısından ve kutunun oda hacmine bağlı olabileceği tahmin edilmektedir.

Numune 19b: Balmumu ve küçük parçalara ayrılmış kozalak karpeli ile hazırlanan numunede hareketli yüzeyin L_2'de olması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.44'de verilmiştir.

Tablo 4.44. Numune 19b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	11,25	18,38
1000	23,32	22,08
2000	19,79	32,27
4000	28,71	31,40
8000	28,24	45,48

Tablo 4.44'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.54'de verilmiştir.



Şekil 4.54. Numune 19b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

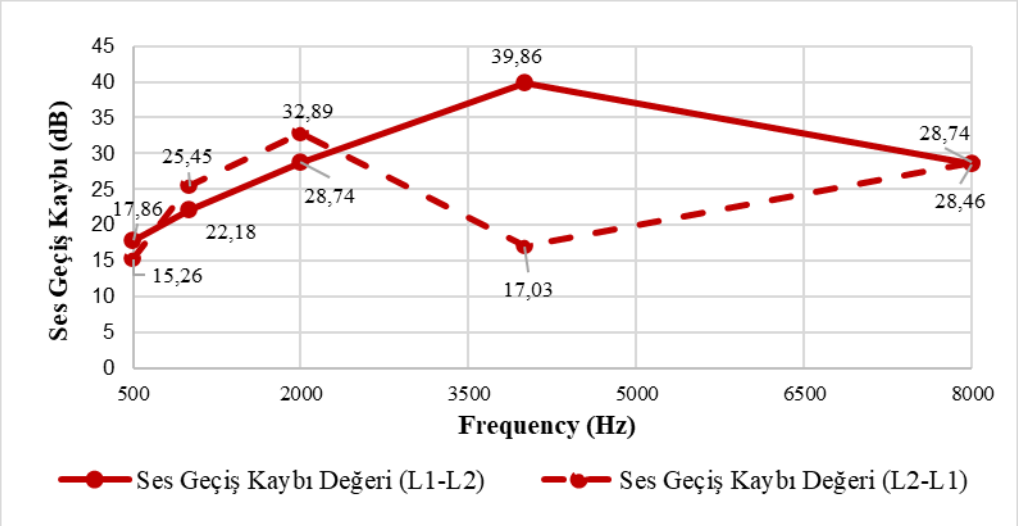
Şekil 4.54'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 19,79 dB, L_2-L_1 değeri 32,27 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 28,71 dB, L_2-L_1 değeri 31,4 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 28,24 dB, L_2-L_1 değeri 45,48 dB'dir. 8000 Hz. frekanslarında en yüksek değer elde edilebilmiştir. Hareketli yüzeyin L_2 odasına bakacak şekilde yerleşmesi durumunda 2000, 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında, L_2-L_1 değerinin, daha yüksek olabileceği tespit edilmiştir.

Numune 20a: Balmumu, çam sakızı ve ufalanmış kozalak ile hazırlanan numunede hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.45'de verilmiştir.

Tablo 4.45. Numune 20a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	17,86	15,26
1000	22,18	25,45
2000	28,74	32,89
4000	39,86	17,03
8000	28,46	28,74

Tablo 4.45'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiklerinin grafiği Şekil 4.55'de verilmiştir.



Şekil 4.55. Numune 20a: L_1 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

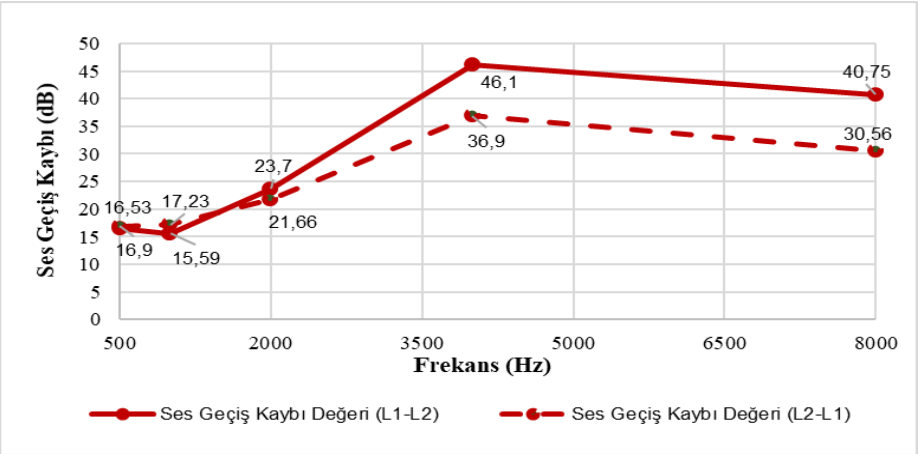
Şekil 4.55'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 21 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 28,74 dB, L_2-L_1 değeri 32,89 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 39,86 dB, L_2-L_1 değeri 17,03 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 28,46 dB, L_2-L_1 değeri 28,74 dB'dir. 4000 Hz. frekanslarında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Hareketli yüzeyin L_1'e göre yerleşmesi durumunda, 2000 Hz.'de L_2-L_1 değeri diğer frekanslara göre 4000 Hz'de de L_1-L_2 değeri, düz yüzeye göre daha yüksek elde edilebildiği görülmüştür. Hareketli yüzey L_1'in pürüzlü yapısının olumlu etkisi olabilmektedir. Balmumu ve kozalaklı numuneye göre 4000 ve 8000 Hz.de daha yüksektir.

Numune 20b: Balmumu, çam sakızı ve küçük parçalara ayrılmış kozalak ile hazırlanan numunede ölçülen ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.46'da verilmiştir.

Tablo 4.46. Numune 20b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	16,53	16,90
1000	15,59	17,23
2000	23,70	21,66
4000	46,10	36,90
8000	40,75	30,56

Tablo 4.46'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.56'da verilmiştir.



Şekil 4.56. Numune 20b: L_2 Odasına Göre Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

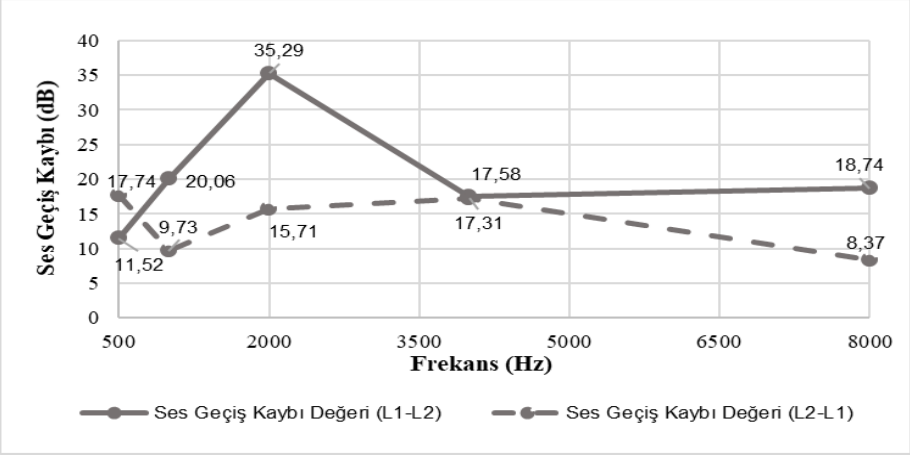
Şekil 4.56'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 4000-8000 Hz. frekans aralığında 23 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 23,70 dB, L_2-L_1 değeri 21,66 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 46,10 dB, L_2-L_1 değeri 36,90 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,75 dB, L_2-L_1 değeri 30,56 dB'dir. 4000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Balmumu, çamsakızı ve küçük parçalara ayrılmış kozalak karışımından dolayı hareketli yüzey daha pürüzlü olabileceği gibi diğer yüzeyde de pürüzlü yüzeyler bulunabilmektedir. Buna bağlı olarak da 2000, 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında L_1-L_2 değeri daha yüksek olarak elde edilmiştir.

Numune 21: 25 mm kalınlığında her iki yüzeyi aynı olan heraklit malzemesi de numune olarak kullanılmıştır. Bu numunenin deney kutusuna yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.47'de verilmiştir.

Tablo 4.47. Numune 21: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	11,52	17,74
1000	20,06	9,73
2000	35,29	15,71
4000	17,58	17,31
8000	18,74	8,37

Tablo 4.47'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.57'de verilmiştir.



Şekil 4.57. Numune 21: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

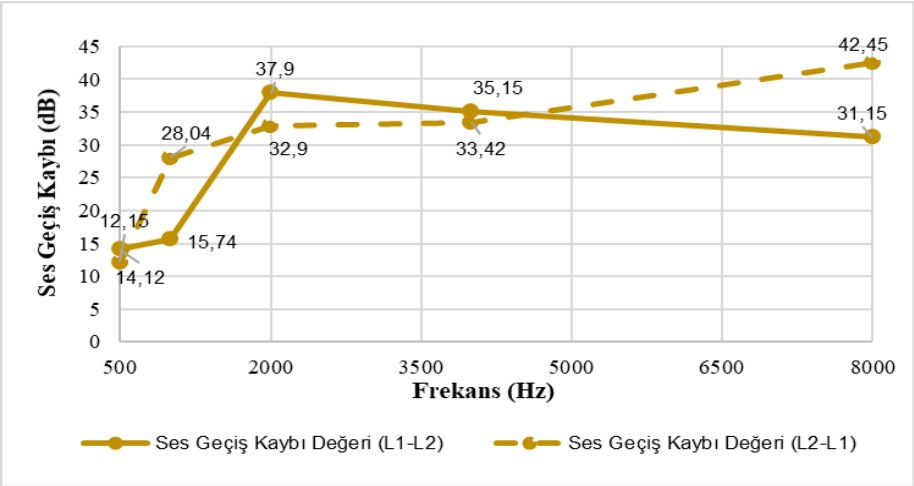
Şekil 4.57'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında; 10 dB'nin üzerinde değerler, 2000 Hz'de L_1-L_2 değeri 35,29 dB, L_2-L_1 değeri 15,71 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 17,58 dB, L_2-L_1 değeri 17,31 dB'dir. 8000 Hz'de L_1-L_2 değeri 18,74 dB, L_2-L_1 değeri 8,37 dB en yüksek değerin 2000 Hz. frekansında 35,29 dB olduğu tespit edilmiştir. Heraklit numunesi, çimento ve ahşap talaşı karışımından imal edilen bir ürün olup her iki yüzeyi düzdür. Her iki yüzeyin düz olmasına rağmen yüzeydeki boşluklar farklılık gösterebilmektedir. 2000 ve 8000 Hz. frekanslarında daha yüksek değerlerin elde edilebildiği görülmüştür.

Numune 22: 10 mm kalınlığında MDF (Medium Density Fiberboard) malzemeden üretilmiş olan malzemenin her iki yüzeyi aynı olup boyasızdır. Bu numunenin deney kutusuna yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.48'de verilmiştir.

Tablo 4.48. Numune 22: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	14,12	12,15
1000	15,74	28,04
2000	37,90	32,90
4000	35,15	33,42
8000	31,15	42,45

Tablo 4.48'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.58'de verilmiştir.



Şekil 4.58. Numune 22: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

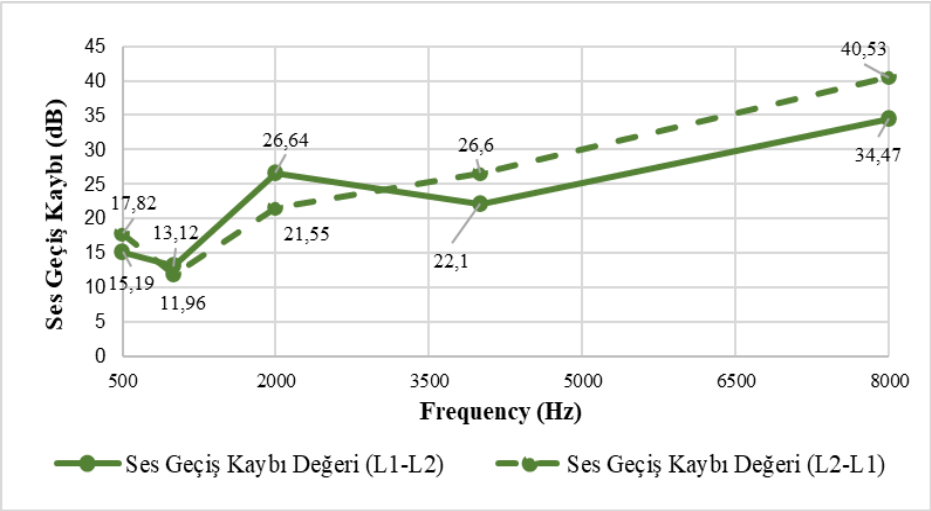
Şekil 4.58'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında; 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,90 dB, L_2-L_1 değeri 32,90 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 35,15 dB, L_2-L_1 değeri 33,42 dB ve 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 35,15 dB, L_2-L_1 değeri 33,42 dB, 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 31,15 dB, L_2-L_1 değeri 42,45 dB'dir. En yüksek değerin 8000 Hz. frekansında 42,45 dB olduğu tespit edilmiştir.

Numune 23: 20 mm kalınlığında alçıpan, alçı ve kömür karışımıyla hazırlanan numunenin her iki yüzeyi aynıdır. Bu numunenin deney kutusuna yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.49'da verilmiştir.

Tablo 4.49. Numune 23: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	15,19	17,82
1000	13,12	11,96
2000	26,64	21,55
4000	22,10	26,60
8000	34,47	40,53

Tablo 4.49'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.59'da verilmiştir.



Şekil 4.59. Numune 23: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.59'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerlerinin (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında; 15 dB'nin üzerinde olup en yüksek değerin 8000 Hz. frekansında 33,73 dB olduğu tespit edilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 26,64 dB, L_2-L_1 değeri 21,55 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 22,10 dB, L_2-L_1 değeri 26,60 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 34,47 dB, L_2-L_1 değeri 40,53 dB olup en yüksek değerin 8000 Hz. frekansında olduğu tespit edilmiştir.

Yukarıda bilgileri verilen numunelerden, ses geçiş kaybı değerlerine göre değerlendirme yapılmış olup kompozit numune hazırlanarak deney yapma aşamasına geçilmiştir. Kompozit yapıların hazırlanmasında en az iki malzeme kullanılacağı ve düzgün sabit duruşun sağlanabilmesi için Şekil 4.60'daki numune standı tasarlanmıştır.

Şekil 4.60. Numune Standı

Şekil 4.60'daki numune standı, hiçbir yüzeyi boyalı olmayan MDF (Medium Density Fiberboard) malzemeden üretilmiş olup her iki yandaki parçalar düz ve sabit durabilecek şekilde tasarlanmıştır. Tabanda her biri 2 cm genişliğinde olan 4 kanal bulunmaktadır. Bu kanalların 2 cm olmasının nedeni, test edilecek numunelerin rahat

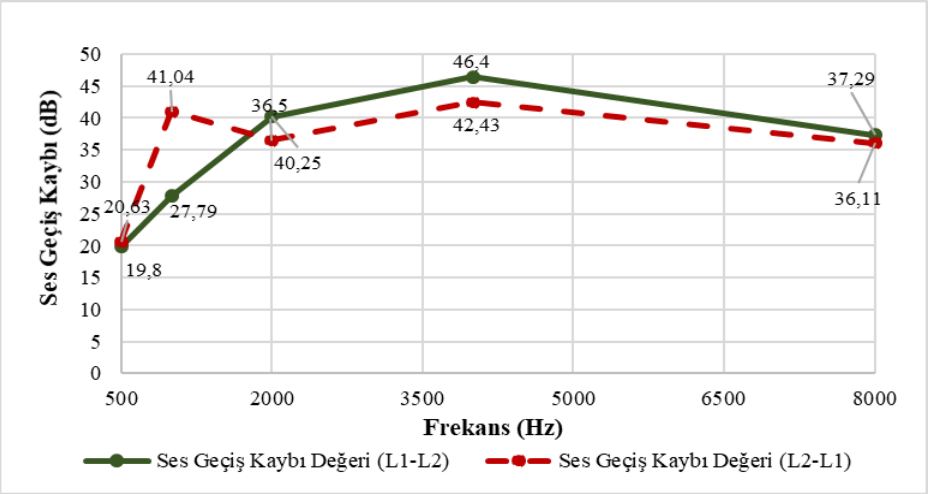
bir şekilde yerleşimini sağlamaktır. Ölçümler esnasında, yan parçaların yüzeyinde ve tabanda pamuk vb. malzemeler kullanılabilecektir. Bunun nedeni, frekansa bağlı olarak meydana gelebilecek titreşimleri engellemektir. Birden fazla kanal olmasının nedeni de farklı sayılarla yerleşim sayısı kombinasyonlar üretip çok fazla sayıda numune test edebilmektir. Bahsedilen bu düzenekte test edilen numuneler aşağıda verilmiştir.

Numune 24a: Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu hareketli yüzey L_1'de (solda), 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak hareketli yüzey L_2'de (sağda) ve aradaki mesafenin 5 cm olması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.50'de verilmiştir.

Tablo 4.50. Numune 24a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	19,80	20,63
1000	27,79	41,04
2000	40,25	36,50
4000	46,40	42,43
8000	37,29	36,11

Tablo 4.50'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafikleri Şekil 4.61'de verilmiştir.



Şekil 4.61. Numune 24a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.61'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 27,79 dB, L_2-L_1 değeri 41,04 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri

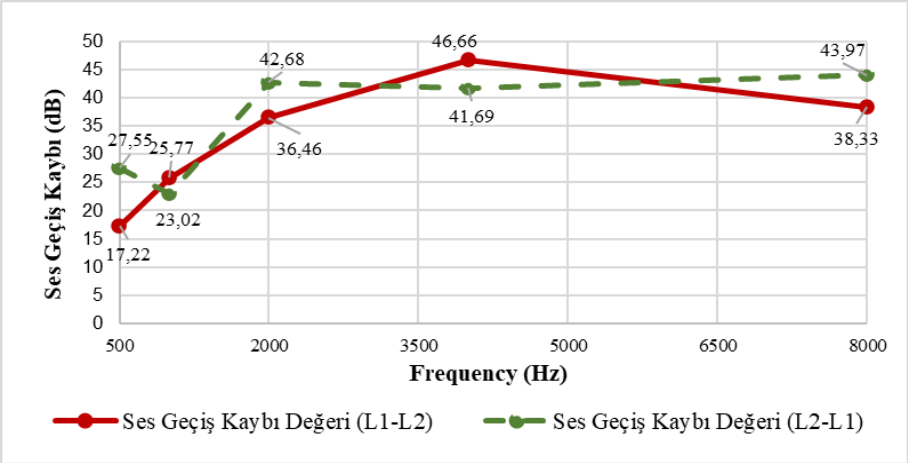
40, 25 dB, L_2-L_1 değeri 36,50 dB'dir. 4000 Hz'de L_1-L_2 değeri 46,40 dB, L_2-L_1 değeri 42,43 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,29 dB, L_2-L_1 değeri 36,11 dB olduğu 4000 Hz. frekanslarında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 24b: Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu hareketli yüzey L_2'de (sağda), 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak hareketli yüzey L_1'de olması (solda) ve aradaki mesafenin 5 cm olması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.51'de verilmiştir.

Tablo 4.51. Numune 24b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	17,22	27,55
1000	25,77	23,02
2000	36,46	42,68
4000	46,66	41,69
8000	38,33	43,97

Tablo 4.51'de görülen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.62'de verilmiştir.



Şekil 4.62. Numune 24b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.62'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 23 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 36,46 dB, L_2-L_1 değeri 42,68 dB olduğu olduğu 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 46,66 dB, L_2-L_1 değeri 41,69 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,33 dB, L_2-L_1 değeri 43,97 dB'dir. 4000 Hz. frekansında yüksek değerlerin elde edilebileceği

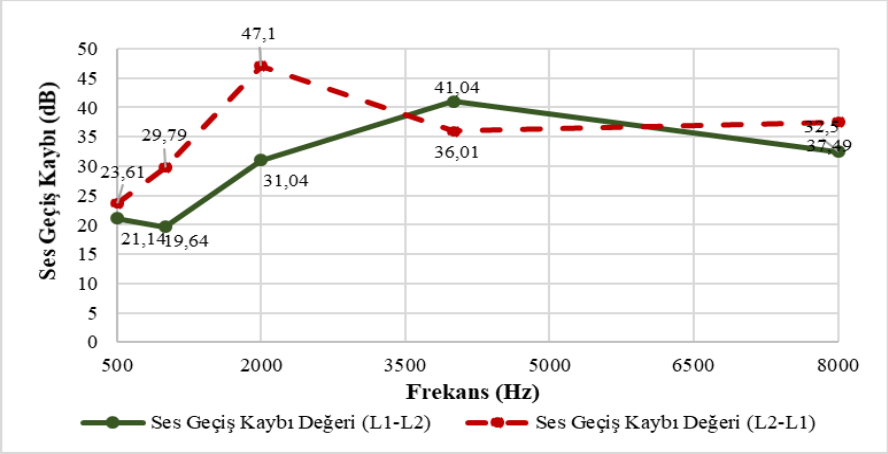
görülmüştür. Numune 24b'deki değerler, Numune24a'ya göre bir miktar düşük çıkmıştır. Numune odalarının alanının farklı olmasından kaynaklanabilmektedir.

Numune 25a: Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu hareketli yüzey L_1'de (solda), 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak hareketli yüzey L_2'de (sağda), iki numune arasında 5 cm mesafe olması ve her iki numune arasına pamuk yerleştirilerek kompozit malzeme oluşturulmuştur. Ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.52'de verilmiştir.

Tablo 4.52. Numune 25a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	21,14	23,61
1000	19,64	29,79
2000	31,04	47,10
4000	41,04	36,01
8000	32,50	37,49

Tablo 4.52'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafikleri Şekil 4.63'de verilmiştir.



Şekil 4.63. Numune 25a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.63'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 22 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 19,64 dB, L_2-L_1 değeri 29,79 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 31,04 dB, L_2-L_1 değeri 47,10 dB, 4000 Hz'de L_1-L_2 değeri 41,04 dB, L_2-L_1 değeri 36,01

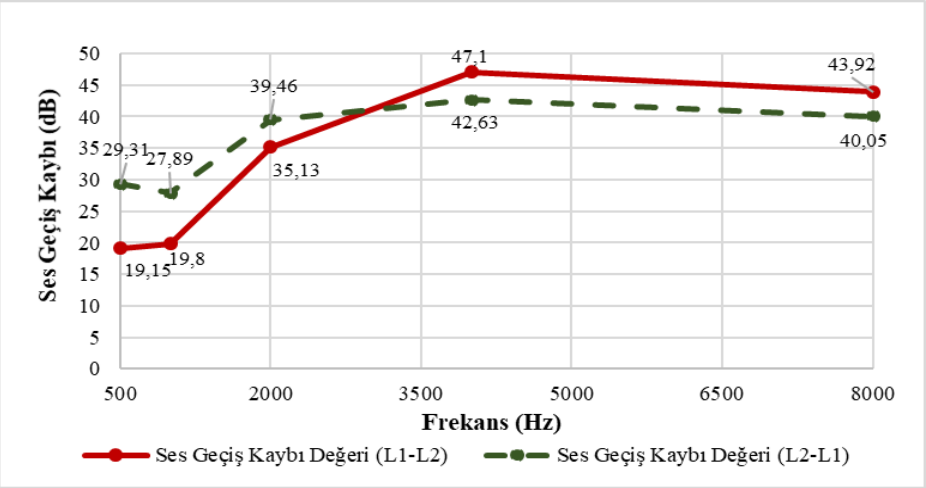
dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 32,50 dB, L_2-L_1 değeri 37,49 dB olduğu 2000 Hz. frekanslarında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 25b: Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu hareketli yüzey L_2'de (sağda), 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak hareketli yüzey L_1'de (solda), iki numune arasında 5 cm mesafe olması ve iki numune arasına pamuk yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.53'de verilmiştir.

Tablo 4.53. Numune 25b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	19,15	29,31
1000	19,80	27,89
2000	35,13	39,46
4000	47,10	42,63
8000	43,92	40,05

Tablo 4.53'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.64'de verilmiştir.



Şekil 4.64. Numune 25b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.64'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 28 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 35,13 dB, L_2-L_1 değeri 39,46 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 47,10 dB, L_2-L_1 değeri 42,63 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 43,92 dB, L_2-L_1 değeri 40,05 dB olup 4000 Hz. frekanslarında en yüksek değerin elde edilebileceği

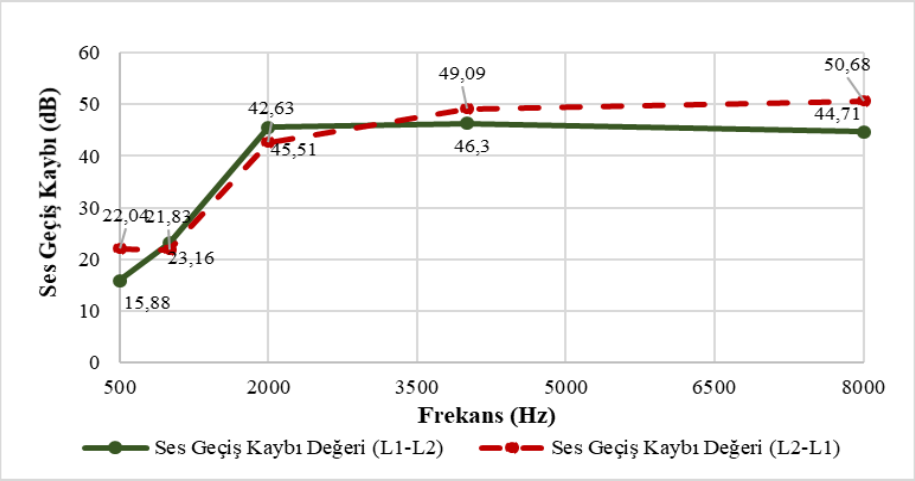
görülmüştür. Numune 25a ve Numune 25b'de alçıpanlı numunelerin arasındaki boşlukta pamuk bulunmasının, ses geçiş kaybı değerlerine olumlu katkısı olmuştur.

Numune 26a: Alçıpan, alçı ve konkav şekilde ceviz kabuğu hareketli yüzey L_1'de (solda), alçıpan, alçı ve kozalak yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de (sağda) ve iki numune arasında 5 cm mesafe olacak şekilde yerleştirilen kompozit numuneye ait ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.54'de verilmiştir. İki numune arasındaki mesafe 5 cm'dir.

Tablo 4.54. Numune 26a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	15,88	22,04
1000	23,16	21,83
2000	45,51	42,63
4000	46,30	49,09
8000	44,71	50,68

Tablo 4.54'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafikleri Şekil 4.65'de verilmiştir.



Şekil 4.65. Numune 26a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.65'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 35 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 45,51 dB, L_2-L_1 değeri 42,63 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 46,30 dB, L_2-L_1 değeri 49,09 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 44,71 dB, L_2-L_1 değeri 50,68 dB'dir. 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında en yüksek değerlerin elde edilebileceği

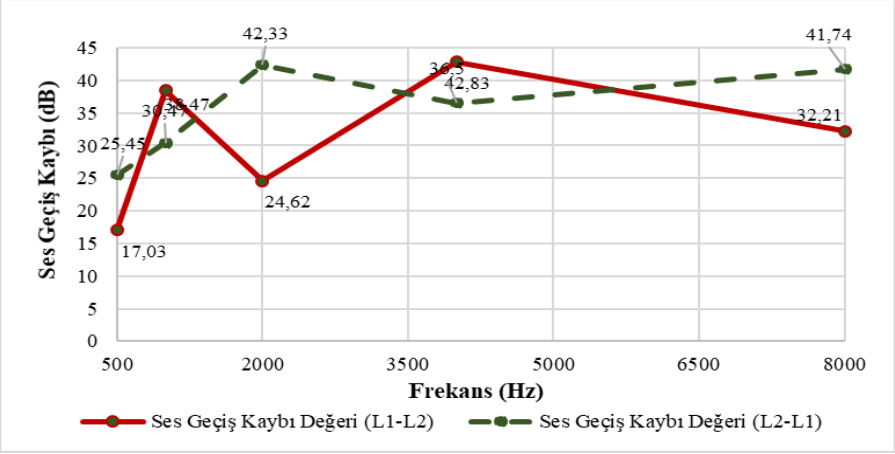
görülmüştür. Ceviz kabuklarının iç bükey şekilde yerleştirilmesiyle bir miktar rezonatör etki göstermiş olmasından ve yumurta şekilli numune kullanılmasından dolayı numune 25a'dan (dış bükey şekilde yerleşime göre) daha yüksek değerler elde edilebilmiştir.

Numune 26b: Alçıpan, alçı ve konkav şekilde ceviz kabuğu hareketli yüzey L_2'de (sağda), alçıpan, alçı ve kozalak yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de (solda) ve iki numune arası 5 cm olacak şekilde yerleştirilen kompozit numuneye ait ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.55'de verilmiştir.

Tablo 4.55. Numune 26b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	17,03	25,45
1000	38,47	30,47
2000	24,62	42,33
4000	42,83	36,50
8000	32,21	41,74

Tablo 4.55'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.66'da verilmiştir.



