



**ATIK KÂĞITLAR İLE ÜRETİLMİŞ AHŞAP ESASLI PANELLERİN BAZI
TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Cemal YILMAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
AĞAÇİŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2019

Cemal YILMAZ tarafından hazırlanan “ATIK KÂĞITLAR İLE ÜRETİLMİŞ AHŞAP ESASLI PANELLERİN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Ağaçşleri Endüstri Mühendisliğı Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. H. Özgür İMİRZİ

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliğı Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Doç. Dr. Nihat DÖNGEL

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliğı Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hacı İsmail KESİK

Orman Endüstri Makineleri ve İşletme Ana Bilim Dalı, Kastamonu Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 28/06/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- 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 çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Cemal YILMAZ

28/06/2019

AHŞAP ESASLI AKUSTİK KOMPOZİT PANELLERİN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Cemal YILMAZ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

Günümüzde mobilya ve ağaççileri sektörlerinde kullanılan malzemelerin birçoğu ahşap esaslı kompozitlerden üretilmektedir. Bunun en önemli nedeni ahşap esaslı kompozitlerin hafifliği ve kullanım yerinin gerektirdiği yüksek performans özelliklerine sahip olmasıdır. Bu çalışmada iç katmanı atık kâğıt olan 8 farklı panel kaplama kullanılmıştır. Panellerin kompozit hale getirilmesinde üre formaldehit tutkalı tercih edilmiştir. Hazırlanan panellerin rutubet, yoğunluk, eğilme direnci, elastikiyet modülü, ısı iletkenlik, ısı geçirgenlik ve ses geçiş kaybı değerleri araştırılmıştır. Deneyler sırasında yoğunluk için TS EN 323, rutubet için TS EN 322, eğilme direnci için TS EN 310, ısı iletkenlik ve ısı geçirgenlik katsayıları TS EN 12667 ve ses geçiş kaybı için TS EN ISO 10534-2 standartları esas alınmıştır. Sonuç olarak yoğunluk değerleri 0,45-0,6 gr/cm³ arasında, rutubet değerleri % 6 ile % 7 arasında, eğilme direnci ortalama 6 N/mm² ile 11 N/mm² arasında ve eğilmede elastikiyet modülü değeri ortalama 1500 N/mm² ile 4000 N/mm² arasında bulunmuştur. Isı iletkenlik katsayısı 0,105 W/m.K ile 0,075 W/m.K arasında, ısı geçirgenlik katsayısı 5,851 W/m².K ile 3,913 W/m².K arasında bulunmuştur. Ses geçiş kaybı değerleri malzeme dış katman yapısına göre incelendiğinde en yüksek ses geçiş kaybı 49,29 dB, 3 mm kontrplak kaplamalı atık kâğıt esaslı panellerden elde edilmişken en düşük ses geçiş kaybı 31,06 dB, 4 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panellerden elde edilmiştir. Ses geçiş kaybı değerleri frekans bazında incelendiğinde ise en düşük ses geçiş kaybı 18,98 dB değeri 160 Hz frekansta elde edilmişken, en yüksek ses geçiş kaybı 70,08 dB değeri ise 6300 Hz frekansta elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 1204701
Anahtar Kelimeler : Kâğıt esaslı ahşap kompozit panel / levha, eğilme direnci, elastikiyet modülü, ısı iletkenliği, ısı geçirgenliği, ses geçiş kaybı.
Sayfa Adedi : 73
Danışman : Doç. Dr. H. Özgür İMİRZİ

SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF WOOD BASED PANELS PRODUCED
WITH WASTE PAPER

(M. Sc. Thesis)

Cemal YILMAZ

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

ABSTRACT

Nowadays, most of the materials used in furniture and woodworking industries are produced from wood-based composites. The most important reason for this is the light weight of wood-based composites and the high-performance properties required by the place of use. In this study, 8 different panel coatings with inner layer of waste paper were used. Urea formaldehyde glue was preferred for making the panels composite. Moisture, density, flexural strength, modulus of elasticity, thermal conductivity, heat permeability and sound transmission loss of the prepared panels were investigated. During the experiments, TS EN 323 for density, TS EN 322 for moisture, TS EN 310 for bending resistance, TS EN 12667 for thermal conductivity and heat transmission coefficients and TS EN ISO 10534-2 for noise transmission loss were used. Consequently, density values are between 0,45-0,6 gr / cm³, moisture values are between 6% and 7%, bending resistance is between 6 N / mm² and 11 N / mm² and bending elastic modulus value is 1500 N / mm² to 4000 N / mm². The thermal conductivity coefficient was found to be between 0,105 W / m.K and 0,075 W / m.K, and the thermal conductivity coefficient was found to be 5,851 W / m².K and 3,913 W / m².K. When the sound transmission loss values were examined according to the material outer layer structure, the highest sound transmission loss was obtained from 49,29 dB, 3 mm plywood coated waste paper based panels, while the lowest sound transmission loss was obtained from 31,06 dB, 4 mm MDF coated waste paper based panels. When the sound transmission loss values were examined on the frequency basis, the lowest sound transmission loss was obtained at a frequency of 18.98 dB at a frequency of 160 Hz, and the highest sound transmission loss at a frequency of 70.08 dB at a frequency of 6300 Hz.

Science Code : 120401

Key Words : Acoustic, wood based panel, mechanical properties, wood based composite panel, loss of transmission, bending resistance, modulus of elasticity

Page Number : 73

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. H. Özgür İMİRZİ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında desteklerini esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Hasan Özgür İMİRZİ'ye, sınırsız destek ve yönlendirmesini esirgemeyen, ilgisini ve değerli bilgilerini paylaşan kıymetli hocam Doç. Dr. Nihat DÖNGEL'e, paperboard panel desteği, bu konudaki bilgisi ve yardımlarında dolayı paperboardın tasarımcısı Haluk TATVER'e ve oğlu Onur TATVER'e, öğrenim hayatım boyunca bana katkı sağlayan tüm öğretmenlerime, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Rahime YILMAZ'a, kardeşim Regaip YILMAZ'a ve tüm emeği geçen arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Geri Dönüşüm Kavramı	5
2.1.1. Geri dönüşümün önemi	6
2.1.2. Geri dönüşüm sisteminin basamakları	7
2.4.5. Geri dönüşebilen maddeler	7
2.2. Atık Kâğıt Kavramı	7
2.3. Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemeler	9
2.3.1. Yongalevha	9
2.3.2. Lif levha	11
2.3.3. MDF lam	12
2.3.4. Kontrplak	12
2.3.5. Papel (ahşap) kaplama	13
2.3.6. Laminat kaplama	14
2.4. Tutkal	14

	Sayfa
2.5. Ht İdeas Paperboard Nedir?	16
2.5.1. Ht ideas paperboard özellikleri	17
2.6. Ağaç Malzemenin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	18
2.6.1. Yoğunluk.....	18
2.6.2. Rutubet	18
2.6.3. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet kavramlarının tanımı	19
2.6.4. Isı iletkenlik (λ)	20
2.6.5. Isı geçirgenlik (U)	20
2.7. Ses	21
2.7.1. Ses geçiş kaybı (R).....	21
2.7.2. Ses frekansı	22
2.8. Akustik	23
3. LİTERATÜR ÖZETİ	25
4. MALZEME VE YÖNTEM.....	31
4.1.Malzeme	31
4.1.1. Ahşap esaslı levhalar.....	31
4.1.2. Tutkal	32
4.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	33
4.2.1. Yoğunluk ve rutubet.....	33
4.2.2. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü	34
4.2.3. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik	35
4.2.4. Ses geçiş kaybı	35
4.2.5. Atık kâğıt panel (Paperboard)	36
4.3. Yöntem.....	36

	Sayfa
4.3.1. Yoğunluk tayini.....	36
4.3.2. Rutubet	37
4.3.3. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü	37
4.3.4. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik tayini	39
4.3.5. Ses geçiş kaybı	41
4.3.6. Verilerin değerlendirilmesi	45
5. BULGULAR	47
5.1. Yoğunluk.....	47
5.2. Rutubet	47
5.3. Eğilme Direnci	48
5.4. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	50
5.5. Isı İletkenlik Katsayısı (λ).....	52
5.6. Isı Geçirgenlik Katsayısı (U)	54
5.7. Ses Geçiş Kaybı (R)	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	73

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Ht ideas paperboard özellikleri	17
Çizelge 2.2. Odunların eğilmeye göre kalitesi	19
Çizelge 2.3. Sesin varlığından söz edilebilmek için bulunması gereken öğeler ve koşullar.....	21
Çizelge 4.1. Deney örnekleri teknik özellikleri	32
Çizelge 4.2. Atık kâğıt esaslı ahşap panellerin deneme deseni.....	34
Çizelge 5.1. Kâğıt esaslı kompozit levhaların ortalama yoğunluk değerleri	47
Çizelge 5.2. Kâğıt esaslı kompozit levhaların ortalama rutubet değerleri	48
Çizelge 5.3. Kâğıt esaslı ahşap kompozit levhaların eğilme direnci değerleri	48
Çizelge 5.4. Malzeme çeşidinin eğilme direnci etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	49
Çizelge 5.5. Malzeme çeşidine ilişkin Duncan testi	49
Çizelge 5.6. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerleri	50
Çizelge 5.7. Malzeme çeşidinin elastikiyet modülü etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	51
Çizelge 5.8. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerleri	51
Çizelge 5.9. Ahşap kompozit panellerin ses yayılma hızı değerleri (m/sn).....	52
Çizelge 5.10. Malzeme çeşidinin ısı iletkenlik katsayısına etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	53
Çizelge 5.11. Malzeme çeşidinin ısı geçirgenlik katsayısına etkisine ilişkin LSD testi sonuçları.....	53
Çizelge 5.12. Isı geçirgenlik katsayısı değerleri	54
Çizelge 5.13. Malzeme çeşidinin rezistans hızına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	55
Çizelge 5.14. Deney örneklerine ait ses geçiş kayıpları değerleri	56
Çizelge 5.15. Frekans düzeyi, malzeme çeşidi ikili etkileşiminin varyans analizi sonuçları.....	56

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.16. Malzeme iç katman yapısına göre Duncan testi	57
Çizelge 5.17. Malzeme dış katman yapısına göre LSD testi sonuçları.....	58
Çizelge 6.1. Yoğunluk-Isı iletkenlik katsayısı ilişkisine ait regresyon katsayıları	62
Çizelge 6.2. Yoğunluk-Isı geçirgenlik katsayısı ilişkisine ait regresyon katsayıları ...	63
Çizelge 6.3. Yoğunluk-Ses geçiş kaybı ilişkisine ait regresyon katsayıları.....	64

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü test düzeneği ve ölçüleri.....	39
Şekil 4.2. Empedans tüpü ölçüm yöntemi	41
Şekil 4.3. Ses geçiş kaybı ölçüm yöntemi	42
Şekil 5.1. Ahşap kompozit panellerin eğilme direnci değerlerine ait grafik	50
Şekil 5.2. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerlerine ait grafik	52
Şekil 5.3. Malzeme çeşidine göre ısı iletkenlik katsayısı.....	54
Şekil 5.4. Malzeme çeşidine göre ısı geçirgenlik katsayısı	55
Şekil 5.5. Malzeme dış katman yapısına göre ses geçiş kaybı değerlerine ait grafik	58
Şekil 6.1. Yoğunluk-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi	62
Şekil 6.2. Yoğunluk-ısı geçirgenlik katsayısı ilişkisi	63
Şekil 6.3. Yoğunluk-ses geçiş kaybı ilişkisi.....	64

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Düşük yoğunluk atık gazete kâğıtlarından üretilmiş ht ideas paperboard.....	16
Resim 2.2. Yüksek yoğunluklu atık gazete kâğıtlarından üretilmiş ht ideas paperboard.....	17
Resim 4.1. Pres sonrası katmanlı levha deney örnekleri.....	33
Resim 4.2. Yoğunluk için kesilen deney örnekleri	33
Resim 4.3. Eğilme ve elastikiyet modülü için kesilen deney örnekleri	34
Resim 4.4. Isıl iletkenlik ve ısı geçirgenlik için kesilen deney örnekleri.....	35
Resim 4.5. Akustik empedans tüpü ses geçiş kaybı için CNC makinesinde 28 ve 100 mm kesilmiş test numunesi	35
Resim 4.6. Akustik ses geçiş kaybı için hazırlanan test numuneleri	36
Resim 4.7. Atık gazete kâğıtlarından üretilmiş ve katmansız atık kâğıt panel	36
Resim 4.8. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testinin yapılışı	39
Resim 4.9. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik deney düzeneği	40
Resim 4.10. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik deney cihazı plakaları.....	40
Resim 4.11. Deneylerde kullanılan TSE'ye ait empedans tüpü	42
Resim 4.12. 3 mm kontrplak kaplamalı levha teknik ölçüleri	43
Resim 4.13. 1,5 mm papel kaplamalı levha teknik ölçüleri.....	43
Resim 4.14. 4 mm MDF kaplamalı levha teknik ölçüleri.....	44
Resim 4.15. 4 mm yonga levha (sunta) kaplamalı levha teknik ölçüleri.....	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
m_o	Kuru haldeki ağırlık
m_r	Rutubetli ağırlık
ΔT	Plakalar arasındaki sıcaklık farkı
A	Deney parçasının ölçme alanı
$\bar{x}$	Aritmetik ortalama
G	Gram
Gj	Gigajul
kW	Kilowat
m	Kütle
Mr	Hava kurusu ağırlık
P	Maksimum yük
q	Isıtma ünitesinin ölçme kısmına sağlanan güç
r	Rutubet
s	Standart sapma
t	Panel kalınlığı
TL	Transmission loss
U	Isı geçirgenliği katsayısı
V	Hacim(cm)
Vr	Hava kurusu hacim
δ	Yoğunluk
δr	Hava kurusu yoğunluk
λ	Isı iletkenliği katsayısı
τ	Ses yutma katsayısı
f	Frekans, Hz

Kısaltmalar**Açıklamalar****ANOVA**

Analysis of Variance

CNC

Bilgisayarlı nümerik kontrol

db

Desibel

dBA

Ölçüm cihazının A filtresi kalibrasyonu sonrası birimi

HD

High Definition (Yüksek Netlik)

Hz

Hertz

MDF

Orta yoğunluklu lif levha

PVC

Polivinil klorür

TS EN

Türk Standardları Euro Norm

TSE

Türk Standardları Enstitüsü

LSD

Least Significant Difference

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişmiş mobilya teknolojileri ile geleneksel sistemlere alternatif olarak mobilya panelleri üretilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte panel mobilya üretiminde de farklı hammaddelerin kullanılmasını sağlamıştır. Daha hafif levhalar kullanmak suretiyle maliyet, depolama ve üretim açısından da önemli avantajlar kazanılabilir. Geniş anlamda kompozit malzeme, tanımlanabilir bir ara yüze sahip tek bir yapı elde etmek amacıyla, iki ya da daha fazla sayıdaki farklı malzemenin bir araya getirilmesiyle meydana getirilen bir üründür. Bu yeni ürünün/materyalin özellikleri, ara yüzün özelliklerine olduğu kadar, ürünü meydana getiren malzemelerin özelliklerine de bağlıdır. Gelişen teknolojik olaylar karşısında ahşap veya ahşap esaslı olarak farklı ve özgün ürünler oluşturmak bir gereklilik haline gelmiştir. Hızla tüketilen, yok edilen yerine yenilerinin yapılamadığı dünya kaynaklarının tekrar dönüştürerek kullanılması, zorunluluk olma yolunda ilerlemektedir. Dünya nüfusunun artması, orman alanlarının da giderek azalması ahşap malzemenin de bunun paralelinde olumsuz etkilenmesi alternatif olabilecek hammaddelere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bu maksatla atık kâğıt gibi maddelerin değerlendirilmesi için kompozit malzeme üretimi büyük önem kazanmaktadır (Yılmaz ve İmirzi, 2018).

Kompozitler birbiri içinde çözünmeyen iki ya da daha fazla maddeden oluşan heterojen yapıları malzemelerdir. En azından bir faz, dağınık faz olarak çoğunlukla inorganiktir. Kompozitler kendilerini oluşturan maddelerden bağımsız olarak daha üstün mekanik özellikler ve performans özelliklerine sahip olarak tasarlanmaktadır. Tek parça malzemeler üzerinde örneğin yüksek direnç, yüksek sertlik, düşük yoğunluk, uzun dayanıklılık ömrü, yüksek termal kararlılık, yalıtım ve iletim gibi eşsiz avantajlara sahip olabilmektedirler. Bunların yanı sıra ömür maliyetlerini azaltan önemli bir avantaja sahiptirler (Yılmaz, 2008).

Pietikäinen (2008) kompozit malzemeyi şu şekilde tanımlamıştır; iki veya daha fazla sayıdaki aynı veya farklı gruptaki malzemelerin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak ya da ortaya yeni bir özellik çıkarmak amacıyla, bu malzemelerin makro seviyede birleştirilmesiyle oluşan malzemelere “Kompozit Malzeme” denir. Birbirlerinin zayıf yönlerini düzelterek üstün özellikte bir malzemeye ulaşmak amacıyla bir araya getirilmişlerdir (Bülbül, 2018).

Ses yalıtımı için genellikle mineral yünler, polietilen, kauçuk tanecikler, ahşap yonga, Poliüretan kullanılmaktadır. Bu malzemeler sadece ses yalıtımı değil aynı zamanda ısı yalıtımı da sağlamaktadır (Enç, Uzun, Hoşoğlu, 2012).

Orman endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılan kompozit malzemeler genellikle odunu yonga lif ya da şerit levha şeklinde kullanarak yapıştırıcılar aracılığı ile yüksek basınç ve sıcaklık altında preslenerek ürün haline dönüştürmektedir. Kullanılan yapıştırıcı türüne göre malzemenin mekanik özellikleri değişebilmektedir. Bu malzemelerin üretimi sırasında kullanılan odunun küçültülmesi durumunda enerji ve yatırım maliyeti artmaktadır. Ağaç malzemenin higroskopik özellik taşıması, mantar, bakteri ve böcek arızlarına karşı koyamaması, yanabilir bir madde oluşu, heterojen yapısı ve farklı kısımlarında farklı mekanik özellikler göstermesiyle endüstride kısıtlı kullanım alanına sahiptir. Ağaç malzeme, çeşitli malzemelerle birleştirilip bir bütün oluşturduğunda farklı kullanım alanlarına sahip olmakta, mukavemet ve suya karşı dayanımı üst seviyelere ulaşmaktadır. Bu durumda atık kâğıtların kompozit malzeme hammaddesi olarak kullanılması hem çevre duyarlılığına yaptığı katkıyla hem de sağladığı enerji tasarrufuyla endüstriye katkı sağlamaktadır (Bülbül, 2018).

Mobilyaların oluşumunu sağlayan mevcut levhalar, mobilya üzerinde belirli bir ağırlığı olmaktadır. Bu yükü belli oranda hafifletmek ve ürünün kullanılabilirliğini arttırmak gerekmektedir. Mobilya sektöründe sadece yonga levha, MDF gibi lif levhalar tek başına yeterli olmamaktadır. Bunlara alternatif yeni levhalar geliştirilmeli mümkünse bu levhaların geri dönüşüme müsait ve kompozit malzeme oluşumuna uygun olmalıdır. Bu nedenle ileri teknoloji kullanarak ülkenin temel enerji sorunlarına çözüm üreten, çevre dostu, yapısında pek çok olumlu özellikleri barındıran, direnç değerleri yüksek, ısı, ses, yangın yalıtımını katkı sağlayabilen, daha çok atık malzemelerden oluşan, maliyeti düşük bir malzemenin araştırılması ülkemiz ekonomisine önemli katkı sağlayabilir. Dünya genelinde artan tüketime paralel olarak kâğıt ve orman ürünlerine olan talep artmıştır. Kâğıt ve orman ürünleri sanayii ihtiyacı olan odun hammaddesi doğal kaynaklardan karşılanmaktadır. Doğal kaynakların korunması açısından atık kâğıdın değerlendirilmesi gerekmektedir. Araştırmalar kâğıdın teknik değerinin düşmesine rağmen 7 defaya kadar yenilenebilir kaynak olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Ülkemizde her geçen gün binlerce ton kâğıt ve karton ürünleri çevreye atılmaktadır. Atık kâğıt, kâğıt üretimi yanı sıra kompozit panel levha, lif levha ve yonga levha üretimi için de düşünülebilir. Ancak ülkemizde atık kâğıtların

yeniden değerlendirilme oranında önemli artış olmakla beraber, gelişmiş ülkelerle karşılaştırdığımızda bu oran henüz istenilen seviyelerde değildir (Kaya, 2018).

Çalışmanın amacı öncelikle mobilyalarda dolap kapağı, çekmece klapası ve akustik panel olarak kullanılması endüstriyel ve ekonomik anlamda değeri düşük, çevre açısından sorun olabilecek bir malzemenin katma değerini yükseltmek ve çevre dostu yeni bir kompozit levha üretebilmektir ve bu sayede hem atık kâğıt geri dönüşümünün oranını artırabilmektir hem de mobilyada yeni bir panel olarak kullanmaktır. Böylece doğal kaynakları daha rasyonel kullanımı yaygınlaşacak ve geri dönüşüm bilinci artacaktır. Çalışmada kullanılan atık kâğıt esaslı panel, atık gazete kâğıtları ile farklı atık kâğıtların karışımıyla elde edilmiş hammadde levhadır. Böylelikle donanımlı, daha ucuz yeni bir kompozit malzeme üretilirken aynı zamanda atık maddenin çevreye olumsuz etkileri ortadan kaldırılabilir. Üretilen malzemenin eğilme direnci, elastiklik direnci, ısı, ses özellikleri araştırılarak doğal kompozit olarak kullanımı söz konusu olabilir.

Bu çalışma, kâğıt atıklarının geri dönüşümü için alternatif bir yöntem oluşturma amacıyla gerçekleştirilmiştir. Panellerin hafif olması nedeni ile dolap kapaklarında çekmece klapalarında ve akustik panel olarak kullanılması hedeflenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Geri Dönüşüm Kavramı

Katı atıkların özelliklerine göre ayrıştırılarak içindeki bileşenlerin fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesidir. Yeniden değerlendirilme imkânı olan atıkların çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirilerek ikincil hammaddeye dönüştürülerek tekrar üretim sürecine dâhil edilmesine geri dönüşüm denir. Tabii kaynakların sonsuz olmadığı, dikkatlice kullanılmadığı takdirde bir gün bu doğal kaynakların tükeneceği akıldan çıkarılmamalıdır. Bu durumu farkına varan ülke ve üreticiler kaynak israfını önlemek ve ortaya çıkabilecek enerji krizleri ile baş edebilmek için atıkların geri dönüştürülmesi ve tekrar kullanılması için çeşitli yöntemler aramış ve geliştirmişlerdir (<http://cevreonline.com/geri-donusum/>, 2018)

Yeniden değerlendirilme imkanı olan atıkların çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirilerek ikincil hammaddeye dönüştürülerek tekrar üretim sürecine dahil edilmesine geri dönüşüm denir. Diğer bir tanımlamayla herhangi bir şekilde kullanılarak kullanım dışı kalan geri dönüştürülebilir atık malzemelerin çeşitli geri dönüşüm yöntemleri ile hammadde olarak tekrar imalat süreçlerine kazandırılması olarak tanımlanabilir. Tabii kaynakların sonsuz olmadığı, dikkatlice kullanılmadığı takdirde bir gün bu doğal kaynakların tükeneceği akıldan çıkarılmamalıdır.

Bu durumu farkına varan ülke ve üreticiler kaynak israfını önlemek ve ortaya çıkabilecek enerji krizleri ile baş edebilmek için atıkların geri dönüştürülmesi ve tekrar kullanılması için çeşitli yöntemler aramış ve geliştirmişlerdir. Kalkınma çabasında olan ve ekonomik zorluklarla karşı karşıya bulunan gelişmekte olan ülkelerin de tabii kaynaklarından uzun vadede ve maksimum bir şekilde faydalanabilmeleri için atık israfına son vermeleri, ekonomik değeri olan maddeleri geri dönüşüme ve tekrar kullanma yöntemlerini uygulamaları gerekmektedir. Geri dönüşümde amaç; kaynakların lüzumsuz kullanılmasını önlemek ve atıkların kaynağında ayrıştırılması ile birlikte atık çöp miktarının azaltılması olarak düşünülmelidir (<http://www.obi.bilkent.edu.tr/ekookul/pdf/geridonusum>, 2018).

Demir, çelik, bakır, kurşun, kâğıt, plastik, kauçuk, cam, elektronik atıklar gibi maddelerin geri dönüşüm ve tekrar kullanılması, tabii kaynakların tükenmesini önleyecektir. Bu durum;

Ülkelerin ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ithal edilen hurda malzemeye ödenen döviz miktarını da azaltacak, kullanılan enerjiden büyük ölçüde tasarruf sağlayacaktır. Örneğin kullanılmış kâğıdın tekrar kâğıt imalatında kullanılması hava kirliliğini %74-94, su kirliliğini %35, su kullanımını %45 azalttığı ve bir ton atık kâğıdın kâğıt hamuruna katılmasıyla 8 ağacın kesilmesi önlenebilmektedir (<http://www.obi.bilkent.edu.tr/ekookul/pdf/geridonusum>, 2018).

Diğer yandan, yukarıda bahsedildiği gibi geri dönüşümün amaçlarından biride bertaraf edilecek katı atık miktarlarının azaltılması nedeni ile evre kirliliğinin önemli ölçüde önlenebilmesi de sağlanacaktır. Özellikle katı atıkları düzenli bir şekilde bertaraf edebilmek için yeterli alan bulunmayan ülkeler için katı atık miktarının ve hacminin azalması büyük bir avantajdır. Sağlıklı bir geri dönüşüm sisteminin ilk basamağı ise bu malzemelerin kaynağında ayırması sureti ile toplanılmasıdır (<http://www.obi.bilkent.edu.tr/ekookul/pdf/geridonusum>, 2018).

Geri dnştrlebilir nitelikteki bu atıklar normal çöple karıştığında bu malzemelerden üretilen ikincil malzemeler çok daha düşük nitelikte olmakta ve temizlik işlemlerinde sorunlar olabilmektedir. Bu yüzden geri dönüşüm işleminin en önemli basamağını kaynaktan ayırma ve ayrı toplama oluşturmaktadır. Geri dönüşüme olan ihtiyaın başlamasında savaşlar nedeniyle ortaya çıkan kaynak sıkıntıları etkili olmuştur. Büyük devletler, İkinci Dünya Savaşı sırasında ülke çapında geri dönüşümle ilgili kampanyalar başlatmışlardır. Vatandaşlar özellikle metal ve fiber maddeleri toplama konusunda teşvik edilmişlerdir. ABD’de geri dönüşüm işlemi yurtseverlik anlayışında çok önemli bir yer edinmiştir. Hatta, savaş sırasında oluşturulan kaynak koruma programları, doğal kaynakları kısıtlı bazı ülkelerde (Japonya gibi), savaş sonrası da devam ettirmiştir (<http://www.obi.bilkent.edu.tr/ekookul/pdf/geridonusum>, 2018).

2.1.1. Geri dönüşüm nemi

Geri dönüşümün dünyamız içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bu önemli yere sahip olmasındaki etkenler aşağıda sıralanmıştır. Bunlar;

- Doğal kaynaklarımızın korunmasını sağlar.
- Enerji tasarrufu sağlamamıza yardım eder.
- Atık miktarını azaltarak çöp işlemlerinde kolaylık sağlar.

- Geri dönüşüm geleceğe ve ekonomiye yatırım yapmamıza yardımcı olur (<http://www.obi.bilkent.edu.tr/ekookul/pdf/geridonusum>, 2018).

2.1.2. Geri dönüşüm sisteminin basamakları

Kaynakta ayrı toplanması; Değerlendirilebilir nitelikli atıkların oluştukları kaynakta çöple karışmadan ve kirlenmesine izin verilmeden ayrıarak toplanması. Bu şekilde bu tür atıkların diğer çöplerle karışmadan ayrı toplanması geri dönüşüm basamaklarında zamandan tasarruf sağladığı gibi kirlenmesinin önlenmesi ile ayrıca yıkanmasına gerek kalmayacaktır. Buda yeniden yıkanmasına engel olacağından sudan da tasarruf sağlanmış olacaktır. Bu işlem kaynağında ayrı toplanan malzemelerin cam, metal plastik ve kâğıt bazında sınıflara ayrılmasını sağlayacaktır. Bu sınıflama değerlendirilecek çöplerin ayrı ayrı geri dönüşüm tesislerine ulaştırılması sağlanacaktır. Kaynağında sınıflama yapılmadan toplanan çöpler ana çöp alanlarına taşınarak bu bölgelerde ayrıştırılarak yeniden değerlendirilme işletmelerine taşınacaktır. Kaynağında sınıflara ayrılması zaman, nakliye ve işçilikten tasarruf yapılmasını sağlayacaktır. Temiz ayrılmış kullanılmış malzemelerin ekonomiğe geri dönüşüm işlemidir. Bu işlemde malzeme kimyasal ve fiziksel olarak değişime uğrayarak yeni bir malzeme olarak ekonomiye geri döner. Yeni ürünü ekonomiye kazandırma; geri dönüştürülen ürünün yeniden kullanıma sunulmasıdır (<http://www.obi.bilkent.edu.tr/ekookul/pdf/geridonusum>, 2018).

2.1.3. Geri dönüşebilen maddeler

Demir, çelik, bakır, alüminyum, kurşun, piller, kâğıt, plastik, kauçuk, cam, motor yağları, atık yağlar, akümülatörler, araç lastikleri, beton, röntgen filmleri, elektronik atıklar, organik atıklar (<http://www.obi.bilkent.edu.tr/ekookul/pdf/geridonusum>, 2018).

2.2. Atık Kâğıt Kavramı

Atık kâğıt herhangi bir kullanım alanında fonksiyonunu tamamlayan ve atılan her türlü kâğıt, karton ve mukavvalara atık kâğıt denilmektedir. Bu kapsamda, her ne kadar son kullanım yerine gönderilmemiş olsa da, kâğıt fabrikalarından çıkan kopuk kâğıtlar, dönüşüm sırasında çıkan kırpıntı kâğıtlar ve gazete basan matbaalardan çıkan hatalı gazete baskıları ve baskı fazlası gazete kâğıtları da atık kâğıt kabul edilmektedir. Türkiye’de kullanılan kağıdın

ortalama olarak ancak %43'ü toplanabilmektedir (<https://www.a-ged.org.tr/63/atik-kagit-nedir>, 2018).

Kâğıt öncelikle kâğıt çamurunun hazırlanması için, su içerisinde liflerine ayrılır. Eğer gerekirse içinde lif olmayan yabancı maddeler için temizleme işlemine tutulur. Mürekkep ayırıcı olarak, sodyum hidroksit veya sodyum karbonat kullanılır. Daha sonra hazır olan kâğıt lifleri, geri dönüşmüş kâğıt üretiminde kullanılır. Kâğıt, insanlığın önemli ihtiyaç maddelerinden biri olup, kâğıt sanayinin gelişmesi bir ülkenin sanayi ve kültürel gelişmişlik düzeylerinin belirleyici etmenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Atık kâğıt sürekli olarak geri kazanılamaz. Eğer, belirli miktardaki kâğıt sürekli olarak geri kazanılırsa, son kullanılma limitlerine çok kısa bir süre içinde ulaşılır. Her geri kazanımda, liflerin boyu kısalmır ve liflerin yapışması için yardımcı maddeler ilave edilmeden yeni kâğıt üretilmez. 1 ton kullanılmış kâğıt çöpe atılmayıp geri dönüştürüldüğü ve kâğıt üretiminde tekrar kullanıldığı zaman;

- 12400 m³ havadaki sera gazı olan karbon dioksitin bertaraf edilmesi,
- 12400 m³ oksijen gazının üretilmeye devam etmesi,
- 34 kişinin oksijen ihtiyacını sağlayan 17 yetişkin ağacın korunması,
- Ayda 3 ailenin tükettiği 32 m³ su tasarrufu,
- Kış aylarında ısınma amacı ile iki ailenin tüketeceği 1750 litre fuel-oil tasarrufu,
- 2,4 m³ çöp depolama alanından tasarruf,
- 20 ailenin bir ay süreyle tüketeceği 4100 kW/sa elektrik enerjisinden tasarruf edilebilmesi mümkündür (<http://www.ozsekizler.com/geri-donusum.php>, 2018).

Kâğıt tüketiminin artmasına paralel olarak, evsel ve endüstriyel katı atıklarla birlikte atılan kâğıtlar da artmaktadır. Atık kâğıdın geri kazanılması özellikle kâğıdın ana maddesi olan orman varlıklarının korunması yanında su ve enerji tasarrufuna imkân sağlayacaktır. Orman varlığının değerlendirilmesi açısından, 1 ton atık kâğıdın kâğıt veya lif üretiminde kullanılması 17 ağacın kesilmesini önlemektedir. Enerji tasarrufu açısından, ortalama olarak 2 ton odundan ofis kâğıdı üretimi için 5 Gj enerji gerekirken atık kâğıttan aynı miktarda ofis kâğıdı üretimi için 0,3 ton odun ve 4,4 Gj elektrik enerjisine ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Öztürk, 2005).

Kâğıt sanayii, hammadde olarak odun hammaddesi kullanıldığında çevre açısından tehdit oluşturabilecek miktarda kimyasal açığa çıkarmaktadır. Atık kâğıttan kâğıt üretiminde her

100 ton için 45 gr klor açığa çıkarken bu sayı odundan kâğıt üretiminde 2 kg klor açığa çıkmaktadır (Şahin, 2010).

Atık kâğıttan kâğıt ve lif üretilmesi halinde enerjiden %20-50 oranında tasarruf sağlanabildiği gibi hava kirliliği %74-94 ve su kirliliği ise %35 azalacaktır. Böylece kâğıt veya lif üretiminde atık kâğıdın kullanılması çevre açısından büyük fayda sağlayacağı belirtilmektedir (Şahin, 2013).

Avrupa’da kâğıt geri dönüşümü bazı ülkelerde %80-90 arasındayken genel ortalama %82 civarındadır. Türkiye’de atık geri kazanımı ve geri dönüşüm oranı kâğıtta on yıldır değişmemiş ve %50 olarak sabitlenmiştir. Ülkemizde artan kâğıt geri dönüşüm kapasitesine mukabil geri kazanım kapasitesi aynı oranda artmamıştır. Bu durum kâğıt ithalatını daha önce görülmemiş seviyelere çıkarmıştır. Önceki yıllarda ortalama 50,000 – 60,000 ton/yıl olarak gerçekleşen ithalat tonajı, 2014 itibarıyla 183,000 ton/yıl olarak gerçekleşmiştir. Aynı tonaj 2015’te 250 bin tona yaklaşmıştır. 2016’da neredeyse %80 oranında bir artışla ithal hurda kâğıt tonajı 500 bin tona dayanmıştır. Dolayısıyla 2017 yılsonu itibarıyla, ithalat tonajının 700-800 bin tonu aşması beklenmektedir. Maliyetler dikkate alındığında sürdürülemez olan bu durum yurtiçinde 6-7 milyon ton/yıl olan kâğıt tüketim kapasitesinin de gösterdiği gibi sektör için geriye tek bir seçenek bırakmaktadır; mevcut geri kazanım oranı olan %50’yi, Avrupa’da olduğu gibi en az %70’lere çıkararak hurda kâğıt ihtiyacını yurtiçinden karşılanmasıdır (<https://atiknakit.com/atik-donusum/turkiye-bolgesel-atik-kagit-geri-donusum-envanter-calismasi-ve-kalite-siniflarina-gore-dagilimi/>, 2018).

2.3. Ahşap Esaslı Levhalar

Odunun veya diğer ligno-selülozik hammaddelerin teknik yollarla yongalanması, liflendirilmesi ve yapıştırıcı ilave edilerek istenilen şekilde kalıplanması ve preslenmesiyle elde edilen malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde farklı özelliklere sahip çok sayıda ahşap esaslı levha üretilmektedir (İstek, Özlüsoylu ve Kızılkaya, 2017).

2.3.1. Yongalevha

Odun ya da odunlaşmış diğer ligno-selülozik ham maddelerin kurutulmuş yongalarının sentetik reçine tutkalları ile sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi ile

elde edilen levhalara yonga levha denir. Odun ya da odunlaşmış diğer ligno-selülozik ham maddelerin kurutulmuş yongalarının sentetik reçine tutkalları ile sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi ile elde edilen levhalara yongalevha denir (Burdurlu, 1994).

Yonga levhaların çeşitli özellikleri dikkate alınarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:

Üretim yöntemlerine göre yongalevhalar

- Genel Amaçlı Yongalevhalar: Genel amaçlı yonga levhalar, dik yongalı ve yatık yongalı olmak üzere iki çeşittir.
- Şekillendirilmiş Yongalevhalar: Werzalit levha buna örnektir.
- Ahşap Kaplama Yapıştırılmış Yonga Levhalar: Yonga levhanın yüzeyine fabrika çıkışlı olarak kaplama yapıştırılmış halidir. Piyasada kaplamalı sunta veya ahşap kaplamalı sunta olarak bilinirler.
- Reçine Emdirilmiş Kâğıt ile Kaplı Yonga Levha: Yüzeyine çeşitli renk ve desenlerde reçine emdirilmiş kâğıt ile kaplanarak piyasa sunulan yonga levhalardır. Piyasada suntalam olarak anılırlar.
- Boyalı Yonga Levhalar: Yonga levhanın lake boya ile boyanmış halidir. Düz ve desenli olarak çeşitli renklerde boyanarak piyasaya sunulurlar.
- Çimentolu Yonga Levhalar: Yongaların çimento harcı ile karıştırılarak preslenmesi ile meydana gelen malzemedir. Bu malzeme inşaat işlerinde yalıtım malzemesi olarak kullanılır (Burdurlu, 1994).

Özgül ağırlıklarına göre yongalevhalar

- Düşük Yoğunluklu Yonga Levhalar: Özgül ağırlığı 590 kg/m^3 e kadar olan yonga levhalardır.
- Orta Yoğunluklu Yonga Levhalar: Yoğunluğu $590\text{-}800 \text{ kg/m}^3$ e kadar olan yonga levhalardır.
- Yüksek Yoğunluklu Yonga Levhalar: Yoğunluğu 800 kg/m^3 den yüksek olan yonga levhalardır (Burdurlu, 1994).

Kesitindeki talaş dağılımına göre yongalevhalar

- Tek katlılar: Kesitine bakıldığında kullanılan yongaların boylarının eşit olduğu levha çeşididir.
- İki katlılar: Ortası kalın, dış kısımlar ince yongadan yapılmıştır.
- Katları belirsiz olanlar: Ortadan dışa doğru yongaların boyutu küçülür. Homojen bir dağılım olduğu için katlar arası geçiş belirsizdir (Burdurlu, 1994).

Zımparalama işlemine göre yongalevhalar

- Yüzeyi zımparalanmış.
- Yüzeyi zımparalanmamış (Burdurlu, 1994).