Şekil 4.66. Numune 26b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.66'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 1000-8000 Hz. frekans aralığında 35 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,47 dB, L_2-L_1 değeri 30,47 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 24,62 dB, L_2-L_1 değeri 42,33 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 42,83 dB, L_2-L_1 değeri 36,50

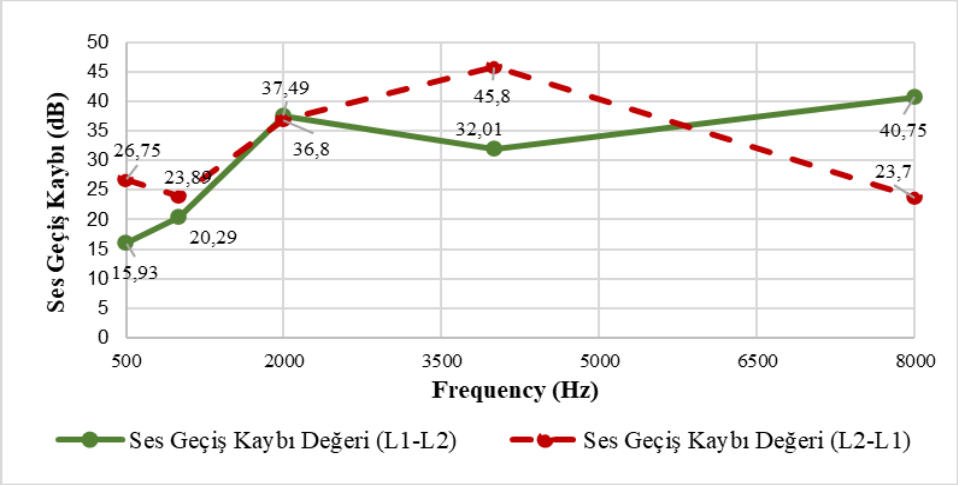
dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 32,21 dB, L_2-L_1 değeri 41,74 dB olduğu 2000, 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında yüksek değerlerin elde edilebileceği görülmüştür. Yumurta şekilli yüzeyin yapısından kaynaklı olarak; 2000 Hz.'de L_2-L_1 değerinin, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değerinin daha yüksek olabileceği tespit edilmiştir. Değerler 26a numunesi ile yakın çıkmıştır.

Numune 27a: Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu hareketli yüzey L_1'de (solda), alçıpan, alçı, kozalak yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de (sağda) olacak şekilde yerleştirilip iki numune arasındaki mesafe 5 cm dir. Hazırlanan numunede ölçülen ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.56'da verilmiştir.

Tablo 4.56. Numune 27a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	15,93	26,75
1000	20,29	23,89
2000	37,49	36,80
4000	32,01	45,80
8000	40,75	23,70

Tablo 4.56'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.67'de verilmiştir.



Şekil 4.67. Numune 27a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.67'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 24 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,49 dB, L_2-L_1 değeri 36,80 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri

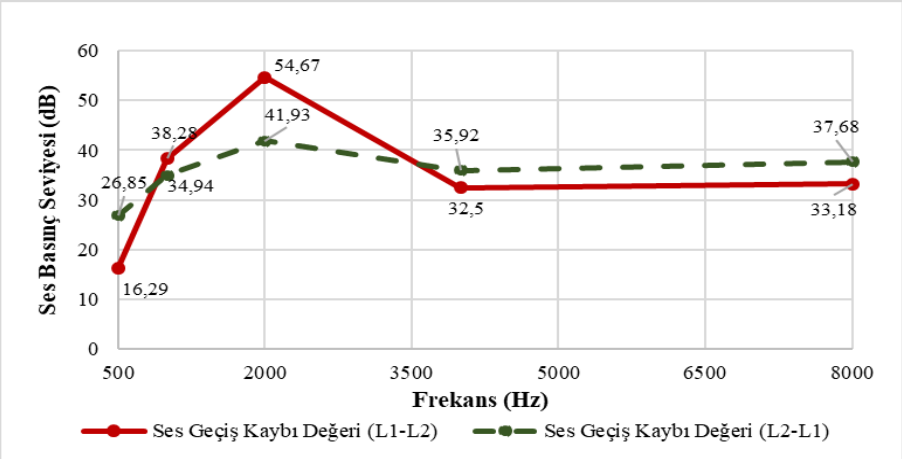
32,01 dB, L_2-L_1 değeri 45,80 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,75 dB, L_2-L_1 değeri 23,70 dB'dir. 4000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Her iki numune L_1 odasına bakacak şekilde yerleştirilmiş olup numunelerin yüzey yapılarına bağlı olarak 8000 Hz.de L_1-L_2 değerinin, 4000 Hz.'de L_2-L_1 değerinin daha yüksek olabileceği tespit edilmiştir.

Numune 27b: Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu hareketli Yüzey L_2'de (sağda), 4 cm kalınlığında alçıpan, alçı, kozalak yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de (solda) olacak şekilde yerleştirilip iki numune arasındaki mesafe 5 cm dir. Hazırlanan numunede ölçülen ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.57'de verilmiştir.

Tablo 4.57. Numune 27b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	16,29	26,85
1000	38,28	34,94
2000	54,67	41,93
4000	32,50	35,92
8000	33,18	37,68

Tablo 4.57'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafikleri Şekil 4.68'de verilmiştir.



Şekil 4.68. Numune 27b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.68'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 30 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir.

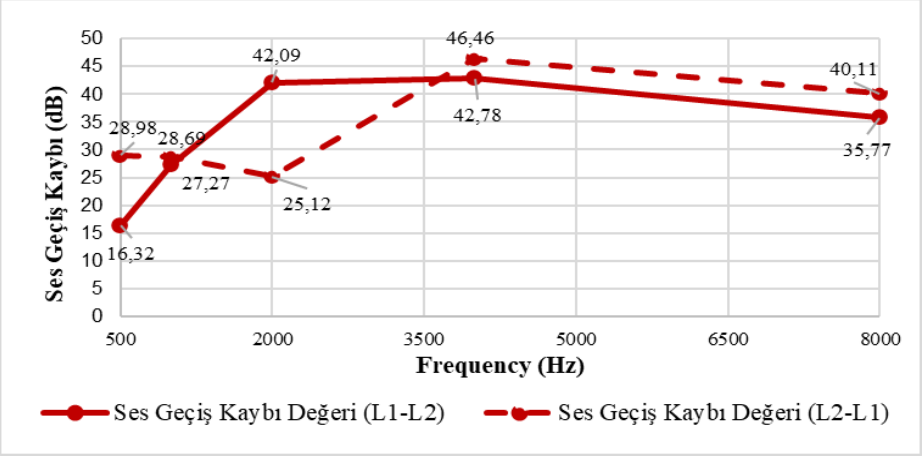
1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,28 dB, L_2-L_1 değeri 34,94 dB, 2000 Hz'de L_1-L_2 değeri 54,67 dB, L_2-L_1 değeri 41,93 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 32,50 dB, L_2-L_1 değeri 35,92 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 33,18 dB, L_2-L_1 değeri 37,68 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Yumurta şekilli yüzeyin yapısından kaynaklı olarak 2000 Hz.'de L_1-L_2 değerinin daha yüksek olabileceği tespit edilmiştir. Numunelerin yönlerinin aynı olması durumunda etkisinin araştırıldığı Numune 27a ve 27b numunelerinde 500 Hz.'den sonra 20 dB'in üzerinde değerlerin elde edilebildiği görülmüştür.

Numune 28a: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak hareketli yüzey L_1'de (solda), 4 cm kalınlığında alçıpan, alçı, kozalak yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de (sağda) olacak şekilde yerleştirilip iki numune arasındaki mesafe 5 cm dir. Hazırlanan numunede ölçülen ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.58'de verilmiştir.

Tablo 4.58. Numune 28a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	16,32	28,98
1000	27,27	28,69
2000	42,09	25,12
4000	42,78	46,46
8000	35,77	40,11

Tablo 4.58'de görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.69'da verilmiştir.



Şekil 4.69. Numune 28a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

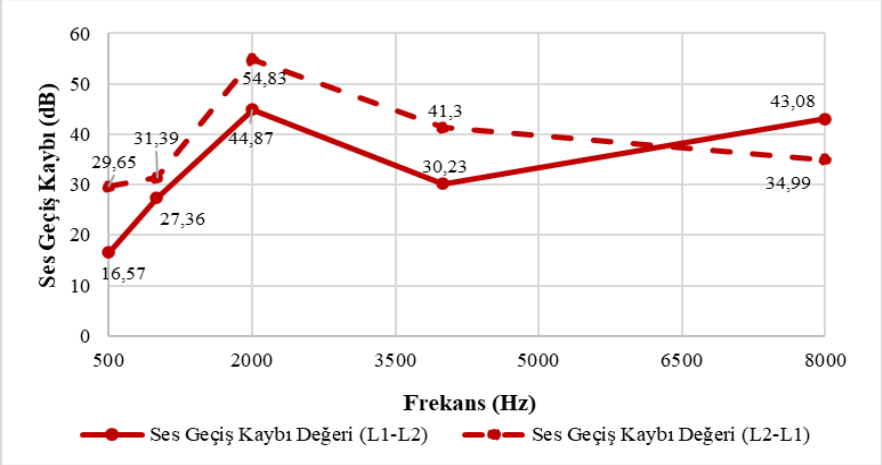
Şekil 4.69'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 27 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 27,27 dB, L_2-L_1 değeri 28,69 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 42,09 dB, L_2-L_1 değeri 25,12 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 42,78 dB, L_2-L_1 değeri 46,46 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 35,77 dB, L_2-L_1 değeri 40,11 dB olup 4000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Her iki numunenin aynı odaya bakacak şekilde yerleştirilmesi sonucunda, 2000 Hz.'de diğer frekanslara göre daha yüksek değerlerin elde edilebildiği görülmüştür.

Numune 28b: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak hareketli yüzey L_2'de (sağda), 4 cm kalınlığında alçıpan, alçı, kozalak yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de (solda) olacak şekilde yerleştirilip iki numune arasındaki mesafe 5 cm dir. Hazırlanan numunede ölçülen ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.59'da verilmiştir.

Tablo 4.59. Numune 28b: Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	16,57	29,65
1000	27,36	31,39
2000	44,87	54,83
4000	30,23	41,30
8000	43,08	34,99

Tablo 4.59'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafikleri Şekil 4.70'de verilmiştir.



Şekil 4.70. Numune 28b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.70'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 23 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 27,36 dB, L_2-L_1 değeri 31,39 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 44,87 dB, L_2-L_1 değeri 54,83 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 30,23 dB, L_2-L_1 değeri 41,30 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 43,08 dB, L_2-L_1 değeri 34,99 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Kozalaklı numune sağda ve yumurta şekilli olan solda ve her iki numune aynı odaya bakacak şekilde yerleştirilip test edildiğinde kozalaklı ve yumurta şekilli yüzeye bağlı olarak 2000 Hz.'de diğer frekanslara göre ses geçiş kaybı değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yukarıda test edilen numunelere ait değerler ve hesaplamalar analiz edildiğinde, numunelerin yönlerinin değiştirilip iki numune arasına farklı materyallerin yerleştirilmesi durumunda daha iyi verilerin tespit edilebileceği öngörülmüştür. Bu yüzden numunelerle varyasyonlar üretilerek deneysel çalışmalara devam edilmiştir. Test değerlerine göre ses geçiş kaybı değerlerinin teorik olarak hesaplanmasında Eşitlik (4.5) kullanılmaktadır. Eşitlik (4.5) aşağıda verilmiştir (Koçyiğit,2020:6).

$$STL = L_{p1} - L_{p2} + 10.\log\left(\frac{S}{A}\right) \quad (4.5)$$

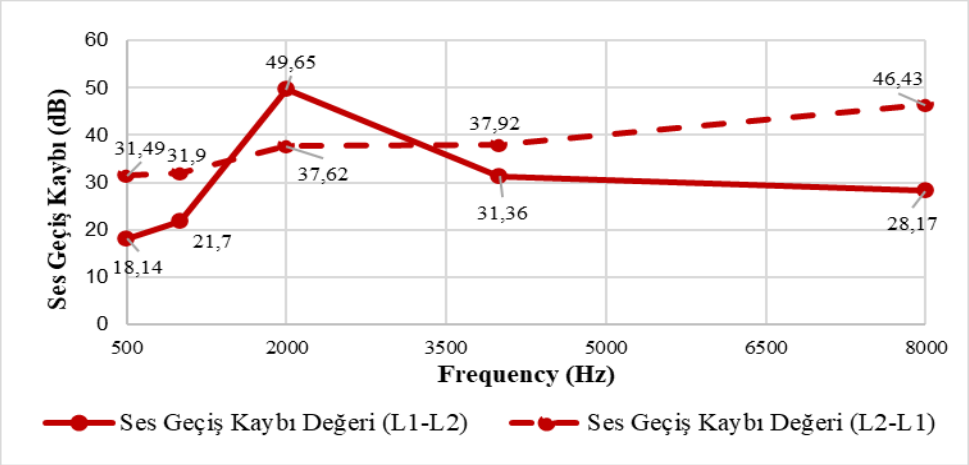
STL: Ses İletim Kaybı (Sound Transmission Loss)
L_1: Kaynak odasındaki ortalama ses basınç düzeyi (dB)
L_2: Alıcı odasındaki ortalama ses basınç düzeyi (dB)
S : Test malzemesinin yüzey alanı (m^2)
A: Alıcı odasındaki eşdeğer yutum alanı (m^2)

Numune 29a: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, (hareketli yüzey L_1'de, solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_1'de, sağda) iki numune arasındaki mesafenin 75 mm olması durumunda geçiş kaybı değerleri Tablo 4.60'da verilmiştir.

Tablo 4.60. Numune 29a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	18,14	31,49
1000	21,70	31,90
2000	49,65	37,62
4000	31,36	37,92
8000	28,17	46,43

Tablo 4.60'da görülen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.71'de verilmiştir.



Şekil 4.71. Numune 29a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

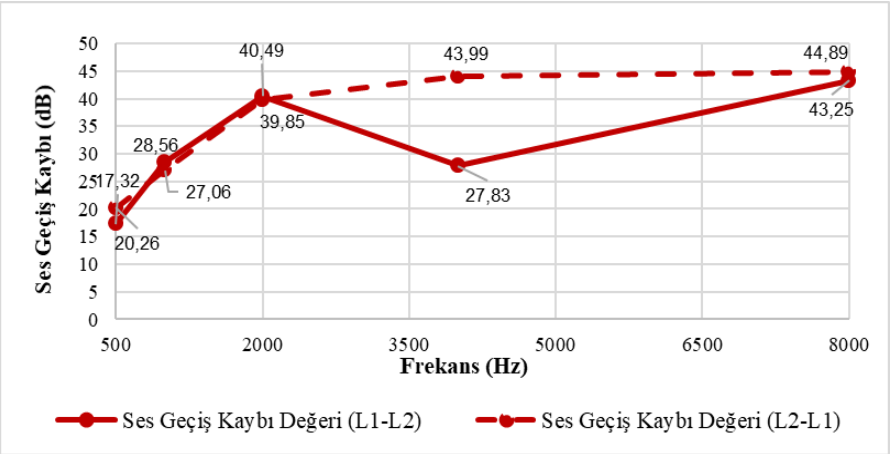
Şekil 4.71'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında; 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 21,70 dB, L_2-L_1 değeri 31,90 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 49,65 dB, L_2-L_1 değeri 37,62 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 31,36 dB, L_2-L_1 değeri 37,92 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 28,17 dB, L_2-L_1 değeri 46,43 dB'dir. 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Her iki numunenin hareketli yüzeylerinin L_1'e bakacak şekilde yerleştirilip arada 75 mm mesafe bulunması durumunda, 2000 Hz.'de değerin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Numune 29b: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, (hareketli yüzey L_2'de, sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_2'de, solda) ve iki numune arasındaki mesafe 75 mm'dir. Ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.61'de verilmiştir.

Tablo 4.61. Numune 29b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	17,32	20,26
1000	28,56	27,06
2000	40,49	39,85
4000	27,83	43,99
8000	43,25	44,89

Tablo 4.61'de verilen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.72'de verilmiştir.



Şekil 4.72. Numune 29b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

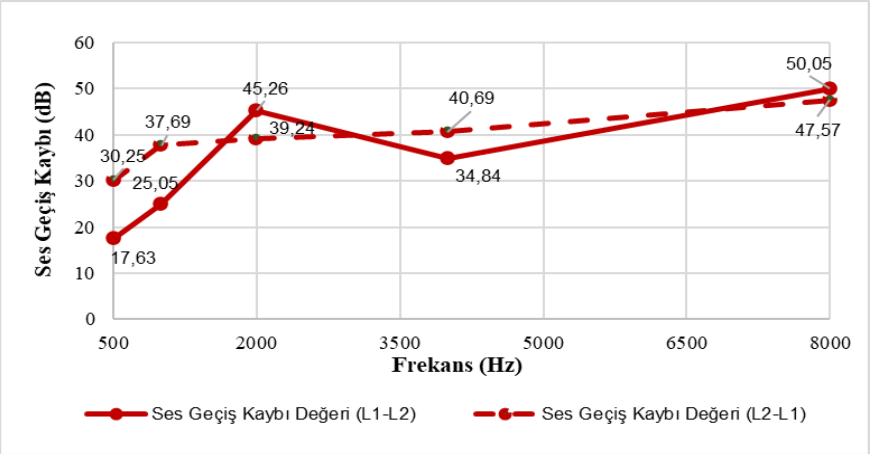
Şekil 4.72'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 28,56 dB, L_2-L_1 değeri 27,06 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,49 dB, L_2-L_1 değeri 39,85 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 27,83 dB, L_2-L_1 değeri 43,99 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 43,25 dB, L_2-L_1 değeri 44,89 dB'dir. 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında en yüksek değerlerin elde edilebileceği görülmüştür. Her iki numunenin hareketli yüzeylerinin L_1'e bakacak şekilde yerleştirilip arada 75 mm mesafe bulunması durumunda, 4000 ve 8000 Hz. gibi yüksek frekanslarda L_2-L_1 değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Numune 29a'da 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri daha yüksektir.

Numune 30a: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, (hareketli yüzey L_1'de, solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli, (hareketli yüzey L_1'de sağda) ve her iki numune arasındaki mesafe 75 mm'dir. Bu iki numune arasına 2 adet yaklaşık 1'er cm kalınlığında keçe yerleştirilmiştir. Ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.62'de verilmiştir.

Tablo 4.62. Numune 30a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	17,63	30,25
1000	25,05	37,69
2000	45,26	39,24
4000	34,84	40,69
8000	50,05	47,57

Tablo 4.62'de verilen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.73'de verilmiştir.



Şekil 4.73. Numune 30a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

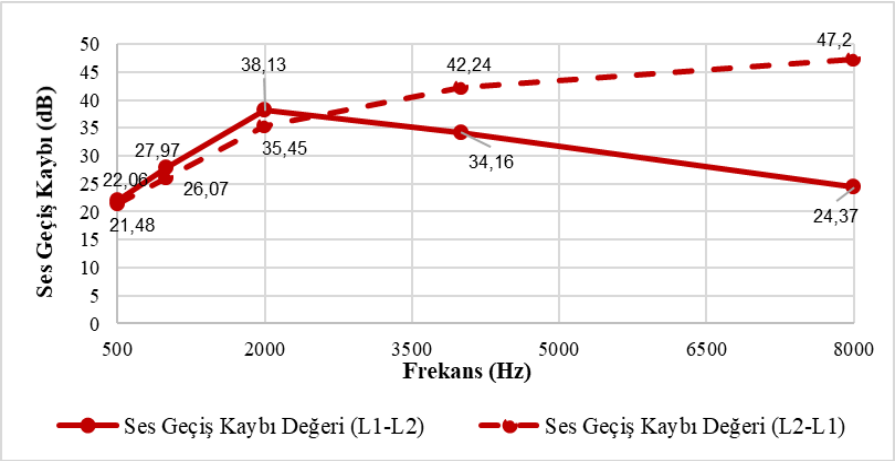
Şekil 4.73'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 25,05 dB, L_2-L_1 değeri 37,69 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 45,26 dB, L_2-L_1 değeri 39,24 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 34,84 dB, L_2-L_1 değeri 40,69 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 50,05 dB, L_2-L_1 değeri 47,57 dB'dir. 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Kompozit numunede keçe kullanıldığında 500 Hz.'de ses iletim kaybı değeri 30 dB'e yükselmiştir.

Numune 30b: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, (hareketli yüzey L_2'de, sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli, (hareketli yüzey L_2'de, solda) ve her iki numune arasına 2 adet yaklaşık 1'er cm kalınlığında keçe yerleştirilmiştir. İki numune arasındaki mesafe 75 mm'dir. Ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.63'de verilmiştir.

Tablo 4.63. Numune 30b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	22,06	21,48
1000	27,97	26,07
2000	38,13	35,45
4000	34,16	42,24
8000	24,37	47,20

Tablo 4.63'de verilen ses geçiş kaybı değerlerin grafiği Şekil 4.74'de verilmiştir.



Şekil 4.74. Numune 30b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

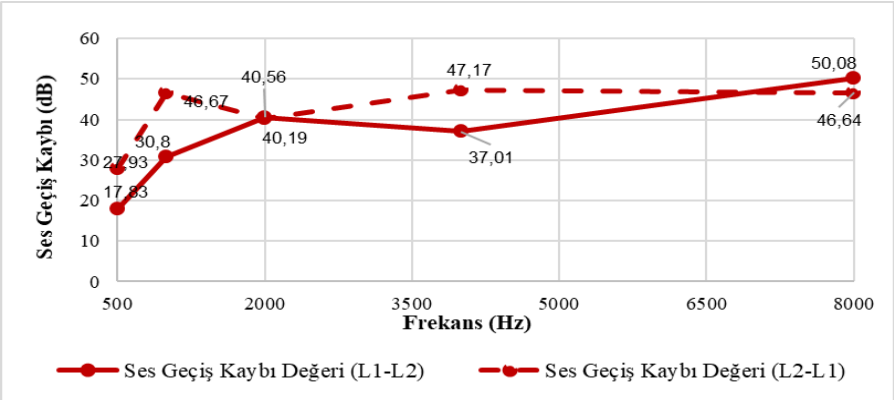
Şekil 4.74'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz'de L_1-L_2 değeri 27,97 dB, L_2-L_1 değeri 26,07 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,13 dB, L_2-L_1 değeri 35,45 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 34,16 dB, L_2-L_1 değeri 42,24 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 24,37 dB, L_2-L_1 değeri 47,20 dB'dir. 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Her iki numune L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirilip arada 2 adet %100 yün keçe bulunması durumunda 4000 ve 8000 Hz. gibi yüksek frekanslarda L_2-L_1 değerinin daha yüksek olabildiği tespit edilmiştir.

Numune 31a: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, (hareketli yüzey L_1'de, solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli, (hareketli yüzey L_1'de, sağda), her iki numune arasına heraklit (2,5 cm kalınlığında) yerleştirilmiştir. İki alçıpan içerikli numune arasındaki mesafe 75 mm'dir. Ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.64'de verilmiştir.

Tablo 4.64. Numune 31a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	17,83	27,93
1000	30,80	46,67
2000	40,56	40,19
4000	37,01	47,17
8000	50,08	46,64

Tablo 4.64'de verilen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.75'de verilmiştir.



Şekil 4.75. Numune 31a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

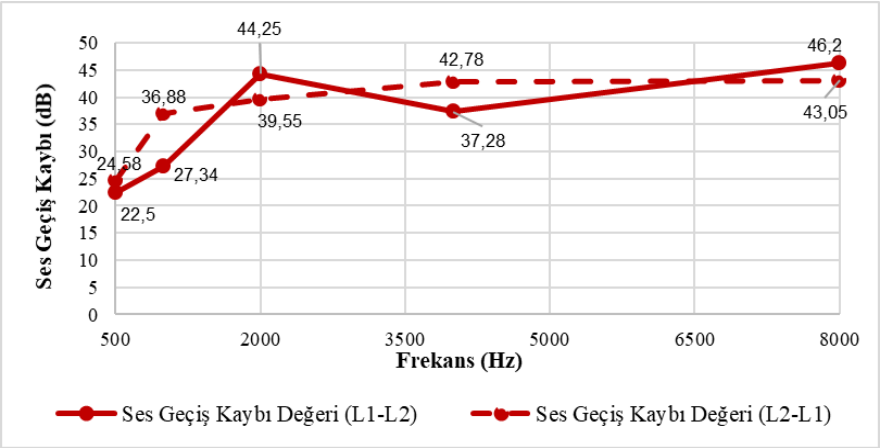
Şekil 4.75'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz'de L_1-L_2 değeri 30,80 dB, L_2-L_1 değeri 46,67 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,56 dB, L_2-L_1 değeri 40,19 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,01 dB, L_2-L_1 değeri 47,17 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 50,08 dB, L_2-L_1 değeri 46,64 dB'dir. 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 31b: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, (hareketli yüzey L_2'de, sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli, (hareketli yüzey L_2'de, solda) ve her iki numune arasına 2,5 cm kalınlığında heraklit yerleştirilmiştir. İki numune arasındaki mesafe 75 mm'dir. Ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.65'de verilmiştir.

Tablo 4.65. Numune 31b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	22,50	24,58
1000	27,34	36,88
2000	44,25	39,55
4000	37,28	42,78
8000	46,20	43,05

Tablo 4.65'de verilen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.76'da verilmiştir.



Şekil 4.76. Numune 31b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

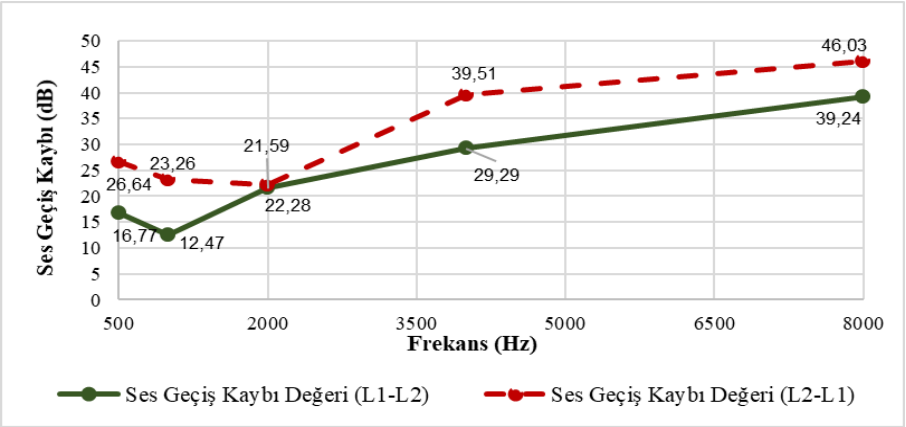
Şekil 4.76'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında; 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 27,34 dB, L_2-L_1 değeri 36,88 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 44,25 dB, L_2-L_1 değeri 39,55 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,28 dB, L_2-L_1 değeri 42,78 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 46,20 dB, L_2-L_1 değeri 43,05 dB'dir. 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Numune 31a'da, Numune 31b'ye göre daha yüksek çıkmıştır.

Numune 32a: 1,5 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve konveks ceviz kabuğu (hareketli yüzey L_1'de solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_1'de, sağda) olacak şekilde yerleştirilmiştir. İki numune arası mesafe 75 mm' dir. Ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.66'da verilmiştir.

Tablo 4.66. Numune 32a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	16,77	26,64
1000	12,47	23,26
2000	21,59	22,28
4000	29,29	39,51
8000	39,24	46,03

Tablo 4.66'da ses geçiş kaybı verilen değerlerin grafiği Şekil 4.77'de verilmiştir.



Şekil 4.77. Numune 32a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

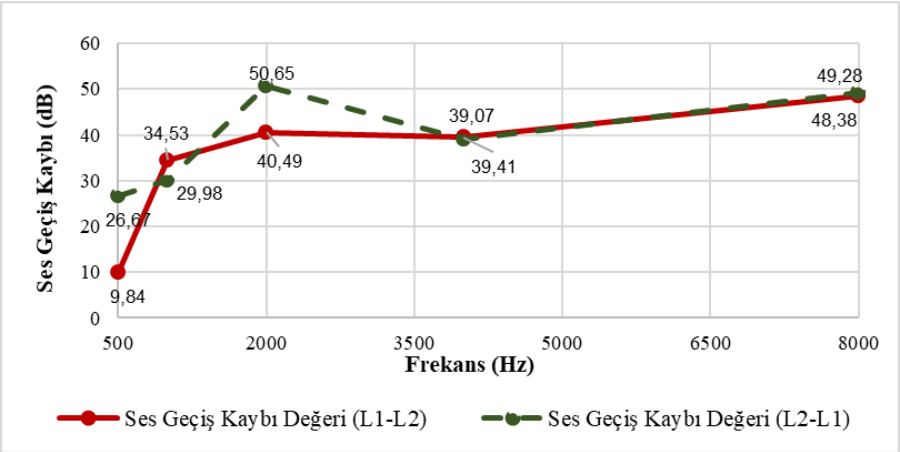
Şekil 4.77'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 21,59 dB, L_2-L_1 değeri 22,28 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 29,29 dB, L_2-L_1 değeri 39,51 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 39,24 dB, L_2-L_1 değeri 46,03 dB'dir. 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 32b: 1,5 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve konveks ceviz kabuğu, (hareketli yüzey L_2'de, sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_2'de, solda) ve iki numune arası mesafe 75 mm'dir. Bu numunede ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.67'de verilmiştir.

Tablo 4.67. Numune 32b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	9,84	26,67
1000	34,53	29,98
2000	40,49	50,65
4000	39,41	39,07
8000	48,38	49,28

Tablo 4.67'de verilen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.78'de verilmiştir.