2.3.2. Lif levha

MDF Lam' ın MDF den tek farkı yüzeyindeki melamin katmanıdır. Lam ise “Lamine” teriminden “Lam” kelime kökü MDF kısaltmasının sonuna eklenerek kullanılmaktadır. Melamin ise dekor kâğıtlarının üzerine suni reçine emdirilerek elde edilen ince desenli şeffaf katmana verilen isimdir. Melamin MDF plakaların her iki yüzeyine kaplanırlar. Kırılgan bir MDF Lam üreticileri doku olarak parlak, yarı parlak ve mat kategorisinde, renk olarak ta düz renkli, karışık renkli ve ahşap desenli olmak üzere üretim yapmaktadırlar. Ahşap desenli ürünler daha çok talep görmekte ve bu renkler her yıl değişerek yeni renkler ilave edilmektedir.

MDF Lam işlenebilirlik ve boyut olarak yine MDF ile aynı özelliklerdedir. Fiyat olarak ham MDF 'den pahalıdır. MDF'nin tüketim hızı suntalama göre düşüktür. MDF Lam'ın yüzeyden vida tutma özelliği çok iyi iken cumbadan vida tutma kabiliyeti son derece zayıftır. Üreticilerin bu durumu göz önünde bulundurmaları yararına olacaktır.

MDF Lam, MDF esaslı bir levhadır. MDF Lam, MDF 'nin tüm özelliklerini içerir. Melamin kaplı MDF türleri, yüzey işlemleri gerektirmemesi nedeniyle üreticilerin işçilik maliyetlerini düşürmekte ve zamandan kazanarak daha kısa sürede ve daha az işçi ile daha hızlı üretim yapabilmektedir. Bu özelliğinden dolayı MDF lam da suntalam gibi çok talep görmektedir (<http://mobilyahocam.blogspot.com/2014/08/mdf-lam-nedir.html>, 2018).

2.3.3. MDF lam

Odunlaşmış liflerin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanılarak ya da yapıştırıcı maddeler katılarak elde edilen taslağın, yüksek basınç ve sıcaklık altında, sıkıştırılması sonucu elde edilirler (Burdurlu, 1994)

Üretiminde kereste, kontratabla ve kontrplak fabrikası artıkları, odun artıkları, ağaç dalları, çeşitli bitki sapları kullanılır (Burdurlu, 1994)

- Düşük yoğunluklu lif levha (LDF): Yoğunlukları 350 kg/m^3 e kadar olan lif levhalar bu sınıfa girer. Yumuşak lif levhalar herhangi bir katkı maddesi ilave edilmeden sadece liflerin adezyon ve doğal yapışma kuvvetinden faydalanılarak üretilirler. Doğal yapışma sıkışma ile artar.
- Orta yoğunluklu lif levhalar (MDF): Yoğunlukları $350\text{-}800 \text{ kg/m}^3$ arası olan levhalardır.
- Yüksek yoğunluklu lif levha (HDF): Yoğunlukları 800 kg/m^3 'ten fazla olan levhalardır (Burdurlu, 1994).

2.3.4. Kontrplak

Kontrplakla ilgili olarak farklı kişi ve kuruluşlarca çeşitli tanımlar yapılmakla birlikte; kontrplak, lifleri birbirine dik gelecek şekilde soyma kaplamaların, tek sayılı (3,5,7 gibi) olacak şekilde uygun yapıştırıcılar kullanılarak basınç altında preslenmesi suretiyle elde edilen malzeme olarak tanımlanmaktadır. Bu malzemenin aynı ebatlı masif malzemeye göre; çalışmasının daha az olması, daha sağlam yapıda olması, istenilen ölçü ve kalınlıkta büyük yüzeylerin elde edilebilmesi, değerli ağaçlardan yararlanma oranının artması, bükme işlemine uygun olması üstün özellikte bulunmaktadır (Burdurlu, 1994).

Kontrplaklar kullanım yerlerine göre;

- Yapı kontrplakları,
- Genel amaçlı kontrplaklar,

Tutkalın dayanımına göre ise;

- Kapalı yerde normal hava rutubetine dayanıklı kontrplak,
- Kapalı yerde suya dayanıklı kontrplak,

- Açıkta suya dayanıklı kontrplak,
- Açıkta hava etkisine sınırlı bir süre dayanıklı kontrplak, olarak sınıflandırılmaktadır (Burdurlu, 1994).

2.3.5. Papel (ahşap) kaplama

Kaplama alanında kullanılan papeller ahşaptan üretilmektedir. Bu tarz kaplama malzemeleri özel yöntemler ile elde edilmekte ve üretilmektedir. Makinelerde kolaylıkla işlenebilen ve aslında hemen hemen her alanda karşımıza çıkan ahşap kaplama (papel) ürünler ahşaptan yapıldığı için çok daha uzun ömürlü olmaktadır. Kaplama bir diğer adı ile papel mobilya üretimi dahil birçok alanda rahatlıkla kullanılabilen bir üründür. Çizilmeye karşı son derece dayanıklı olan bu kaplama malzemesi ile kaplanan her ürün uzun süre kullanılabilir. Bu sayede ürün üzerinde çizilme ya da yıpranma gibi problemlerin oluşma ihtimali son derece düşük olacaktır (<https://blog.lazerci.com/ahsap-kaplama-papel-nedir-hangi-alanlarda-kullanilir/>, 2018).

Ahşap kaplama(papel) birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Ahşap görünümlü olan her ürünü yapımında kullanılabilen ahşap papeller en çok mobilya sektöründe kullanılmaktadır. Masa kaplamasında ya da koltuk takımlarının ahşap görünümlü ayaklarında rahatlıkla kullanılabilen bu kaplama malzemesi ahşap görünümlü olması gereken her mobilyada güvenle kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra sürekli oynanan satranç ya da tavla gibi oyunların kutularında da rastlanan ahşap papel kaplama daha birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Araç kaportalarının kaplanması da kullanılabilen papeller kişiye özel hediyelerde de karşımıza çıkmaktadır. Özellikle ahşap görünümlü telefon kılıfları bu malzeme ile üretilmektedir. Tomruk ağacından üretilen ahşap kaplama(papel) malzemeleri hangi üründe kullanılırsa kullanılsın uyum sağlayacak ve ürünün kalitesini arttıracaktır (<https://blog.lazerci.com/ahsap-kaplama-papel-nedir-hangi-alanlarda-kullanilir/>, 2018).

Ahşap kaplama papellerin özellikle son derece çeşitlidir. Bu tarz özel kaplamam malzemeleri tomruk ağacından üretilmekte ve farklı teknikler ile ince bir hale getirilmektedir. Bu sayede ahşap papeller kaplama amaçlı olarak kullanılmak üzere uygun hale gelecektir. Tamamen pürüzsüz bir şekilde üretilen bu kaplama malzemelerinin yüzeyinde kıymık ya da pürüz gibi bu tarz problemler görülmemektedir. Bunun yanı sıra çok dayanıklı olan ahşap papellerde çizilme ve kırılma sorunu ile karşılaşılmayacak ve her

ürün güvenle kaplanabilecektir. Bu tarz papeller lazer kesime ve kazımaya uygun olacak şekilde üretilmektedir. Kolayca bükülen ve esnemeye müsait olan ahşap kaplama papeller ürünlerin kaplanması noktasında kolaylık yaratacak ve malzeme her kullanım alanına rahat bir şekilde uygulanabilecektir (<https://blog.lazerci.com/ahsap-kaplama-papel-nedir-hangi-alanlarda-kullanilir/>, 2018).

2.3.6. Laminat kaplama

Sıkıştırılmış talaş üzerine reçine emdirilmiş kâğıt baskıdır bir kaplama malzemesidir. Laminat Kaplama; katmanlar arasında HDF (High Density Fibreboard) olarak adlandırdığımız, kimyasallar katkıları ile yüksek basınç ve ısı altında sıkıştırılmış odun talaşıdır. Doğal olmamasının nedeni tam olarak budur. Organik ya da inorganik özellik içermesi, doğal ya da doğal olmama konusu ile karıştırılmamalıdır. Laminat (Katmanlı) Kaplama Malzemesi, adı itibarı ile katmanlardan oluşan ve doğal olmayan malzemedir. Kesinlikle parke değildir, doğal bir malzeme de değildir. Laminat Kaplama malzemesinde, eskiyen veya aşınan bölümlerinin yeniden cilalanması gibi bir özelliği yoktur. Kırıldığında ya da zedelendiğinde yenisi ile değiştirmeniz gerekmektedir. Laminat kaplama sağlıklı olmayan, neredeyse hiç nefes almayan bir malzemedir. Maliyetinin ucuz, malzemenin sert ve dayanıklı olması açısından, iş yerlerinde, tercih edildiğini bilmenizi isterim. Yoğun trafiğin olduğu alanlarda kullanılması daha mantıklı olacaktır. Evde kullanımı ise uygun değildir (<http://www.nevnesapenyapi.com/laminat-kaplama-ve-lamine-parke-arasindaki-fark-nedir/>, 2018).

2.4. Tutkal

Ağaç işlerinde yoğunlukla kullanılan sentetik reçineler 1930 yılının başında piyasaya sürülmüştür. Sıcak presleme yöntemiyle kullanılan bu yapıştırıcılar suya karşı dayanıklı ve odun zararlılarına karşı malzemeyi koruyucuyu etkiye sahip olduğundan üretilen ahşap esaslı levhaya dayanıklılık kazandırmaktadır (Huş, 1962).

Kolloidal çözeltiler halinde bulunan bu tutkallar ile yapışma, çözeltinin su kaybetmesi, soğuması veya içerisindeki kimyasal reaksiyonun gerçekleşmesi ile oluşur. Bu sırada çözelti geçici pelteleşir ve zaman içerisinde katılaşır (Kalaycıoğlu, 2003).

Ahşap esaslı levhaların üretilmesinde üre formaldehit, fenol formaldehit, resorsin-formaldehit, polivinilasetat ve melamin formaldehit tutkalları yaygın olarak kullanılır. Bunlar dışında kalan diğer tutkallar ise pahalı olması, işlem süresini uzatması gibi sebeplerle tercih edilmemektedir (Kalaycıoğlu, 2003).

Üre formaldehit tutkalı üre ile formaldehitin reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. Tutkalı kullanıma hazırlama sırasında sertleştirici ilavesi yapılmaktadır. Üre formaldehit tutkalının yapışma etkisini; sertleştiricinin tipi, konsantrasyonu ve sıcaklığı etkilemektedir. Tutkalın 5 °C' den 110 °C' ye kadar geniş bir kullanım alanı mevcuttur (Huş, 1962).

Ucuz olması, levha üretim teknolojisine uygun olması, sıcak presleme sırasında çabuk sertleşmesi gibi avantajları yanında dış hava şartlarına uygun olmaması ve zamanla ham levhalardan formaldehit ayrışmasına neden olması gibi dezavantajlara sahip olan üre formaldehit tutkalı, ahşap esaslı levha üretiminde en fazla kullanılan tutkaldır. Üre-formaldehit, termosetting bir polimerdir ve asidik ortamda sertleşir (Yeşil, 2008).

Sertleşmiş olan üre bileşeni zehirli değildir ancak açığa çıkan ve serbest halde olan formaldehit oldukça reaktif özelliktedir. İnsan vücudundaki proteinlerle birleşerek zehirli bir etki yapmaktadır (Hanetho, 2001).

Formaldehit mol oranı yüksek olan ÜF tutkallarında serbest formaldehit miktarı da daha fazladır. Dolayısıyla hem presleme sırasında hem de üretimden sonra bu levhalardaki formaldehit emisyonu miktarı fazla olmaktadır (Anonim).

Üre formaldehit tutkalının kullanım amaçlarına göre ayarlanması gereken bazı özellikleri vardır. Bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- Viskozite
- Soğuk uygulanabilirlik
- Mol oranı
- Reaktivite
- pH
- Depolanabilirlik ve ilave maddelerle uyumluluk (Anonim).

2.5. Ht Ideas Paperboard

Paperboard ürününün tasarımcısı inşaat mühendisi Haluk Tatver olup, Ht ideas paperboard tescillemiştir. Atık gazete kâğıtlarını atölye ortamından parçalayıcı makine kullanarak, şebeke suyu ve tutkalla hamur haline getirerek elde etmiştir (<http://www.htideas.com/paperboard.html#demo4>, 2018).



Resim 2.1. Düşük yoğunluklu atık gazete kâğıtlarından üretilmiş ht ideas paperboard (<http://www.htideas.com/paperboard.html#demo4>, 2018).

Paperboard atık kâğıtlardan üretilen ht ideas paperboard markalı ürünlerinin en önemli yanı aşağıdaki yazılı özellikleri tek başına bünyesinde bulundurmasıdır.

- Hafiflik (düşük yoğunluk)
- Ses Yalıtımı
- Isı Yalıtımı
- Yüksek ısı direnci (ısı reflektif)
- Yüksek basınç gerilmesi
- Yüksek çekme gerilmesi
- Dielektrik

Yukarıdaki özelliklere istenildiğinde su emmeme ve anti statiklik özelliklerini de ilave etmek mümkündür. Bu özellikleri bünyesinde bulunduran hâlihazırda bir başka malzeme yoktur. Buradaki en önemli konut piyasada genellikle ısı ve yalıtkan malzemeleri ile taşıma gücü yüksek malzemeler genelde ayrı ayrı ürünlerden oluşmaktadır (<http://www.htideas.com/paper-board.html#demo4>, 2018).



Resim 2.2. Yüksek yoğunluklu atık gazete kâğıtlarından üretilmiş ht ideas paperboard (<http://www.htideas.com/paperboard.html#demo4>, 2018).

2.5.1. Ht ideas paperboard özellikleri

Paperboard, tasarımcısı Haluk Tatver tarafından farklı yoğunluk ölçülerinde deneylerden ve testlerden geçirilerek kontrol edilmiştir. Paperboard özellikleri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Ht ideas paperboard özellikleri ([http://www.htideas.com/paper-board.Html #demo4](http://www.htideas.com/paper-board.Html#demo4), 2018).

Ürün Özellikleri		Birimi
Isı iletkenlik katsayısı	0,03	k(w/mt.°C)
Kullanım sıcaklığı max.	300	°C
Yoğunluk	0,575	gr/cm ³
Su emme hacimce	2,5	%
Geri dönüşüm oranı	98	%
Ölçüler	istenilen ölçülerde	
Yüzey sertliği (janka ball)	105	kg
Gürültü yutma katsayısı (NRC)	0,2	
Basınç gerilmesi	130	kg/cm ²
Çekme gerilmesi	81	kg/cm ²
d=6 mm kalınlık için	0,2	(m ² °C /W)
d=9 mm kalınlık için	0,3	(m ² °C /W)
d=12 mm kalınlık için	0,4	(m ² °C /W)
d=15 mm kalınlık için	0,5	(m ² °C /W)
d=18 mm kalınlık için	0,6	(m ² °C /W)

Not: Yoğunluk 0,575 gr/cm³ iken basınç gerilmesi 130 kg/cm², çekme gerilmesi 81 kg/cm²dir. Yoğunluk arttırıldığında bu değerler yükselmektedir (<http://www.htideas.com/paper-board.html#demo4>, 2018).

2.6. Ağaç Malzemelerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

2.6.1. Yoğunluk

Yoğunluk, bir odun örneğinin ağırlığının hacmine bölünmesi ile bulunmakta ve “d” ile ifade edilmektedir ($d = m / V \text{ g/cm}^3$). Ancak, ağaç malzeme gibi higroskopik bir materyalin ağırlığı sabit bir değer olmayıp, içerisindeki su miktarına göre değişmekte ve su miktarının artması ile ağırlık artmaktadır. Bu nedenle ağaç malzeme ile yapılan çalışmalarda sabit bir değer olması bakımından ağırlık ve hacmin tam kuru olduğu %0 rutubette, ya da %12 rutubette (hava kurusu) ölçümler yapılmaktadır. TS 2472 nolu standarda göre 2x2x3 cm boyutundaki örneklerin belli bir rutubet derecesinde ağırlıkları ve hacimleri tespit edilerek tam kuru (d_0) ya da hava kutusu (d_{12}) yoğunlukları bulunabilir (Bozkurt ve Erdin, 2008).

Odunun yoğunluğu, diğer özellikleri ve kullanım imkânları hakkında fikir veren önemli bir faktördür. Ağır bir ağaç malzemenin hafif olana göre direnci, esnekliği ve sertliği yüksektir. Aşındırıcı etkilere karşı daha iyi karşı koyar. Bazı yerlerde ağaç malzemenin yumuşaklığı, kolay işlenmesi, az çalışması istenir. Bu özellikler ise ağaç malzemenin hafif olması ile sağlanabilir. Odunun ağırlık ve hacmi, içerisindeki su miktarına göre değişir. Bu nedenle ağaç malzemenin yoğunluk ve özgül kütlesinin hangi rutubet için verildiği belirlenmelidir (Örs ve Keskin, 2008).

2.6.2. Rutubet

Odunun rutubeti (r); tam kuru haldeki ağırlığına (m_0) oranla içerisindeki su miktarı (m_s)’dir. Buna göre; $r = m_s / m_0$ olup, bu rutubette ağırlığı (m_r) bilindiği takdirde, içerisindeki su miktarı (m_s); $m_s = m_r - m_0$ kadar olacağından rutubet; eşitliğinden hesaplanır. Buna göre rutubeti bilinen odunun rutubetli haldeki ağırlığı (m_r) yardımıyla tam kuru ağırlığı (m_0) ya da tam kuru haldeki ağırlığı bilinen odunun rutubetli haldeki ağırlığı için; eşitlikleri yazılabilir. Kâğıt endüstrisi gibi alanlarda odunun rutubeti, rutubetli haldeki ağırlığına oranla içerisindeki su miktarı olarak tanımlanır. Böylece, rutubetli haldeki ağırlık içerisinde su miktarı ifade edilerek selüloz verimine esas olacak kuru odun maddesi miktarı kolaylıkla hesaplanır. Bu maksatla tanımlanan rutubet “r” ile gösterilirse; yeni kesilmiş bir ağaç odunu içerisindeki boşluklarda besi suyu ile bir miktar gaz vardır. Bu duruma taze hal denmekte olup ağaç türlerine göre taze hal rutubeti %40-120 arasında değişir. Taze haldeki odun

kurumaya bırakıldığında ilk önce serbest su buharlaşır. Serbest su tamamen buharlaşıp odunda yalnız hücre çeperine bağlı su kaldığı anda odunun rutubeti lif doygunluğu noktasındadır (LDN). LDN rutubeti ağaç türlerine göre %20-35 arasında değerler alır. Ortalama bir değer olarak LDN = %28 kabul edilebilir (Örs ve Keskin, 2008).

2.6.3. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet

İki ucundan birere destek üzerine yerleştirilen ağaç malzemeye liflere dik yönde eğilme etkisi yapan bir kuvvet uygulandığında orta tabakada herhangi bir zorlama olmadığı halde (nötr tabaka) üst kısımlar sıkıştırma, alt kısımlar çekme zoru etkisinde kalır. Kuvvetin uygulama noktasında ise kese (makaslama) zoru etkilidir. Malzeme içerisindeki gerilmelerin dağılışı yüklemenin tam ortadan, merkeze göre simetrik iki noktadan ve malzeme boyunca yeknesak şekilde yapılması hallerine göre değişir (Örs ve Keskin, 2008).

Eğilme direncinin etkileyen faktörler: Ağaç malzemenin yoğunluğu arttıkça eğilme direnci de artar. %12 rutubetteki eğilme direnci ve yoğunluğuna göre eğilmede kalite faktörü $k\varepsilon = \sigma\varepsilon / 100 \cdot \delta$ eşitliğinden hesaplanarak sınıflandırılır. Odunların eğilmeye göre kalitesi Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Odunların eğilmeye göre kalitesi (Örs ve Keskin, 2008).

Eğilmede Sağlamlık	S _E
Az	2
Orta	2-3
Çok sağlam	3-4

- Odundaki rutubeti higroskopik sınırlar içerisinde %1 arttıkça eğilme direnci %4 azalır. Buna göre sınırlar içerisinde; r_1 rutubetindeki eğilme direnci $\sigma\varepsilon_1$ ise, r_2 rutubetindeki eğilme direnci $\sigma\varepsilon_2 = \sigma\varepsilon_1[1-0,04(r_2- r_1)]$ eşitliğinden hesaplanır (Örs ve Keskin, 2008).
- Örnek boyuna eksen ile liflerin gidiş yönü arasındaki açı 0° - 90° arasında arttıkça eğilme direnci azalır (Örs ve Keskin, 2008).

2.6.4. Isı iletkenlik (λ)

Bir metre kalınlığındaki homojen bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1°C olduğunda ve sabit kaldığında birim zamanda geçen ısı enerjisi miktarıdır (Dilmaç, 1999; Örs ve Keskin, 2001).

Ağaç malzemenin ısı iletkenlik katsayısı; yoğunluğu, rutubeti ve lif yönüne göre değişir. 20°C sıcaklıkta ve hava kurusu halde ortalama ısı iletkenlik katsayısı ($\text{kcal/m.h.}^{\circ}\text{C}$) liflere paralel yönde; 0,1908-0,2844, radyal yönde; 0,1044-0,1512, yıllık halkalara teğet yönde; 0,09-0,1404 kadardır (Örs ve Keskin, 2008). $1 \text{ kcal/m.h.}^{\circ}\text{C} = 1.163 \text{ W/m.K}$. Ağaç malzemenin ısı iletkenlik katsayısı radyal yönde teğet yönünden %5-10 daha büyük, lifler yönünde ise %6-15 rutubetlerde iken enine yönünün 2,25-2,75 katıdır (Dilmaç, 1999; Örs ve Keskin, 2001).

Isı iletkenlik katsayısı (Lambda) (λ);

$$\lambda = \frac{q \cdot d}{A \cdot \Delta T} (\text{W/m.K}) \quad (2.1)$$

eşitliği ile elde edilir.

Burada;

λ : Isı iletkenlik katsayısı (W/m.K)

q : Isıtma ünitesinin ölçme kısmına sağlanan güç

d : Deney örneğinin kalınlığı

A : Deney parçasının ölçme alanı

ΔT : Plakalar arasındaki sıcaklık farkı.

2.6.5. Isı geçirgenliği (U)

Sabit rejimde “L” kalınlığındaki bir yapı elemanının birbirine paralel sıcak ve soğuk yüzlerin sıcaklıkları arasındaki fark 1°C olduğunda birim zamanda birim alandan yüzeylere dik olarak geçen enerji miktarıdır. Elemanın ısı iletkenlik katsayısı (λ)’nın malzemenin kalınlığı (d)’ye bölünmesi sureti ile yapı elemanının ısı geçirgenliği (U) bulunur (Dilmaç, 1999).

2.7. Ses

Ses, fiziksel olarak bir basınç altında elastik bir ortamdaki parçacıkların yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Titreşim olarak belirtilen bu olayın insan kulağında yarattığı etkiler insanın sesi algılaması olarak görülebilir. Bir enerji olarak açıklanan ses, ortamın özgül ağırlığına, esnekliğine ve koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Sesin bir noktadan ötekine iletimi için elastik bir ortamın varlığı gereklidir (Erol, 2006).

Ses dalgalarının etkisi altında malzemeler ve yapı elemanları belirli davranışlar sergilerler. Ses kaynağından çıkıp hava içerisinde yayılan dalgalar yüzeyle karşılaştıklarında yansır, emilir ve yayılmaya devam ederler (Sey, 1970).

Sesin varlığından söz edebilmek için bulunması gereken öğeler ve koşullar vardır. Bunlar işlevini gören bir kulak ve beyin diğer bir deyişle alıcı sistem ve onları uyarabilecek özellikte etkenlerin bir yerlerde oluşması yani ses kaynağı ve bu etkenlerin oluştukları yerden kulağa kadar ve kulağı uyarmaya yetecek bir şiddette iletilmesi gerekir (Zeren, 1997).

Çizelge 2.3. Sesin varlığından söz edilebilmek için bulunması gereken öğeler ve koşullar (Zeren, 1997)

Ses Kaynağı	İletici Ortam	Alıcı
Kulağı uyarabilecek nitelikte etkenler	Etkenleri kesintisiz ve yeterli şiddette ileten ortam veya ortamlar	Etkenleri değerlendirecek nitelikte kulak ve beyin

2.7.1. Ses geçiş kaybı

Ses geçiş kaybı, sesin bir duvar, bir döşeme, bir pencere yani herhangi bir bölmeyi geçerken uğradığı kayıp olarak tanımlanmaktadır. Bu kayıp, diğer bir ifadeyle azalma, logaritmasal bir büyüklük olarak, dB cinsinden verilir ve doğrudan doğruya dB cinsinden bir azalmayı gösterir (Sirel, 2000).

Örnek bir hesaplama yapmak gerekirse bir duvarın ses geçiş kaybı 50 dB ise, bu duvarın bir yanındaki 80 dB düzeyindeki ses, öte yana $80 - 50 = 30$ dB, bir yanındaki ses 90 dB ise, öte yana $90 - 50 = 40$ dB düzeyinde geçer.

Ses geçiş kaybı değerlerinin yüksek olması geçirimsizliğin yüksek olduğunu, düşük olması ise geçirimsizliğin düşük olduğunu gösterir (Açık ve Tutuş, 2016).

2.7.2. Ses frekansı

Titreşim yapan bir nesnenin, ürettiği basınç azlığı ve çokluğu dizileri, ses dalgasını oluşturur. Ses dalgası gibi, devirsel bir olayın frekansı, bu olayın saniyede kaç kes yinelendiğini gösteren sayı, yani saniyedeki devir sayısına frekans denir. Frekans birimi ‘‘Hertz’’ Hz’ dir. Frekansın yükselmesiyle birlikte ses inceler ve saniyede ki titreşim sayısı artar (Karabiber, 1991).

Basınç dalgalanmalarının birim zamanda (genellikle bir saniyede) uğradıkları değişim ya da devir sayısı frekans olarak tanımlanır. Başka bir ifadeyle frekans, basınç dalgalanmasının kendini yineleme hızı olarak nitelendirilebilir. Frekansı yüksek olan sesler tiz, düşük olan sesler pes ya da bas olarak tanımlanır. Ses dalgasının frekansı (f), dalganın periyodunun (T) tersine eşit olup, $f=1/T$ eşitliği ile verilir. Frekans bir saniyede tamamlanan dalga devir ya da periyot sayısı olarak tanımlanır ve Hertz (kısaltılmışı Hz) cinsinden ifade edilir. İnsan işitme duyusunun algılayabildiği basınç dalgalanmalarının frekansları, işitme aralığı olarak tanımlanan 20 Hz ile 20000 Hz arasında bulunmaktadır. Burada verilen alt ve st sınır frekans değerleri ortalama değerler olup, işitme yetenekleri bu sınırları her iki yönden de açan kişiler bulunduğu gibi, ilerlemiş yaşları, fiziksel zrleri ve etkisinde kaldıkları gürültünün oluşturduğu kalıcı hasarlar nedeniyle işitme aralığı belirtilenden daha da dar olan kişiler mevcuttur (alışkan, 2004)

Çok kalın seslerin frekansı 16-100 Hz

Kalın seslerin frekansı 100-400 Hz

Orta seslerin frekansı 400-600 Hz

İnce seslerin frekansı 1,600-6,400 Hz

Çok ince seslerin frekansı 6,400-18,000 Hz olarak belirlenmiştir (www.aof.edu.tr/kitap/EHSM/1221/unite12.pdf).

2.8. Akustik

Akustik, sesi inceleyen bilim dalıdır. Sesi neden olduğu gürültü kirliliğini önleme, sesin yayılma sınırlarını belirlemek akustik bilimini ilgilendiren konudur. Sesi cisimlere çarpıp geri dönmesi sonucu oluşan yankı, akustiğin bozulmasına neden olur. Özellikle duvar, tavan, yer zemini gibi düz ve geniş yüzeyler yankıya neden olurlar. Bu gibi durumları önlemek için yüzeylere ses emme özelliğı olan perdeler, kumaş kaplamalar, halılar, sünger kaplamalar, girintili-çıkıntılı sıva, köpük kaplama, vb. teknikleri uygulanmaktadır. Sinema salonlarında duvarların ses emen kalın kumaşlarla kaplı olması, tavanın ses emen malzemelerle kaplanması yankıyı önleyip, iyi bir akustik sağlamak için yapılmaktadır (<http://www.bilgi-manya.com/akustik-nedir/>, 2018).

Sesi istenilen büyüklüğü aşması “gürültü” olarak nitelendirilebilir. Ancak gürültüye yol açan titreşimler ve gürültü kontrol edilebilir. Akustik bilimi ve bu alanla ilgilenen uzmanlar, sesi ve bunun çevre ile olan ilişkisini inceler ve ne şekilde bir etki oluşturduğunu tanımlar. Sesi oluşturabileceğı olumsuz etkilerin giderilmesi için, yapısal ve tasarımsal çalışmalar yapılmaktadır. Sesi ortaya çıkardığı olumsuz etkilerden insanlar kadar çevre birimler de etkilenebilmektedir. Bu olumsuz etkiden korunma amaçlı çalışmalar yanında, bu etkileri önlemeye yönelik çalışmalar da uğraşılan konular arasındadır. Hatta bu çalışmalar, tasarı aşamasında olduğı gibi, sistemlerde arıza arama ve bulma gibi durumlarda sesin özelliklerinden yararlanılmasını kapsamaktadır (www.aof.edu.tr/kitap/EHSM/1221/unite12.pdf, 2018).

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Lif levha endüstrisi için önemli derecede hammadde olma potansiyeli olduğu düşünülen ofis, gazete, karton, çimento torbası gibi çeşitli atık kâğıtlardan elde edilen odun liflerinin mevcut lif levha üretiminde, odun liflerine farklı oranlarda karıştırılarak değerlendirilmesi durumunda levha özelliklerinde meydana gelebilecek değişimlerin incelenmesi amaçlamışlardır (Olgun, Ateş, Akça, Külçe, Kabaca, İlhan, Karaoğlu ve Kaya, 2014).

Mobilyalar için kompozit malzemeler üretmişler, panellerin üretiminde atık kâğıt ve yongaları kullanmışlardır. Deney sonuçlarına göre atık kâğıttan üretilen malzemelerin mekanik özellikleri düşük bulunmuştur. Odun parçacıkları ile harmanlanan atık kâğıtlardan üretilen kompozit malzemeler ise mobilya için kullanılan standartlar için uygun bulunmuştur (Yue, Liui, X. Lu, N. Lu ve Yang 1912).

Atık kâğıt liflerinden çeşitli oranlarda kullanılan ve odun yongaları ile yapılmış tek katmanlı levhaların bazı teknolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Üre formaldehit reçinesi, farklı miktarlarda %9 ve %10 oranında uygulanmıştır. Sonuç olarak, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri levhalar için gerekli şartları yerine getirdiğini ortaya koymuşlardır (Eshraghi, Khademislam, 2012).

Farklı emprenye maddeleriyle emprenye edilmiş lamine ağaç malzemelerin hava kurusu haldeki ısı iletkenlik katsayılarını incelendiği çalışma sonucunda; odun kompozit malzemelerinin ısı iletkenlik özelliklerinin masif ağaç malzemedan farklı olduğu ve kompozit ağaç malzemelerin tutkal türüne göre de özelliklerinin farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Eshraghi, Khademislam, 2012).

Farklı yoğunlardaki ahşap esaslı levhaların (yonga levha, lif levha, OSB) termal özelliklerinin araştırıldığı çalışma sonucunda; sıcaklığın ısı iletkenlik üzerindeki etkisinin levha türüne göre değişkenlik gösterdiği, düşük yoğunluklu lif levhalarda ısı iletkenliğini artırdığı bildirilmiştir (Kol, Altun, 2009).

Yalıtımlı ahşap esaslı sandviç panellerin ve ticari amaçla üretilen çeşitli masif ahşap ve ahşap esaslı levhaların termal özelliklerinin araştırıldığı çalışmada; kalınlığı 8,9 mm ve yoğunluğu 0,610 g/cm³ olan kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı değerinin 0,12 W/m.K,

ısı geçirgenlik katsayısı değerinin $13 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, kalınlığı $12,4 \text{ mm}$ ve yoğunluğu $0,530 \text{ g/cm}^3$ olan ısı iletkenlik katsayısı değerinin $0,12 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, ısı geçirgenlik katsayısı değerinin $9,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, kalınlığı $11,7 \text{ mm}$ ve yoğunluğu $0,340 \text{ g/cm}^3$ olan Japon çamının (*Cryptomeria japonica*) ısı iletkenlik katsayısı değerinin $0,089 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, ısı geçirgenlik katsayısı değerinin ise $7,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ olarak belirlendiği bildirilmiştir (Czajkowski, Olek, Weres, Guzenda 2016).

Empedans tüpleri ile ilgili çalışma yapan Bolt 1947 yılında yayınladığı makalesinde akustik empedansın ölçümünde yeni bir yaklaşım geliştirdiğinden bahsetmiştir. Buna göre bir deliğin empedansını delikli açık alan kısmına karşılık gelen basit bir değere dönüştürmüştür. Bu değerlerin yer aldığı bir tablo oluşturmuştur. Çalışmasında kullandığı materyal olan perfore panellerin kaplı olmayan kısımlarındaki yanı arkasındaki materyalin akustik empedansının bilinmesi durumunda perfore edilmiş yüzeyin ses emme katsayısını tablolara bakarak bulunabileceğini söylemiştir (Bolt, 1947).

Uyanık (1995), tipik inşaat malzemelerinin empedans tüp yöntemi ile normal açılı ses yutma katsayılarını $250, 500, 1000, 2000$ ve 4000 Hz frekans aralığında ölçmüştür. Deneyde B400 empedans tüp modeli kullanılmış, numuneler 69 mm çapında kesilerek kullanılmıştır. Karşılaştırmada mineral lifler, PVC kaplı camyünü, fiberglas ilaveli taş yünü, alüminyum, alçı, betopan, camyünü, taşyünü, vinil kaplı alçı, kontrplak, kadife kaplı kontrplak, perlit sıva, normal sıva, duralit, yapay köpük, strafor, keçe, hasır, kauçuk köpük, kadife, deri ve halı kullanmıştır. Ölçümleri yapılan malzemelerin ses yutma performanslarına ilişkin karşılaştırmalar yapılmıştır (Uyanık, 1995).

Green ve arkadaşları (1999) çalışmalarında, yapısal bir ağaç malzemedeki ses hızının bir elastisite ve yoğunluk katsayısı fonksiyonu olduğunu belirtmişlerdir. Ağaçta, ses hızının liflerin yönüne göre değiştiğini, enine (transvers) elastisite katsayısı boylamsal değerine göre çok daha düşük olduğunu ($1/20$ 'si kadar), liflerin doğrultusu üzerindeki ses hızının boylamsal değerinin beşte biri ile üçte biri arasında olduğunu bildirmişlerdir. Boylamsal elastisite katsayısının $12,4 \text{ GPa}$, yoğunluğunun ise 4803 kg/m^3 olan bir ağaç malzemenin boylamsal yöndeki ses hızı 3.800 m/s civarında olduğu, enine yönde elastisite katsayısının $6,100 \text{ MPa}$ civarında, ses hızının ise yaklaşık $8,100 \text{ m/s}$ olacağını tespit etmişlerdir (Green, Winandy, Kretschmann, 2002).

Koizumi ve arkadaşları (2002), doğal bambu liflerinden hazırlanan kompozit malzeme ile çalışmalar yapmış ve cam yününe yakın ses yutum özelliği gösterdiğini belirlemiştir. Ayrıca

bambu malzemenin yüzeyinin fiber ile kaplanması sonucu kontraplağa göre çok daha iyi ses yutumu sağladığını bildirmişlerdir (Koizumi, Tsujiuchi, Adachi, 2002).

Smardzewski ve diğerleri 17 farklı ahşap esaslı levha ile bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma sonucunda hafif sandviç panellerin yapı malzemesi olarak çok cazip olmasına rağmen düşük gözeneklilik ve yüksek spesifik empedansından dolayı, ses emilimi için kullanımının yapısal olarak uygunluğunun kısıtlı olduğu belirlenmiştir. 125 ve 500 Hz arasındaki frekanslar için en yüksek ses emici özellikler, düşük yoğunluklu ve yüksek gözeneklilik yüzey katmanlarına sahip ahşap esaslı malzemeler göstermektedir. Kâğıt temelli petek panelleri, 1 kHz' den 2 kHz' ye kadar değişen frekanslarla sesi daha iyi absorbe ederken, 4 kHz frekansı için, yüzey malzemelerindeki büyük düzensizliklere sahip paneller en uygun akustik özellikleri sergilemektedir. Kullanılan Attenborough hesaplama modeli sadece 2 kHz frekans ve petek veya tüp panelleri için deneysel verilere benzer ses emme katsayıları sağlar (Smardzewski ve diğerleri, 2015).

Smardzewski ve diğerlerinin yapmış olduğu bir başka çalışmada yüksek yoğunluktaki ağaçlarda spesifik empedansın da yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırma sonucunda 2 kHz' deki en yüksek ses emme katsayısının meşe, dişbudak, sapelli ve çam da meydana geldiğini kanıtlanmıştır (Smardzewski ve diğerleri, 2014).

Yapılan bir çalışmada pirinç ve saman-ahşap parçacıklarından oluşturulan ahşap kompozit levhaların ses emme katsayıları, ahşap yapılarda yalıtım malzemesi ve yalıtım levhalarının yerini alma olasılığını araştırmak için empedans tüpü yöntemi ile ölçümler yapılmış ve sonuç olarak bu levhaların ses yalıtımı için uygun olduğu görülmüştür (Yang, Kim ve Kim, 2003).

Döngel' in ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin (parke) teknik özelliklerini incelediği doktora tezinde kayın masif parkenin ses yayılma hızı en yüksek çıkarken, yonga levha laminat parkenin ses yayılma hızı en düşük çıkmıştır (Döngel, 2005).

Çok amaçlı salonların iç mimarisinde kullanılan farklı yüzey kaplamalı lif levhaların akustik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada sesin bir mekândan diğer bir mekâna iletimi anlamında yalıtımın önemli olması durumunda MDF levhaların tercih edilmesi gerektiği belirtilmiştir. MDF levhalar da ise melamin reçineli dekor kâğıtlı kaplı olanlar ile yüksek basınç ile kaplanmış laminat MDF levhaların ses iletim kaybının daha yüksek olduğu

malzemelerin tercih edilmesi belirtilmiştir. Ses iletim kaybı düşük olan PVC kaplı MDF levhalar ise iç mekân kullanımına uygun bulunmamıştır (Açık ve Tutuş, 2016).

Yapılan bir çalışma da ses yutma katsayısı karakteristiğinin ortam şartlandırılması ile önemli ölçüde değişmediği fakat numune sıcaklığının malzemelerin ses yutma katsayısı karakteristiği üzerinde önemli miktarda değişime sebep olduğu belirlenmiştir (Seçgin, İhtiyaroğlu, Kara ve Ozankan, 2017).