Şekil 4.78. Numune 32b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

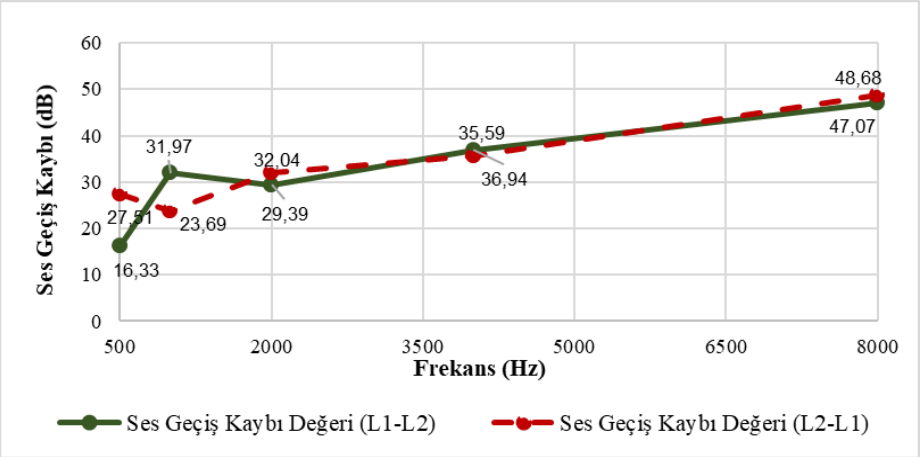
Şekil 4.78'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz'de L_1-L_2 değeri 34,53 dB, L_2-L_1 değeri 29,98 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,49 dB, L_2-L_1 değeri 50,65 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 39,41 dB, L_2-L_1 değeri 39,07 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 48,38 dB, L_2-L_1 değeri 49,28 dB olduğu 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Her iki numunenin hareketli yüzeyinin L_2, düz yüzeylerinin L_1 odasına bakması durumunda ses geçiş kaybının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Numune 32a'ya göre 2000 Hz.'de en yüksek değerin elde edilebilmesinde L_1 ve L_2 odalarının alanının az da olsa farklı olmasından dolayı değişkenlikler gözlenebilmektedir.

Numune 33a: 1,5 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve konveks ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_1'de, solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de, sağda olacak şekilde yerleştirilmiştir. İki numune arası mesafe 75 mm olup arada 1'er cm kalınlığında iki adet %100 yün keçe bulunmaktadır. Ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.68'de verilmiştir.

Tablo 4.68. Numune 33a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	16,33	27,51
1000	31,97	23,69
2000	29,39	32,04
4000	36,94	35,59
8000	47,07	48,68

Tablo 4.68'de verilen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.79'da verilmiştir.



Şekil 4.79. Numune 33a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

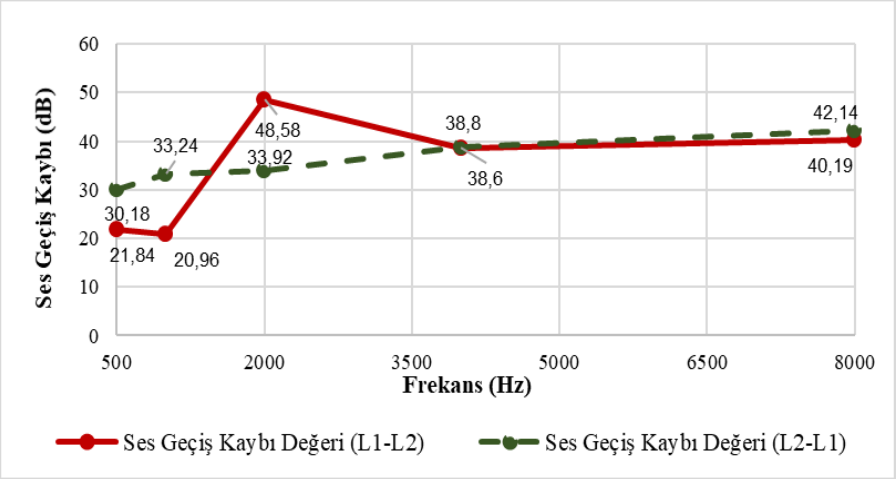
Şekil 4.79'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 31,97 dB, L_2-L_1 değeri 23,69 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 29,39 dB, L_2-L_1 değeri 32,04 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 36,94 dB, L_2-L_1 değeri 35,59 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 47,07 dB, L_2-L_1 değeri 48,68 dB olduğu 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 33b: 1,5 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve konveks ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_2'de sağda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de solda olacak yerleştirilmiştir. İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 1'er cm kalınlığında iki adet keçe olması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.69'da verilmiştir.

Tablo 4.69. Numune 33b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	21,84	30,18
1000	20,96	33,24
2000	48,58	33,92
4000	38,60	38,80
8000	40,19	42,14

Tablo 4.69'da verilen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.80'de verilmiştir.



Şekil 4.80. Numune 33b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

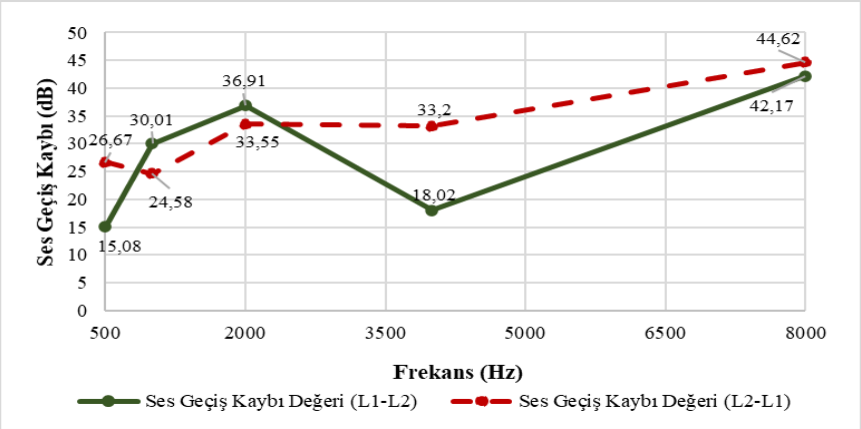
Şekil 4.80'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 20,96 dB, L_2-L_1 değeri 33,24 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 48,58 dB, L_2-L_1 değeri 33,92 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,60 dB, L_2-L_1 değeri 38,80 dB'dir. 8000 Hz'de L_1-L_2 değeri 40,19 dB, L_2-L_1 değeri 42,14 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Ceviz kabuklarının konveks şekilde dizilimi ve yumurta şekilli numunelerin hareketli yüzeyleri L_2 odasına göre yerleştirildiğinde 2000 ve 8000 Hz. frekanslarındaki STL değerlerinin, diğer frekanslardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Numune 34a: 1,5 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve konveks ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de sağda olacak şekilde yerleştirilmiştir. İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2,5 cm kalınlığında heraklit bulunması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.70'de verilmiştir.

Tablo 4.70. Numune 34a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	15,08	26,67
1000	30,01	24,58
2000	36,91	33,55
4000	18,02	33,20
8000	42,17	44,62

Tablo 4.70'de verilen ses geçiş kaybı değerlerin grafiği Şekil 4.81'de verilmiştir.



Şekil 4.81. Numune 34a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

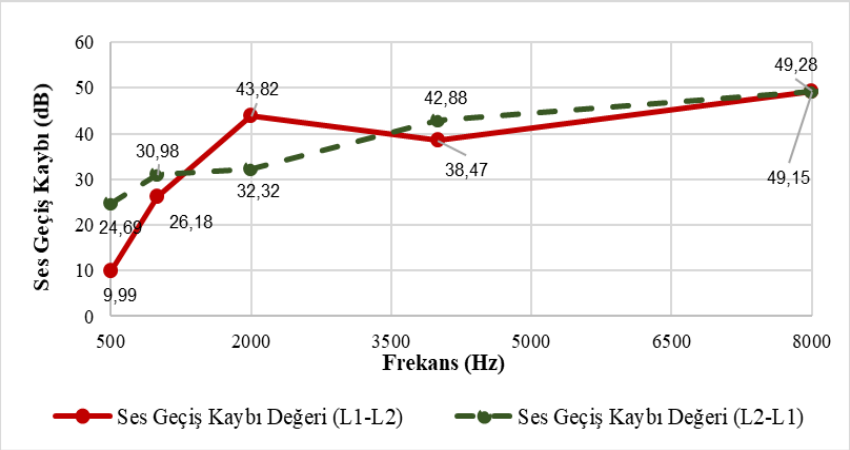
Şekil 4.81'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz'de L_1-L_2 değeri 30,01 dB, L_2-L_1 değeri 24,58 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 36,91 dB, L_2-L_1 değeri 33,55 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 18,02 dB, L_2-L_1 değeri 33,20 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 42,17 dB, L_2-L_1 değeri 44,62 dB'dir. 4000 ve 8000 Hz. frekansında en yüksek değerlerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 34b: 1,5 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve konveks ceviz kabuğu, (hareketli yüzey L_2'de, sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_2'de, solda) ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2,5 cm kalınlığında heraklit bulunması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.71'de verilmiştir.

Tablo 4.71. Numune 34b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)
500	9,99	24,69
1000	26,18	30,98
2000	43,82	32,32
4000	38,47	42,88
8000	49,15	49,28

Tablo 4.71'de verilen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.82'de verilmiştir.



Şekil 4.82. Numune 34b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.82'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde olduğu görülmüştür. 1000 Hz'de L_1-L_2 değeri 26,18 dB, L_2-L_1 değeri 30,98 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 43,82 dB, L_2-L_1 değeri 32,32 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,47 dB, L_2-L_1 değeri 42,88 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 49,15 dB, L_2-L_1 değeri 49,28 dB'dir. 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Her iki numunenin düz yüzeylerinin L_2 odasına bakacak şekilde yerleşmesi ve arada heraklit bulunması durumunda 2000 Hz. frekansında, L_1-L_2 değerinin, 4000 ve 8000 Hz. frekanslarında L_2-L_1 değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Numune 34a ve Numune 34b'de 8000 Hz.de en yüksek değerler elde edilebilmiştir.

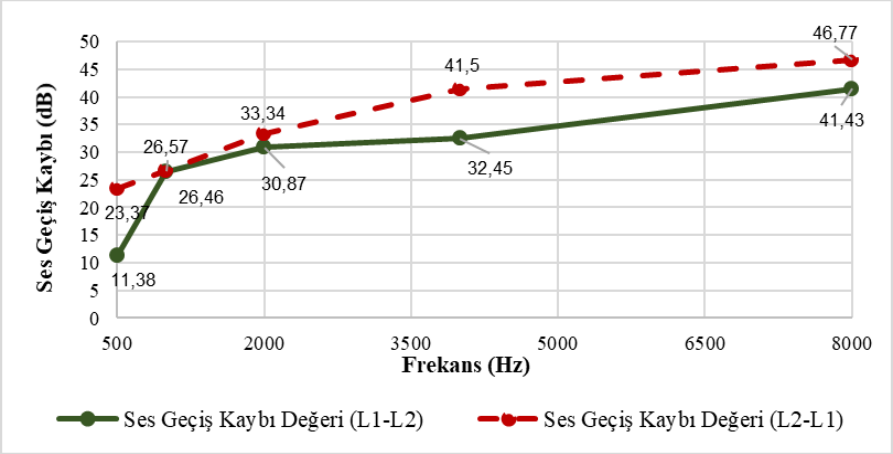
Numune 35a: 1,5 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve konveks ceviz kabuğu, (hareketli yüzey L_1'de, solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_1'de,

sağda). İki numune arası mesafe 75 mm, araya ceviz kabuklu numunenin ardından 2 adet 1'er cm %100 yün keçe ve sonrasında 2,5 cm kalınlığında heraklit, sonrasında yumurta şekilli numune yerleştirilerek ölçülen ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.72'de verilmiştir.

Tablo 4.72. Numune 35a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	11,38	23,37
1000	26,46	26,57
2000	30,87	33,34
4000	32,45	41,50
8000	41,43	46,77

Tablo 4.72'de verilen ses geçiş kaybı değerleri Şekil 4.83'de verilmiştir.



Şekil 4.83. Numune 35a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.83'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 26,46 dB, L_2-L_1 değeri 26,57 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 30,87 dB, L_2-L_1 değeri 33,34 dB, 4000 Hz'de L_1-L_2 değeri 32,45 dB, L_2-L_1 değeri 41,50 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 41,43 dB, L_2-L_1 değeri 46,77 dB'dir. 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

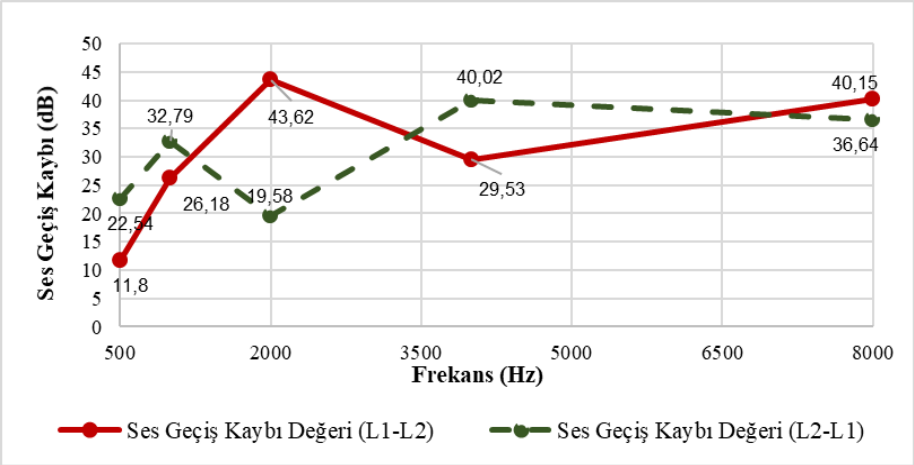
Numune 35b: 1,5 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve konveks ceviz kabuğu, (hareketli yüzey L_2'de, sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_2'de,

solda). İki numune arası mesafe 75 mm, araya ceviz kabuklu numunenin ardından 2 adet 1'er cm %100 yün keçe, ardından 2,5 cm kalınlığında heraklit, sonrasında yumurta şekilli numune yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.73'de verilmiştir.

Tablo 4.73. Numune 35b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	11,80	22,54
1000	26,18	32,79
2000	43,62	19,58
4000	29,53	40,02
8000	40,15	36,64

Tablo 4.73'de verilen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.84'da verilmiştir.



Şekil 4.84. Numune 35b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

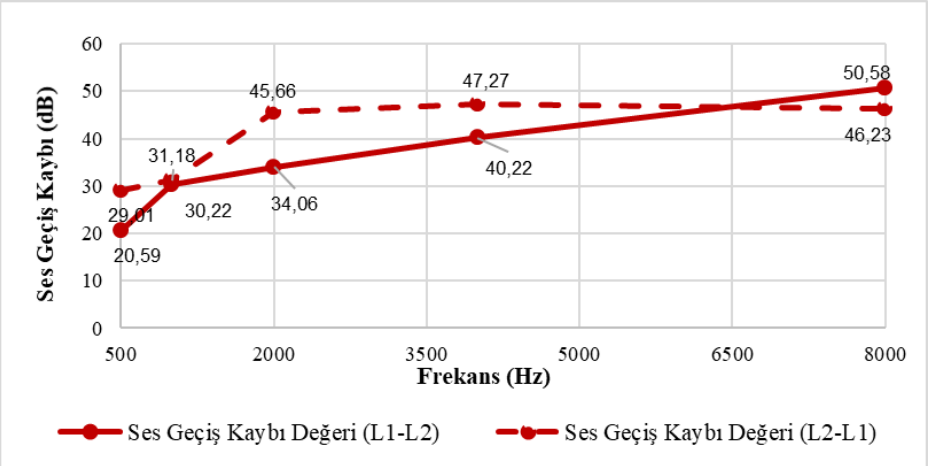
Şekil 4.84'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 26,18 dB, L_2-L_1 değeri 32,79 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 43,62 dB, L_2-L_1 değeri 19,58 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 29,53 dB, L_2-L_1 değeri 40,02 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,15 dB, L_2-L_1 değeri 36,64 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Numune 35a ve Numune 35b'de en yüksek değerler, 2000 Hz.'den sonra 40 dB'in üzerindedir.

Numune 36a: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de sağda olacak şekilde yerleştirilmiştir. İki numune arası mesafe 75 mm olduğunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.74'de verilmiştir.

Tablo 4.74. Numune 36a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	20,59	29,01
1000	30,22	31,18
2000	34,06	45,66
4000	40,22	47,27
8000	50,58	46,23

Tablo 4.74'de verilen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.85'de verilmiştir.



Şekil 4.85. Numune 36a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

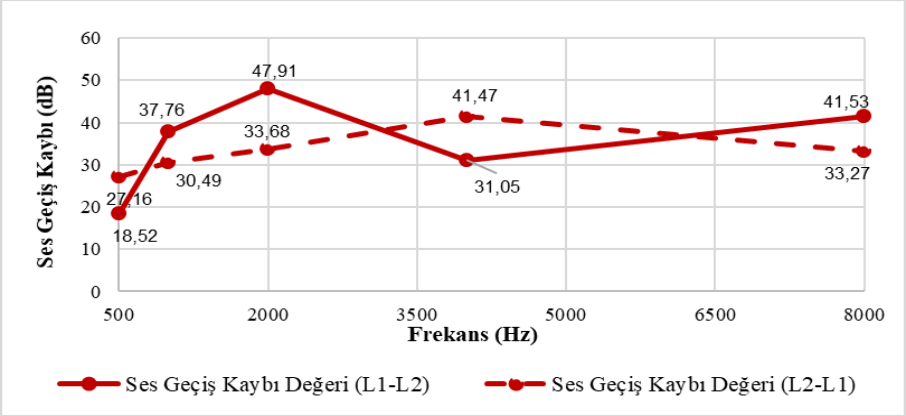
Şekil 4.85'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz'de L_1-L_2 değeri 30,22 dB, L_2-L_1 değeri 31,18 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 34,06 dB, L_2-L_1 değeri 45,66 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,22 dB, L_2-L_1 değeri 47,27 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 50,58 dB, L_2-L_1 değeri 46,23 dB olduğu 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 36b: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, (hareketli yüzey L_2'de, sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_1'de, solda) ve iki numune arası mesafe 75 mm olması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.75'de verilmiştir.

Tablo 4.75. Numune 36b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	18,52	27,16
1000	37,76	30,49
2000	47,91	33,68
4000	31,05	41,47
8000	41,53	33,27

Tablo 4.75'deki ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.86'da verilmiştir.



Şekil 4.86. Numune 36b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.86'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,76 dB, L_2-L_1 değeri 30,49 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 47,91 dB, L_2-L_1 değeri 33,68 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 31,05 dB, L_2-L_1 değeri 41,47 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 41,53 dB, L_2-L_1 değeri 33,27 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

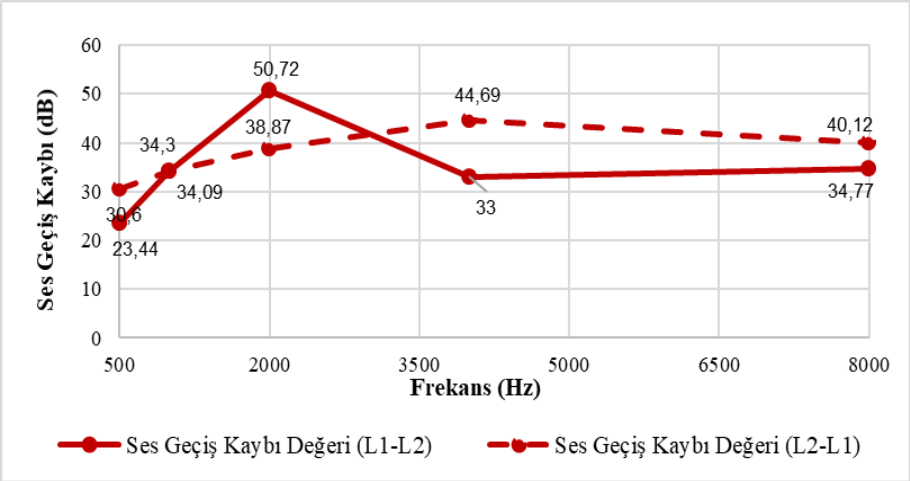
Numune 37a: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, (hareketli yüzey L_1'de, solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_2'de, sağda). iki numune

arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe bulunması durumunda hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.76'da verilmiştir.

Tablo 4.76. Numune 37a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	23,44	30,60
1000	34,30	34,09
2000	50,72	38,87
4000	33,00	44,69
8000	34,77	40,12

Tablo 4.76'da verilen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.87'de verilmiştir.



Şekil 4.87. Numune 37a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.87'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 34,30 dB, L_2-L_1 değeri 34,09 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 50,72 dB, L_2-L_1 değeri 38,87 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 33 dB, L_2-L_1 değeri 44,69 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 34,77 dB, L_2-L_1 değeri 40,12 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

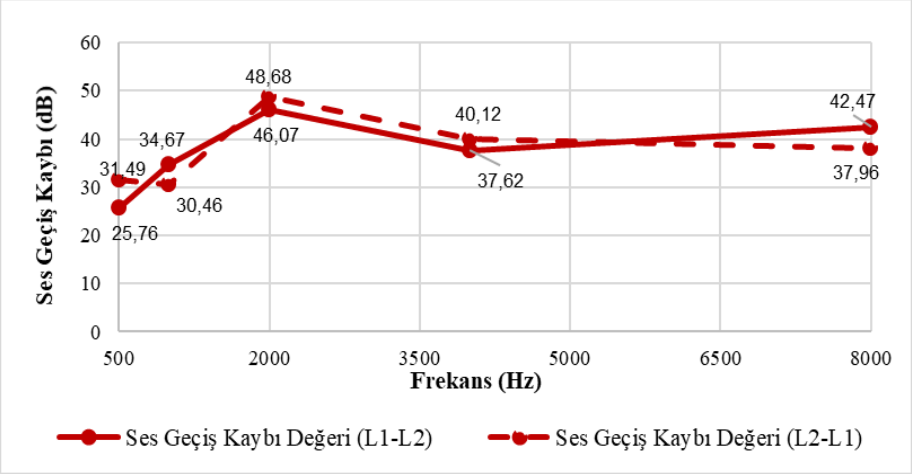
Numune 37b: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak (hareketli yüzey L_2'de sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli numune (hareketli yüzey L_1'de solda) olacak şekilde ve iki numune arası mesafe 75 mm olup iki numune arasına 2 adet 1'er cm

kalınlığında %100 yün keçe yerleştirildiğinde hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.77'de verilmiştir.

Tablo 4.77. Numune 37b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	25,76	31,49
1000	34,67	30,46
2000	46,07	48,68
4000	37,62	40,12
8000	42,47	37,96

Tablo 4.77'de verilen ses geçiş kaybı değerleri Şekil 4.88'de verilmiştir.



Şekil 4.88. Numune 37b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.88'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz'de L_1-L_2 değeri 34,67 dB, L_2-L_1 değeri 30,46 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 46,07 dB, L_2-L_1 değeri 48,68 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,62 dB, L_2-L_1 değeri 40,12 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 42,67 dB, L_2-L_1 değeri 37,96 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Numune 37a ile yakın değerler elde edilmiş olup en yüksek değerler 2000 Hz.'dedir.

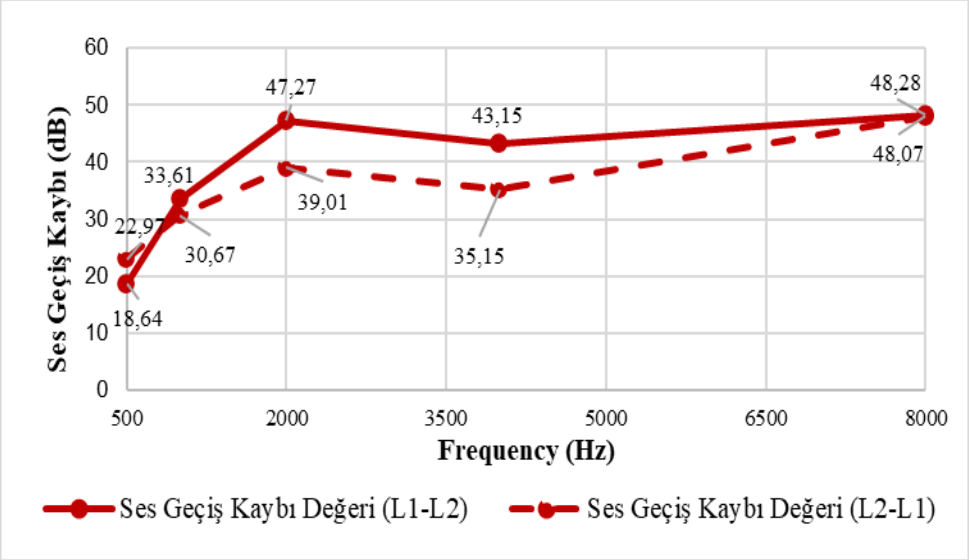
Numune 38a: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de sağdadır. İki numune

arasındaki mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve 2,5 cm kalınlığında heraklit yerleştirilmesiyle hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.78'de verilmiştir.

Tablo 4.78. Numune 38a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	18,64	22,97
1000	33,61	30,67
2000	47,27	39,01
4000	43,15	35,15
8000	48,28	48,07

Tablo 4.78'de verilen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.89'da verilmiştir.



Şekil 4.89. Numune 38a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.89'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 33,61 dB, L_2-L_1 değeri 30,67 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 47,27 dB, L_2-L_1 değeri 39,01 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 43,15 dB, L_2-L_1 değeri 35,15 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 48,28 dB, L_2-L_1 değeri 48,07 dB olduğu 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

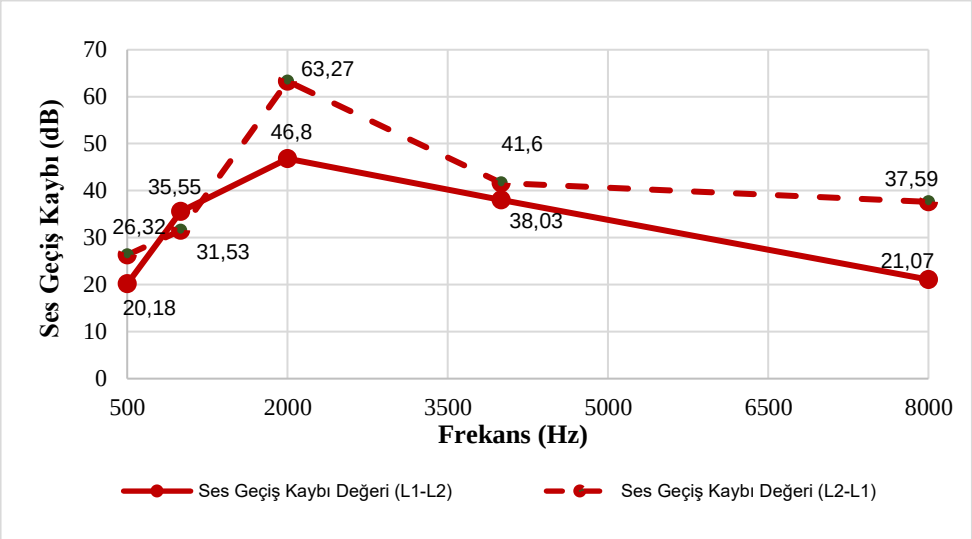
Numune 38b: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, hareketli yüzey L_2'de sağda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de solda olacak şekilde

yerleştirilmiştir. İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve 2,5 cm kalınlığında heraklit yerleştirilip hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.79'da verilmiştir.

Tablo 4.79. Numune 38b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	20,18	26,32
1000	35,55	31,53
2000	46,80	63,27
4000	38,03	41,60
8000	21,07	37,59

Tablo 4.79'da verilen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.90'da verilmiştir.



Şekil 4.90. Numune 38b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

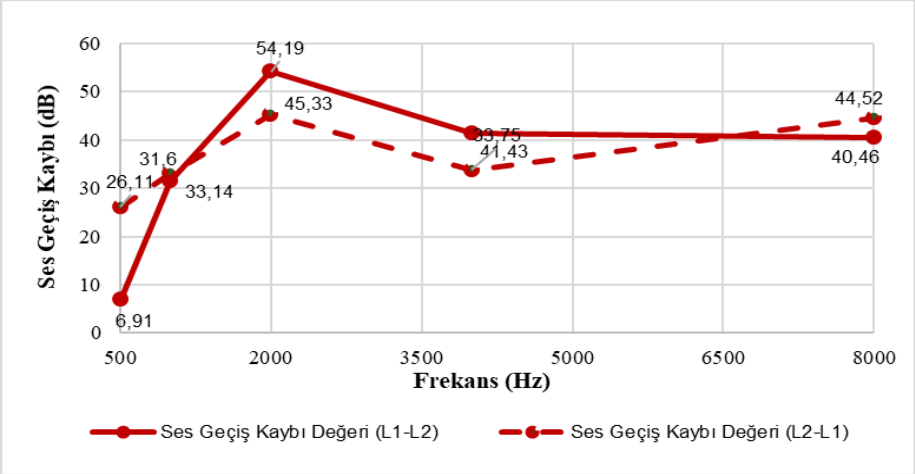
Şekil 4.90'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 35,55 dB, L_2-L_1 değeri 31,53 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 46,80 dB, L_2-L_1 değeri 63,27 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,03 dB, L_2-L_1 değeri 41,60 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 21,07 dB, L_2-L_1 değeri 37,59 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. 2000 ve 8000 Hz.'de diğer frekanslara göre değerin yüksek olmasının nedeni, her iki numunenin yüzeylerinin odalara bakacak şekilde yerleştirilmesinden kaynaklanabileceği tespit edilmiştir.

Numune 39a: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_2'de sağdadır). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2,5 cm kalınlığında heraklit yerleştirilmesiyle hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.80'de verilmiştir.