Zhou ve Huang (2007), düşük frekansta düşük tane boyutlu kauçuk partiküllerinden oluşan malzemenin polimer esaslı gözenekli malzemedan daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemiştir. Küçük partikül yüzeyleri arasındaki akustik dalganın titreşime dönüşmesinin iyi bir ses yalıtımına sebep olduğu belirlenmiş, buna paralel olarak büyük partikül boyutlarında ses yalıtımının iyi olmadığı gözlemlenmiştir. Yüzeyi poliüretan ile lamine edilmiş kauçuk tanelerinden oluşan kompozit malzemenin levha kalınlığını artırdıkça ses yutum özelliklerinin yüksek frekanslara doğru iyileştiği belirlenmiştir. Bahsedilen malzemenin boşluk ve arkasından polimer esaslı perfore panel ile desteklenmiş gelişmiş modelinde, küçük taneli yapı olması durumunda kauçuk malzeme, büyük taneli yapı olması durumunda ise perfore panel de ses yutum özelliğinin daha iyi olduğunu belirlemiştir. 40kg/m^3 poliüretan köpük, $103,59\text{ kg/m}^3$ cam yünü, $150\text{ }\mu\text{m}$ kauçuk tane ve 30 mm boşluk arkasında perfore panel yerleştirilmiş kompozit malzemenin en iyi ses yutum özelliği gösterdiği gözlemlenmiştir. Atık kauçuk, polipropilen ve polyester malzemelerin mukayesesi yapılarak, ses yutum özelliklerine bakıldığında, kauçuk malzemenin 1000 Hz altında, polyester ve polietilen esaslı malzemelerin 1000 Hz üzerinde çok iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Kauçuk partikülleri 1000 Hz ile 5500 Hz arasında yeterince iyi ses yutum özelliği göstermediği için empedansı düşük malzeme ile destekleme yöntemi denenmiştir. Bu şekilde polipropilen ve polyester malzeme ile desteklenmiş malzemelerin ses yutum özelliklerinin kauçuğa göre iyileştiği görülmüştür (Zhou ve Huang, 2007).

Kaya (2005), çalışmasında laboratuvar şartlarında üretilen levhalarda ses yutum katsayılarını incelemiş sonuçta en düşük değeri 100 Hz ' de $0,02$ ve en yüksek değeri 2000 Hz ' de $0,81$ olarak ölçmüştür. Ortalama değerler üzerinden genel bir değerlendirme yapılması durumunda üretilen levhaların ses yutum katsayıları aynı yoğunlukta malzemeler içinde gürültü önleme açısından önemli kabul edilmektedir. Alçıpan levhanın (12 mm) ses yutum katsayısı 250 Hz ' de $0,10$, 2000 Hz ' de $0,04$, cam yünü (50 mm) malzemenin 250 Hz ' de

0,45, 2000 Hz' de 0,80, taş yünü malzemenin 250 Hz' de 0,29, 2000 Hz' de 0,91, poliüretan levhanın (50 mm) 250 Hz' de 0,30, 2000 Hz' de 0,79 olduğunda üretilen levhaların ses yutucu özellikli malzeme olduğu ve bu alanda kullanılabileceği saptanmıştır. Levhalarda yapılan ölçümler sonucunda atık kâğıt miktarı arttıkça ses yalıtım özelliği arttığı belirlenmiştir. Doğal atık destekli (atık kâğıt, selüloz), ses yalıtımında fonksiyonel fayda sağlayabilen malzeme üretiminin mümkün olabileceği belirtilmiştir (Kaya, 2015).

Plywood/waste tire rubber (PWTR) kompozitlerinin akustik özelliklerinin analizi ile ilgili bir çalışmada panellerin literatürde bildirilen ticari kontrplaklardan daha iyi ses geçirmez etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca aynı çalışma da panel hazırlama esnasında kayın katmanların arttırılmasının akustik özellikleri geliştirdiği görülmektedir (Ghofrani, Ashori, Rezvani ve Ghamsari, 2016).

Erol, MDF ve yonga levha gibi ahşap esaslı malzemelerin akustik değerlendirmesini yapmış ve sonuçta frekansın yükselmesiyle yutuculuk değerinin arttığı, alçak frekanslar için kullanım alanında hava boşluğu ya da düşük hava akış direncine sahip ek bir malzemeye ihtiyaç duyulduğu ve malzemenin kullanım şekli ile kalınlığının yutuculuk değerinde etkili olduğu sonucuna varmıştır (Burdurlu, 1994).

Hızlı gelişen ağaç türleri kullanılarak üretilen yonga levhalar ile yapılan bir çalışmada, elde edilen düşük ve orta yoğunluklu yonga levhaların düşük ve yüksek frekans aralığında iyi birer ses emici oldukları görüldü. Düşük yoğunluklu yonga levha ($0,5 \text{ gr/cm}^3$) düşük frekansta orta yoğunluklu yonga levha ($0,8 \text{ gr/cm}^3$), yüksek frekansta daha iyi ses emme özelliği göstermiştir (Karlinasari, Hermawan, Maddu, Martiandi ve Hadi, 2012).

Sancak (2008), mekânlarda kullanılan monoblok dolu iç mekân kapılarının akustik ve ses yalıtımı, ısı iletkenliği, yangın dayanımı, şok direnci ve sert cisimle çarpma özelliklerini incelemiştir. Deneylerde üç farklı kapı örneği kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistik programı ile analiz edilerek monoblok dolu iç mekân kapıların geleneksel fabrikasyon kapılara göre teknolojik özellikler açısından daha üstün olduğunu belirlemiştir (Sancak, 2008).

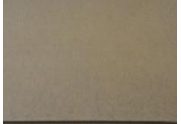
4. MALZEME VE YÖNTEM

4.1. Malzeme

4.1.1. Ahşap ve ahşap esaslı malzemeler

Panellerin üretiminde ahşap malzeme olarak 1,5 mm kalınlığında papel (ahşap) kaplama, 2 ve 3 mm kalınlığında kontrplak, 2 ve 4 mm kalınlıklarında orta yoğunlukta lif levha (MDF), 3 mm kalınlığında MDF lam, 4 mm kalınlığında yonga levha (sunta) ve 1 mm kalınlığında laminat kaplama, 16 mm kalınlığında katmamsız atık kâğıt panel olmak üzere toplam 9 çeşit örnek kullanılmıştır. Plakalar TSE'nin TS EN 622-5 sayılı standardına uygun olarak seçilmiştir (TS EN 622-5). Plakalar Ankara' da ahşap esaslı levha satışı yapan firmalardan atık kâğıt panel ise tasarımcısı Haluk Tatver'den tedarik edilmiştir. Deney örneklerine ait teknik bilgiler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deney örnekleri teknik özellikleri

Kod	Kalınlık (mm)	Özellik	
A	3	Kayın kontrplak	
B	2	Kontrplak	
C	1,5	Meşe papel (ahşap) kaplama	
D	2	Orta yoğunluklu lif levha (MDF)	
E	4	Orta yoğunluklu lif levha (MDF)	
F	4	Yongalevha (sunta) kaplama	
G	3	Yüzeyleri reçine emdirilmiş kâğıt ile kaplı MDF lam	
H	1	Meşe laminat kaplama	
I	16	Kaplamasız atık kâğıt panel (kontrol numunesi)	

4.1.2. Tutkal

Levhaların üretiminde üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Kullanılan tutkal Kleiberit firmasına ait olan Kleiberit-871 hot press glue adlı tutkaldır. Tutkal üretici firmanın direktiflerine uyularak hazırlanmıştır. Metrekareye 100-150 gr tutkal gelecek şekilde tutkallama işlemi gerçekleştirilmiştir (Kleiberit.com).

4.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Kâğıt paneller önce kontak zımpara makinesinden geçirilmiş ve yüzeylerinin düzgünlüğü sağlanmış sonra ahşap ve ahşap esaslı dış katmanlar kâğıt panellere üre formaldehit tutkalı kullanılarak yapıştırılmıştır. Deneyler Gazi Üniversitesi pres atölyesinde hidrolik pres kullanılarak pres basıncı 1kg/cm^2 olarak ayarlanmıştır. Pres sonrası deney örnekleri Resim 4.1’ de verilmiştir.



Resim 4.1. Pres sonrası katmanlı levha deney örnekleri

4.2.1. Yoğunluk ve rutubet tayini

Bu maksatla pres sonrası atık kâğıt esaslı panellerden 50x50 mm ölçülerinde 5’er adet olmak üzere toplam 45 adet örnek hazırlanmıştır. Kesim sonrası deney örneklerine ait resimler Resim 4.2’ de verilmiştir.



Resim 4.2. Yoğunluk için kesilen deney örnekleri

4.2.2. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü belirlenmesi

Eğilme direnci ve elastikiyet modülü testleri için presten sonrası örneklerden 410x50 mm ölçülerinde ebatlandırılıp kesilerek deney örnekleri hazırlanmıştır. Hazırlanan deney örnekleri Resim 4.3’de verilmiştir.



Resim 4.3. Eğilme ve elastikiyet modülü için kesilen deney örnekleri

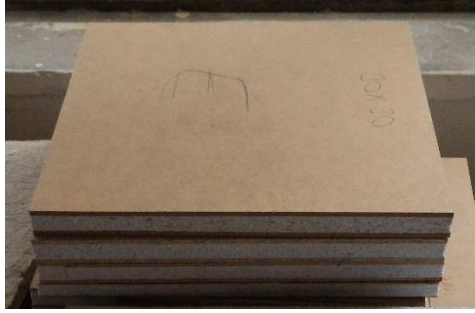
Yukarıdaki kesilmiş örnekler gruplarına göre listelenip 5’şer adet numuneler şeklinde düzenlenmiştir. Atık kâğıt esaslı ahşap panellerin deneme deseni Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Atık kâğıt esaslı ahşap panellerin deneme deseni

Grubun adı	Grubun özelliği	ADET
A	3 mm kontrplak katmanlı atık kâğıt esaslı panel	5
B	2 mm kontrplak katmanlı atık kâğıt esaslı panel	5
C	1,5 mm papel kaplama katmanlı atık kâğıt esaslı panel	5
D	2 mm MDF katmanlı atık kâğıt esaslı panel	5
E	4 mm MDF katmanlı atık kâğıt esaslı panel	5
G	3 mm MDF lam katmanlı atık kâğıt esaslı panel	5
F	4 mm yonga levha katmanlı atık kâğıt esaslı panel	5
G	3 mm MDF katmanlı atık kâğıt esaslı panel	5
H	1 mm laminat katmanlı atık kâğıt esaslı panel	5

4.2.3. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik tayini

Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik testlerini için yine pres sonrası plakalardan 300x300 mm ölçülerinde 3'er adet olmak üzere toplam 36 adet örnek hazırlanmıştır. Isıl iletkenlik ve ısı geçirgenlik için kesilen deney rnekleri Resim 4.4' de verilmiştir.



Resim 4.4. Isıl iletkenlik ve ısı geçirgenlik için kesilen deney rnekleri

4.2.4. Ses geçiş kaybı lümü

Akustik ses geçiş kaybı deney testleri için hazırlanan plakalardan TS EN ISO 10534-2 numaralı standarda uygun olarak 100 mm ve 28 mm çapında deney numuneleri 4' er tane olmak üzere toplam 16 adet rnek CNC makinesi ile kesilerek hazırlanmıştır. Kesilen deney rnekleri Resim 4.5'de verilmiştir.



Resim 4.5. Akustik empedans tüpü ses geçiş kaybı için CNC makinesinde 28 ve 100 mm kesilmiş test numunesi

Gruplar içerisinden kontrplak, papel kaplama, MDF ve yonga levha panel kaplamalı ürünler olmak kaydıyla 4 farklı örnek seçimi yapılmıştır. Bu paneller 3 mm kontrplak kaplamalı (A grubu), 1,5 mm papel kaplamalı (C grubu), 4 mm MDF kaplamalı (E grubu), 4 mm yonga

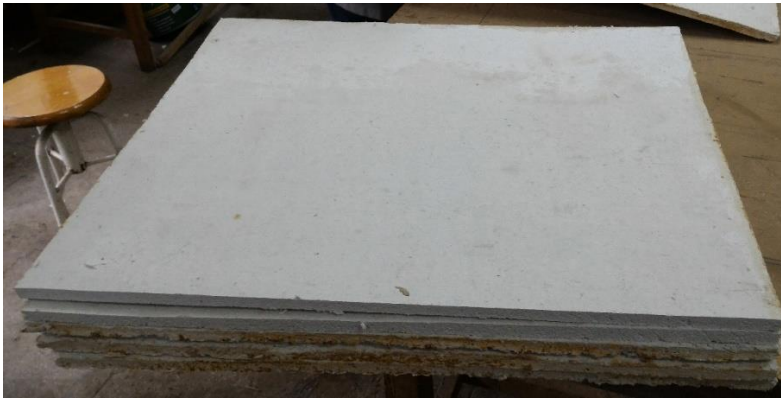
levha kaplamalı (F grubu) atık kâğıt esaslı panellerdir. Bu gruplar farklı panellerimizi oluşturan 4 farklı ürün grubu olduğu için seçilmiştir. Resim 4.6.'da verilmiştir.



Resim 4.6. Akustik ses geçiş kaybı için hazırlanan test numuneleri

4.2.5. Atık kâğıt esaslı panel (Paperboard)

Çalışmamız içerisinde paperboard malzemesini, “atık kâğıt panel” olarak isimlendireceğiz. Çalışmalarımızda 100x100 cm ölçülerinden atık kâğıt panel deney örnekleri hazırlanmıştır.



Resim 4.7. Atık gazete kâğıtlarından üretilmiş ve katmansız atık kâğıt panel

4.3. Yöntem

4.3.1. Yoğunluk

Panellerin yoğunluk değerleri TS EN 323:1999-04 standardına göre belirlenmiştir (TS EN 323, 1999). Deney parçaları %65 $\pm$ 5 nisbi rutubet ve 20 $\pm$ 2 $^{\circ}$ C sıcaklık şartlarında değişmez kütleye gelinceye kadar kondisyonlanmıştır. 24 saat ara ile yapılan ölçümler sonucunda

yapılan ölçümlerde iki ölçüm arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlesinin %0,1' inden fazla olmaması sonucunda yoğunluk belirlenme işlemi yapılmıştır. Kütle ölçüm işlemleri 0,01 gr hassasiyetli tartılar ile yapılmıştır.

Deney parçasının yoğunluğu $d = m/v$ (gr/cm³) formülü ile tespit edilmiştir.

d = Yoğunluk

m = Kütle

v = Hacim

4.3.2. Rutubet

Deney parçalarının rutubet miktarının tayini TS EN 322/Nisan 1999 standardında belirtilen esaslara göre yapılmıştır (TS EN 322, 1999).

Kütlesi minimum 20 gr olan parçalar 103 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. 6 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki tartım arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlelerinin %0,1' inden fazla olmaması durumuna gelmesiyle deney parçası değişmez ağırlığa gelmiş kabul edilmektedir.

Her deney parçası etüvden çıkartılarak desikatörde soğutulduktan sonra hızla tartılmıştır ve Eş. 4.1' de ki formül ile deney parçası rutubet miktarı hesaplanmıştır.

$$H = [(m_H - m_0) / m_0] * 100 \quad (4.1)$$

H = Rutubet miktarı (Yüzde olarak)

m_H = Deney parçasının ilk kütlesi

m_0 = Deney parçasının kurutmadan sonraki kütlesi

4.3.3. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü

Deney numuneleri, deneylerden önce ASTM-D 1037-12 standartlarına göre 20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir (ASTM-D 1037-12, 2012). Testler Ağaçşileri Endüstri Mühendisliği Teknoloji Laboratuvarında bulunan Instron marka Universal Test Cihazı kullanılarak

yapılmıştır. Panel yüzeyine dik eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneylerinde TS EN 310 standardında belirtilen esaslara uyulmuştur (TS EN 310, 1999). Deneylerde, kuvvet numunelerin tam ortasından uygulanmış ve deney cihazının yükleme hızı 2 mm/dk. olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci Eş. 4.2' ye göre değerlendirilmiştir.

$$f_m = (3 * F_{max} * L_s) / (2 * b * h^2) \quad (4.2)$$

f_m = Eğilme Dayanımı (N/mm²)

F_{max} = Kırılma anındaki maksimum yük (N)

L = Deney numunesi boyu (mm) ($L=20h+50$ mm)

L_s = Mesnet açıklığı (mm) ($L_s=20h$)

b = Numune genişliği (mm)

h = Numune yüksekliği (mm)

Eğilme deneylerinde, eğilmede elastiklik modülü değerleri de hesaplanmıştır. Bu amaçla TS EN 310 standardında belirtilen esaslara uyulmuştur ve hesaplamalar Eş. 4.3'e göre yapılmıştır.

$$E = (L_s^3) / (4 * b * h^3) * \Delta F / \Delta f \quad (4.3)$$

E = Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²)

ΔF = Yük-sehim oranlılık bölgesindeki yük artışı (N), ($F_2 - F_1$)

F_1 = Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 10' u (N)

F_2 = Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 40' ı (N)

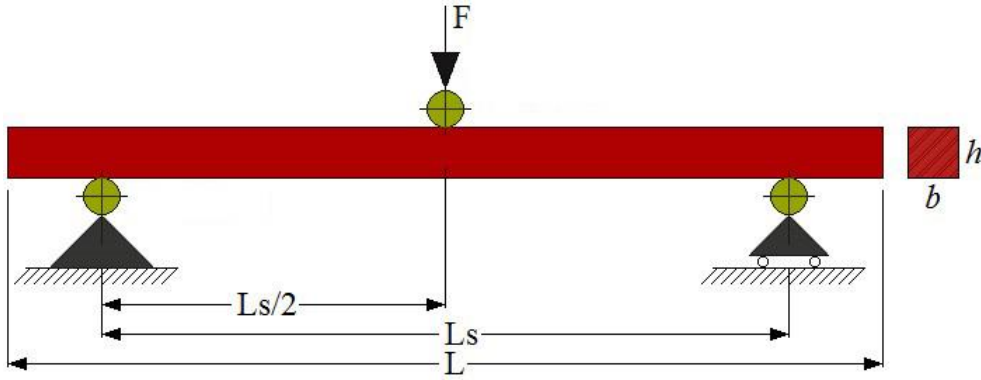
L_s = Dayanakların (destek) arasındaki mesafe (mm)

b = Deney parçasının genişliği (mm)

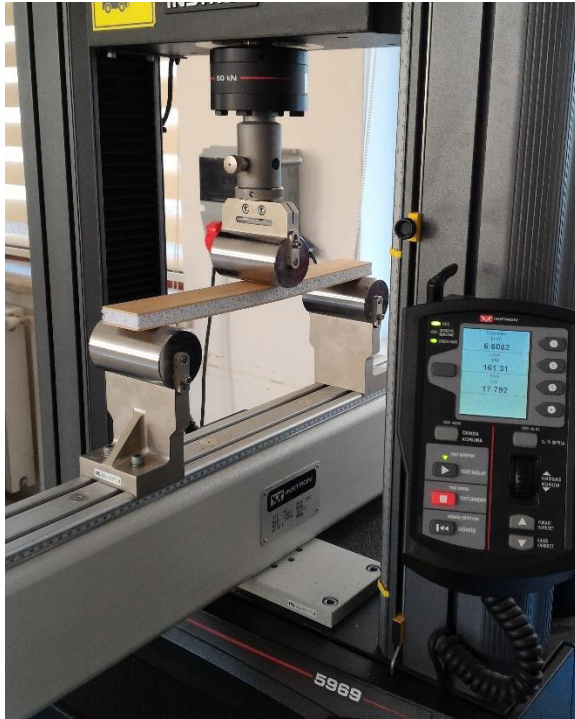
h = Deney parçasının kalınlığı veya yüksekliği (mm)

Δf = ($F_2 - F_1$) kuvvet artışı nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışı (mm) dir.

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü için kullanılan deney düzeneği Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü test düzeneği ve ölçüleri (Yılmaz ve İmirzi, 2018)



Resim 4.8. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testinin yapılışı

4.3.4. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik tayini

Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik tayini için örnekler TS EN 12667 esaslarına göre 300x300 mm ölçülerinde 3'er adet olmak üzere toplam 27 (9x3) adet deney örneği hazırlanmıştır. Bu nedenle hazırlanan deney örnekleri $23 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 50 ± 5 bağıl nem şartlarında iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik tayininde Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaçşileri Endüstri

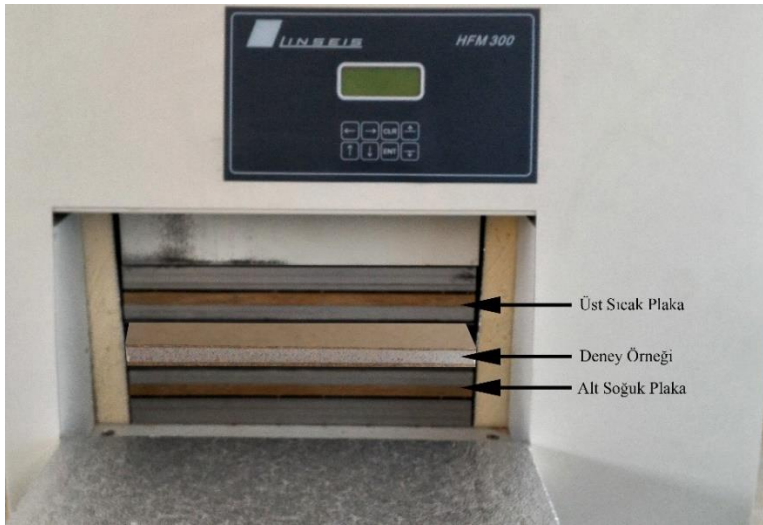
Mühendisliği Bölümü test laboratuvarında bulunan Linseis HFM 300 test düzeneği kullanılmıştır. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik deney düzeneği Resim 4.9’da gösterilmiştir.



Resim 4.9. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik deney düzeneği

Testlere başlamadan önce soğutma ünitesi 20°C 'ye, üst plaka 25°C 'ye ve alt plaka ise 15°C sıcaklığına ayarlanarak bilgisayar kontrollü yazılım üzerinden bu değerler sağlanıncaya kadar cihaz çalıştırılmıştır. Daha sonra cihazın kalibrasyonu için IRMM 440 kodlu taş yünü cihaz içine yerleştirilerek katalogta belirtilen U değeri girilerek 20°C için kalibrasyon yapılmıştır.

Deney örneği Resim 4.10’da gösterildiği gibi cihaz plakaları arasına yerleştirilerek bilgisayar yazılımı üzerinden test başlatılmıştır. Test sonunda yazılım üzerinden ısı iletkenlik ve ısı geçirgenlik katsayısı değerleri kaydedilmiştir.



Resim 4.10. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik deney cihazı plakaları

Bilgisayar kontrollü yazılım ile ısı iletkenlik katsayısı (Lambda) (λ);

$$\lambda = \frac{q \cdot d}{A \cdot \Delta T} \text{ (W/m.K)} \quad (4.4)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

λ : Isı iletkenlik katsayısı (W/m.K)

q : Isıtma ünitesinin ölçme kısmına sağlanan güç

d : Deney örneğinin kalınlığı

A : Deney parçasının ölçme alanı

ΔT : Plakalar arasındaki sıcaklık farkı.

Isı geçirgenlik katsayısı (U) ise;

$$U = \frac{\lambda}{d} \text{ (W/m}^2\text{.K)} \quad (4.5)$$

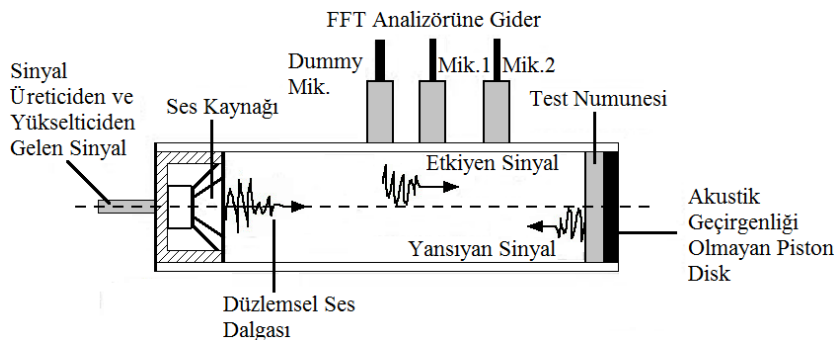
eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

λ : Isı iletkenlik katsayısı (W/m.K)

d : Deney örneğinin kalınlığıdır.

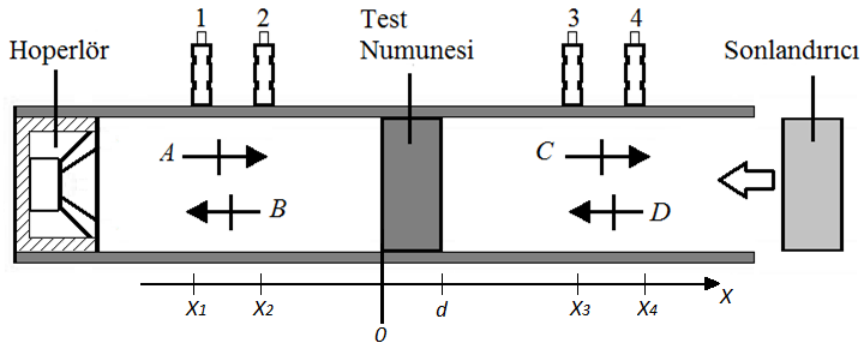
4.3.6. Ses geçiş kaybı

Empedans tüpü ölçüm yöntemi testte kullanılan numunelerin kolay üretilebilmesi, numune boylarının küçük olması ve test sürelerinin kısa olması sebebiyle kullanışlı sistemlerden birisidir (Gelen, 2016). Empedans tüpü ölçüm yöntemi Şekil 4.2’de verilmiştir.



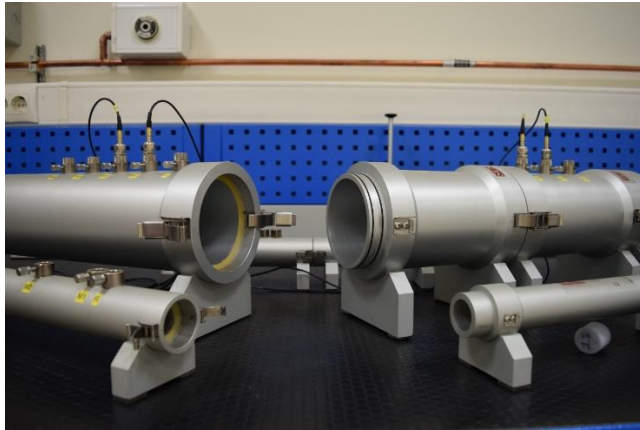
Şekil 4.2. Empedans tüpü ölçüm yöntemi (Kimura ve diğerleri, 2014)

Empedans tüpünde ek aparatlar kullanılarak İngilizce karşılığı ‘‘Transmission Loss (TL)’’ olan ses geçiş kaybı ölçümleri yapılabilmektedir. Şekil 4.3’ de şematik olarak gösterilen test düzeneginde test numunesi tüplerin arasına konularak iki farklı ortam oluşturulmaktadır. İkinci  l m ortamının sonuna sonlandırıcı konularak ve tüpün ucu açık şekilde iki kez test yapılarak ikinci ölçüm ortamındaki yansıyan ses dalgasının denklemden kaldırılmış olur. Şekil 4.3’ de C olarak ifade edilen ve etkiyen dalganın tamamen sönümlenmesini sağlayan bu yolla denklemde D ile gösterilen yansıyan dalganın sıfır değerini almasını sağlayan bir aпаратыr (Gelen, 2016). Ses geçiş kaybı ölçüm yöntemi  ekil 4.3’de verilmiştir.



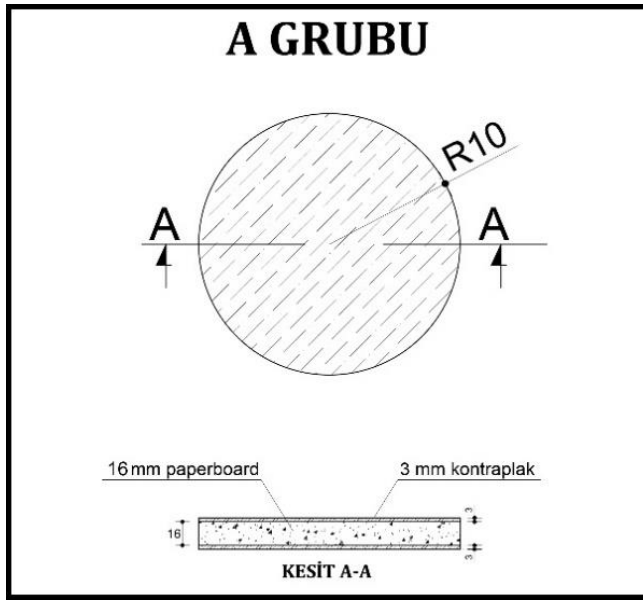
Şekil 4.3. Ses geçiş kaybı ölçüm yöntemi (Kimura ve diğerleri, 2014)

Ses geçiş kayıplarının hesaplanması işlemi TSE Tuzla Yerleşkesi’nde bulunan Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Kurumda yapılan deneyler empedans yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Test numunelerinin yapıldığı empedans tüpü Resim 4.11’de verilmiştir.

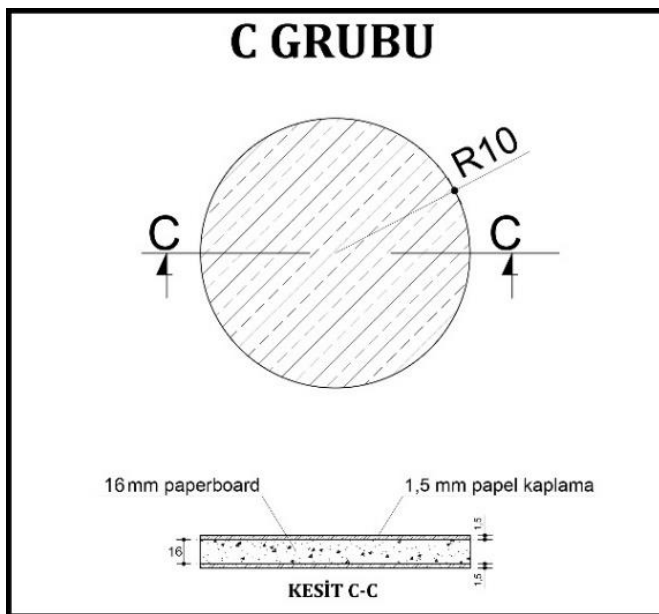


Resim 4.11. Deneylerde kullanılan TSE’ne ait empedans tüpü (<https://www.tse.org.tr/Ice-rıkDetay?ID=2771&PatentID=8946>, 2018)

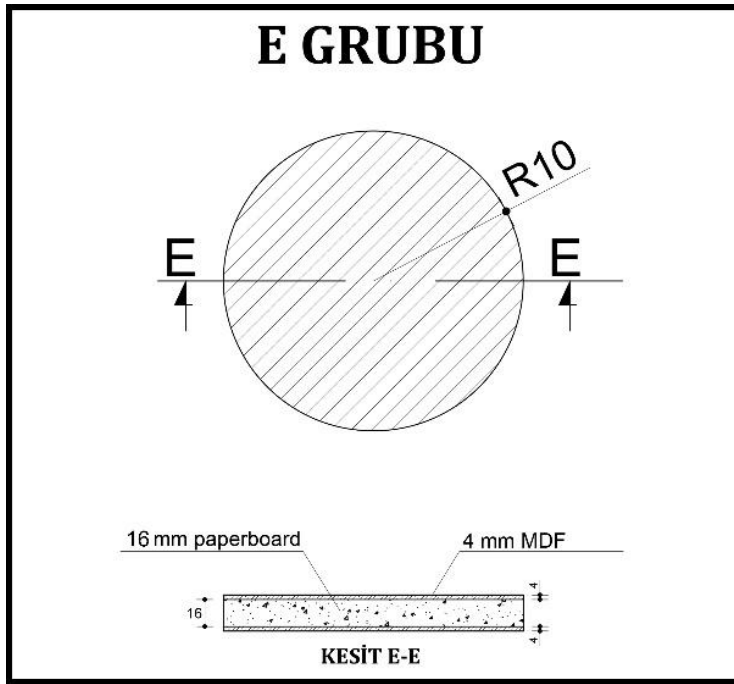
Ses geçiş kayıplarının hesaplanması işlemi TSE Tuzla Yerleşkesi'nde bulunan Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Deneye tabi tutulan aħřap esaslı numunelerin 3 mm kontrplak, 1,5 mm papel kaplama, 4 mm MDF ve 4 mm yongalevha(sunta) kaplamalı plakalar olup; sırasıyla 22, 19, 24'er mm kalınlıklarda plakalar drt farklı yapıda tasarlanmıştır. Deney numunelerinin teknik ölçüleri aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir. Numunelerin teknik lleri Resim 4.12, Resim 4.13, Resim 4.14 ve Resim 4.15' de verilmiştir.



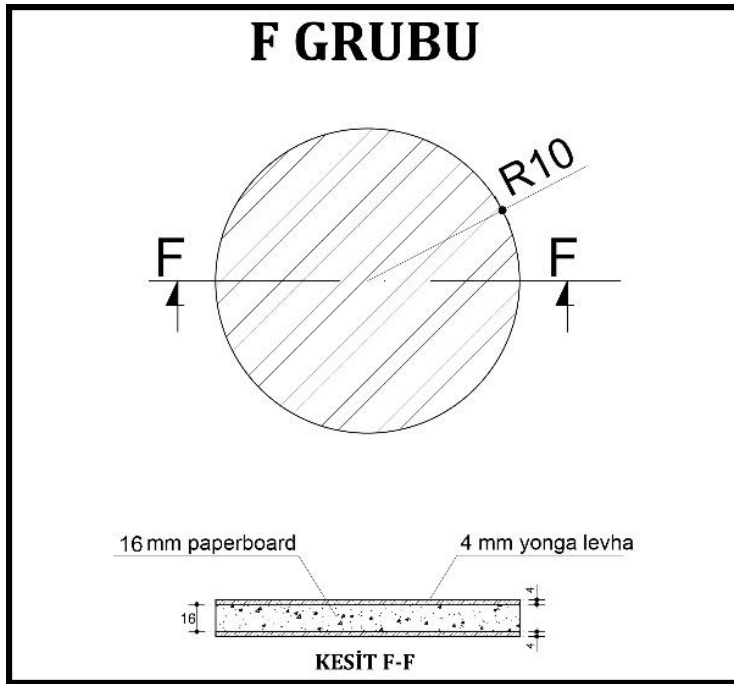
Resim 4.12. 3 mm kontrplak kaplamalı levha teknik lleri



Resim 4.13. 1,5 mm papel kaplamalı levha teknik lleri



Resim 4.14. 4 mm MDF kaplamalı levha teknik ölçüleri



Resim 4.15. 4 mm yonga levha (sunta) kaplamalı levha teknik ölçüleri

4.3.7. Verilerin değerlendirilmesi

Kâğıt esaslı ahşap kompozit panellerin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü, ısı iletkenlik ve ısı geçirgenlik, empedans tüpü düzeneği ile numuneler içerisinde seçilen 4

grup örneğin ses geçiş kaybı üzerindeki etkisi deneyler sonucunda elde edilerek, elde edilen verilerin ortalamaları alınmak suretiyle Mstat-c istatistik programında değerlendirilmiştir. Katman yapısı farklılıklarının, deney örneklerinin eğilme direnci performansı üzerindeki etkisi “Varyans Analizi” ile belirlenmiş, farklılıkların $p < 0,05$ ’ e göre istatistiksel anlamda farklı çıkması halinde bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için “En Küçük Önemli Fark” (LSD : Least Significant Difference) testi kullanılmıştır.

Deneyler sonunda elde edilen değerlere malzeme çeşidinin etkisini belirlemek amacıyla Varyans analizi (ANOVA) kullanılmış ve gruplar arası fark % 95 güven düzeyinde önemli çıktığında, LSD testi ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Aritmetik ortalama, standart sapma, regresyon analizi ve grafik çizimlerinde Microsoft Excel, şekil çizimlerinde ise AutoCAD paket programları kullanılmıştır.

5. BULGULAR

5.1. Yoğunluk

Deney örneklerinin yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 5.1’ de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Ahşap kompozit panellerin ortalama yoğunluk değerleri

Malzeme Çeşidi	Rutubetli Yoğunluk (gr/cm ³)
	X _{ort}
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	0,47
3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	0,53
2 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	0,48
3 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	0,50
4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	0,60*
4 mm Yonga levha katmanlı kâğıt esaslı panel	0,51
1,5 mm papel kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel	0,45**
1 mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel	0,47
Atık kâğıt panel (kontrol numunesi)	0,53

*: En yüksek **: En düşük

Yoğunluk; ahşap esaslı malzemelerin birçok fiziksel, mekanik ve işleme özelliklerini etkilemektedir. Uygulamada genel olarak, yoğunluğu düşük ancak direnç özellikleri yüksek olan malzemeler tercih edilmektedir. Denemeye tabi tutulan malzemelerin birim hacim ağırlıkları 0,45-0,60 g/cm³ aralıklarındadır. Yoğunluk değerleri; en yüksek 4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panellerde (E grubu), en düşük ise atık kâğıt panellerde (I grubu) elde edilmiştir.

5.2. Rutubet

Deney örneklerinin üretiminde kullanılan kâğıt esaslı levhaların hava kurusu rutubet değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 5.2’ de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Kâğıt esaslı kompozit levhaların ortalama rutubet değerleri

Malzeme Çeşidi	Rutubet Değerleri (%)
	X_{ort}
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	8,05
3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	7,86
2 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	6,54
3 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	7,30
4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	6,21
4 mm Yonga levha katmanlı kâğıt esaslı panel	6,05
1,5 mm papel kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel	7,77
1 mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel	6,82
Atık kâğıt panel (kontrol numunesi)	8,33

Rutubet değerlerine bakıldığında kontrol grubu değerlerine en yakın değerin % 8,05 ile 2 mm kontrplak kaplamalı panellerde olduğu görülmektedir. Bunu sırası ile 3 mm kontrplak kaplamalı paneller, 1,5 mm papel kaplamalı paneller ve 3 mm MDF katmanlı kâğıt paneller takip etmiştir.

5.3. Eğilme Direnci

Deney örneklerinin eğilme direnci değerleri Çizelge 5.3’ de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Atık kâğıt esaslı ahşap kompozit levhaların eğilme direnci değerleri

Malzeme Çeşidi	Eğilme direnci (N/mm ²)	
	X_{ort}	HG
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	11,00	A
3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	10,78	A
2 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	11,45	A
3 mm MDF lam katmanlı kâğıt esaslı panel	9,04	B
4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	10,69	A
4 mm yonga levha katmanlı kâğıt esaslı panel	6,68	C
1,5 mm papel kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel	11,23	A
1mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel	10,50	A

Kâğıt esaslı ahşap kompozit malzeme çeşidinin, eğilme direnci değerleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan tek düzeyli varyans analizi sonuçları Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Malzeme çeşidinin eğilme direnci etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $p < 0,05$
Tekerrür	4	5,734	1,434	1,8446	0,1483
Malzeme	7	88,293	12,613	16,2293	0,0000*
Hata	28	21,761	0,777		
Toplam	39	115,788			

* $p < 0,05$

Buna göre; ahşap kompozit malzeme çeşitlerinin eğilme direnci değerlerine etkisi 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ahşap kompozit malzeme türlerinin, eğilme direnci etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 1,128 N/mm² için karşılaştırılması Çizelge 5.5’ de verilmiştir.