Tablo 4.80. Numune 39a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	6,91	26,11
1000	31,60	33,14
2000	54,19	45,33
4000	41,43	33,75
8000	40,46	44,52

Tablo 4.80'de verilen ses geçiş kaybı değerlerinin grafiği Şekil 4.91'de verilmiştir.



Şekil 4.91. Numune 39a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

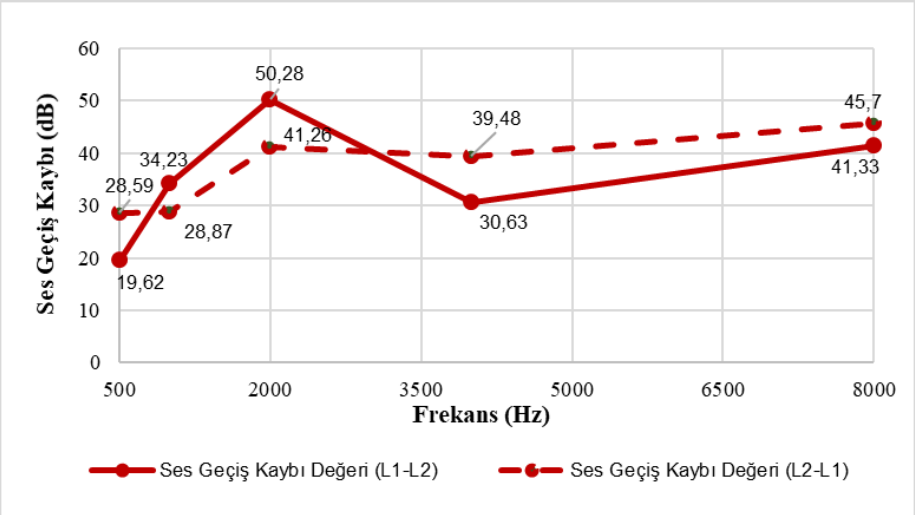
Şekil 4.91'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 31,60 dB, L_2-L_1 değeri 33,14 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 54,19 dB, L_2-L_1 değeri 45,33 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 41,43 dB, L_2-L_1 değeri 33,75 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,46 dB, L_2-L_1 değeri 44,52 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 39b: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, hareketli yüzey L_2'de sağda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de solda. İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2,5 cm kalınlığında heraklit bulunması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.81'de verilmiştir.

Tablo 4.81. Numune 39b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	19,62	28,59
1000	34,23	28,87
2000	50,28	41,26
4000	30,63	39,48
8000	41,33	45,70

Tablo 4.81' de verilen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.92'de verilmiştir.



Şekil 4.92. Numune 39b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.92'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz'de L_1-L_2 değeri 34,23 dB, L_2-L_1 değeri 28,87 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 50,28 dB, L_2-L_1 değeri 41,26 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 30,63 dB, L_2-L_1 değeri 39,48 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 41,33 dB, L_2-L_1 değeri 45,70 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Numune 39a'da da 2000 Hz.de en yüksek değerler elde edilebilmiştir. Kompozit numunelerde araya yerleştirilen

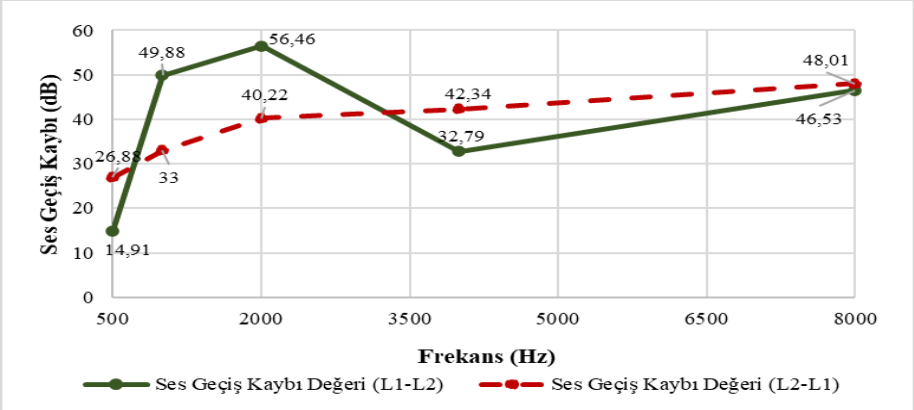
malzemenin taşıdığı özelliklere göre L_1 ve L_2 odalarının her ikisine göre yerleşimde aynı frekansta, diğer frekanslara göre yüksek verilerin ölçüldüğü görülebilmektedir.

Numune 40a: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı, konkav ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli, hareketli yüzey L_2'de sağda ve iki numune arası mesafe 75 mm olacak şekilde yerleştirildiğinde hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.82'de verilmiştir.

Tablo 4.82. Numune 40a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	14,91	26,88
1000	49,88	33,00
2000	56,46	40,22
4000	32,79	42,34
8000	46,53	48,01

Tablo 4.82'de verilen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.93'de verilmiştir.



Şekil 4.93. Numune 40a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

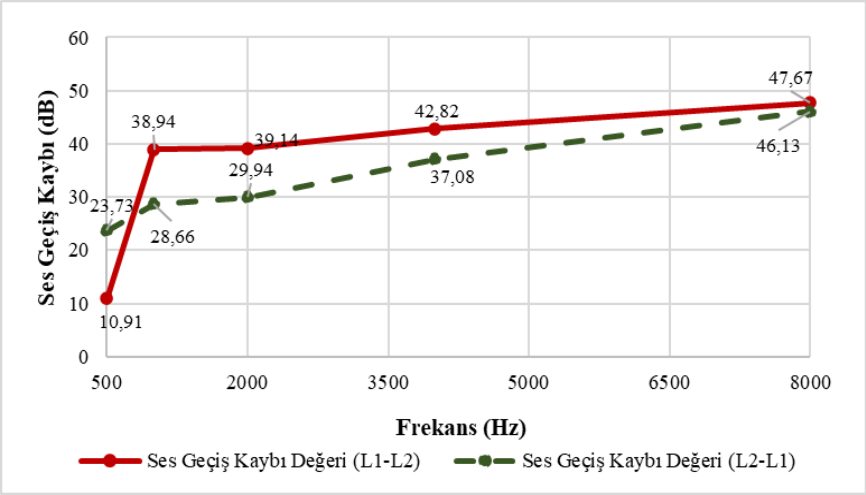
Şekil 4.93'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 49,88 dB, L_2-L_1 değeri 33 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 56,46 dB, L_2-L_1 değeri 40,22 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 32,79 dB, L_2-L_1 değeri 42,34 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 46,53 dB, L_2-L_1 değeri 48,01 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 40b: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu, (hareketli yüzey L_2'de sağda) ve 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_1'de solda) numunelerin arasındaki mesafe 75 mm olacak şekilde yerleştirildiğinde hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.83'de verilmiştir.

Tablo 4.83. 40b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	10,91	23,73
1000	38,94	28,66
2000	39,14	29,94
4000	42,82	37,08
8000	47,67	46,13

Tablo 4.83'deki ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.94'de verilmiştir.



Şekil 4.94. Numune 40b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

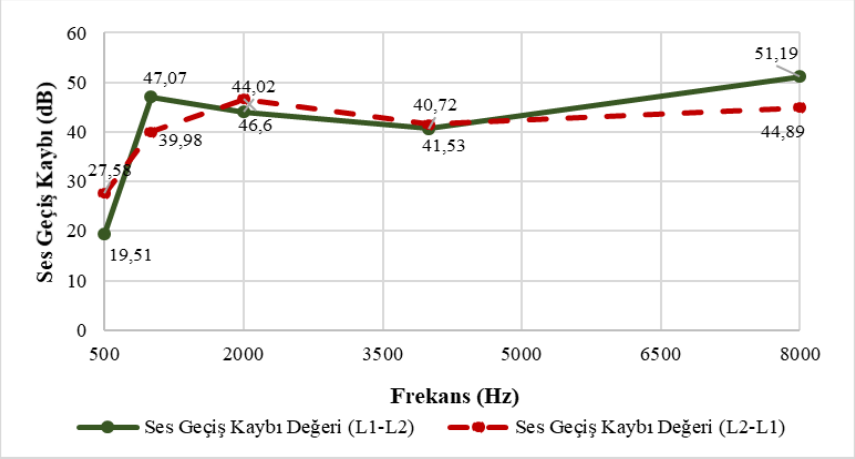
Şekil 4.94'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,94 dB, L_2-L_1 değeri 28,66 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 39,14 dB, L_2-L_1 değeri 29,94 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 42,82 dB, L_2-L_1 değeri 37,08 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 47,67 dB, L_2-L_1 değeri 46,13 dB olup en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. L_1 ve L_2 odalarının alanı ve yüzey yapısı, Numune 40a'da 2000 Hz.de en yüksek değerin elde edilebilmesinde etkili olabilmektedir.

Numune 41a: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de sağda ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe yerleştirilmesi durumunda hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.84'de verilmiştir.

Tablo 4.84. Numune 41a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	19,51	27,58
1000	47,07	39,98
2000	44,02	46,60
4000	40,72	41,53
8000	51,19	44,89

Tablo 4.84'de verilen ses geçiş kaybı değerleri Şekil 4.95'de verilmiştir.



Şekil 4.95. Numune 41a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

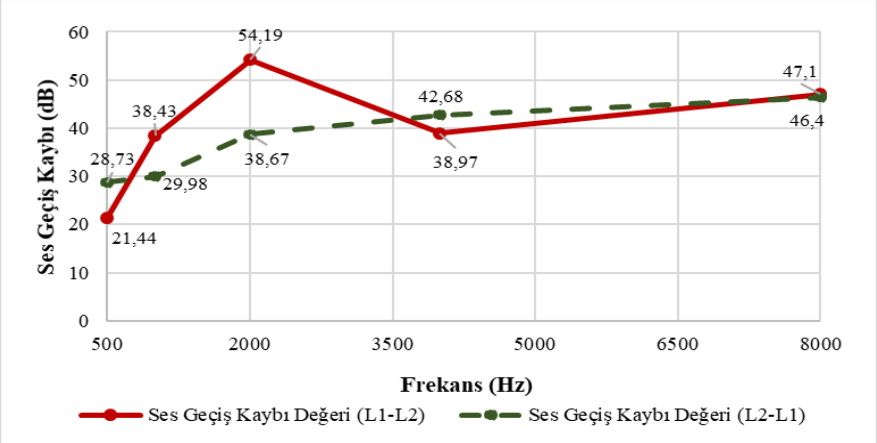
Şekil 4.95'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 47,07 dB, L_2-L_1 değeri 39,98 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 44,02 dB, L_2-L_1 değeri 46,60 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,72 dB, L_2-L_1 değeri 41,53 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 51,19 dB, L_2-L_1 değeri 44,89 dB olduğu 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 41b: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_2'de sağda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de solda ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe bulunması durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.85'de verilmiştir.

Tablo 4.85. Numune 41b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	21,44	28,73
1000	38,43	29,98
2000	54,19	38,67
4000	38,97	42,68
8000	47,10	46,40

Tablo 4.85'de verilen ses geçiş kaybı değerleri Şekil 4.96'da verilmiştir.



Şekil 4.96. Numune 41b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.96'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,43 dB, L_2-L_1 değeri 29,98 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 54,19 dB, L_2-L_1 değeri 38,67 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,97 dB, L_2-L_1 değeri 42,68 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 47,10 dB, L_2-L_1 değeri 46,40 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

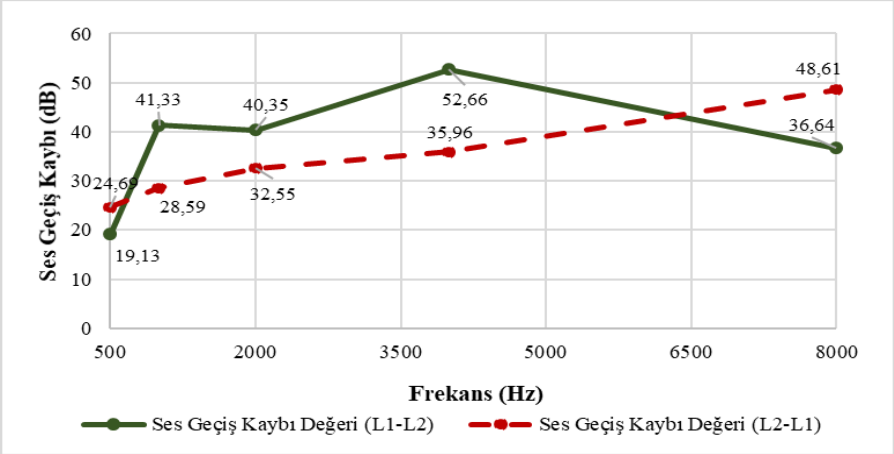
Numune 42a: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de sağda ve iki numune arası

mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve heraklit yerleştirilmesi durumunda hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.86'da verilmiştir.

Tablo 4.86. Numune 42a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	19,13	24,69
1000	41,33	28,59
2000	40,35	32,55
4000	52,66	35,96
8000	36,64	48,61

Tablo 4.86'da verilen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.97'de verilmiştir.



Şekil 4.97. Numune 42a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.97'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 41,33 dB, L_2-L_1 değeri 28,59 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,35 dB, L_2-L_1 değeri 32,55 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 52,66 dB, L_2-L_1 değeri 35,96 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 36,64 dB, L_2-L_1 değeri 48,61 dB olduğu 4000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

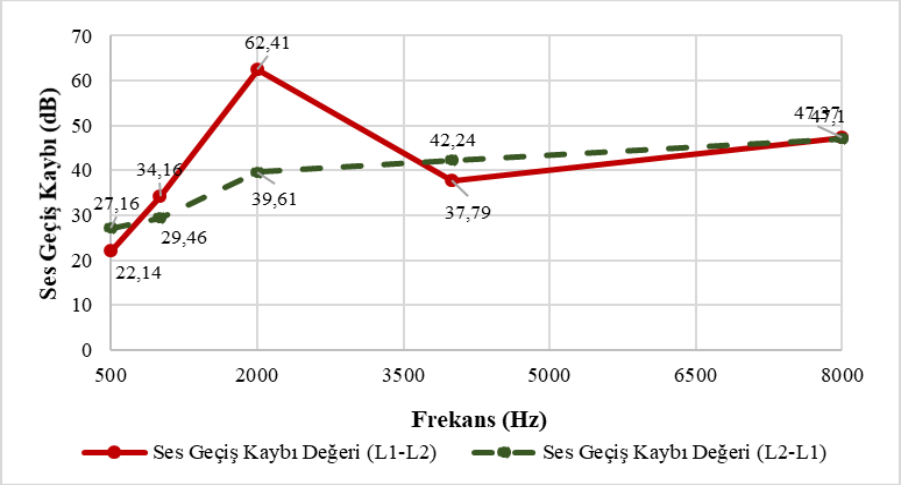
Numune 42b: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu hareketli yüzey L_2'de sağda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de solda ve iki numune arası

mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve heraklit yerleştirilmesi durumunda hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.87'de verilmiştir.

Tablo 4.87. Numune 42b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	22,14	27,16
1000	34,16	29,46
2000	62,41	39,61
4000	37,79	42,24
8000	47,37	47,10

Tablo 4.87'de verilen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.98'de verilmiştir.



Şekil 4.98. Numune 42b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

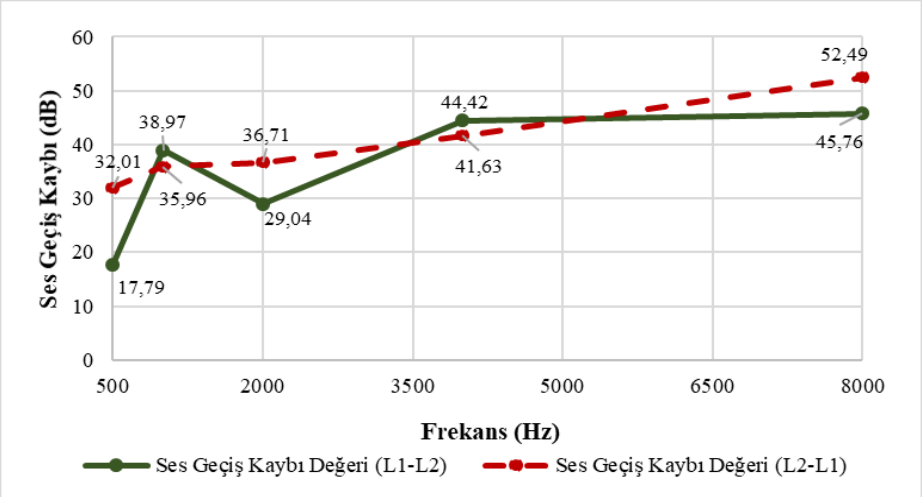
Şekil 4.98'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 34,16 dB, L_2-L_1 değeri 29,46 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 62,41 dB, L_2-L_1 değeri 39,61 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 37,79 dB, L_2-L_1 değeri 42,24 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 47,37 dB, L_2-L_1 değeri 47,10 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Numune 42a'da 1000 Hz.'den sonra 40 dB'in üzerinde değerler görülmüştür.

Numune 43a: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de sağda ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya heraklit yerleştirilmesi durumunda hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.88'de verilmiştir.

Tablo 4.88. Numune 43a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	17,79	32,01
1000	38,97	35,96
2000	29,04	36,71
4000	44,42	41,63
8000	45,76	52,49

Tablo 4.88'de verilen ses geçiş kaybı değerleri grafiği Şekil 4.99'da verilmiştir.



Şekil 4.99. Numune 43a: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

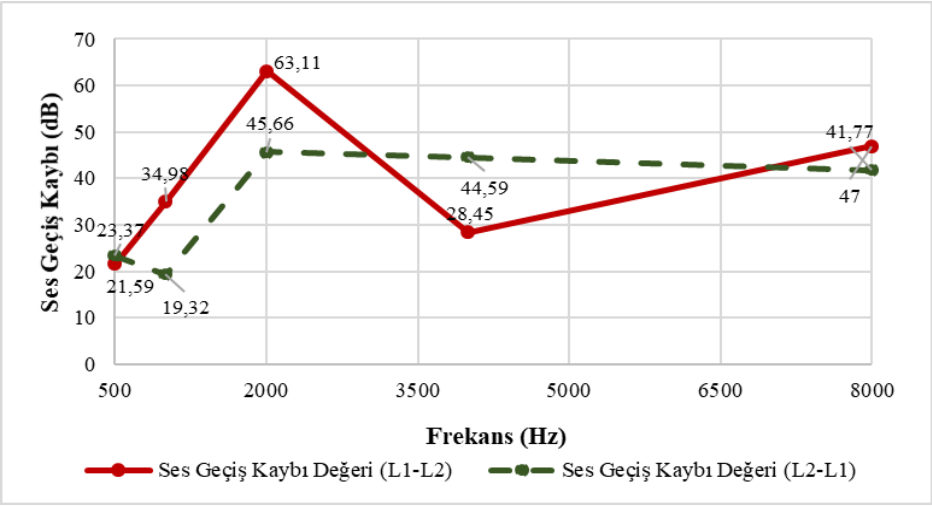
Şekil 4.99'daki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,97 dB, L_2-L_1 değeri 35,96 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 29,04 dB, L_2-L_1 değeri 36,71 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 44,42 dB, L_2-L_1 değeri 41,63 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 45,76 dB, L_2-L_1 değeri 52,49 dB olduğu 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür.

Numune 43b: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu, (hareketli yüzey L_2'de, sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_1'de, solda) ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya heraklit yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.89'da verilmiştir.

Tablo 4.89. Numune 43b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)**	**Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)**
500	21,59	23,37
1000	34,98	19,32
2000	63,11	45,66
4000	28,45	44,59
8000	47,00	41,77

Tablo 4.89'da verilen ses geçiş kaybı değerleri Şekil 4.100'de verilmiştir.



Şekil 4.100. Numune 43b: Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.100'deki verilere göre; her iki oda için ses geçiş kaybı değerleri (L_1-L_2 ve L_2-L_1 olarak) 2000-8000 Hz. frekans aralığında 20 dB'nin üzerinde elde edilebilmiştir. 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 34,98 dB, L_2-L_1 değeri 19,32 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 63,11 dB, L_2-L_1 değeri 45,66 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 28,45 dB, L_2-L_1 değeri 44,59 dB'dir. 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 47 dB, L_2-L_1 değeri 41,77 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Her iki numunede

yüzeylerin odalara bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda ses geçiş kaybında değerin daha yüksek olabileceği tespit edilmiştir.

Numunelerden ses geçiş kaybı değerleri 40 dB ve üzerinde olanların arasından seçim yapılarak ANSYS programının akustik modülünde analiz edilip tasarlanıp geliştirilen Alfa Kabin benzeri model sisteminde yapılan ölçüm sonucunda elde edilebilen değerlerle karşılaştırıldığında, verilerin uyumlu olduğu görülmüştür. Karşılaştırmada kullanılan numuneler aşağıdaki bölümlerde sıralanmıştır:

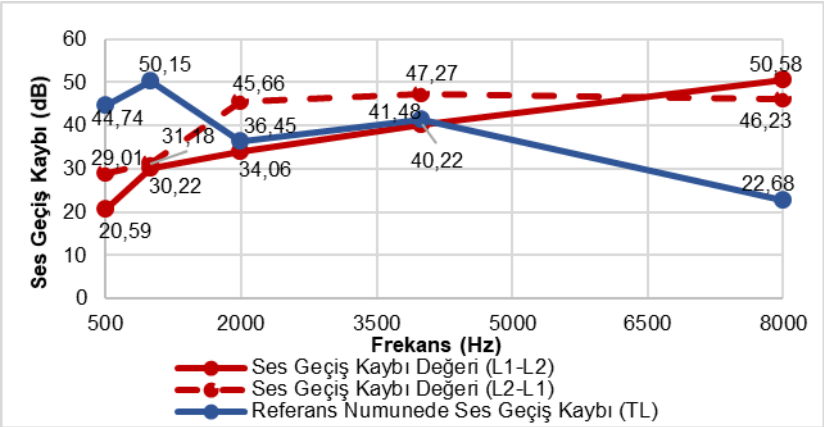
Numune 36a

2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak numunesinin hareketli yüzeyi L_1'de (solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli numunenin hareketli yüzeyi L_2'de (sağda) olacak şekilde yerleştirilmiştir. İki numune arasında 75 mm mesafe bulunacak şekilde oluşturulan kompozit yapıya göre ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.90'da verilmiştir.

Tablo 4.90. Numune 36a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)	Referans Numunede Ses Geçiş Kaybı (TL)
500	20,59	29,01	44,74
1000	30,22	31,18	50,15
2000	34,06	45,66	36,45
4000	40,22	47,27	41,48
8000	50,58	46,23	22,68

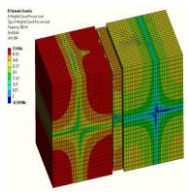
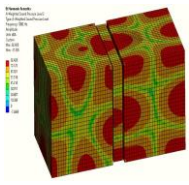
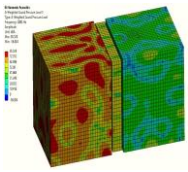
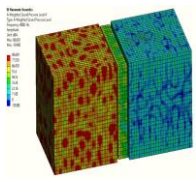
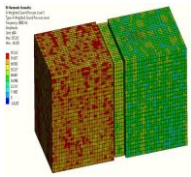
Tablo 4.90'da görülen 500-8000 Hz. frekans aralığındaki ölçüm sonuçlarının sırasıyla; 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 30,22 dB, L_2-L_1 değeri 31,18 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 34,06 dB, L_2-L_1 değeri 45,66 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,22 dB, L_2-L_1 değeri 47,27 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 50,58 dB, L_2-L_1 değeri 46,23 dB olduğu 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebildiği görülmüştür. Ses geçiş kaybı değerleriyle ilgili grafik Şekil 4.101'de verilmiştir.



Şekil 4.101. Numune 36a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.101'de en yüksek değerin 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 50,58 dB olarak L_2-L_1 değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Numune için ANSYS Akustik modülünde analiz işlemi 500-8000 Hz. frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. İşlemle ilgili görseller, Tablo 4.91'de verilmiştir.

Tablo 4.91. Numune 36a: ANSYS Akustik Analiz Sonuçları

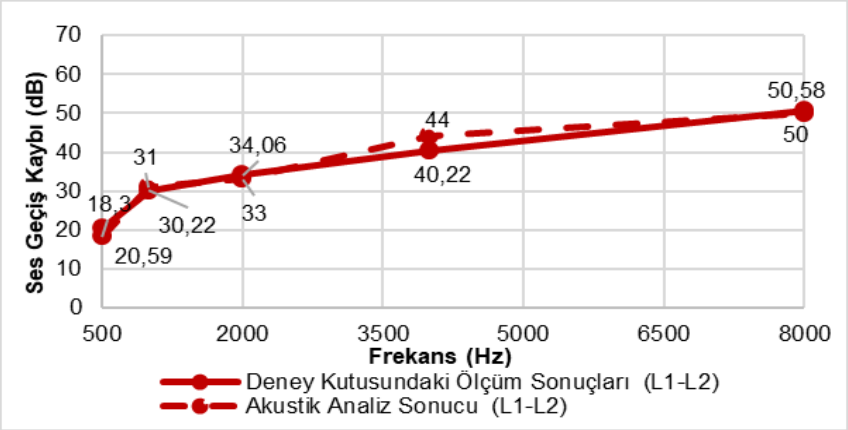
500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.	8000 Hz.
				

Tablo 4.91'de verilen görsellerde, her frekans için farklı noktalardan değerlerin ortalaması alınarak, tasarlanıp geliştirilen deney kutusunda yapılan sonuçlarla karşılaştırılarak Tablo 4.92'de verilmiştir.

Tablo 4.92. Numune 36a için Deney Kutusundaki Ölçüm Değerleri ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Frekans (Hz.)	Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_1-L_2)	Akustik Analiz Sonucu (L_1-L_2)
500	20,59	18,3
1000	30,22	31
2000	34,06	33
4000	40,22	44
8000	50,58	50

Tablo 4.92'de verilen değerlerin karşılaştırmalı grafiği Şekil 4.102'de verilmiştir.



Şekil 4.102. Numune 36a için Sonuçların Karşılaştırılması

Şekil 4.102'deki verilere göre deney kutusundaki ölçümlerle ve akustik analiz sonuçlarının uyumlu olduğu görülmektedir.

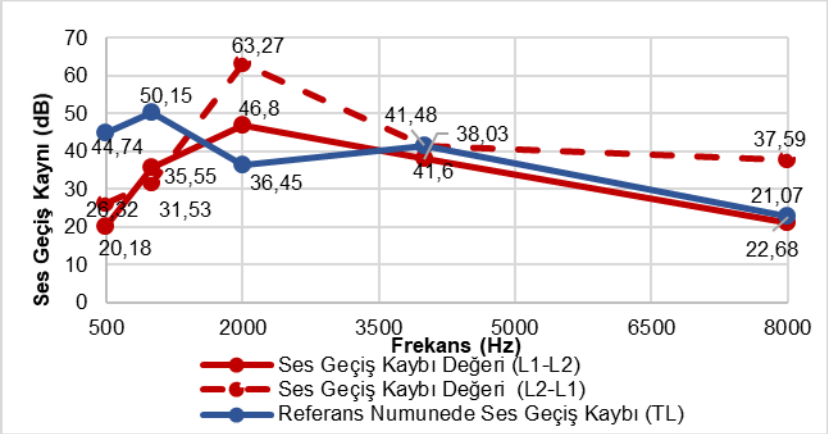
Numune 38b

2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, hareketli yüzey L_2'de (sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de (solda) olacak şekilde yerleştirilmiştir. İki numune arasında 75 mm mesafe ve bu mesafede 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve 2,5 cm kalınlığında heraklit bulunacak şekilde oluşturulan kompozit yapıya göre hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.93'de verilmiştir.

Tablo 4.93. Numune 38b için Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)	Referans Numunede Ses Geçiş Kaybı (TL)
500	20,18	26,32	44,74
1000	35,55	31,53	50,15
2000	46,8	63,27	36,45
4000	38,03	41,6	41,48
8000	21,07	37,59	22,68

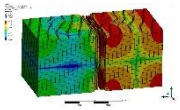
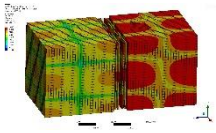
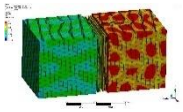
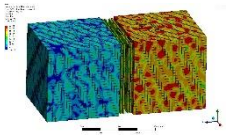
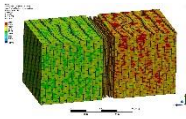
Tablo 4.93'de görülen 500-8000 Hz. frekans aralığındaki ölçüm sonuçlarının sırasıyla; 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 35,55 dB, L_2-L_1 değeri 31,53 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 46,80 dB, L_2-L_1 değeri 63,27 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 38,03 dB, L_2-L_1 değeri 41,60 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 21,07 dB, L_2-L_1 değeri 37,59 dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebildiği görülmüştür. Değerlerle ilgili grafik Şekil 4.103'de verilmiştir.



Şekil 4.103. Numune 38b için Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.103'de en yüksek değerin 2000 Hz.'de L_2-L_1 değeri 63,27 dB olarak en yüksek değerin elde edilebildiği görülmektedir. Numune için ANSYS Akustik modülünde analiz işlemi 500-8000 Hz. frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. İşlemle ilgili görseller, Tablo 4.94'de verilmiştir.