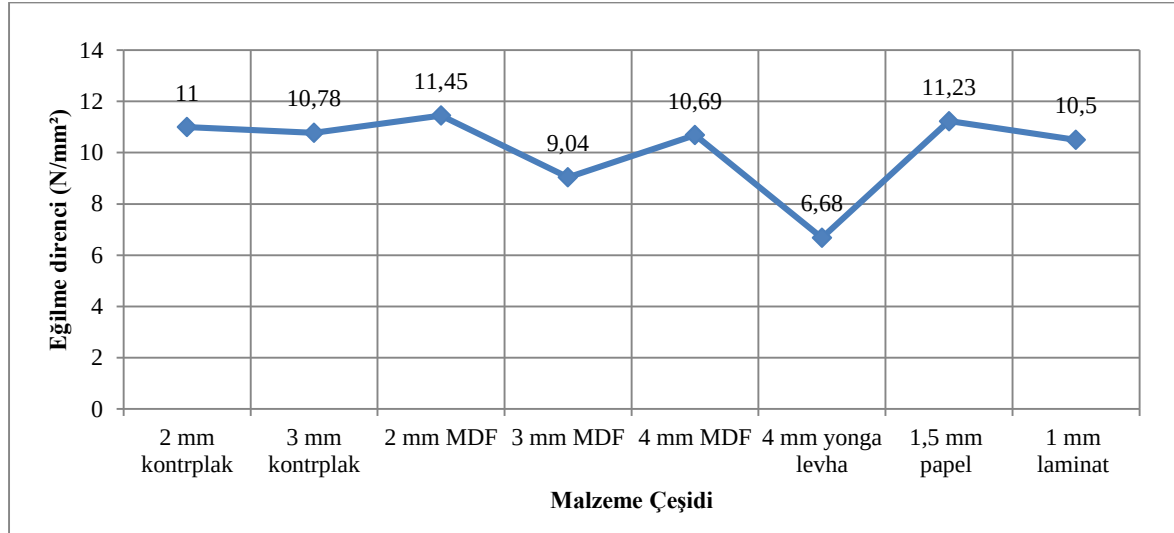
Çizelge 5.5. Malzeme çeşidine ilişkin Duncan testi

Malzeme Çeşidi	$\bar{x}$	HG
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	11,00	A
3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	10,78	A
2 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	11,45	A
3 mm MDF lam katmanlı kâğıt esaslı panel	9,04	B
4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	10,69	A
4 mm yonga levha katmanlı kâğıt esaslı panel	6,68	C
1,5 mm papel kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel	11,23	A
1mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel	10,50	A
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	11,00	A

LSD = 1,128 N/mm²

Eğilme direnci deney sonuçlarına göre kâğıt esaslı kompozit malzemelerde MDF ve kontrplak örnekleri yonga levhaya göre daha yüksek değerler vermiştir. 2 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı paneller en yüksek eğilme direnci göstermiş, 4 mm yongalevha

kaplamalı atık kâğıt esaslı paneller ise en düşük direnci göstermiştir. Bunlara ait grafik Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Ahşap kompozit panellerin eğilme direnci değerlerine ait grafik

5.4. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deney örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü değerleri Çizelge 5.6’ da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerleri

Malzeme Çeşidi	Elastikiyet Modülü (N/mm²)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	2100	3048	2366	16,53
3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	3309	5129	4127	16,00
2 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	1671	1985	1809	7,00
3 mm MDF lam katmanlı kâğıt esaslı panel	1771	2123	1911	7,00
4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	2166	2504	2310	6,00
4 mm yongalevha katmanlı kâğıt esaslı panel	1430	1530	1481	3,00
1,5 mm papel kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel	1968	2523	2267	9,00
1 mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel	2292	2618	2472	5,08
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	2100	3048	2366	16,53

Kesit yapılarına göre, elastiklik modülü değerleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan tek düzeyli varyans analizi sonuçları Çizelge 5.7' de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Malzeme çeşidinin elastikiyet modülü etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $p < 0,05$
Tekerrür	4	251073,750	62768,438	0,7098	
Malzeme	7	22120370,000	3160052,857	35,7322	0,0000*
Hata	28	2476242,250	88437,223		
Toplam	39	24847686,000			

* $p < 0,05$

Buna göre; malzeme çeşitlerinin elastiklik modülü değerlerine etkisi 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Malzeme türlerinin, elastiklik modülü etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 380,4 N/mm² için karşılaştırılması Çizelge 5.8.'de verilmiştir.

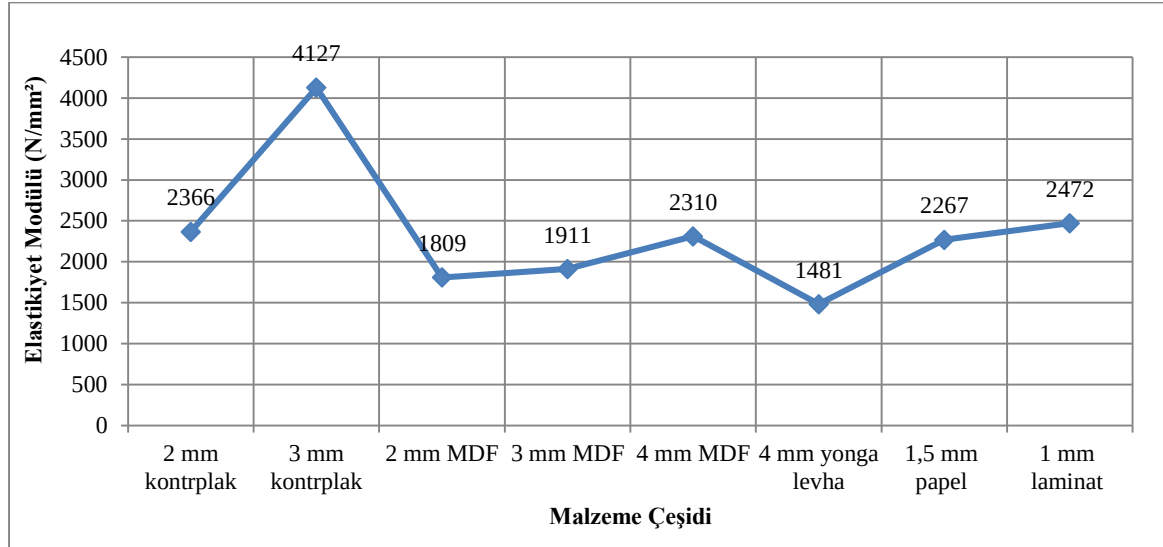
Çizelge 5.8. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerleri

Malzeme Çeşidi	$\bar{x}$	HG
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	2366	B
3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	4127	A
2 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	1809	DE
3 mm MDF lam katmanlı kâğıt esaslı panel	1911	CD
4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	2310	B
4 mm yonga levha katmanlı kâğıt esaslı panel	1481	E
1,5 mm papel kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel	2267	BC
1 mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel	2472	B
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	2366	B

LSD = 380,4 N/mm²

Elastikiyet modülü panelin elastik bölgesindeki direncini ifade etmekte olup, eğilme direncini etkileyen faktörler elastikiyet modülünü de paralel şekilde etkilemektedir. Elastikiyet modülü arttıkça panelin elastik bölgesindeki direnci de yüksek olmaktadır. Eğilmede elastikiyet modülü değerleri de eğilme direncinde olduğu gibi en yüksek 3 mm kontrplak kaplamalı panellerde 4127 N/mm² tespit edilmiştir. 4 mm yonga levha kaplamalı

paneller 1481 N/mm² ile en düşük sonucu vermiştir. Ahşap panellerin elastikiyet modülü değerlerine ait grafik Şekil 5.2’ de verilmiştir



Şekil 5.2. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerlerine ait grafik

5.5. Isı İletkenlik Katsayısı (λ)

Deney örneklerinde ses yayılma hızı değerleri Çizelge 5.9’ da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Ahşap kompozit panellerin ses yayılma hızı değerleri (m/sn)

Malzeme Çeşidi	Isı İletkenlik Katsayısı (W/m.K)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	0,092	0,089	0,091	1,65
3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	0,106	0,105	0,103	1,43
2 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	0,090	0,097	0,094	3,74
3 mm MDF lam katmanlı kâğıt esaslı panel	0,089	0,083	0,086	3,48
4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	0,099	0,095	0,097	2,06
4 mm yongalevha katmanlı kâğıt esaslı panel	0,088	0,091	0,090	1,67
1,5 mm papet kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel	0,093	0,088	0,091	2,76
1 mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel	0,084	0,075	0,080	5,66
Atık kâğıt panel (kontrol numunesi)	0,071	0,079	0,075	5,33

Isı iletkenlik katsayısı değerlerine malzeme çeşidinin etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.10’da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Malzeme çeşidinin ısı iletkenlik katsayısına etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $p < 0.05^*$
Tekerrür	2	0,000	0,000	0,4906	NS
Malzeme	8	0,002	0,000	26,5472	0,0000
Hata	16	0,000	0,000	-	-
Toplam	26	0,002	-	-	-

* : Fark 0,05'e göre önemli NS: Anlamsız

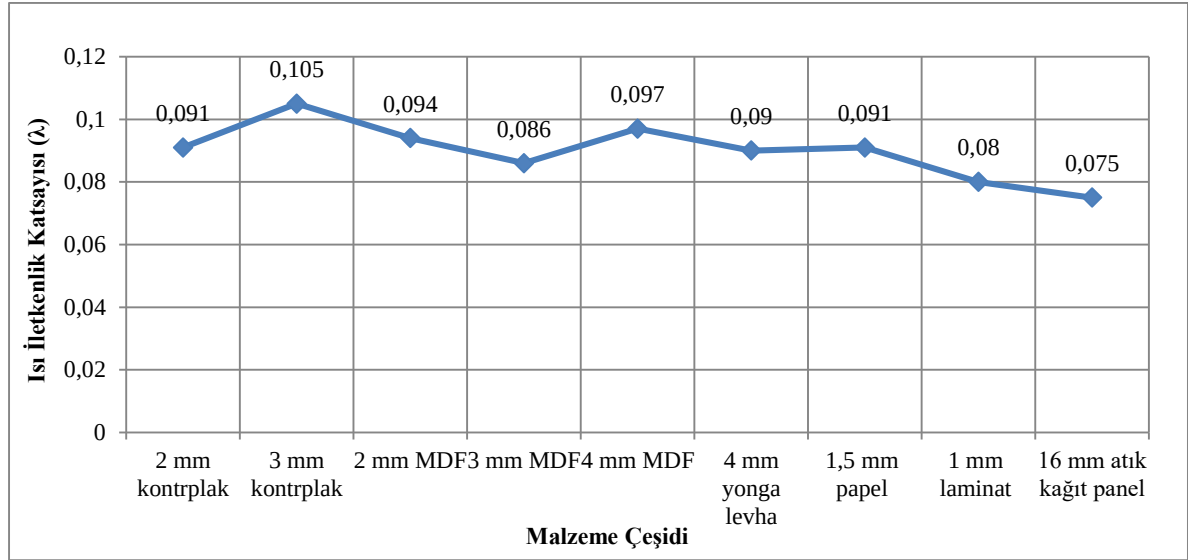
Isı iletkenlik katsayısına malzeme çeşidinin etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($\alpha=0,05$). Malzeme çeşidi düzeyinde yapılan LSD testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Malzeme çeşidinin ısı iletkenlik katsayısına etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Malzeme çeşidi	X_{ort}	HG
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	0,091	D
3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	0,105	A
2 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	0,094	C
3 mm MDF lam katmanlı kâğıt esaslı panel	0,086	E
4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	0,097	B
4 mm yonga levha katmanlı kâğıt esaslı panel	0,090	D
1,5 mm papel kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel	0,091	D
1 mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel	0,080	F
Atık kâğıt panel (kontrol numunesi)	0,075	G

LSD = 0,001678 W/m.K

Isı iletkenlik katsayısı; en yüksek 3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panelde, en düşük ise atık kâğıt panel ve onun arkasından 1 mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel de elde edilmiştir. 2 mm kontrplak, 4 mm yonga levha, 1,5 mm papel kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel örnekleri arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Bunlara ait grafik Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Malzeme çeşidine göre ısı iletkenlik katsayısı

5.5. Isı Geçirgenlik Katsayısı (U)

Deney örneklerinin ısı geçirgenlik katsayısı değerleri Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Isı geçirgenlik katsayısı değerleri

Malzeme Çeşidi	Isı İletkenlik Katsayısı (W/m.K)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	5,069	5,101	5,085	0,31
3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	5,246	5,188	5,182	1,23
2 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	4,693	4,763	4,728	0,74
3 mm MDF lam katmanlı kâğıt esaslı panel	4,675	4,578	4,627	1,04
4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	4,398	4,289	4,344	1,25
4 mm yongalevha katmanlı kâğıt esaslı panel	3,977	3,878	3,928	1,26
1,5 mm papel kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel	5,473	5,401	5,437	0,66
1 mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel	5,913	5,789	5,851	1,05
Atık kâğıt panel (kontrol numunesi)	3,876	3,950	3,913	0,94

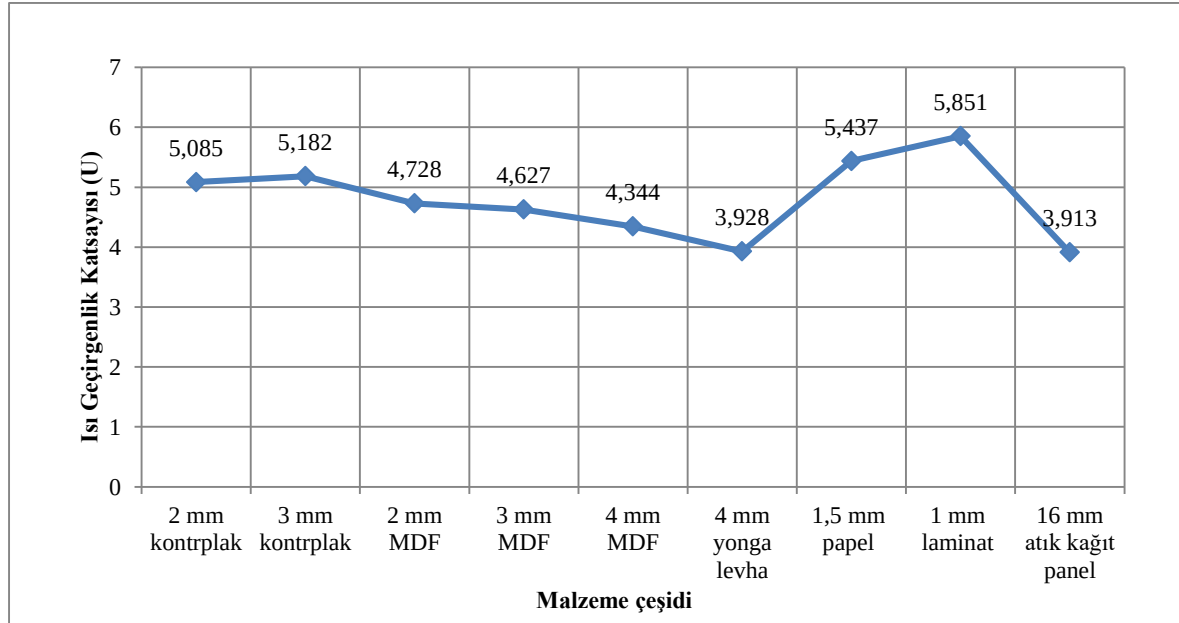
Malzeme çeşidinin ısı geçirgenlik katsayısına etkisine ilişkin LSD testi sonuçları Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Malzeme çeşidinin rezistans hızına ilişkin varyans analizi sonuçları

Malzeme çeşidi	X_{ort}	HG
2 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	5,085	D
3 mm kontrplak katmanlı kâğıt esaslı panel	5,182	C
2 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	4,728	E
3 mm MDF lam katmanlı kâğıt esaslı panel	4,627	F
4 mm MDF katmanlı kâğıt esaslı panel	4,344	G
4 mm yonga levha katmanlı kâğıt esaslı panel	3,928	H
1,5 mm papel kaplama katmanlı kâğıt esaslı panel	5,437	B
1 mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel	5,851	A
Atık kâğıt panel (kontrol numunesi)	3,913	H

LSD = 0,07506 W/m².K

Isı geçirgenlik katsayısı; en yüksek 1 mm laminat katmanlı kâğıt esaslı panel, en düşük ise 4 mm yonga levha katmanlı kâğıt esaslı panel ve atık kâğıt panellerde elde edilmiştir. 4 mm yonga levha ile atık kâğıt örnekleri arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Bunlara ait grafik Şekil 5.4’de gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Malzeme çeşidine göre ısı geçirgenlik katsayısı

5.7. Ses Geçiş Kaybı

Deney örneklerine ait ses geçiş kayıpları ile ilgili sonuçlar Çizelge 5.14’ de verilmiştir.

Çizelge 5.14. Deney örneklerine ait ses geçiş kayıpları değerleri

Frekans	3 mm Kontrplak Kaplamalı Panel				1,5 mm Kaplamalı Panel				4 mm MDF Kaplamalı Panel				4 mm Yongalevha Kaplamalı Panel			
	Min.	Mak.	Ort.	v (%)	Min.	Mak.	Ort.	v (%)	Min.	Mak.	Ort.	v (%)	Min.	Mak.	Ort.	v (%)
160	17,63	28,33	21,46	27,78	13,94	25,86	17,94	38,24	12,32	21,93	18,18	28,28	17,17	20,60	18,35	10,62
200	18,42	26,53	21,62	19,97	15,57	20,04	18,02	12,56	14,64	22,98	19,86	22,89	19,19	22,16	20,60	7,25
250	18,20	19,78	18,82	4,47	17,08	19,66	18,29	7,07	15,34	23,15	20,05	20,70	19,66	22,02	20,73	5,77
315	19,47	24,02	21,49	10,80	16,77	20,84	19,00	10,85	15,01	23,80	20,37	23,09	19,92	20,75	20,21	2,28
400	20,66	24,78	22,65	9,12	17,85	20,76	19,65	8,01	17,35	24,67	21,64	17,66	21,07	22,73	21,91	3,78
500	20,57	23,76	21,92	7,54	19,18	22,10	20,82	7,15	18,28	24,84	22,33	15,84	22,39	23,66	22,87	3,02
630	22,65	24,99	23,46	5,64	20,57	23,28	22,37	6,97	19,65	25,09	23,15	13,13	23,38	24,90	24,00	3,33
800	23,47	26,59	24,88	6,36	22,68	25,33	23,81	5,74	21,34	26,10	23,93	10,06	25,36	26,21	25,67	1,84
1000	27,54	31,27	29,76	6,59	21,46	28,68	25,81	14,84	24,12	26,95	25,35	5,70	28,26	31,36	29,97	5,25
1250	29,11	36,93	33,50	11,92	25,53	30,76	28,55	9,48	25,31	28,29	27,09	5,80	29,21	35,30	31,93	9,69
1600	35,19	45,45	39,04	14,31	27,18	38,63	31,19	20,68	25,72	30,63	27,87	9,00	29,38	38,46	35,24	14,43
2000	35,91	46,35	39,48	15,06	28,17	39,55	32,21	19,77	26,71	31,47	28,83	8,41	30,34	39,07	35,85	13,38
2500	36,57	45,67	39,66	13,13	29,45	39,04	32,89	16,74	27,48	31,98	29,53	7,71	30,86	40,09	36,30	13,31
3150	37,24	47,48	41,08	13,58	30,47	41,22	34,28	17,55	28,02	32,56	30,09	7,62	32,05	40,76	37,58	12,78
4000	40,21	48,81	43,27	11,12	31,28	43,42	35,39	19,65	27,92	32,34	29,90	7,49	32,57	44,77	39,29	15,76
5000	44,20	50,24	46,58	7,07	32,44	44,92	36,70	19,39	28,84	33,84	30,90	8,45	32,38	52,12	44,94	24,29
6300	50,13	51,72	49,29	5,98	31,69	34,84	32,20	4,74	28,78	33,48	31,06	7,56	29,53	62,19	46,77	35,08
8000	44,77	53,28	48,15	9,37	31,76	34,41	31,12	4,74	28,49	33,66	30,89	8,43	29,69	47,70	41,59	24,78

Buna göre, malzeme iç katman yapısına göre ses geçiş kaybı değerleri arasında farklılıklar bulunmaktadır.