Tablo 4.94. Numune 38b için ANSYS Akustik Analiz Sonuçları

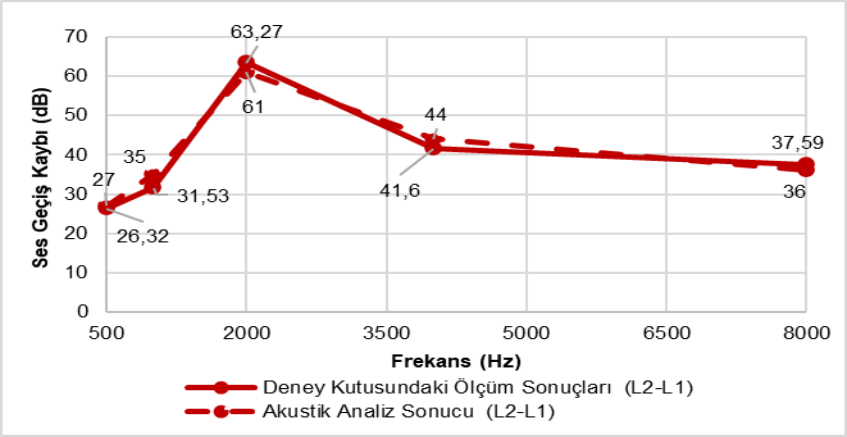
500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.	8000 Hz.
				

Tablo 4.94'de verilen görsellerde, her frekans için farklı noktalardan değerlerin ortalaması alınarak, tasarlanıp geliştirilen deney kutusunda yapılan sonuçlarla karşılaştırılarak Tablo 4.95'de verilmiştir.

Tablo 4.95. Numune 38b İçin Deney Kutusundaki Ölçüm Değerleri ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Frekans (Hz.)	Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_2-L_1)	Akustik Analiz Sonucu (L_2-L_1)
500	26,32	27
1000	31,53	35
2000	63,27	61
4000	41,6	44
8000	37,59	36

Tablo 4.95'de verilen değerlerin karşılaştırmalı grafiği Şekil 4.104'de verilmiştir.



Şekil 4.104. Numune 38b için Sonuçların Karşılaştırılması

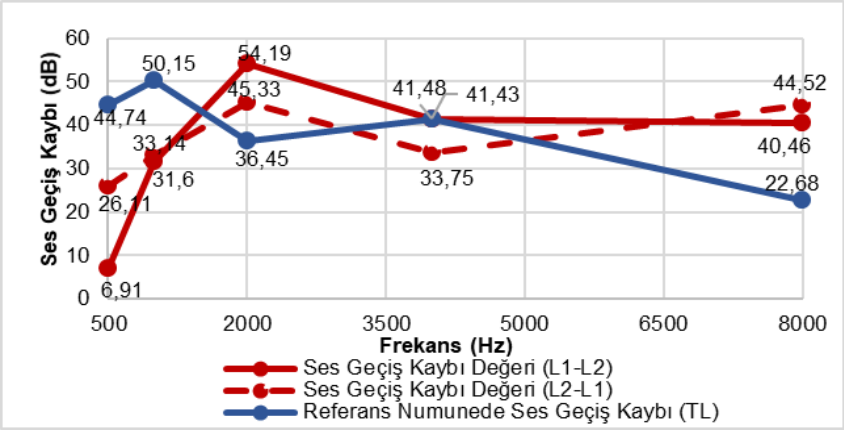
Numune 39a

2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak numunesinin hareketli yüzeyi L_1'de (solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli numunenin hareketli yüzeyi L_2'de (sağda) olacak şekilde yerleştirilmiştir. İki numune arasında 75 mm mesafe ve bu mesafede 2,5 cm kalınlığında heraklit bulunacak şekilde oluşturulan kompozit yapıya göre hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.96'da verilmiştir.

Tablo 4.96. Numune 39a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)	Referans Numunede Ses Geçiş Kaybı (TL)
500	6,91	26,11	44,74
1000	31,6	33,14	50,15
2000	54,19	45,33	36,45
4000	41,43	33,75	41,48
8000	40,46	44,52	22,68

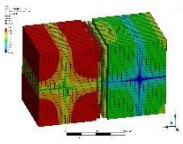
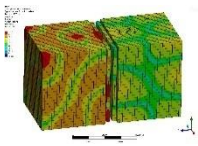
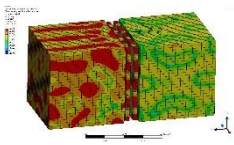
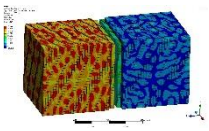
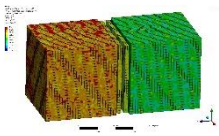
Tablo 4.96'da görülen 500-8000 Hz. frekans aralığındaki ölçüm sonuçlarının sırasıyla; 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 31,60dB, L_2-L_1 değeri 33,14dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 54,19dB, L_2-L_1 değeri 45,33dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 41,43dB, L_2-L_1 değeri 33,75dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,46dB, L_2-L_1 değeri 44,52dB olduğu 2000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebildiği görülmüştür. Değerlerle ilgili grafik Şekil 4.105'de verilmiştir.



Şekil 4.105. Numune 39a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.105'de en yüksek değerin 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 54,19 dB olarak en yüksek değerin elde edilebildiği görülmektedir. Numune için ANSYS Akustik modülünde analiz işlemi 500-8000 Hz. frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. İşlemle ilgili görseller Tablo 4.97'de verilmiştir.

Tablo 4.97. Numune 39a için ANSYS Akustik Analiz Sonuçları

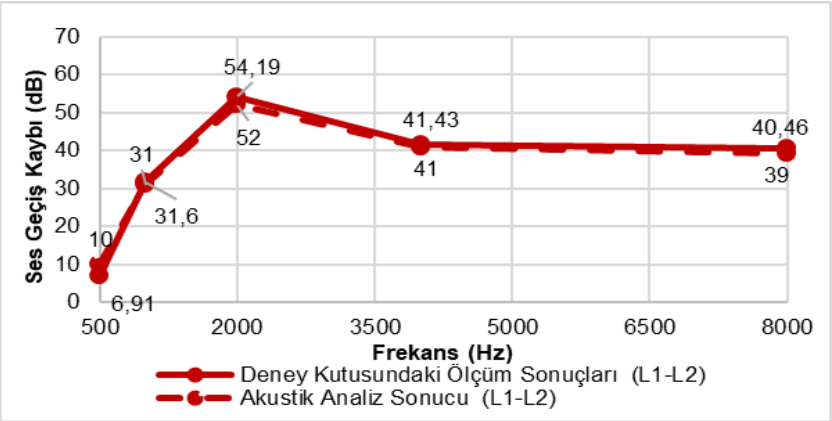
500 Hz.	**1000 Hz.**	**2000 Hz.**	**4000 Hz.**	**8000 Hz.**
				

Tablo 4.97'de verilen görsellerde, her frekans için farklı noktalardan değerlerin ortalaması alınarak, tasarlanıp geliştirilen deney kutusunda yapılan sonuçlarla karşılaştırılarak Tablo 4.98'de verilmiştir.

Tablo 4.98. Numune 39a için Deney Kutusundaki Ölçüm Değerleri ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Frekans (Hz.)	Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_1-L_2)	Akustik Analiz Sonucu (L_1-L_2)
500	6,91	10
1000	31,6	31
2000	54,19	52
4000	41,43	41
8000	40,46	39

Tablo 4.98'de verilen değerlerin karşılaştırmalı grafiği Şekil 4.106'da verilmiştir.



Şekil 4.106. Numune 39a için Sonuçların Karşılaştırılması

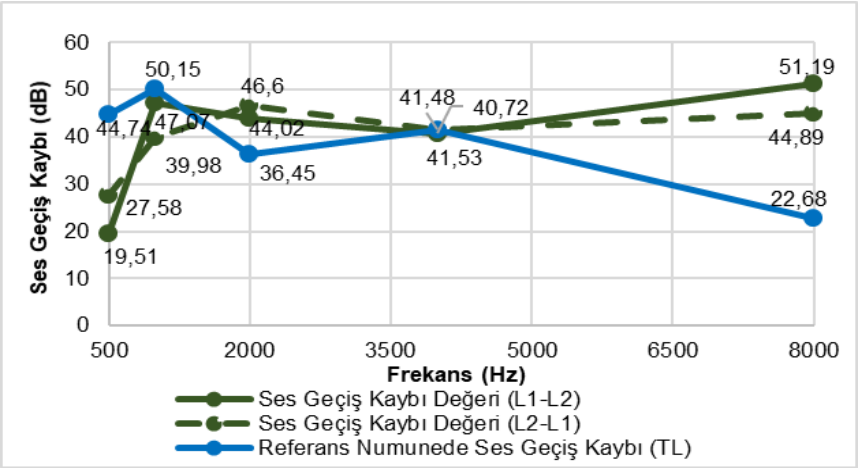
Numune 41a

Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu numunesinin hareketli yüzey L_1'de (solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli numunenin hareketli yüzeyinin L_2'de (sağda) olacak şekilde yerleştirilmiştir. İki numune arasında 75 mm mesafe ve bu mesafede 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe bulunacak şekilde oluşturulan kompozit yapıya göre hesaplanan ses geçiş kaybı değerleri Tablo 4.99'da verilmiştir.

Tablo 4.99. Numune 41a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Frekans (Hz.)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_1-L_2)	Ses Geçiş Kaybı Değeri (L_2-L_1)	Referans Numunede Ses Geçiş Kaybı (TL)
500	19,51	27,58	44,74
1000	47,07	39,98	50,15
2000	44,02	46,6	36,45
4000	40,72	41,53	41,48
8000	51,19	44,89	22,68

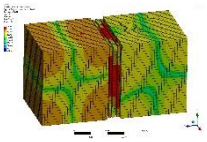
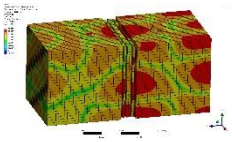
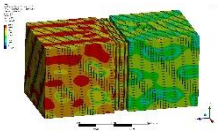
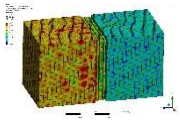
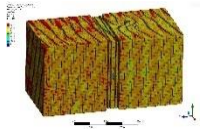
Tablo 4.99'da görülen 500-8000 Hz. frekans aralığındaki ölçüm sonuçlarının sırasıyla; 1000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 47,07 dB, L_2-L_1 değeri 39,98 dB, 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 44,02 dB, L_2-L_1 değeri 46,60 dB, 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 40,72 dB, L_2-L_1 değeri 41,53 dB ve 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 51,19 dB, L_2-L_1 değeri 44,89 dB olduğu 8000 Hz. frekansında en yüksek değerin elde edilebileceği görülmüştür. Bu değerlerle ilgili grafik Şekil 4.107'de verilmiştir.



Şekil 4.107. Numune 41a için Ses Geçiş Kaybı Değerleri Grafiği

Şekil 4.107'de en yüksek değerin 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 51,19dB olarak en yüksek değerin elde edilebildiği görülmektedir. Numune için ANSYS Akustik modülünde analiz işlemi 500-8000 Hz. frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. İşlemle ilgili görseller Tablo 4.100'de verilmiştir.

Tablo 4.100. Numune 41a için ANSYS Akustik Analiz Sonuçları

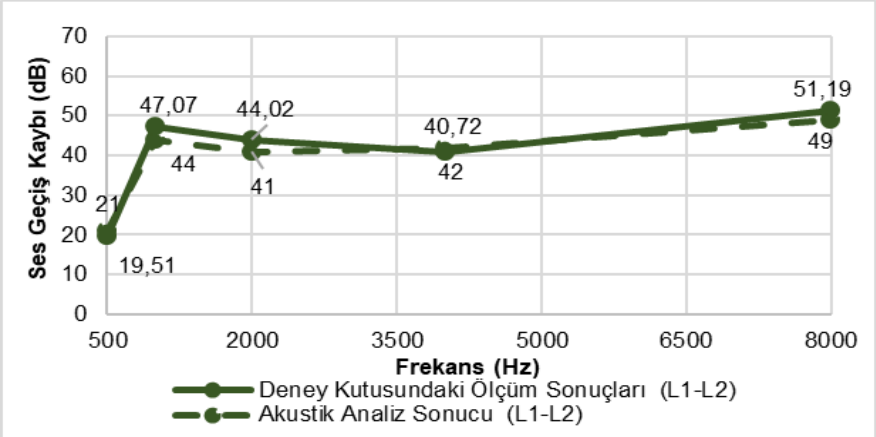
500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.	8000 Hz.
				

Tablo 4.100'de verilen görsellerde, her frekans için farklı noktalardan değerlerin ortalaması alınarak, tasarlanıp geliştirilen deney kutusunda yapılan sonuçlarla karşılaştırılarak Tablo 4.101'de verilmiştir.

Tablo 4.101. Numune 41a için Deney Kutusundaki Ölçüm Değerleri ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Frekans (Hz.)	Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_1-L_2)	Akustik Analiz Sonucu (L_1-L_2)
500	19,51	21
1000	47,07	44
2000	44,02	41
4000	40,72	42
8000	51,19	49

Tablo 4.101'de verilen değerlerin karşılaştırmalı grafiği Şekil 4.108'de verilmiştir.



Şekil 4.108. Numune 41a için Sonuçların Karşılaştırılması

BÖLÜM V

BULGULAR ve TARTIŞMA

Doktora tezi için tasarlanıp geliştirilen ve Tarsus Üniversitesi, MF21.006 numaralı BAP Projesi ile desteklenen, Alfa Kabin benzeri model sisteminde doğal ve sentetik içerikli olmak üzere birçok numune ile deneysel çalışmalar yapılmıştır. Çalışmada materyal olarak seçilen ceviz kabuğu ve kozalak, Akdeniz Bölgesi'nde sıklıkla bulunabilmesinden dolayı maliyeti yüksek olmayıp ulaşılabilirliği kolay malzemelerdir. Atık sınıfında olması nedeniyle de kolay ulaşılabilirliği ve doğada fazla miktarda bulunabilecek nitelikte olmasından dolayı da birçok avantaja sahiptir.

Deney kutusunun doğal materyallerden üretilmesinden sonra %100 yün keçe (doğal bir malzeme) ile izole edilip deneyleri yapılan ürünler, çoğunlukla doğal içeriklidir. Doğal içerikli olması, karbon gazı salınımına karşı avantaj sağlayabilecek numunelerle, iç mekân hava kalitesine olumlu katkılar sağlayabilecektir. Ayrıca piyasada kullanılmakta olan farklı hammadde ve yapıdaki sentetik materyal ve malzemelere alternatif olabilecek, geri dönüştürülmüş, çevreye ve insan sağlığına daha az zararlı ürünlerin üretilebileceği tespit edilmiş olup literatüre ve sanayiye önemli katkılar sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Geliştirilen model sisteminin (test kutusunun) üretiminden sonra bulunduğu ortamın ve deney kutusunun içinde, ses basınç seviyeleri Extech HD600 "Ses Basınç Seviyesi Ölçer Cihaz" ile ölçülüp, "Sound Spectrum Analyzer" programı ile arka plan gürültüleri alınıp kaydedilmiştir. Bu değerlerin istenilen seviyede olması amacıyla kutunun içinde ve dışında, farklı tekstil materyalleri ile izolasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu işlemlerde, her farklı ürünle deneme öncesinde ve sonrasında ortamın ses basınç seviyeleri ve arka plan gürültüleri ölçülüp kontrol edilmiştir. Kutunun içi ve dışı arasında ortalama 40 dB fark olduğu için Ductliner olarak bilinen cam yünü içerikli malzeme ile izolenin daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Bundan sonra deney aşamasına geçilmiş olup piyasada halihazırda kullanılmakta ve ses yutma katsayısı değerleri olan strafor, fayans, 10 mm MDF, ductliner, akustik cephe paneli gibi ürünler test edilmiştir. Teorik hesaplamalarla da karşılaştırıldığında bu değerlerin yakın olduğu görülmüştür. Bu nedenle daha farklı materyaller ile test aşamasına geçilebilmiştir. Sentetik ve doğal özellikte birçok malzeme test edilmiştir. Numunelerle beraber ölçüm odalarındaki test değerleri temin edilmiştir. Bunlardan 7, 10, 15 ve 20 mm kalınlıklarında geri

dönüştürülmüş olan polyesterden üretilmiş ses ve ısı yalıtımında yaygın olarak kullanılan materyaller temin edilerek test edilmiştir. Deneyler sonucunda, L_1 ve L_2 odalarında test edilerek elde edilen ses geçiş kaybı değerleri, firmanın test odasında bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda değerlerin yakın olduğu fakat deney kutusunun izolasyon işleminin iyileştirilmesiyle, değerlerin daha yaklaşık olarak elde edilebileceği öngörülmüştür. Bu nedenle de kutunun içi ve kapağı %100 yün keçe ve iç kısımda bağlantı yerleri izole edilmiştir. Test anında, literatürde yer alan 8 frekans bandında yer alan 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz. de ölçüm esnasında, oluşabilecek titreşimi ve kutusunun dışından etkileyebilecek sesleri engellemek amacıyla 55 mm kalınlığında olan akustik düz sünger üzerine yerleştirilmiştir (deneysel çalışmalarda, kutunun boyutlarından dolayı 500 Hz. ve üzeri frekanslardaki ölçümler alınmıştır). Daha sonra doğal malzemeler olarak nitelendirilebilecek alçıpan, alçı ve bunlarla kombinlenen kozalak (karpel ve küçük parçalara ayrılmış şekilde), ceviz kabuğu, kömür, farklı olarak hazırlanan çamsakızı, balmumu, keten, kauçuk yaprağı, pestil, zeytin yaprağı vb. birçok malzeme ile çalışmalara devam edilmiştir. Testler sonucunda daha iyi veriler elde edilebilmesi için, Tarsus Üniversitesi ile Mersin Üniversitesi iş birliği çerçevesinde, Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi (MEİTAM) bünyesinde bulunan yankısız odanın arka plan gürültüsünün, ses basınç seviyesinin ortalama olarak 40 dB olduğu ve deneysel çalışmaların bu odada yürütülmesinin uygun olacağı tespit edilmiştir.

Yankısız odada, daha önce test edilen 7, 10, 15 ve 20 mm kalınlıklarında keçe, akustik cephe paneli, canopy olarak isimlendirilen dış yüzeyi kumaş, iç yüzeyi taş yünü olan akustik panel, akustik düz ve farklı kalınlıklardaki yumurta süngerler gibi sentetik numuneler ile 2,5 cm kalınlığında heraklit, balmumu ile kozalak karpeli, balmumu, çam sakızı ve küçültülmüş kozalaktan oluşturulan numune, 1 cm kalınlığında alçıpan, alçı ile küçültülmüş kozalaklarla 1,5 cm ve 2 cm kalınlığında, ceviz kabuğunun konkav ve konveks olmak üzere iki farklı versiyonda, 4 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalakla yumurta şekilli olan doğal numuneler test edilmiştir. Çalışma esnasındaki frekansların seslerinden kaynaklı meydana gelebilecek titreşimlerin, ölçümleri olumsuz etkilemesini engellemek amacıyla standın yan iç yüzeylerinde ve kanallarda pamuk kullanılması tercih edilmiştir. Bu stand kullanılarak çalışmanın yapıldığı numuneler, büyük oranda

doğal içeriklidir. Doğal içerikli numunelerden önce test değerleri mevcut olan numuneler test edilip karşılaştırma ve analizler yapıldıktan sonra numune standında numunelerin test aşamasına geçilmiştir. Buna göre, ölçümü yapılan numunelerle ilgili ses geçiş kaybı ile ilgili veriler aşağıda verilmiştir.

80 mm kalınlığında akustik cephe panelinin delikli yüzeyi L_1 odasına bakacak şekilde yerleştirildiğinde, 2000, 4000 ve 8000 Hz.'de 40 dB'in üzerinde değerler elde edilebilmiştir. Deney kutusunda yapılan ve test odasında ölçülen ses geçiş kaybı değerleri karşılaştırıldığında, akustik cephe paneli test odasında ölçülen ses geçiş kaybı değerlerine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Geri dönüştürülmüş polyesterden her iki tarafı düz yüzeyli keçede maksimum ses geçiş kaybı değerleri; 7 mm keçe numunesinde 2000 Hz.'de yaklaşık 7 dB, 10 mm keçe numunesinde 1000 Hz.'de yaklaşık 13,1 dB, 15 mm keçe numunesinde 2000 Hz.'de 13,7 dB, 20 mm keçe numunesinde 2000 Hz.'de yaklaşık 17,8 dB olarak elde edilebilmiştir.

Her iki yüzeyi aynı 55 mm düz akustik süngerde ses geçiş kaybı değeri 1000-8000 Hz. aralığında yaklaşık olarak 16-20 dB'dir.

Numune olarak seçilen akustik yumurta süngerde maksimum ses geçiş kaybı değerleri; 20 mm kalınlığında 16,89-23,59 dB, 30 mm kalınlığında 32,29-33,93 dB, 40 mm kalınlığında 22,54-27,87 dB olarak hesaplanmıştır. 40 mm akustik yumurta sünger (Numune 7a) numunesinde 1000 Hz. frekansında, 30 mm (Numune 8a ve Numune 8b) ve 20 mm (Numune 10a ve Numune 10b) kalınlıklarındaki numunelere göre daha yüksek değerlerin elde edilebildiği tespit edilmiştir. .

Dış ön yüzeyi lacivert renkli kumaş, dış arka yüzeyi cam yünü, iki yüzey arasında taş yünü bulunan akustik panelin hareketli yüzeyinin L_1 veya L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirilmesi durumunda, maksimum ses geçiş kaybı değerinin, 1000-8000 Hz. frekans aralıklarında 28-41 dB olduğu tespit edilmiştir.

Beyaz renkli ve içi taş yünü olan numune her iki yüzden test edildiğinde, 1000-8000 Hz. frekans aralığında 41,37 dB olarak bulunmuştur.

Asimetrik yeşil renkli ve içi taş yünü olan numunede, en yüksek ses geçiş kaybı değerleri 2000 Hz.'de yaklaşık olarak 50 dB olarak bulunabilmiştir.

%100 yün keçenin üzerine, kozalak üzerinden ayrılan kozalak karpelleri, tek tek yatay olarak yerleştirilip test edilmiştir. Daha sonra aynı şekilde alçıpanın üzerine alçı ile yerleşmesi sağlanarak test edildiğinde; her iki numunede de beklenen değerler elde edilememiştir. %100 yün keçenin kalınlığının 1 cm olması, kozalak karpellerinin yüzeyde rastsal olarak yerleştiğinden dolayı sonuç yetersiz bulunmuştur. Kozalak karpellerinin ses geçiş kaybına olumlu etkisinin sağlanabilmesi amacıyla, kozalak karpelleri ufalanmış şekliyle kullanılmıştır. Ayrıca pürüzlü yüzey oluşturularak farklı kalınlıklarda ve şekilde numunelerle çalışıldığında, daha verimli sonuçların elde edilebildiği tespit edilmiştir.

Sentetik içerikli numunelerin test edilip analizlerin yapılması sonucunda, tasarlanıp geliştirilen deney kutusunda doğal içerikli numunelerle çalışmaya devam edilmiştir. Buna göre ölçüm sonuçlarına göre hesaplanan değerler aşağıda verilmiştir.

Hazırlanan numunelerin kozalaklı, konveks ve konkav ceviz kabuklu olmalarına, L_1 ve L_2 odalarına göre yerleştirilmeleri durumlarına göre maksimum ses geçiş kaybı değerlerinin, 30 dB'in üzerinde olabildiği görülmüştür. Buna göre; alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu hareketli yüzey L_1'e göre yerleştirildiğinde 4000 Hz.'de 47,7 dB, 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak numunesinde 4000 Hz.'de 47,23 dB, konkav şekilde ceviz kabuğu numunesinde, 8000 Hz.'de 44,81 dB, 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak numunesinde 4000 Hz.'de 47,23 dB, yumurta şekilli ve kozalaklı numunede 8000 Hz.'de 41,54 dB olduğu tespit edilmiştir. Kozalaklı numunelerden 1,5 cm ve 2 cm kalınlığındaki numunelerde ufalanmış kozalak parçaları ile bağlayıcı olarak kullanılan alçının oranları birbirine yakın olduğundan değerler de birbirine yakındır. L_1 odasına bakacak şekilde yerleştirildiğinde; 1,5 cm kalınlığındaki kozalaklı numunede; 500 ve 2000 Hz. frekansın haricindeki değerler 2 cm kalınlığındaki kozalaklı numuneden daha yüksek olmasına rağmen 2 cm kalınlığındaki numunede, 2000 Hz. frekansında daha yüksek elde edilmiştir. L_2 odasına bakacak şekilde yerleştirildiğinde; 2 cm kalınlığındaki numunede ise 1,5 cm kalınlığındaki numuneye göre 2000 Hz. frekanstaki değerlerin dışındaki değerler daha yüksektir.

Ceviz kabuklarının dış bükey yerleşimde (1,5 cm kalınlığındaki numune) sesi toplayıcı etki, iç bükey yerleşimde (2 cm kalınlığındaki numune) sesi yansıtıcı etki göstereceği ve 2 cm kalınlığındaki numunede kalınlığın artmasına bağlı olarak diğerine göre daha yüksek ses geçiş kaybı sağlayabileceği düşünülebilmektedir. Fakat test edilen numunelerden dış bükey yerleşimde ceviz kabukları tam yarım şekilli olmayıp iç derinlikleri az olduğu için sesi bir miktar toplayıcı etki göstermiştir. İç bükey yerleşimde, ceviz kabukları tam yarım şekilli olup dışarı doğru olan tümsek yüzeylerden dolayı bir miktar rezonatör etki görülmüştür. Bu nedenlere bağlı olarak iç bükey yerleştirildiğinde, diğer numuneye göre ses geçiş kaybı değerleri daha yüksektir. Test edilen numunelerde, L_1 ve L_2 odaların alanlarının az da olsa farklılık göstermesi sonuçlara yansıdığı görülmüştür.

L_1 ve L_2 odasına göre aynı veya farklı yönlerde yerleştirilip test edilen numunelerde, bazı frekanslarda diğerlerine göre farklılık göstermesinin nedeni; odaların az miktar da olsa alanların farklılık göstermesi, numune yüzeylerinin düz, pürüzlü veya farklı açılara sahip yapılar olması gibi etkenlerdir. Örneğin, kozalaklı numunelerde 4000 veya 8000 Hz. frekanslarında daha yüksek değerler görülürken, konkav ceviz kabuklu numunelerde farklı yerleşimlerde 2000 Hz'de en yüksek değerlerin elde edilebildiği tespit edilmiştir.

Balmumu ve küçük parçalara ayrılmış kozalak karpelli olan numunede, hareketli yüzeyin L_1'e göre yerleşmesi durumunda, 2000 Hz.'de L_2-L_1 değeri, hareketli yüzeyin L_2'e göre yerleşmesi durumunda 8000 Hz.'de L_2-L_1 değeri, diğer frekanslara göre daha yüksek olarak bulunmuştur. Numunenin yüzey yapısından ve odaların hacminden kaynaklı olabilmektedir.

Balmumu, çamsakızı, ufalanmış kozalak hareketli yüzey L_1'de olacak şekilde yerleştirildiğinde, yaklaşık olarak 4000 Hz.'de 40 dB, balmumu, çamsakızı, ufalanmış kozalak hareketli yüzey L_2'de olacak şekilde yerleştirildiğinde, 4000 Hz.'de 46,10 dB olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar, pürüzlü yapıdaki hareketli yüzeyin sırasıyla L_1 ve L_2 odalarına bakacak şekilde yerleştirildiğinde 4000 Hz.'de diğer frekanslara göre daha yüksek STL değerlerinin elde edilebileceği tespit edilmiştir.

Heraklit olarak bilinen 2,5 cm kalınlığında ve ahşap talaşı ile çimento karışımından elde edilen doğal içerikli ürün de test edilmiştir (Acarla,2021, http:// www.acarla.com.tr/urunler/heraklite/). Buna göre, 2000 Hz. frekansında ses geçiş kaybı değeri 35 dB olarak elde edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen numunelerden, 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve ufalanmış kozalaklı ile 4 cm kalınlığında olan alçıpan, alçı, ufalanmış kozalaklı yumurta şekilli olan numuneler ve alçıpan, alçı, konkav şekilde ceviz kabuklu ile 4 cm kalınlığında olan alçıpan, alçı, ufalanmış kozalaklı yumurta şekilli olan numunelerle, kompozit numunelerin hazırlanması uygun görülmüştür. Bahsedilen özellikteki iki farklı numunelerin arasında 75 mm hava boşluğu bırakarak, ölçülenden daha iyi seviyede olabilecek ses geçiş kaybı değerlerine ulaşılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve ufalanmış kozalaklı ile 4 cm kalınlığında olan alçıpan, alçı, ufalanmış kozalaklı yumurta şekilli olan numunelerin farklı odalara bakacak şekilde yerleştirilip, arada 75 mm mesafede hava boşluğu, sonra bu boşluğa 2 adet 1'er cm kalınlığında %100 yün keçe, daha sonra 2 adet 1'er cm kalınlığında %100 yün keçe ve bu keçelerin arasında 2,5 cm kalınlığında heraklit, son olarak da sadece 2,5 cm kalınlığında heraklit yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Aynı işlemler, aynı sırayla, alçıpan, alçı, konkav şekilde ceviz kabuklu ile 4 cm kalınlığında olan alçıpan, alçı, ufalanmış kozalaklı yumurta şekilli olan numuneler için de yapılmıştır. Ses geçiş kaybı açısından orta ve yüksek frekans olarak bilinen 1000-8000 Hz. aralıklarında 30 dB'in üzerinde olan numunelerden (kozalaklı, yumurta şekilli kozalaklı ve ceviz kabuklu) aynı veya farklı yönlerde ve iki numune arasında 50-75 mm mesafe bırakıp araya %100 yün keçe ve heraklit veya her ikisi kullanılarak tasarlanan numune standında kompozit yapılar hazırlanarak test edilmiştir.

Alçıpan, alçı ve konveks şekilde ceviz kabuğu hareketli yüzey L_1'de (solda), 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak hareketli yüzey L_2'de (sağda) ve aradaki mesafenin 5 cm olması durumunda ses geçiş kaybı değerleri 4000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 46,40 dB olup diğer frekanslara göre daha yüksek olabildiği tespit edilmiştir. Numunelerin yerleri değiştirilip test edildiğinde 46,66 dB olarak elde edilebilmiştir. Hazırlanan kompozit yapıda konveks şekilde yerleştirilen ceviz kabuğunun bulunduğu numune L_1'e göre yerleştirildiğinden dolayı (hareketli yüzeylerin dışa gelmesi

durumunda) 4000 Hz.'de diğer frekanslar ile karşılaştırıldığında daha yüksek STL sağlayabileceğini göstermektedir.

Alçıpan, alçı ve kozalak hareketli yüzey L_1'de, alçıpan, alçı, kozalak yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de, 2000-8000 Hz.'de 40-46,46 dB, alçıpan, alçı ve kozalak hareketli yüzey L_2'de olup alçıpan, alçı, kozalak yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de, 1000-8000 Hz.'de 27-54 dB, 2000 Hz.'de 54,83 dB değerine ulaşılmıştır (her iki durumda iki numune arasındaki mesafe 5 cm olarak ayarlanmıştır).

Orta ve yüksek frekans olarak bilinen 500-8000 Hz. aralıklarında ses geçiş kaybı değeri 30 dB'in üzerinde olan numunelerden, tasarlanan numune standında kompozit yapılar hazırlanarak test edilmiştir. Literatürden referans alınan bir çalışmadan benzetimle, dört farklı yapı hazırlanmıştır. Bunlar;

a. İki numune arasında 75 mm boşluk bırakılarak,

b. İki numune arasındaki 75 mm boşluğa 2 adet 1'er cm kalınlığında iki adet keçe yerleştirilerek,

c. İki numune arasındaki 75 mm boşluğa 2 adet 1'er cm kalınlığında iki adet keçe ve 3 cm kalınlığında heraklit numunesi yerleştirilerek,

d. İki numune arasındaki 75 mm boşluğa 1 adet 2,5 cm kalınlığında heraklit yerleştirilerek elde edilmiştir.

Bu numunelerin hareketli yüzeylerinin, deney kutusunda bulunan L_1 ve L_2 odalarına bakacak şekilde yerleştirilmesiyle ses geçiş kaybı (L_1-L_2) ve (L_2-L_1) değerleri hesaplanmıştır. Alçıpan numunelerin arasındaki mesafenin 75 mm olması ve arada olumlu etkiler sağlayabilecek farklı numunelerin yerleştirilmesi sonucunda daha verimli sonuçlar bulunmuştur.

2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak numunesinin hareketli yüzeyi L_1'de (solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli numunenin hareketli yüzeyi L_2'de (sağda) ve arada 75 mm mesafe olacak şekilde yerleştirildiğinde (her iki numunenin hareketli yüzeyi dışa doğru) en yüksek değer (L_1-L_2), 8000 Hz.'de 50,58 dB olup diğer frekanslardaki STL değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Her iki numunenin yer değiştirip aradaki 75 mm mesafede 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve 2,5 cm kalınlığında heraklit bulunması durumunda, ses geçiş kaybı

değerleri; 2000 Hz.'de 63,27dB (L_2-L_1) olarak en yüksek değerin elde edilebildiği görülmüştür. İki numunenin hareketli yüzeylerinin dışa, düz yüzeylerinin içte olması durumunda diğer frekanslara göre daha yüksek STL değerleri bulunabilmiştir.

2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak numunesinin hareketli yüzeyi L_1'de (solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli numunenin hareketli yüzeyi L_2'de (sağda) olacak şekilde yerleştirilmiştir. İki numune arasında 75 mm mesafe ve bu mesafede 2,5 cm kalınlığında heraklit bulunduğunda; 2000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 54,19 dB olarak tespit edilmiştir.

Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu numunesinin hareketli yüzey L_1'de (solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli numunenin hareketli yüzeyinin L_2'de (sağda) ve iki numune arasında 75 mm mesafe ve bu mesafede 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe bulunacak şekilde oluşturulan numunede ses geçiş kaybı değeri en yüksek 8000 Hz.'de L_1-L_2 değeri 51,19 dB elde edilebileceği görülmüştür. Her iki numunenin hareketli yüzeylerinin dışa, düz yüzeylerinin içte kalacak şekilde yerleştirilip arada keçe bulunması durumunda 8000 Hz. frekansında diğer frekanslara göre yüksek değerler elde edilebilmiştir.

2 cm kalınlığında alçıpan, alçı, konkav ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli, hareketli yüzey L_2'de sağda ve iki numune arası mesafe 75 mm olduğunda numunelerin hareketli yüzeyleri dışa doğru bakacak şekildedir. Buna göre 2000 Hz. frekansında 56,46 dB olarak bulunmuştur.

Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_2'de sağda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de solda ve iki numune arası mesafe 75 mm bulunmaktadır. Hareketli yüzeyler L_1 ve L_2 odalara bakacak şekildedir. Araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe yerleştirildiğinde 2000 Hz. frekansında 54,19 dB bulunmuştur.

Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de sağda ve iki numune arası mesafe 75 mm'dir. Her iki numunenin hareketli yüzeyleri dışta, düz yüzeyleri içte kalacak şekilde, arada 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve heraklit yerleştirildiğinde 4000 Hz. frekansında 52,66 dB bulunmuştur. Her iki numunenin yer değiştirip hareketli

yüzeylerinin dışta düz yüzeylerinin içte olması ve araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve heraklit yerleştirildiğinde 2000 Hz. frekansında 62,41 dB elde edilebilmiştir.

Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de sağda ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya heraklit yerleştirilmiştir. 8000 Hz. frekansında 52,49 dB elde edilebilmiştir. Numunelerin yer değiştirip hareketli yüzeylerinin dışta, düz yüzeylerinin içte kalacak şekilde yerleştirilmesi sonucunda ses geçiş kaybı değeri 2000 Hz. frekansında 63,11 dB olup diğer frekanslara göre daha yüksek STL elde edilebilmiştir.

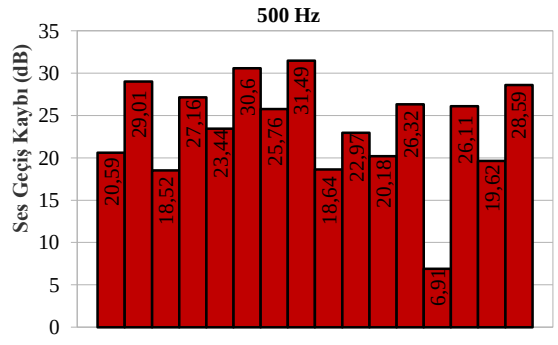
Yukarıda bahsedilen numunelerin değişken dizilimlerine göre birçok test işlemleri yapılarak sonuçlar özet tablolarla verilmiştir. Test edilen, kozalaklı ve yumurta şekilli kozalaklı numunelere ait değerler karşılaştırmalı olarak Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Kozalaklı ve Yumurta Şekilli Kozalaklı Numunelerin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılması

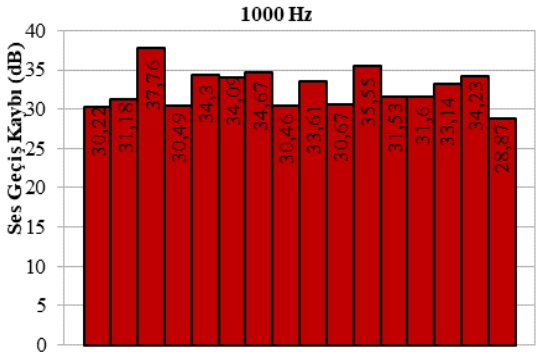
Frekans (Hz.)	Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2) - (L_1-L_2)	Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2) - (L_2-L_1)	Kozalak (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1) - (L_1-L_2)	Kozalak (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1)- (L_2-L_1)	Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe- (L_1-L_2)	Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_2-L_1)	Kozalak (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe (L_1-L_2)	Kozalak (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe (L_2-L_1)	Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2)- Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2)	Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe ve Heraklit (L_2-L_1)	Kozalak (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2)	Kozalak (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_2-L_1)	Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2)- Arada Heraklit (L_1-L_2)	Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Heraklit (L_2-L_1)	Kozalak (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Heraklit (L_1-L_2)	Kozalak (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Heraklit (L_2-L_1)
500	20,59	29,01	18,52	27,16	23,44	30,6	25,76	31,49	18,64	22,97	20,18	26,32	6,91	26,11	19,62	28,59
1000	30,22	31,18	37,76	30,49	34,3	34,09	34,67	30,46	33,61	30,67	35,55	31,53	31,6	33,14	34,23	28,87
2000	34,06	45,66	47,91	33,68	50,72	38,87	46,07	48,68	47,27	39,01	46,8	63,27	54,19	45,33	50,28	41,26
4000	40,22	47,27	31,05	41,47	33	44,69	37,62	40,12	43,15	35,15	38,03	41,6	41,43	33,75	30,63	39,48
8000	50,58	46,23	41,53	33,27	34,77	40,12	42,47	37,96	48,28	48,07	21,07	37,59	40,46	44,52	41,23	45,7
Renk Tanımı	$36a_1$	$36a_2$	$36b_1$	$36b_2$	$37a_1$	$37a_2$	$37b_1$	$37b_2$	$38a_1$	$38a_2$	$38b_1$	$38b_2$	$39a_1$	$39a_2$	$39b_1$	$39b_2$

Tablo 5.1'deki değerlere göre, genel olarak; 1000-8000 Hz. frekans aralığında 30dB üzerinde (96 adet veriden 64'ü, %67 oranında), özellikle de 2000 Hz. frekansın üzerinde de çoğunlukla 40 dB ve üzerinde değerler elde edilebilmiştir. Numune $36a_1$, numune $36a_2$ vb. kısaca $36b_1$, $36b_2$ olarak belirtilmiş olup bordo renkle tanımlanmıştır. 500-8000 Hz. frekans aralığında, kozalaklı ve yumurta şekilli numunelerin karşılaştırılması Tablo 5.2 (a), (b), (c), (d), (e)'de verilmiştir.

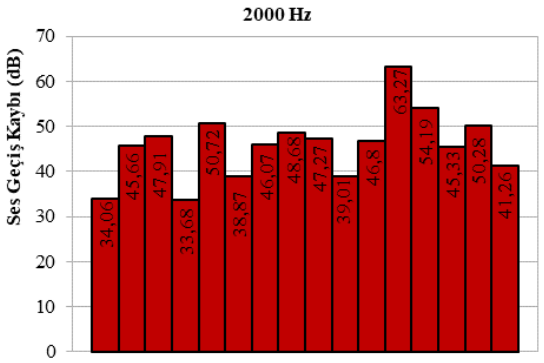
Tablo 5.2. Kozalaklı ve Yumurta Şekilli Malzemenin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılma Grafikleri



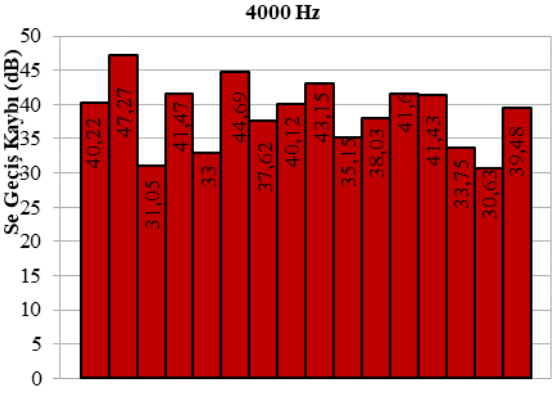
(a) Kozalak ve yumurta şekilli malzemenin 500 Hz. Deki test sonuçları



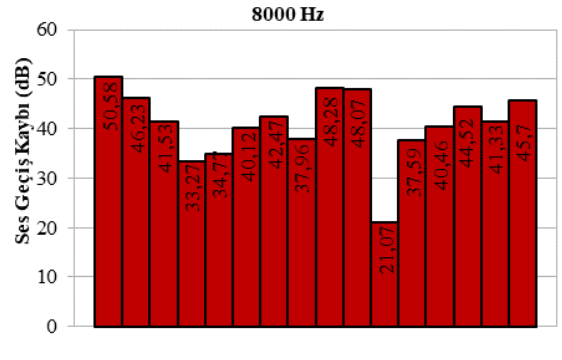
(b) Kozalak ve yumurta şekilli malzemenin 1000 Hz. Deki test sonuçları



(c) Kozalak ve yumurta şekilli malzemenin 2000 Hz. Deki test sonuçları



(d) Kozalak ve yumurta şekilli malzemenin 4000 Hz. Deki test sonuçları



(e) Kozalak ve yumurta şekilli malzemenin 8000 Hz. Deki test sonuçları

(a),(b),(c),(d),(e) grafiklerinde, numunenin içeriğine göre renk tanımları, soldan sağa doğru aşağıdaki gibidir. Bu tanımlar, Tablo 5.1'de verilmiştir.

Renk Tanımı	36 a_1	36 a_2	36 b_1	36 b_2	37 a_1	37 a_2	37 b_1	37 b_2	38 a_1	38 a_2	38 b_1	38 b_2	39 a_1	39 a_2	39 b_1	39 b_2

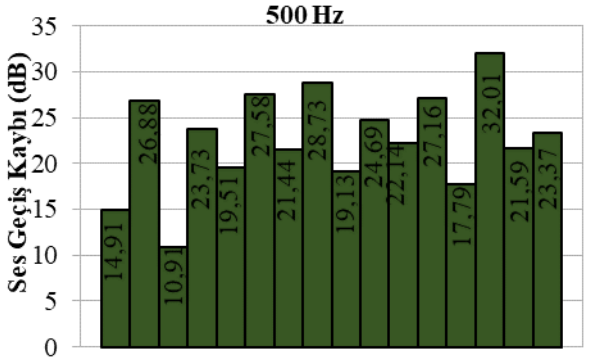
Tablo 5.2.'de en yüksek değerin, kozalaklı ve yumurta şekilli iki numune arasında 75 mm boşluk ve bu boşlukta da 2 adet 1 cm kalınlığında %100 yün keçe ve bu keçeler arasında 1 adet 2,5 cm kalınlığında heraklit olması durumunda 2000 Hz. frekansında 63,27dB olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında, konkav şekilde ceviz kabuğu ve yumurta şekilli kozalaklı numuneler ile de kompozit yapılar hazırlanıp test edilmiştir. Bu testler sonucunda elde edilebilen değerler Tablo 5.3'de verilmiştir.

Tablo 5.3. Konkav Ceviz Kabuğu ve Yumurta Şekilli Numunelerin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılması

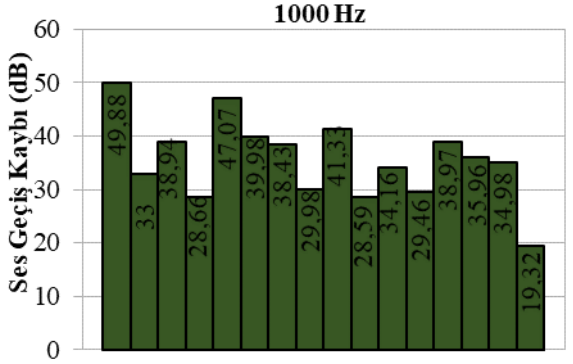
Frekans (Hz.)	Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2) (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2) (L_2-L_1)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1) (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1) (L_2-L_1)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_2-L_1)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe (L_2-L_1)	Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2),Arada Keçe ve Heraklit (L_2-L_1)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_2-L_1)	Ceviz Kabuğu (L_1) Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Heraklit (L_2-L_1)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Heraklit (L_2-L_1)
500	14,91	26,88	10,91	23,73	19,51	27,58	21,44	28,73	19,13	24,69	22,14	27,16	17,79	32,01	21,59	23,37
1000	49,88	33	38,94	28,66	47,07	39,98	38,43	29,98	41,33	28,59	34,16	29,46	38,97	35,96	34,98	19,32
2000	56,46	40,22	39,14	29,94	44,02	46,6	54,19	38,67	40,35	32,55	62,41	39,61	29,04	36,71	63,11	45,66
4000	32,79	42,34	42,82	37,08	40,72	41,53	38,97	42,68	52,66	35,96	37,79	42,24	44,42	41,63	28,45	44,59
8000	46,53	48,01	47,67	46,13	51,19	44,89	47,1	46,4	36,64	48,61	47,37	47,1	45,76	52,49	47	41,77
Renk Tanımı	$40a_1$	$40a_2$	$40b_1$	$40b_2$	$41a_1$	$41a_2$	$41b_1$	$41b_2$	$42a_1$	$42a_2$	$42b_1$	$42b_2$	$43a_1$	$43a_2$	$43b_1$	$43b_2$

Tablo 5.3'de numune $40a_1$, numune $40a_2$, $40b_1$, $40b_2$ vb. kısaca $40a_1$, $40a_2$, $40b_1$, $40b_2$ olarak belirtilmiştir ve yeşil renkle tanımlanmıştır. Elde edilebilen değerlerin grafiği Tablo 5.4'de verilmiştir.

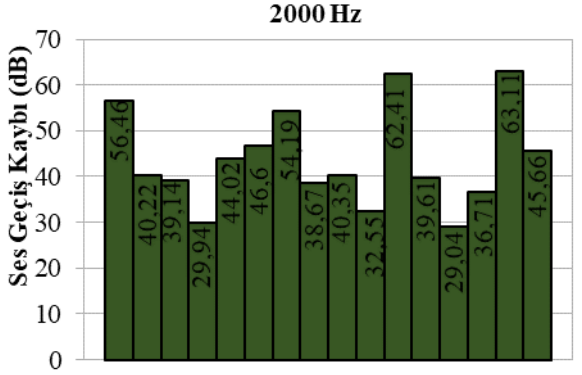
Tablo 5.4. Konkav Ceviz Kabuğu ve Yumurta Şekilli Malzemenin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırma Grafikleri



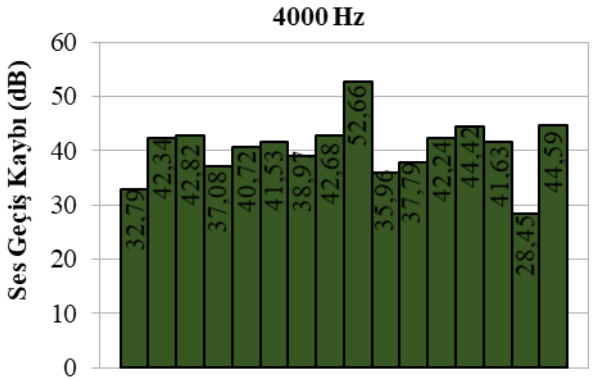
(a) Ceviz kabuğu ve yumurta şekilli malzemenin 500 Hz. Deki test sonuçları



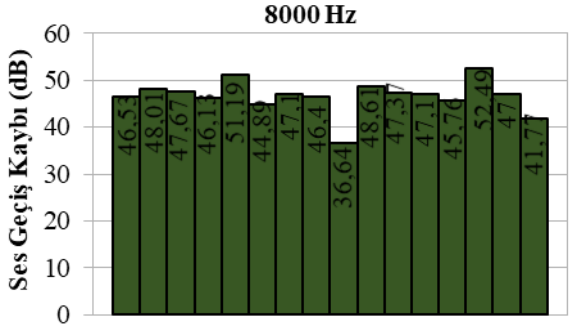
(b) Ceviz kabuğu ve yumurta şekilli malzemenin 1000 Hz. Deki test sonuçları



(c) Ceviz kabuğu ve yumurta şekilli malzemenin 2000 Hz. Deki test sonuçları



(d) Ceviz kabuğu ve yumurta şekilli malzemenin 4000 Hz. Deki test sonuçları



(e) Ceviz kabuğu ve yumurta şekilli malzemenin 8000 Hz. Deki test sonuçları

(a),(b),(c),(d),(e) grafiklerinde, numunenin içeriğine göre renk tanımları, soldan sağa doğru aşağıdaki gibidir. Renk tanımları, Tablo 5.3'de verilmiştir.

Renk Tanımı	40 a_1	40 a_2	40 b_1	40 b_2	41 a_1	41 a_2	41 b_1	41 b_2	42 a_1	42 a_2	42 b_1	42 b_2	43 a_1	43 a_2	43 b_1	43 b_2

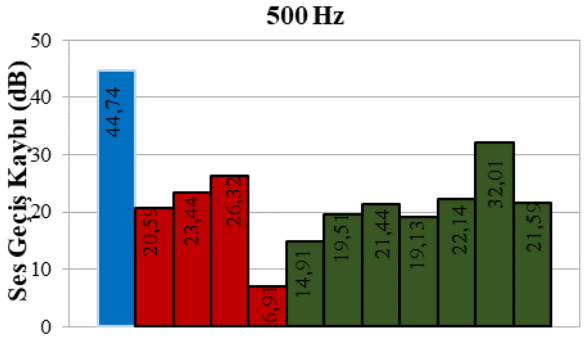
Tablo 5.4'de en yüksek değerin, P-Ses Geçiş Kaybı (L2-L1), bir diğer ifadeyle iki numune arasında 75 mm boşluk ve bu boşlukta da 1 adet 2,5 cm kalınlığında heraklit olması durumunda 2000 Hz. frekansında (L_1-L_2) değeri 63,11dB olduğu görülmektedir. Bundan sonraki yüksek değer, N-Ses Geçiş Kaybı (L_1-L_2) iki numune arasında 75 mm boşluk ve bu boşlukta da 2 adet 1 cm kalınlığında %100 yün keçe ve bu keçeler arasında 1 adet 2,5 cm kalınlığında heraklit olması durumunda 2000 Hz. frekansında 62,41dB olduğu tespit edilmiştir. Tablo 5.1 ve Tablo 5.3'de özetlenen verilerle, literatürden alınan referans numune ((P[75]GB[II]-37), çalışmanın değerleri (Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2) (L_1-L_2), Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_1-L_2), Kozalak(L_2)-Yumurta Şekilli(L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_2-L_1), Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Heraklit (L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2)(L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe (L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Heraklit (L_2-L_1), Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Heraklit (L_1-L_2) karşılaştırılarak Tablo 5.5'de verilmiştir.

Tablo 5.5. Literatürde Referans Numune ile Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılması

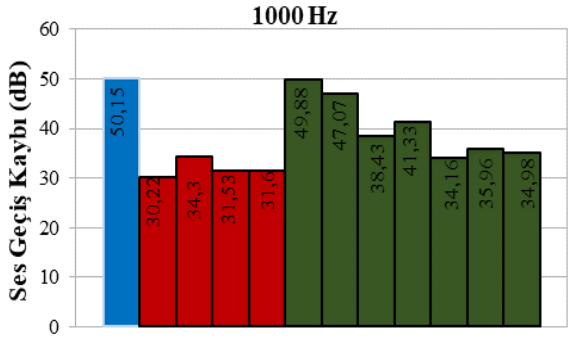
Frekans (Hz.)	Referans Numune P[75]GB[II]-37	Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2) (L_1-L_2)	Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_1-L_2)	Kozalak(L_2)-Yumurta Şekilli(L_1), Arada Keçe ve Heraklit(L_2-L_1)	Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2) (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Heraklit (L_2-L_1)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Heraklit (L_1-L_2)
500	44,74	**20,59**	**23,44**	**26,32**	**6,91**	14,91	19,51	21,44	19,13	22,14	32,01	21,59
1000	50,15	**30,22**	**34,3**	**31,53**	**31,6**	49,88	47,07	38,43	41,33	34,16	35,96	34,98
2000	36,45	**34,06**	**50,72**	**63,27**	**54,19**	**56,46**	44,02	**54,19**	40,35	**62,41**	36,71	**63,11**
4000	41,48	**40,22**	**33**	**41,6**	**41,43**	32,79	40,72	38,97	**52,66**	37,79	41,63	28,45
8000	22,68	50,58	34,77	**37,59**	**40,5**	46,5	51,2	47,1	**36,64**	47,4	52,5	47
Renk Tanımı	R1	$36a_1$	$37a_1$	$38b_2$	$39a_1$	$40a_1$	$41a_1$	$41b_1$	$42a_1$	$42a_2$	$42b_1$	$42b_2$

Tablo 5.5'de, referans alınan numunede 1000 Hz. frekansında ses geçiş kaybı 50,15dB olarak bulunduğu görülmektedir (Zia,2014,54). Çalışma kapsamında üretilen numunelerin ses geçiş kaybı değeri 1000 Hz. frekansında yaklaşık olarak 50dB, 2000-8000 Hz. frekanslarında 50dB'in üzerinde, özellikle de 2000 Hz. frekansında 60dB'in üzerinde veriler elde edilebildiği tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında hazırlanan numunelerin ses geçiş kaybı değerleri, referans numunenin ses geçiş kaybı değerlerinin karşılaştırmalı grafiği Tablo 5.6 (a), (b), (c), (d), (e)'de verilmiştir.

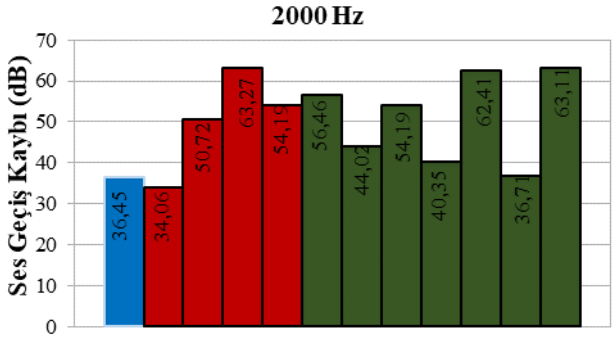
Tablo 5.6. (a), (b), (c), (d), (e) Çalışma Kapsamında Hazırlanan Numunelerin ve Referans Numunelerin Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırma Grafikleri



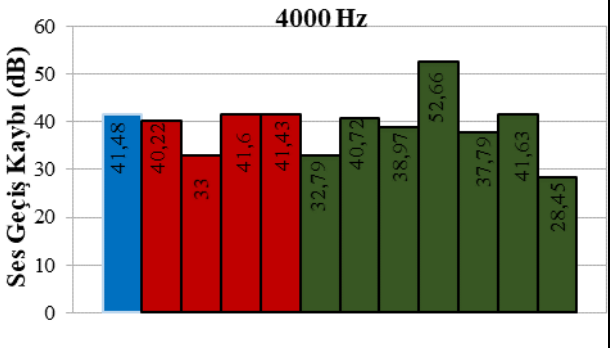
(a) Literatürde Referans Numune ile Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin 500 Hz. Deki Ses Geçiş Kaybı



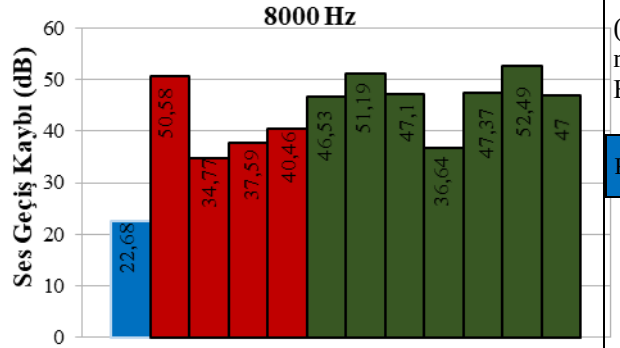
(b) Literatürde Referans Numune ile Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin 1000 Hz. Deki Ses Geçiş Kaybı



(c) Literatürde Referans Numune ile Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin 2000 Hz. Deki Ses Geçiş Kaybı



(d) Literatürde Referans Numune ile Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin 4000 Hz. Deki Ses Geçiş Kaybı



(e) Literatürde Referans Numune ile Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin 8000 Hz. Deki Ses Geçiş Kaybı

(a),(b),(c),(d),(e) grafiklerinde, numunenin içeriğine göre renk tanımları, soldan sağa doğru aşağıdaki gibidir.
Bu tanımlar, Tablo 5.5'de verilmiştir.

R1	36 a_1	37 a_1	38 b_2	39 a_1	40 a_1	41 a_1	41 b_1	42 a_1	42 a_2	42 b_1	42 b_2

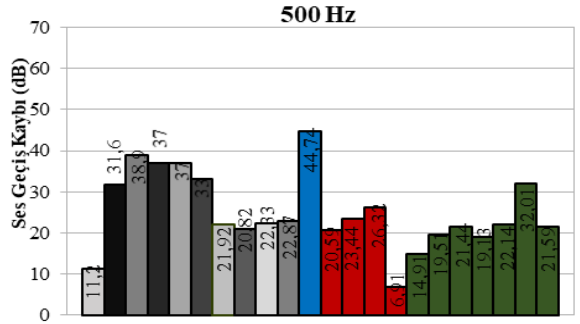
Çalışma kapsamındaki numunelerle (Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2) (L_1-L_2), Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_1-L_2), Kozalak(L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_2-L_1), Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Heraklit (L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2)(L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe (L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2), Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Heraklit (L_2-L_1), Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Heraklit (L_1-L_2), referans numune (P[75]GB[II]-37) ve piyasada kullanılan ve referans olarak alınan (19 cm Bims Bloklu Duvar, 20 cm Gaz Betonlu Duvar, Yatay Delikli 19 cm Sıvasız Tuğla Duvar, Düşey Delikli 19 cm Sıvasız Tuğla Duvar, 10 cm Tuğla, 20 cm Klinker Blok Boşluklu, 3 mm Kontraplak, 1.5 mm Papel Kaplama, 4 mm MDF, 4 mm Yonga Levha) (Yılmaz Demirkale,2008:27, Yılmaz, 2019:56) ses geçiş kaybı değerlerinin karşılaştırılması Tablo 5.7'de verilmiştir. Test sonuçlarının yapı elemanlarının ses yalıtım özelliklerinin karşılaştırılması, sınıflandırması konusunda kullanılabildiği, ses yalıtım özelliklerine göre yapı ürünlerinin tasarlanmasına yardımcı olduğu ISO 10140-2'de tanımlanmıştır (ISO 10140-2: 2021). Yapı elemanlarınıın ses yalıtımının laboratuvar ölçümleriyle ilgili bilgiler ISO 10140 (tüm parçalar)'de görülmektedir (ISO 10140-3: 2021(en)).

Tablo 5.7. Çalışma Kapsamındaki Numunelerle Referans Numune ve Piyasadaki Ürünlerin Karşılaştırılması

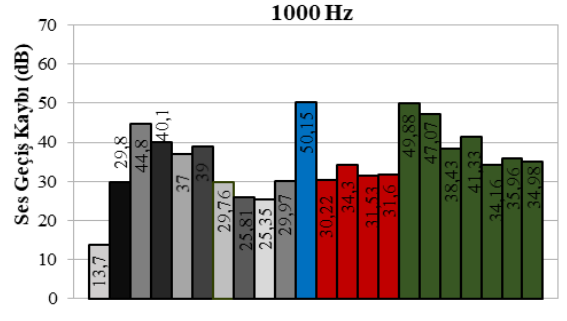
Frekans (Hz.)	19 cm Bims Bloklu Duvar	20 cm Gaz Betonlu Duvar	Yatay Delikli 19 cm Sıvasız Tuğla Duvar	Düşey Delikli 19 cm Sıvasız Tuğla Duvar	10 cm Tuğla	20 cm Klinker Blok Boşluklu	3 mm Kontraplak	1,5 mm Papel Kaplama	4 mm MDF	4 mm Yonga Levha	Referans Numune-P[75]GB[II]-37	Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2) (L_1-L_2)	Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_1-L_2)	Kozalak (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_2-L_1)	Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2) (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Heraklit (L_2-L_1)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Heraklit ($L1$-L_2)
500	11,2	31,6	38,9	37	37	33	21,92	20,82	22,33	22,87	44,7	20,6	23,4	26,3	6,91	14,9	19,5	21,4	19,1	22,1	32	21,6
1000	13,7	29,8	44,8	40,1	37	39	29,76	25,81	25,35	29,97	50,2	30,2	34,3	31,5	31,6	49,9	47,1	38,4	41,3	34,2	36	35
2000	24,7	35,9	46,3	41,9	37	45	39,48	32,21	28,83	35,85	36,5	34,1	50,7	63,3	54,2	56,5	44	54,2	40,4	62,4	36,7	63,1
4000	28,6	36,1	47,7	42	43	51	43,27	35,39	29,9	39,29	41,5	40,2	33	41,6	41,4	32,8	40,7	39	52,7	37,8	41,6	28,5
8000	Literatürde bu frekanslarda ölçüme ulaşılamamıştır.						48,15	31,12	30,89	41,59	22,7	50,6	34,8	37,6	40,5	46,5	51,2	47,1	36,6	47,4	52,5	47
Renk Tanımı	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R1	$36a_1$	$37a_1$	$38b_2$	$39a_1$	$40a_1$	$41a_1$	$41b_1$	$42a_1$	$42a_2$	$42b_1$	$42b_2$

Tablo 5.7'de görülen değerlerden R_1 olarak belirtilen referans numune, çalışma kapsamında hazırlanan numune özelliklerine en yakın malzeme olduğu için tercih edilmiş olup karşılaştırmalı grafikler Tablo 5.8 (a), (b), (c), (d), (e)'de verilmiştir.

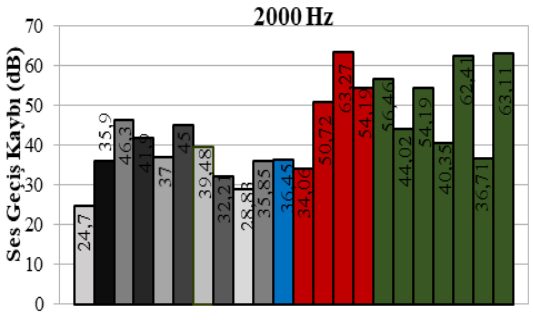
Tablo 5.8. (a), (b), (c), (d), (e) Çalışma Kapsamındaki Numunelerle Referans Numune ve Piyasadaki Ürünlerle Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırma Grafikleri



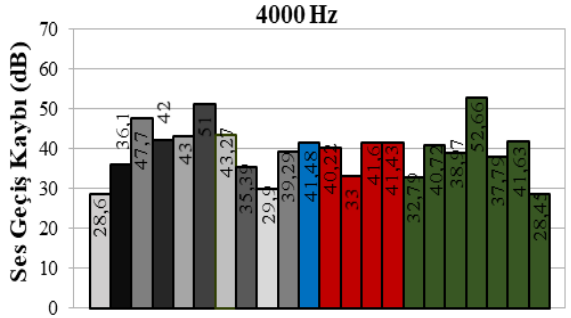
(a) Literatürde Referans Numunelerle Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin 1000 Hz. Deki Ses Geçiş Kaybı



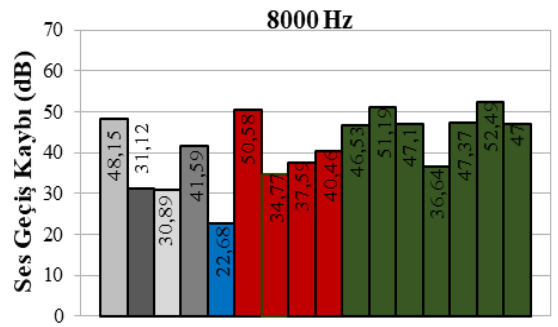
(b)Literatürde Referans Numunelerle Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin 1000 Hz. Deki Ses Geçiş Kaybı



(c) Literatürde Referans Numunelerle Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin 2000 Hz. Deki Ses Geçiş Kaybı



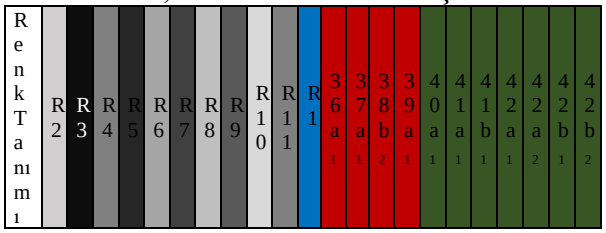
(d) Literatürde Referans Numunelerle Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin 4000 Hz. Deki Ses Geçiş Kaybı



(e) Literatürde Referans Numunelerle Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerin 8000 Hz. Deki Ses Geçiş Kaybı

(a),(b),(c),(d),(e) grafiklerinde, numunenin içeriğine göre renk tanımları, soldan sağa doğru aşağıdaki gibidir.

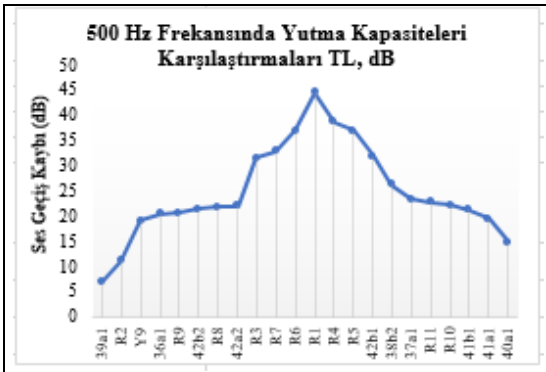
Renk tanımları, Tablo 5.6'da verilmiştir.



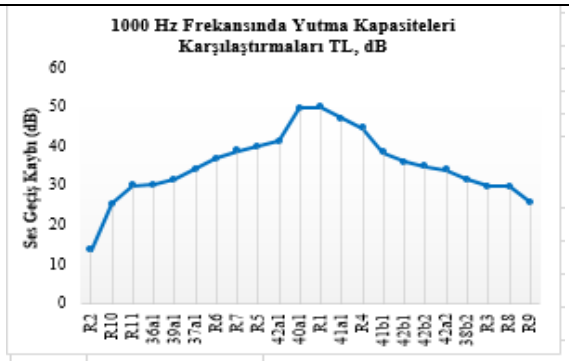
Tablo 5.8 (a), (b), (c), (d), (e)'de görüleceği üzere çalışma kapsamında hazırlanıp test edilen numunelerde ses geçiş kaybı değerlerinin, referans numune ve piyasa değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu verilerin, literatürde ve piyasadaki değerlerle karşılaştırılabilmesi amacıyla normal dağılım grafikleri oluşturulabilmektedir. Çan eğrisi olarak da bilinen çan eğrisi, rastgele değişkenlerin dağılımını yansıtmaktadır. Bu grafikte bulunan en yüksek nokta, meydana gelme olasılığı en yüksek olan nokta olup meydana gelme olasılığı her iki tarafa doğru kademeli olarak azaldığı bilinmektedir (Excel'de Çan Eğrisi Grafiği Oluşturun,2022,1).

Tablo 5.8'de görülen değerlere göre 500-8000 Hz. frekans aralığındaki ses geçiş kaybı değerlerine normal dağılım uygulanmış olup grafikler Tablo 5.9. (a), (b), (c), (d), (e)'de verilmiştir. Piyasada kullanılan ürünlerden; 19 cm Bims bloklu duvar, 20 cm gaz betonlu duvar, yatay delikli 19 cm sıvasız tuğla duvar, düşey delikli 19 cm sıvasız tuğla duvar, 10 cm tuğla, 20 cm klinker blok boşluklu için literatürde 8000 Hz. frekansında ölçüme ulaşılamadığı için normal dağılım grafiğinde gösterilememiştir.

Tablo 5.9. 500, 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz. Frekansları için Normal Dağılım Grafikleri

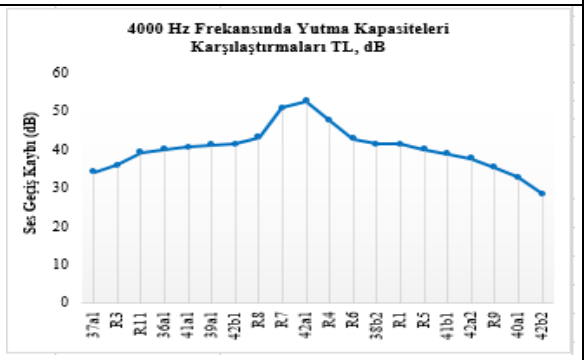


(a) 500 Hz. Frekansında Referans Numunelerle Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerle İlgili Normal Dağılım Grafikleri



(b) 1000 Hz. Frekansında Referans Numunelerle Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerle İlgili Normal Dağılım Grafikleri

(c) 2000 Hz. Frekansında Referans Numunelerle Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerle İlgili Normal Dağılım Grafikleri



(d) 4000 Hz. Frekansında Referans Numunelerle Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerle İlgili Normal Dağılım Grafikleri

(e) 8000 Hz. Frekansında Referans Numunelerle Çalışma Kapsamında Üretilen Numunelerle İlgili Normal Dağılım Grafikleri

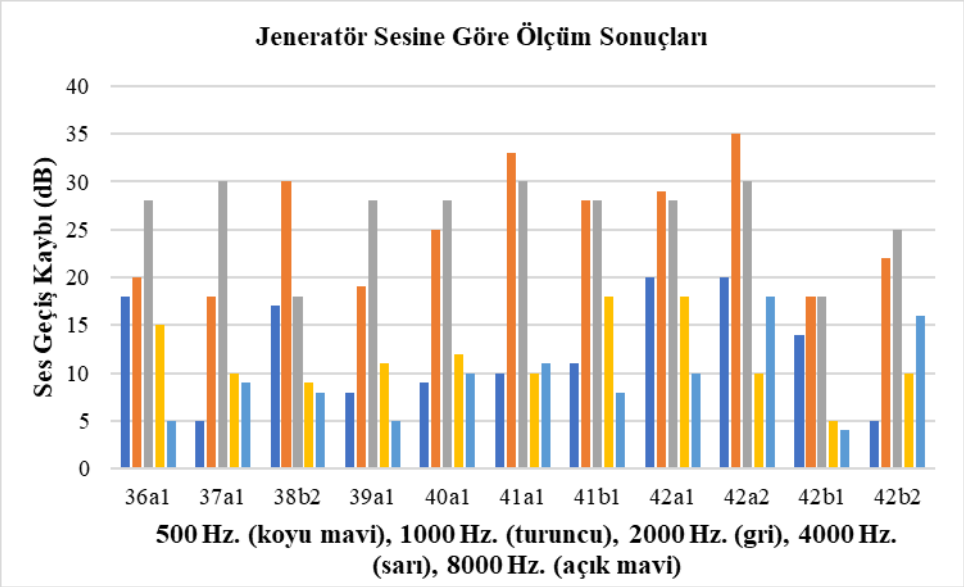
(a), (b), (c), (d) ve (e)'de bulunan grafikte, karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yukarıda bahsedilen ölçümler için frekans jeneratörü programı kullanılmıştır. Ses basınç seviyesi yaklaşık olarak 85 dB olan jeneratörün sesi kaydedilerek, değerleri en yüksek olan 11 adet numunenin ölçümünde kullanılmıştır. Buna göre jeneratör sesine göre ölçüm sonuçları Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10. Jeneratör Sesine Göre Ölçüm Sonuçları

Frekans (Hz.)	Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2) (L1-L_2)	Kozalak (L_1)-Yumurta Şekilli (L_2), Arada Keçe (L_1-L_2)	Kozalak (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_2-L_1)	Kozalak (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2) (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli(L_2), Arada Keçe (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1)- Yumurta Şekilli (L_2)-Arada Keçe ve Heraklit (L_1-L_2)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Keçe ve Heraklit (L_1.L_2)	Ceviz Kabuğu (L_1) Yumurta Şekilli (L_2), Arada Heraklit (L_2-L_1)	Ceviz Kabuğu (L_2)-Yumurta Şekilli (L_1), Arada Heraklit (L_1-L_2)
500	18	5	17	8	9	10	11	20	20	14	5
1000	20	18	30	19	25	33	28	29	35	18	22
2000	28	30	18	28	28	30	28	28	30	18	25
4000	15	10	9	11	12	10	18	18	10	5	10
8000	5	9	8	5	10	11	8	10	18	4	16
Numune Tanımı	36a_1	37a_1	38b_2	39a_1	40a_1	41a_1	41b_1	42a_1	42a_2	42b_1	42b_2

Tablo 5.10'da bulunan veriler, ses basınç seviyesi yaklaşık olarak 85dB değerine sahip bir jeneratörün sesi kaydedilerek ses kaynağı olarak tercih edilip numuneler test edilmiştir. Elde edilen ses geçiş kaybı değerleri Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Jeneratör Sesine Göre Ölçüm Sonuçları

Şekil 5.1'e göre karşılaştırılan numunelerin ses geçiş kaybı değerleri 1000 Hz. den sonra 30dB değerinin üzerindedir. Dolayısıyla çalışma kapsamında hazırlanan numunelerin jeneratör vb. cihazların ses yalıtımında kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Ses geçiş kaybı değerleri literatür ve piyasadaki değerlere göre bazı numuneler için 3d tarama görüntüleri yardımıyla, ANSYS programının akustik modülünde analiz işlemleri gerçekleştirilip deney sonuçlarıyla karşılaştırması yapılmıştır. ANSYS programı ile pek çok mühendislik çalışmalarına erişilebilmektedir. Farklı geometriye sahip kompozit yapıların da analizlerinin gerçekleştirildiği de belirtilmiştir.

Çalışmada seçilen geri dönüştürülebilir doğal materyallerin, yaklaşık olarak 55-65 dB aralığında ses geçiş kaybı değerlerine ulaşılabilmesinde olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür. Piyasadaki sentetik içerikli akustik yumurta sünger gibi numunelere benzer yapıların doğal materyallerle de hazırlanabileceği anlaşılmıştır. Örneğin, yumurta şekilli kozalak ve alçı içerikli numunenin yumurta süngerin şekline benzerlik göstermesi, yüzeyde ses dalgalarını yakalayıp yutabilecek alanların düz yüzeye göre artması, ses geçiş kaybı değerlerinin istenilen düzeyde elde edilebilmesinde önemli bir katkı sağlamıştır. Hem yüzey yapısının hem de kompozit numunelerin hazırlanması esnasında, numuneler arasındaki mesafenin olumlu etkisi, yapılan deney sonuçlarının karşılaştırmalı analiziyle tespit edilmiştir. Kozalak içerikli numunelerde de yüzeylerin pürüzlü şekilde oluşturulması, değerlere katkısı olmuştur.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde akustik özelliğe sahip olan ürünlerin çoğunlukla sentetik özelliğe sahip olduğu, farklı ülkelerden alınan organik test numunelerinde kullanılan malzemelerin Türkiye'de yetiştirilmediği veya az yetiştirildiği görülmüştür. Üretilen ve güvenilir olduğu test edilen Alfa Kabin benzeri test kutusunun özellikleri yöntem bölümünde verilmiştir. Önerilen test kutusu ile farklı frekans bantlarında ses iletim kaybı değerleri bilinen malzemeler ölçülmüş ve ANSYS programı ile bilgisayar simülasyonları ile desteklenip sonuçları karşılaştırılarak güvenilirliği kanıtlanmıştır. Test kutusunda ölçülen sonuçların güvenilirliği kanıtlandıktan sonra, düşük karbon salınımına sahip olduğunu düşündüğümüz Türkiye'de yetişen organik atık maddelerden oluşturduğumuz ses iletim kaybı yüksek malzemeler için öneriler üretilmiştir. En yüksek değerlere sahip olan 1, 2, 3 ve 4 numaralı malzeme numuneleri, test kutusunda yapılan ölçümlerin sonuçları ve ANSYS programı ile yapılan analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Tablo 4.92, Tablo 4.95, Tablo 4.98 ve Tablo 4.101'de verilmiştir. Grafikler Şekil 4.102, Şekil 4.104, Şekil 4.106 ve Şekil 4.108'de verilmiştir. Piyasadaki sentetik akustik malzemelerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, bazı frekanslarda absorpsiyon kapasitesinin piyasadaki yüksek SPL malzemelerinin üzerinde olduğunu kanıtlamaktadır. Çalışılan malzemelerin organik olması, doğada kolay erişilebilir olması ve üretim sırasında iç hava kalitesine zarar vermemesi, seçilen malzemelerin piyasada halihazırda kullanılan sentetik malzemelere göre üstünlüğünü oluşturmaktadır. Alfa Kabin benzeri deney kutusunda doğal ve sentetik birçok malzeme test edilmiştir. Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi (MEİTAM) Yankısız Odası'nda yapılan deneylerle birlikte toplamda yaklaşık 250 adet deney çalışması gerçekleştirilmiştir. Bunlardan 204'ü doğal ve 46'sı sentetik içerikli numunelerdir. 204 testin %50'si kompozit numuneye, %50'si kompozit olmayan numuneye aittir. Kozalaklı ve yumurta şekilli kompozit numunelerde, 1000-8000 Hz. frekans aralığında, 96 adet verinin 64'ü (yaklaşık olarak % 67), 2000 Hz. frekanstan sonra çoğunlukla 40 dB ve üzerinde değerler elde edilebilmiştir. Konkav ceviz kabuğu ve yumurta şekilli numunelerde, 1000-8000 Hz. frekans aralığında, 96 adet verinin 66'sı (yaklaşık olarak %69), 2000 Hz. frekanstan sonra çoğunlukla 40 dB ve üzerinde değerlerdir. Ceviz kabukları ve kozalaklar test için seçilmiştir. Erişilebilirlik ve üretim kolaylığı nedeniyle doğal içerikli numunelerin hazırlanmasında önemli bir rol oynadıkları görülmektedir.

Sonuçlar bölümünde, çalışma kapsamında üretilen örnekler ve referans örnekler ile karşılaştırmalı tablolar verilmiştir. Buna göre; Tablo 5.1'de kozalaklı yumurta şekilli numunelerle yapılan testlerde 1000 Hz.'den sonra 30 dB ve üzeri (96 veriden 64'ü, % 67), Ceviz kabuğu yumurta şekilli numunelerle yapılan testlerde Tablo 5.2'de 1000 Hz.'den sonra örneklerde 30 dB ve üzeri değerlerin (96 veriden 66'sı, yaklaşık %69'u) elde edilebildiği görülmektedir. Bunların arasında 1000 Hz.'den sonra yaklaşık 50 dB ve üzeri, 2000 Hz'de 60 dB'nin üzerinde, bazılarında %100 yün keçe ve heraklit gibi malzemelerin kullanımı ile değerler vardır. 8000 Hz. frekansta, 5 referans numuneden 1'inde (%20) 48,15 dB ile en yüksek değere ulaşılmış olup, koni-yumurta ve ceviz kabuğu-yumurta şeklindeki 11 numunenin 8'inde 50 dB'nin üzerindedir. Tablo 19'da verilen örnekler (%71,7) karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Piyasada kullanılmakta olan ve çalışma kapsamında hazırlanan numune özelliklerine en yakın olarak görülüp referans alınan (R_1) 49 numunede 1000 Hz.'den sonra 2 değerin (%4), çalışmada hazırlanıp test edilen numunelerde 55 değerden 12'sinin (%21) 50 dB'in üzerinde olduğu görülmüştür. Bu değerlerden 3'ünün 2000 Hz.'de 60 dB'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Türkiye'de yetiştirilen, organik ve sağlıklı malzemeler olarak seçilen test malzemelerinin bir yandan yüksek SPL değerleri, diğer yandan atık yönetimine verdikleri destek nedeniyle öneminin giderek artacağı düşünülmektedir.

Akdeniz Bölgesi'nde de yoğun olarak yetiştiği bilinen mısır bitkisinin koçanı ve yaprağı, palmiye ağacının yaprakları, mobilya sektöründe çalışma esnasında ortaya çıkan talaş malzemesi, samanın farklı türleri, ponza taşı vb. ürünler, çeşitli kuruyemiş kabukları, yakıt amaçlı olarak kullanıldığı bilinen badem kabukları, doğal ve geri dönüştürülebilir materyaller olması ve içlerinde bazılarının lifli yapıya sahip olması nedeniyle şekil açısından ve yüzeysel geometrilerinde yapılabilecek farklı varyasyonlarla, ses geçiş kaybı değerlerinin test edilmesine yönelik çalışmalarda kullanılabileceği öngörülmektedir. Ayrıca farklı bölgelerde yoğun olarak yetişen ürünlerin geri dönüştürülebilecek bölümleri de kullanılarak ses geçiş kaybı değerlerinin tespit edilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilebilir.

KAYNAKÇA

Acarla, 2020, http://www.acarla.com.tr/urunler/heraklite/

Albrecht, W. (2003). Nonwoven fabrics. Albrecht W, Fuchs H, Kittelmann W. editors.

Anonymous, SKN Senkron Alternatöre Ait Teknik Bilgiler.

Arenas, J. P., & Crocker, M. J. (2010). Recent trends in porous sound-absorbing materials. *Sound & vibration*, *44*(7), 12-18.

Bal Koçyiğit, F., (2003). *Metro İstasyonlarında Mezanin Katında Ses Kaynaklarının Araştırılması ve Çözümlenmesi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

_____, (2020). *MMR 672 Yapı Akustiği Kuramı Ders Notları*. https://moodle. atilim.edu.tr/course/view.php?id=3771.

_____, (2020). Çevre Bakanlığı Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği uyarınca Fizik Mühendisleri Odasında verilen A2 ve D1 ders notlarından. https://moodle.atilim.edu.tr/course/view.Php?id =3771, 1-202.

_____, (2023). "D1 Tipi Bina Akustiği Sertifika Programı" Çevre Bakanlığı Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği uyarınca Fizik Mühendisleri Odasında verilen D1 Eğitimi Kitabı. www.fmo.org.tr

Barron, R. F., (2001). *Industrial Noise Control and Acoustics*. Louisiana Tech University, Ruston, Louisiana, U.S.A.

Beichner, R. J., Serway, R.A (2008). Fen ve Mühendislik İçin Fizik 1 (Mekanik, Mekanik Dalgalar, Termodinamik). *Edition*, *5*, 91-92.

Brüel& Kjaer, "*Tip 2270-K ile Ses İletim Kaybı Talimatnamesi*," https://ocw.upj.ac.id/ files/Textbook-ARS-405-TEXTBOOK-09-FISIKA-BANGUNAN.pdf

Buluklu, H. M., Bal Koçyiğit, F., Köse, E., (2022). Low-Cost Alpha Cabin Like Test Box Proposal for the Development of New Acoustic Sound Insulation Materials. *Gazi University Journal of Science*, DOI: 10.35378/gujs.1010472.

Buluklu, H. M., Bal Koçyiğit, F., Köse, E., (2022). Analysis of different methods of suppressing generator noise reaching indoor noise. *European Mechanical Science*, 6(3): 161-178.

Can, T. (2013). Ormanın Kitabı. *WWF-Türkiye, İstanbul*, *168*.

Cao, L., Fu, Q., Si, Y., Ding, B., & Yu, J. (2018). Porous materials for sound absorption. *Composites Communications*, *10*, 25-35.

Crocker, M. J. (1998). *Handbook of acoustics*. John Wiley & Sons.

Çakıl, T., Carlak, F. H., Özen, Ş., (2020). Akustik Dalgaların Farklı Ortam Yüzeylerindeki Basınç ve Hız Etkilerinin FDTD Metodu ile Çözümlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, *8*(3), 844-855.

Çalışkan, M., Belgin, E., (2004). Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşletmenin Korunması, *Türk Tabipleri Birliği Yayınları*, 17-44.

Çelikel, D. C., (2017), *Farklı Yöntemlerle Üretilmiş Dokusuz Yüzeylerin Akustik Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin Araştırılması*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Çokkeser, H. K., Çeven, E. K. (2011). Otomotivde kullanılan teknik tekstiller. *Kahramanmaras Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences*, *14*(3).

Dariusz, P., & Witold, M. (2018). Methods of testing of sound insulation properties of barriers intended for high frequency noise and ultrasonic noise protection. *Strojnícky časopis-Journal of Mechanical Engineering*, *68*(4), 55-64.

Doğru, T., Pulat, E. (2020). Otomotivde Kullanılan Elyaflı Malzemelerin Akustik Özelliklerinin İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, *25*(2), 889-902.

DTA Mühendislik Test Laboratuvar&Test ve Nümerik Analiz Proje Hizmetleri 2017, E.T:18.07.2022,http://www.dta.com.tr/pdf/outgoing/company/Proje_Hizmetleri_Brosur_2017.pdf.

Erol, H. B. (2006). *İç Mekânda Malzeme Kullanımında Akustik Performans Kriterleri*. Yüksek Lisans Tezi, MSGÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Erol, M., (2019*). Tüy Materyalinden Ses Yalıtım Amaçlı Çok Katmanlı Yapıların Geliştirilmesi*, Doktora Tezi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı.

Eti Sanat, Seramik Atölyesi Malzemeleri, (2022), https://etisanat.com/mis-bal-alci).

Everest, F. A. Pohlmann, K. C. (2009), *Master Handbook of Acoustics*.

Everest F. A., Pohlmann K. C., (8 Aralık 2014), Master Handbook of Acoustics, 6. Basım.

Europe, W.H.O., (2009). Night noise guidelines for Europe. *World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen*.

Faulkner, L. L. (Ed.). (1976). *Handbook of industrial noise control*. Industrial Press.

Feltouch, Feltouch Aesthetically Acoustic Solutions E.T: 20.07.2019, www.feltouch. com.

Fitriani, M. C., Yahya, I., Aditya, F., Siregar, Y., Moeliono, M., & Sulaksono, S. (2016, November). Sound absorption enhancement of nonwoven felt by using coupled membrane-sonic crystal inclusion. In *Journal of Physics: Conference Series*, 776(1), p. 012035, IOP Publishing.

Fridlund, L. (1987). Safety-health and working conditions. In *Safety-health and working conditions* (pp. 103-103).

Gelen, M., (2016). *Otomotiv Endüstri Kullanılan Akustik Malzemeler ve Malzeme Özelliklerinin Akustik Parametrelere Etkisinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programı, İstanbul.

Gürani, Y., Kadem, F, D., (2018). Tekstil Yüzeylerinin İç Mekan Tasarımında Akustik Amaçlı Kullanımı, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, *5*(6), 48-55.

Güvenli, G., Daşdemir, İ., (2017). Odun Kömürü Üretiminin Teknik, Ekonomik ve Sosyal Analizi (Malatya İli Örneği) Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1):81-92, 1 Haziran/June, 2017, DOI: 10.24 0 11/barofd.299178.

International Labour Office Staff. (1984). Protection of workers against noise and vibration in the working environment (No. 69). International Labour Organisation (ILO).

İlgürel, M, N., Yüğrük Akdağ, N., Şerefhanoğlu Sözen, M., (2015). Çok Amaçlı Salonlarda Akustik Tasarım ve Örnek Bir Uygulama, *11. Ulusal Akustik Kongresi ve Sergisi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Taşkışla, İstanbul.

Kalebek, N. A. (2016). Sound absorbing polyester recycled nonwovens for the automotive industry. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*.

Kara, O. O., & Küçüköner, E. (2019). Geleneksel bir meyve çerezi: Pestil. *Akademik Gıda*, *17*(2), 260-268.

Karabiber, Z. (1992). *Mimari akustikte ses ölçmeleri*. YTÜ Mimarlık Fakültesi.

Karaman, S., Şahin, S., Örüng, İ., & Pabuçcu, K. (2006). Ağaç yaprağı ve pomza katkılı alçı kompozitlerin tarımsal yapılarda kullanılabilme olanaklarının araştırılması. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, *11*(1).

Kumar, S. T. And Kumar, R. M., (2015). Development of Needle Punched Non-woven Fabrics for Acoustic Application. *International Journal of ChemTech Research*. 8(7), 21-26.

Kurtay, C., Eryıldız, D. I., & Harputlugil, G. U. (2008). Mimar Kemaleddin Salonu akustik performans değerlendirmesi ve performans iyileştirme önerileri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *23*(3).

Lee, Y., & Joo, C. (2003). Sound absorption properties of recycled polyester fibrous assembly absorbers. AUTEX Research Journal, 3(2), 78-84.

Liu, Y., & Hu, H. (2010). Sound absorption behavior of knitted spacer fabrics. *Textile Research Journal*, *80*(18), 1949-1957.

Midha, V. K., & Chavhan, M. V. (2012). Nonwoven sound absorption materials. International Journal of Textile and Fashion Technology, 2(2), 45-55.

Moore, B. C. & Glasberg, B. R. (1987) *Hear. Res.* 28, 209-225.

Öz, H. M., & Köse, E., (2020). Gürültü Önleyici Akustik Malzemelerin Performans Düzeylerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 1-10.

ÖZ, H. M., & Köse, E., (2020). Gürültü Önleyici Akustik Süngerlerin Üretimi ve Uygulamaları. *International Journal of Engineering Research and Development*, *12*(2), 664-674.

Özgüven, M. M., (2000). *Bazı Tarım Makinalarına Ait Ses Düzeyinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Özkal, A. (2019). Nanolif Takviye Edilmiş Geridönüşüm Dokusuz Yüzey Kumaşların Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 341s, Isparta*.

Özlüsoylu, İ., İstek, A., (2019). Odun Kökenli Malzemelerin Ses Yalıtımında Değerlendirilmesi: Kabuk Levha Örneği. III. International Mediterranean Forest and Environment Symposium. IMFES 2019 03-05 October-Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.

Páez Soto, D. A., Herrera Fernández, L. J., Acosta Agudelo, O. E., & Herrera Martínez, M. (2020). Evaluation of an acoustic conditioning panel made from typical Colombian fibres. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (94), 102-116.

Puranik, P. R., Parmar, R. R., & Rana, P. P. (2014). Nonwoven acoustic textiles–a review. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, *5*(3), 8.

Purwanto, B., & Arvantie, M. H, Zulfachmi, Z, & Aprishantv, E, (2020), Low-Cost and Portable Sound Reduction Box: Innovation for Acoustic Material Performance

Measurement. *Journal of Engineering and Technological Sciences, 52*(5), 732-744.

Quam, R., Martínez Mendizábal, I., Lorenzo Merino, C., Bonmatí, A., Rosa Zurera, M., Jarabo, P., & Arsuaga, J. L. (2022). Studing audition in fossil hominins: a new approach to the evolution of language?. *Ene*, *6*, 56.

Rossing T. D., (2007). Springer Handbook of Acoustics

Russsell, S. J. (2007). Handbook of nonwovens, The Textile Institute.

Sirel, Ş. (1974). *Yapı akustiği I: temel bilgiler*. İstanbul Devlet Mühendislik ve Mühendislik ve Mimarlık Akademisi.

Süvari, F. (2012). *Nanolif kompozit yapılı dokusuz yüzeylerin ses absorblama özelliklerinin iyileştirilmesi* (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).

Şen, F., Bilgin, S., Özeker, E., & Acarsoy Bilgin, N. (2018). Bazı Ceviz Çeşitlerinin Menemen Ekolojisinde Morfolojik ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *6*(1), 31-39.

Taşkaya, S., Taşkaya, S. (2019). Çok katlı yapıların Ansys paket yazılımında Workbench modülü kullanılarak ölçümlendirilmesi ve prototip analizlerinin incelenmesi. *Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi*, *1*(2), 51-63.

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2016). Dekoratif Yapraklı İç Mekan Bitkileri, Ankara, www.meslek.eba.gov.tr/moduller/Dekoratif%20Yaprakli%20Ic%20Mekan%20Bitkileri.pdf

The Foam Factory,(2014), https://www.thefoamfactory.com

Topal, E., Ceylan, Ö., KÖSOĞLU, M., MĂRGĂOAN, R., & CIPCIGAN, M. C. (2020). Balmumunun Yapısı, Kullanım Alanları ve Bazı Temel Sorunları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, *20*(2), 209-220.

Tufaner, F. (2020). Reduction through Brick Wall Barrier and Acoustic Sponge of Environmental Noise Levels from Chiller Cooling System. *Sakarya University Journal of Science, 24*(4), 637-651.

Türkiye'de Zeytin ve Zeytin yağı, KUTO, Kuşadası Ticaret Odası, Chamber of Commerce, KUTO Araştırma Yayınları (www.kuto.org.tr/site/assets/files/1585/ turkiyede_zeytin_ve_zeytin_yagi_bilgi_ notu.pdf)

Vamshi, C., Jani, S.P. (2019). Research on the Effect of Imprecise Size Foam Samples on Acoustic Measurements in Impedance Tube. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE),* Volume-8, Issue-2S11, September 2019.

Ver, I. L., & Beranek, L. L. (2006). Noise and vibration control engineering: principles and applications.

Vidinlimen, G. T. (2010). *Otomotiv endüstrisinde kullanılan gözenekli malzemelerin akustik özellikleri ve analizi* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Yılmaz, C. (2019). *Atık kâğıtlar ile üretilmiş ahşap esaslı panellerin bazı teknolojik özellikleri* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Yılmaz Demirkale, S., (2008). Yapı Elemanlarında Sesin Yayılması, Çeşitli Duvarların Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılması, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Yumşak. M., (2010). Farklı Fiziksel Özelliklere Sahip Dokusuz Kumaşların Ses Yutum Kabiliyetlerinin İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, *Yüksek Lisans Tezi,* 69, Kahramanmaraş.

Zent, A., & Long, J. T. (2007). Automotive sound absorbing material survey results. *SAE Int, 25*, 1-7.

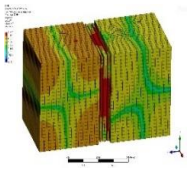
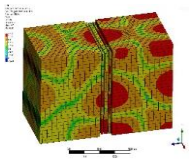
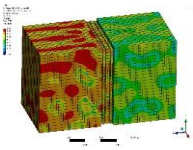
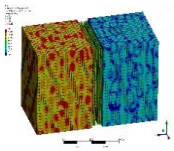
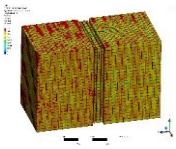
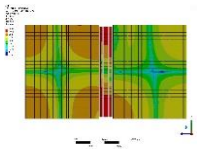
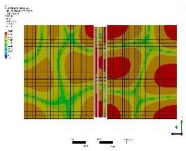
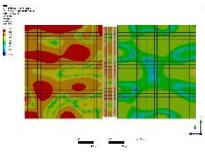
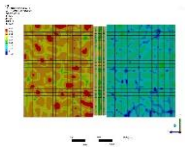
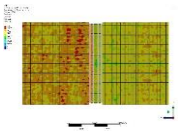
Zia, A. J., (2014). *Optimum Kesitleri Deneysel Olarak Belirlenmiş Ses Yalıtımlı Alçıpan Bölme Duvarların Yapı Mühendisliği Açısından İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ağustos 2014, Konya.

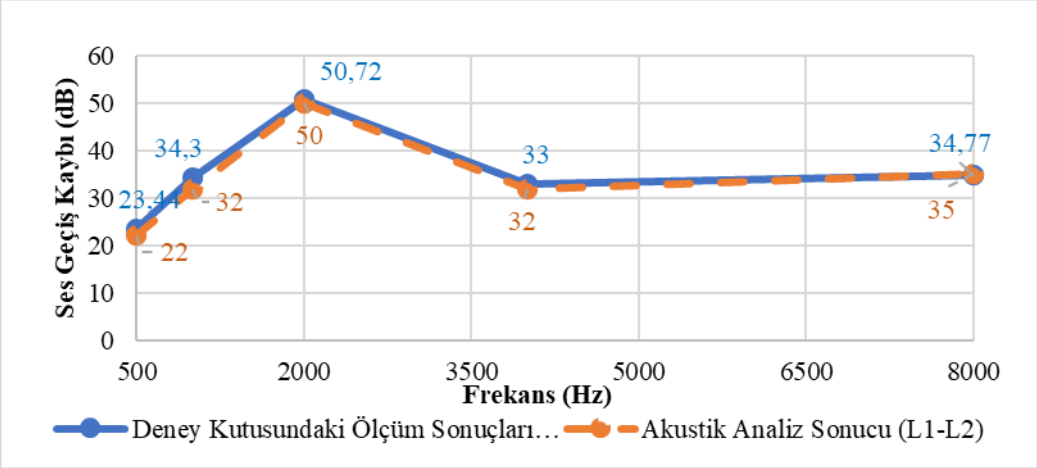
EKLER LİSTESİ

Ek 1: ANSYS Akustik Modülde Analiz Edilen Diğer Numunelerle ilgili Sonuçlar

Numune 37a: 2 cm kalınlığında alçıpan, alçı ve kozalak, (hareketli yüzey L_1'de, solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_2'de, sağda). İki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe bulunması durumunda sonuçlar aşağıdadır.

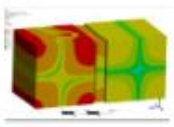
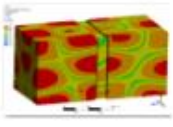
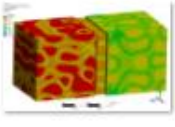
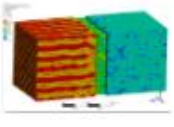
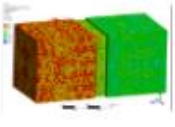
Frekans (Hz.)	Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_1-L_2)	Akustik Analiz Sonucu (L_1-L_2)
500	23,44	22
1000	34,3	32
2000	50,72	50
4000	33	32
8000	34,77	35

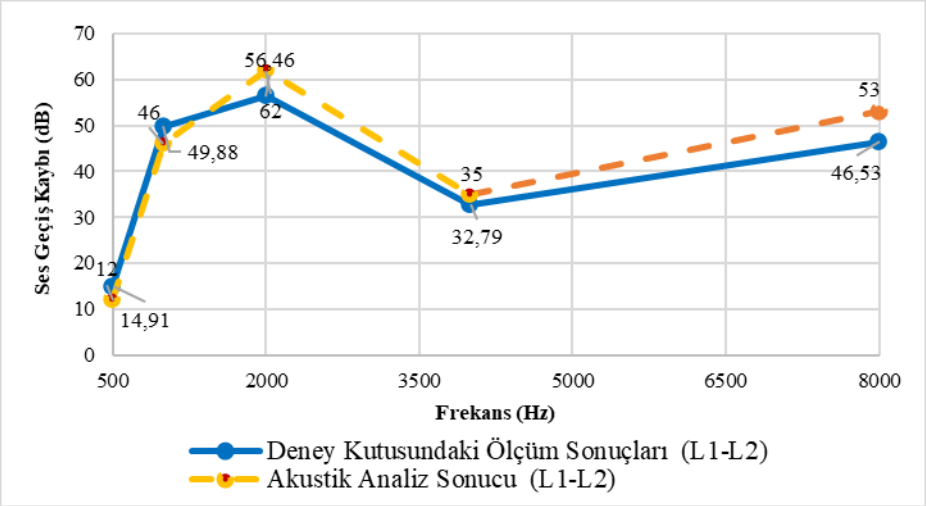
500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
				
				



Numune 40a: 2 cm Kalınlığında Alçıpan, Alçı, Konkav Ceviz Kabuğu (hareketli yüzey L_1'de solda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_2'de sağda) ve iki numune arası mesafe 75 mm

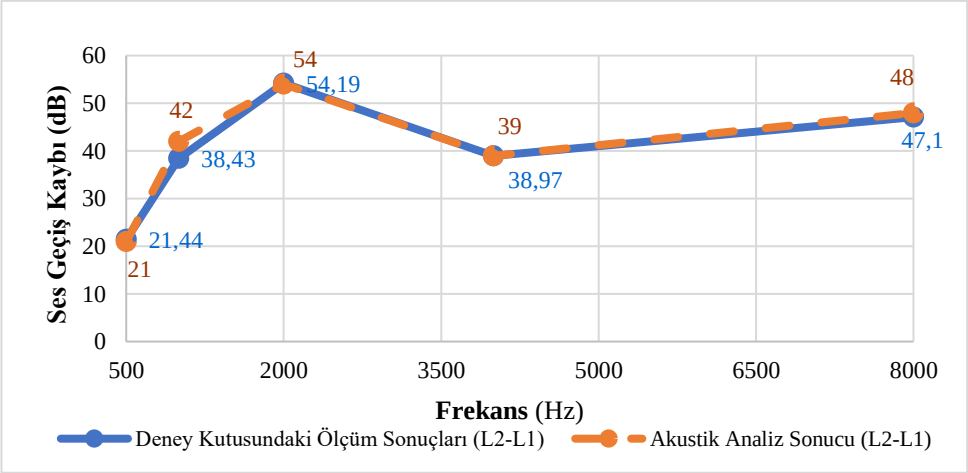
Frekans (Hz.)	Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_1-L_2)	Akustik Analiz Sonucu (L_1-L_2)
500	14,91	12
1000	49,88	46
2000	56,46	62
4000	32,79	35
8000	46,53	53

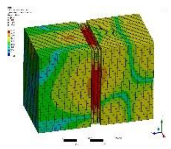
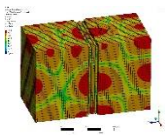
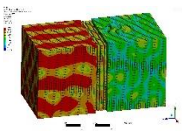
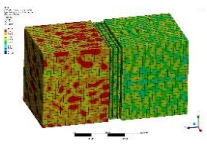
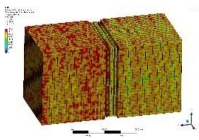
500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.	8000 Hz.
				



Numune 41b: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_2'de sağda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de solda ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe

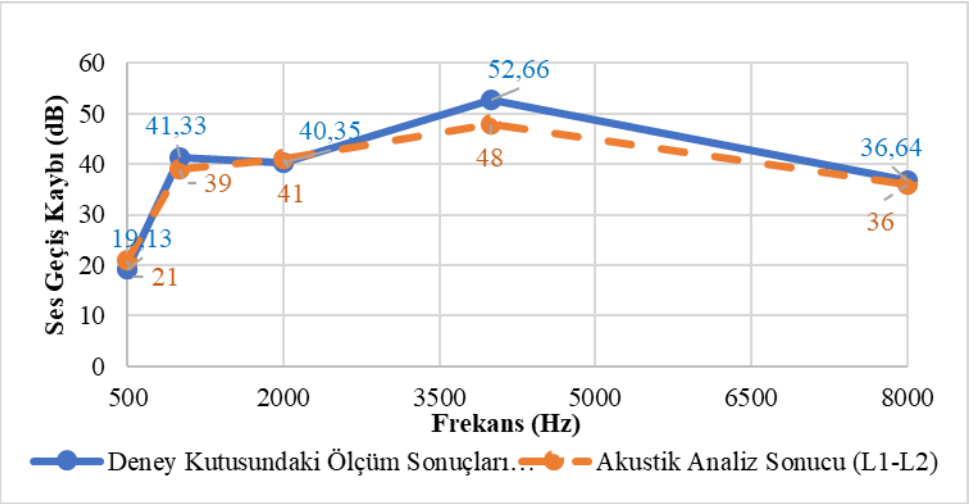
Frekans (Hz.)	Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_1-L_2)	Akustik Analiz Sonucu (L_1-L_2)
500	21,44	21
1000	38,43	42
2000	54,19	54
4000	38,97	39
8000	47,1	48

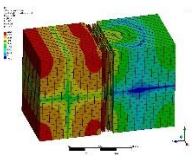
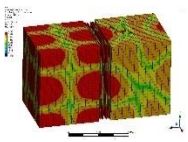
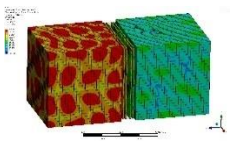
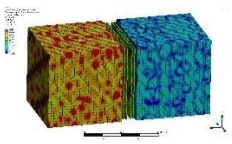
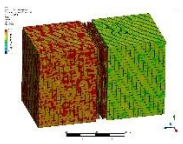


500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.	8000 Hz.
				

Numune 42a: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de sağda ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve heraklit

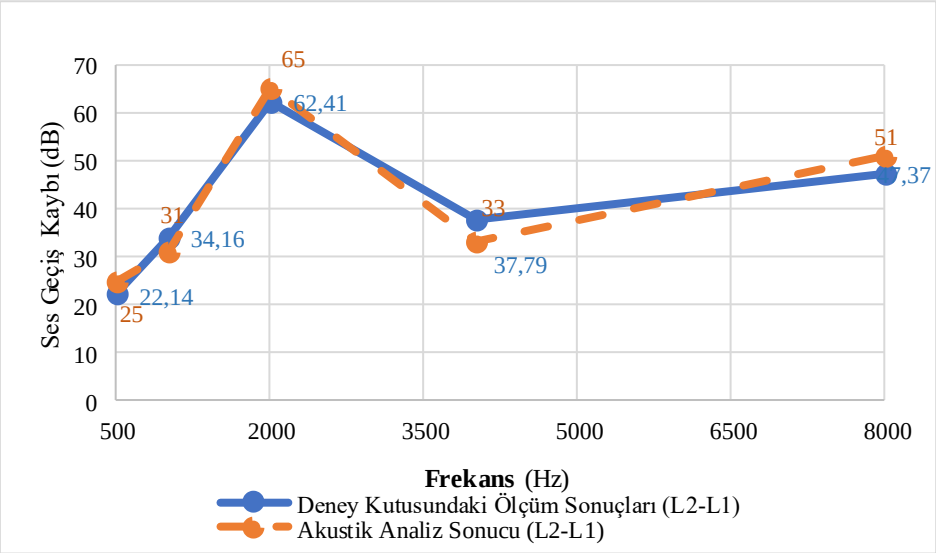
Frekans (Hz.)	Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_1-L_2)	Akustik Analiz Sonucu (L_1-L_2)
500	19,13	21
1000	41,33	39
2000	40,35	41
4000	52,66	48
8000	36,64	36

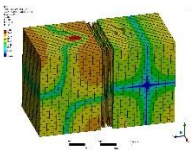
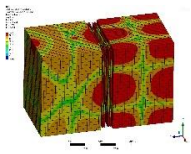
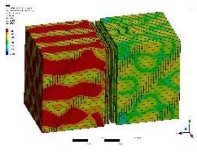
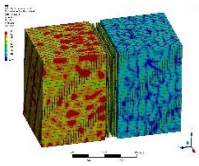
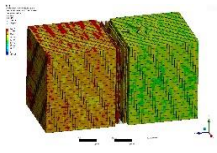


500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.	8000 Hz.
				

Numune 42b: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu hareketli yüzey L_2'de sağda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_1'de solda ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya 2 adet 1'er cm kalınlığında keçe ve heraklit

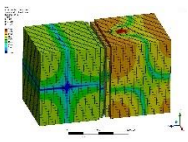
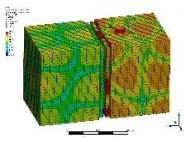
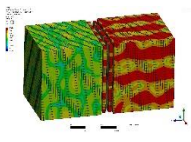
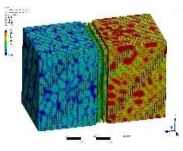
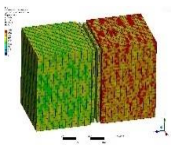
Frekans (Hz.)	Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_1-L_2)	Akustik Analiz Sonucu (L_1-L_2)
500	22,14	25
1000	34,16	31
2000	62,41	65
4000	37,79	33
8000	47,37	51

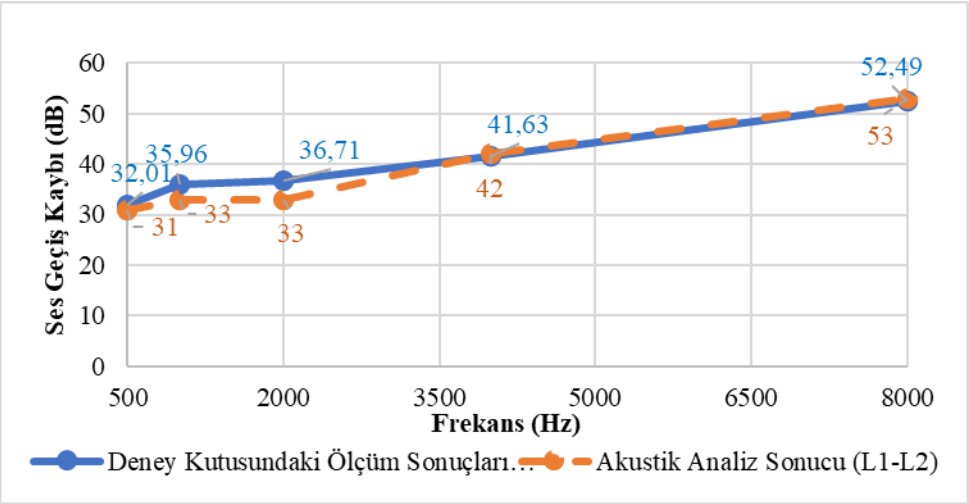


500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.	8000 Hz.
				

Numune 43a: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu, hareketli yüzey L_1'de solda, 4 cm kalınlığında yumurta şekilli hareketli yüzey L_2'de sağda ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya heraklit yerleştirilmesi

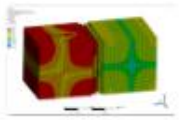
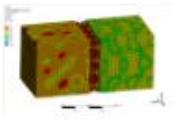
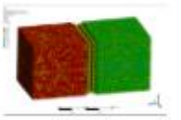
Frekans (Hz.)	Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_1-L_2)	Akustik Analiz Sonucu (L_1-L_2)
500	32,01	31
1000	35,96	33
2000	36,71	33
4000	41,63	42
8000	52,49	53

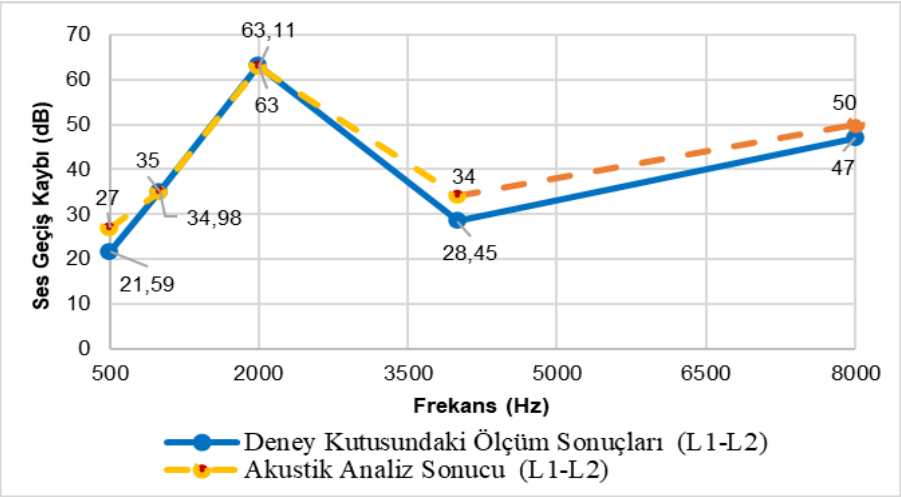
500 Hz.	1000 Hz.	2000 Hz.	4000 Hz.	8000 Hz.
				



Numune 43b: Alçıpan, alçı ve konkav ceviz kabuğu, (hareketli yüzey L_2'de, sağda), 4 cm kalınlığında yumurta şekilli (hareketli yüzey L_1'de, solda) ve iki numune arası mesafe 75 mm olup araya heraklit yerleştirilmesi

Frekans (Hz.)	**Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L_1-L_2)**	**Akustik Analiz Sonucu (L_1-L_2)**
500	21,59	27
1000	34,98	35
2000	63,11	63
4000	28,45	34
8000	47	50

500 Hz.	**1000 Hz.**	**2000 Hz.**	**4000 Hz.**	**8000 Hz.**
				


70
60
50
40
30
20
10
0
Ses Geçiş Kaybı (dB)
500
2000
3500
5000
6500
8000
Frekans (Hz)
63,11
63
35
34,98
27
21,59
34
28,45
50
47
Deney Kutusundaki Ölçüm Sonuçları (L1-L2)
Akustik Analiz Sonucu (L1-L2)

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Hatice Mehtap BULUKLU

Öğrenim Durumu:

Derece	**Bölüm/Program**	**Üniversite**	**Yıl**
Doktora	İmalat Mühendisliği	Tarsus Üniversitesi	2018-2023
Yüksek Lisans	Tekstil Mühendisliği	Çukurova Üniversitesi	2004-2006
Lisans	Tekstil Mühendisliği	Pamukkale Üniversitesi (Dikey geçiş)	1999-2002
Ön Lisans	Tekstil Programı	Mersin Üniversitesi Tarsus Meslek Yüksekokulu (Mezuniyet derecesi: Bölüm birincisi, Okul ikincisi)	1997-1999

Görevler:

Görev Ünvanı	**Görev Yeri**	**Yıl**
Üretim Planlama Mühendisi	Doteks Tekstil ve Gıda San. Tic. Ltd. Şti./MERSİN	04.06.2018-10.02.2020
Satın Alma Mühendisi	Asteks Tekstil/ MERSİN	08.07.2015-08.03.2016
Üretim Planlama Mühendisi	Araks Tekstil San. Tic. Ltd. Şti./MERSİN	26.11.2012-27.09.2013
Ders Saat Ücretli Öğretim Elemanı	Mersin Üniversitesi Tarsus Meslek Yüksekokulu ve Güzel Sanatlar Fakültesi/ MERSİN	18.09.2006-14.06.2012
Ürün Geliştirme (Ür-Ge) Mühendisi	Mensa Mensucat Sanayi ve T.A.Ş./ ADANA	21.04.2005-07.07.2006
AR-GE Uzmanı	Çukurova T.A.Ş./ MERSİN	25.11.2002-30.12.2004

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Bal Koçyiğit, F., Öz, H. M., Ülkü, G. B., Pak, E., Canberk, C., Dinç, E., Koçyiğit, B., Köse, E., Turgut, O. E., (2021). The importance of natural insulation building materials in sustainable energy efficient buildings, 9. European Conference on Renewable Energy Systems, ECRES 2021 21-23 April 2021 Istanbul / TURKEY (Sözlü bildiri)

2. Bal Koçyiğit, F., Pak, E., Canberk, C., Ülkü, G. B., Dinç, E., Koçyiğit, B., Öz, H.M., Turgut, O. E., Köse, E., (2021). The place of biopolymer-based composites in energy-efficiency architectural design, 9. European Conference on Renewable Energy Systems, ECRES 2021 21-23 April 2021 Istanbul / TURKEY www.ecres.net. (Sözlü bildiri)

3. Buluklu, H. M., Köse, E., Bal Koçyiğit, F. A Modeling Approach for Designing New Acoustic Materials. Gazi University Journal of Science dergisine gönderilmiş olup değerlendirme aşamasındadır.

4. Buluklu, H. M., Bal Koçyiğit, F., Köse, E. Organic Waste as a Soundproofing Material: An Experimental Study. Journal of Vibration Engineering&Technologies dergisinde değerlendirme aşamasındadır (SCI dergi).

5. Buluklu, H. M., Bal Koçyiğit, F., Köse, E., (2023). Low-Cost Alpha Cabin Like Test Box Proposal for the Development of New Acoustic Sound Insulation Materials. *Gazi University Journal of Science*, DOI: 10.35378/gujs.1010472.

6. Buluklu, H. M., Bal Koçyiğit, F., Köse, E., (2022). Analysis of different methods of suppressing generator noise reaching indoor noise. *European Mechanical Science*, 6(3): 161-178.

7. Öz, H. M., Köse, E., (2020). Gürültü Önleyici Akustik Süngerlerin Üretimi ve Uygulamaları, Tarsus/MERSİN. Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, Cilt/Volume:12 Sayı/Issue:2 Haziran/June 2020, UMAGD, 12(2), 664-674 (Makale).

8. Öz, H. M., Köse, E., (2020). Gürültü Önleyici Akustik Malzemelerin Performans Düzeylerinin İncelenmesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Sayı 18, S. 1-10, Mart-Nisan 2020, Tarsus/MERSİN (Makale).

9. Öz, H. M., Köse, E., Bal Koçyiğit, F. A., İlban, B. Yeni Akustik Ses Yalıtım Malzemelerinin Geliştirilmesi İçin Düşük Maliyetli Alfa Kabin Benzeri Test Kutusu Önerisi, Sanayi Odaklı AR-GE ve İnovasyon Proje Yarışması, Adana Hacı Sabancı Organize Sanayi Bölgesi (AOSB), 15 Haziran 2021 (Lisans/ Lisansüstü Ödül Alanlar Listesinde 7. sırada yer alınmıştır).

10. Sabır, E. C., Buluklu, H. M., Dokuma İşletmelerinde Proses Kontrol, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi, Özel Sayı, 22. Cilt. Sf. 303-316. Haziran 2007, ADANA (Makale).

11. Sabır, E. C., Buluklu, H. M., Dokumada Proses ve Kalite Kontrol, II. Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi, 19-20 Ekim 2007, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Gaziantep Şubesi, 299- 306. GAZİANTEP (Bildiri).