Ses geçiş kaybına, malzeme çeşidi ve frekans düzeyinin etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.15’ de verilmiştir.

Çizelge 5.15. Frekans düzeyi, malzeme çeşidi ikili etkileşiminin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $p < 0,05$
Malzeme (A)	3	1722,166	574,055	28,5270	0,0000*
Frekans (B)	17	12276,144	722,124	35,8852	0,0000*
AB	51	1400,510	27,461	1,3646	0,0787*
Hata	144	2897,740	20,123		
Toplam	215	18296,529			

* $p < 0,05$

Ses geçiş kaybına, malzeme iç katman yapısı, ses frekansı ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Malzeme iç katman yapısı düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları izelge 5.16’ da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Malzeme iç katman yapısına göre Duncan testi

Malzeme eşidi	$\bar{x}$	HG
160	18,98	J
200	20,02	IJ
250	19,47	J
315	20,27	IJ
400	21,47	HIJ
500	21,98	HIJ
630	23,25	HI
800	24,57	GH
1000	27,72	FG
1250	30,27	EF
1600	33,34	DE
2000	34,09	CD
2500	34,59	CD
3150	35,76	BCD
4000	36,96	ABC
5000	39,78	A
6300	40,08	A
8000	38,44	AB

LSD = 3,610 dB

Kompozit iç katman yapısına göre ses geçiş kaybı en yüksek 3 mm kontrplak kaplamalı (A Grubu) levhalarda elde edilmiş, bunu sırasıyla 4 mm yonga levha (F Grubu), 1,5 mm papel kaplamalı (C Grubu) ve 4 mm MDF (F Grubu) levhalar takip etmiştir. Malzeme dış katman yapısına göre LSD testi sonuçları izelge 5.17’de verilmiştir.

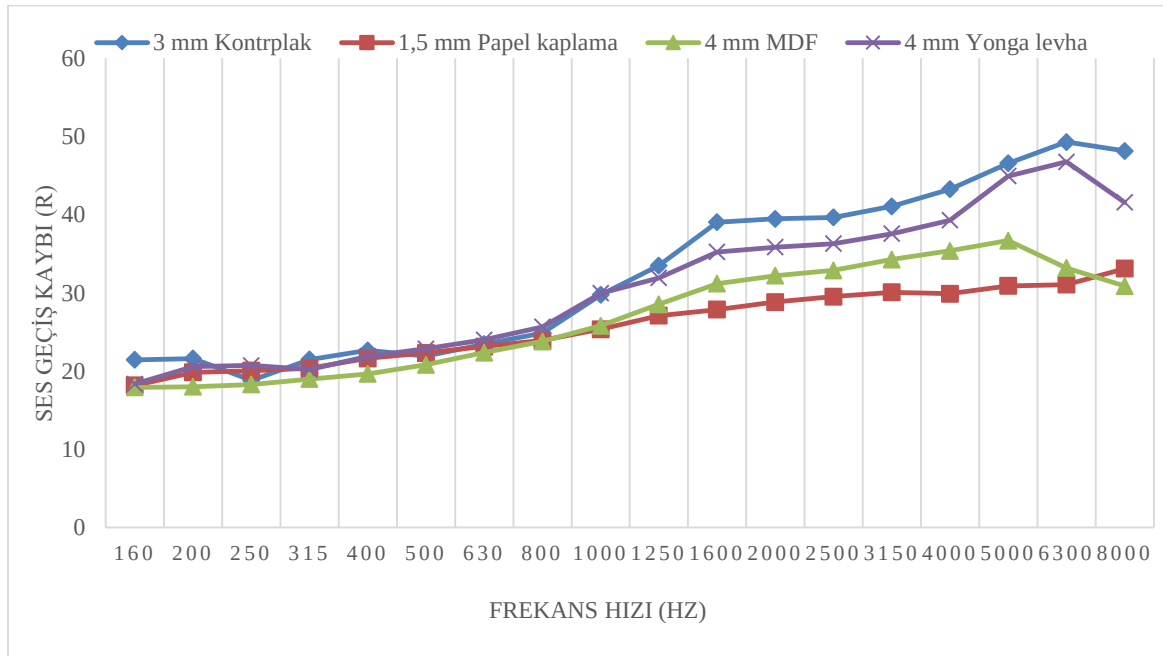
Çizelge 5.17. Malzeme dış katman yapısına göre LSD testi sonuçları

Malzeme Çeşidi	$\bar{x}$	HG
A Grubu (3 mm kontrplak kaplamalı)	32,56	A
C Grubu (1,5 papel kaplamalı)	26,85	C
E Grubu (4 mm MDF kaplamalı)	25,61	C
F Grubu (4 mm yonga levha kaplamalı)	30,77	B

LSD değeri 1,702 dB

Malzeme dış katman yapısına göre en yüksek ses geçiş kaybı 32,56 dB ile 3 mm kontrplak kaplamalı atış kâğıt esaslı panellerden elde edilmiş iken , en düşük ses geçiş kaybı 25,61 dB ile 4 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panellerden elde edilmiştir. 1,5 mm papel kaplamalı ve 4 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panellerin ses geçiş kaybı değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır.

Frekans değerlerine göre ses geçiş kayıpları incelendiğinde, en düşük ses geçiş kaybı 18,98 dB ile 160 Hz frekansta elde edilmişken, en yüksek ses geçiş kaybı 40,08 dB ile 6300 Hz frekansta elde edilmiştir.



Şekil 5.5. Malzeme dış katman yapısına göre ses geçiş kaybı değerlerine ait grafik

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, iç katmanı atık kâğıt panellerden oluşmuş, dış katmanı yongalevha, MDF,MDF lam, kontrplak, laminat ve papel kaplama preslenerek elde edilmiş yeni tür kompozit panel kullanılmıştır. Bu panellerin ses geçiş kayıpları, ısı iletkenlik ve geçirgenlik değerleri belirlenmiştir. Ayrıca panellerin kullanım yerinde maruz kalabileceği eğilme direnci değerleri de belirlenmiştir.

Yoğunluk ve rutubet değeri: Ahşap esaslı malzemelerin yoğunluk değeri birçok fiziksel, mekanik ve işleme özelliklerine etki etmektedir. Uygulamada kullanılacak malzemelerin düşük yoğunlukta ancak yüksek direnç özelliklerine sahip olması beklenmektedir. Deney örneklerinin yoğunluk değerleri incelendiğinde değerler standartlarda belirtilen değerler ile uyum sağlamaktadır. Deney sonuçlarına göre tasarlanan panellerin yoğunlukları yaklaşık 0,45-0,6 gr/cm³ oranında elde edilmiş olup, rutubet değerleri ise yaklaşık % 6-7 arasındadır. TSE standartlarına göre MDF panellerin yoğunlukları 0,76 gr/cm³dir. Deney sonuçlarına göre tasarlanan panellerin yoğunlukları MDF ve yonga levha panellerine göre yaklaşık % 20-40 oranında daha düşük bulunmuştur.

Eğilme direnci: Üretilen panellerin/levhaların eğilme direnci ortalama değerleri 8 farklı deney grubunda 6 ile 11 N/mm² arasında, eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri ise yaklaşık 1500 ile 4000 N/mm² arasında elde edilmiştir. TSE standartlarına göre elastikiyet modülü yonga levhada 1600N/mm², MDF de ise 2200 N/mm²dir. Eğilme direnci değerleri ise yonga levhada 13N/mm², MDF de ise bu değer 20N/mm²dir. 2 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı paneller en yüksek eğilme direnci göstermiş, 4 mm yonga levha kaplamalı atık kâğıt esaslı paneller ise en düşük direnci göstermiştir. Mdf ve kontrplak kaplamalı paneller diğer panellere göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Eğilmede elastikiyet modülü: Elastikiyet modülü arttıkça panelin elastik bölgedeki direnci de yüksek olmaktadır. Eğilmede elastikiyet modülü değerleri de en yüksek 3 mm kontrplak malzeme ile kaplanmış atık kâğıt esaslı panellerde yaklaşık 4200 N/mm² tespit edilmiş bunu sırasıyla 2 mm kontrplak kaplamalı ve 1 mm laminat kaplamalı örnekler izlemiştir. En düşük değerler ise 4 mm yonga levha kaplamalı atık kâğıt esaslı örneklerde elde edilmiştir. Kontrplak ile üretilen örnekler kâğıt paneller ile daha iyi bağ kurduğu görülmüştür.

Günümüz ağaç işleri endüstrisinde hafif yapılı malzemeler ve daha ekonomik üretim süreçleri talep edilmektedir. Mobilya üretiminde hafif yapılı panellerin/levhaların kullanılması önemli ölçüde çevre yükünü hafifleterek çevre dostu ürünler geliştirmek (ekolojik mobilya), ağaç malzeme kaynakları üzerinde baskıyı azaltma, enerji tüketimini azaltma ve formaldehit emisyonunu elimine etme gibi faydalar sağlayacaktır. Diğer taraftan kâğıt esaslı paneller geri dönüşüm sonucu tekrar kullanılabilir özelliğe sahiptir ayrıca üretilen panellerin ahşap işleme makineleri ile rahatlıkla işlenebilmesi ve rahatlıkla montaj edilebilir nitelikte olması büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada; ağaç işleri ve mobilya sektöründe kullanılması planlanan kâğıt esaslı paneller ile ahşap kompozit panellerin üretilmesi ve teknolojik özelliklerinin (fiziksel ve mekanik özellikleri) araştırılması amaçlanmıştır. Mobilya sektöründe hafif yapılı panellerin kullanılması hem ekonomik yönden hem de kullanışlılık açısından önemlidir. Bu çalışma ile atık kâğıtların değerlendirilmesi ve kâğıtlardan elde edilen panellerin sektörde kullanılması hedeflenmektedir.

Isı iletkenlik katsayısı: Levha tipi düzeyinde ısı iletkenlik katsayısı; en yüksek A grubu (3 mm kontrplak kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (0,105 W/m.K) elde edilmiş, bunu sırasıyla E grubu (4 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (0,097 W/m.K), D grubu (2 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (0,094 W/m.K), C grubu (1,5 mm papir kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (0,091 W/m.K), ile B grubu (2 mm kontrplak kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (0,091 W/m.K), C ve B grubu levhaların ısı iletkenlik katsayısı eşit çıkmıştır. F grubu (4 mm yonga levha kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (0,090 W/m.K), G grubu (3 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (0,086 W/m.K), H grubu (1 mm laminat kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (0,080 W/m.K), I grubu (atık kâğıt panel) levhalarda (0,075 W/m.K) izlemiştir.

Burada ısı iletkenlik katsayısı bakımından en iyi sonuç ham paperboard paneller (0,075) sonrasında 1 mm laminat kaplamalı paneller (0,080) vermiştir. En kötü sonuç ise 3 mm kontrplak kaplamalı panellerden (0,105) elde edilmiştir. Bu durumda atık kâğıt panellerin ısı iletkenlik değeri açısından son derece önemli olduğu söylenebilir.

Isı geçirgenlik katsayısı: Levha tipi düzeyinde ısı geçirgenlik katsayısı; en yüksek H grubu (1 mm laminat kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (5,851 W/m².K) elde edilmiş,

bunu sırasıyla C grubu (1,5 mm papel kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (5,437 W/m².K), A grubu (3 mm kontrplak kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (5,182 W/m².K), B grubu (2 mm kontrplak kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (5,085 W/m².K), D grubu (2 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (4,728 W/m².K), G grubu (3 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (4,627 W/m².K), E grubu (4 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (4,344 W/m².K), F grubu (4 mm yonga levha kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda (3,928 W/m².K), I grubu (atık kâğıt panel) levhalarda (3,913 W/m².K) izlemiştir.

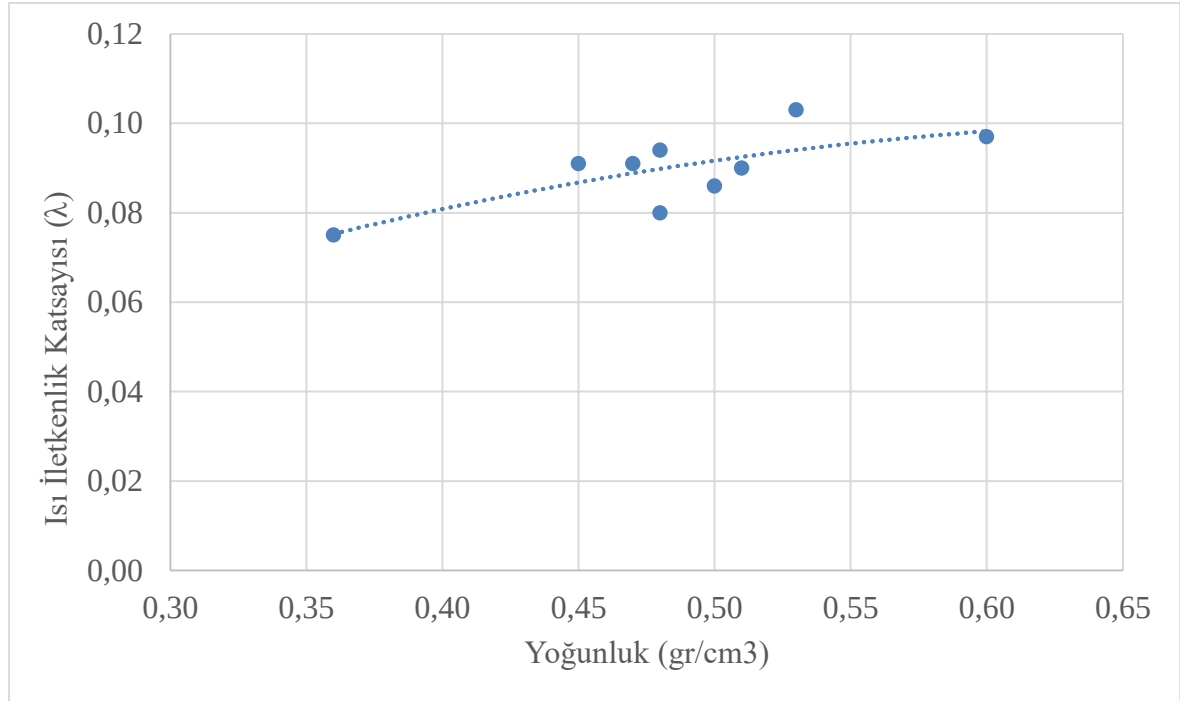
Burada ısı geçirgenlik katsayısı bakımından en iyi sonuç atık kâğıt panel paneller (3,913) sonrasında 4 mm yonga levha kaplamalı paneller (3,928) vermiştir. En kötü sonuç ise 1 mm laminat kaplamalı panellerden (5,851) elde edilmiştir. Bu durumda atık kâğıt panellerin ısı geçirgenlik değeri açısından son derece önemli olduğu söylenebilir.

Ses geçiş kaybı: A, C, E, F gruplardaki paneller test edilmiştir. Test sonuçlarına göre frekans bazında malzemelerin dış katman yapılarına göre ses geçiş kaybı değerleri incelendiğinde en yüksek ses geçiş kaybı değeri 6300 dB frekansında A grubu (3 mm kontrplak kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalardan elde edilmiştir. En düşük değerler ise 160 dB frekanslarda H grubu (1 mm laminat kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda, E grubu (4 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda ve F grubu (4 mm yonga levha kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda, 250 dB’ de ise A grubu (3 mm kontrplak kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda elde edilmiştir. 6300 dB frekanslarında ise en yüksek değer A grubu (3 mm kontrplak kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalarda elde edilirken en düşük değer E grubu (4 mm MDF kaplamalı atık kâğıt esaslı panel) levhalardan elde edilmiştir.

Ses geçiş kaybı, 3 mm kontrplak kaplamalı atık kâğıt esaslı paneller, diğer teste giren panellerden daha iyi sonuç vermiştir.

6.1. Yoğunluk-Isı İletkenlik Katsayısı İlişkisi

Yoğunluk ile ısı iletkenlik katsayısı değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla en küçük kareler metoduna göre yapılan regresyon analizi sonuçları Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1. Yoğunluk-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi

Regresyon analizine göre; yoğunluk ile ısı iletkenlik katsayısı arasındaki ilişkinin tanımlanmasında $y=ax^2+bx+c$ eşitliği elde edilmiştir. Bu eşitliklere ait regresyon katsayıları Çizelge 6.1’de verilmiştir.

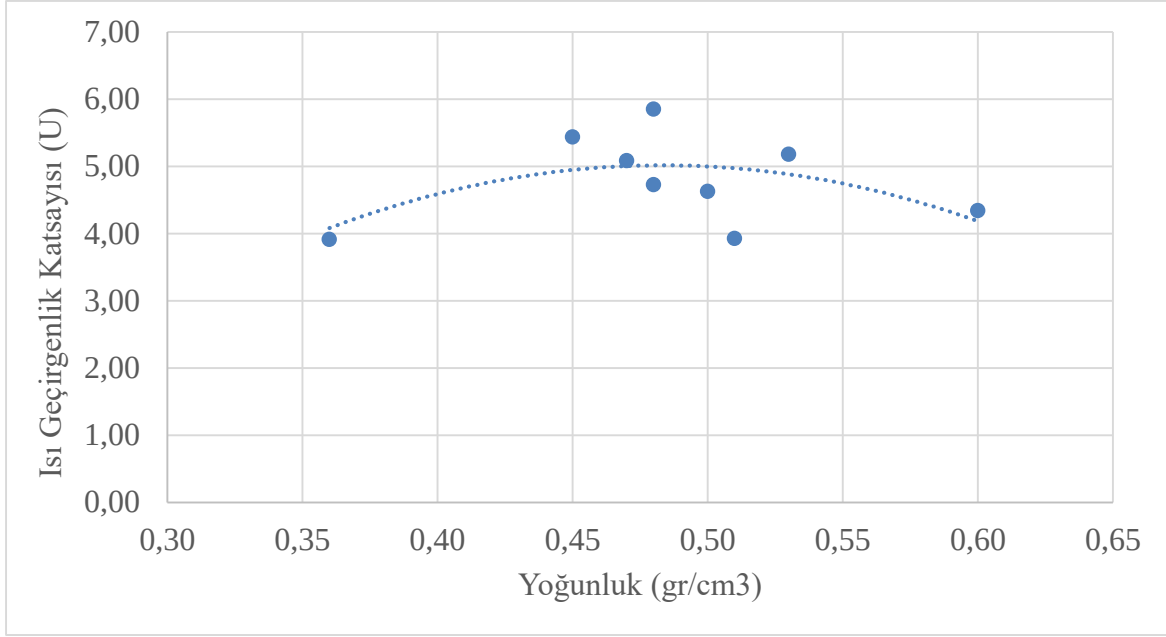
Çizelge 6.1. Yoğunluk-Isı iletkenlik katsayısı ilişkisine ait regresyon katsayıları

Deney Türü	a	b	c	R ²
Isı iletkenlik	- 0,213	0,2999	- 0,0051	0,5555

Regresyon analizi sonucunda; yoğunluk ile ısı iletkenlik katsayısı arasında polinomal bir ilişki tespit edilmiş olup, bu ilişki güçlü değildir.

6.2. Yoğunluk-Isı Geçirgenlik Katsayısı İlişkisi

Yoğunluk ile ısı geçirgenlik katsayısı değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla en küçük kareler metoduna göre yapılan regresyon analizi sonuçları Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2. Yoğunluk-ısı geçirgenlik katsayısı ilişkisi

Regresyon analizine göre; yoğunluk ile ısı geçirgenlik katsayısı arasındaki ilişkinin tanımlanmasında $y=ax^2+bx+c$ eşitliği elde edilmiştir. Bu eşitliklere ait regresyon katsayıları Çizelge 6.2’de verilmiştir.

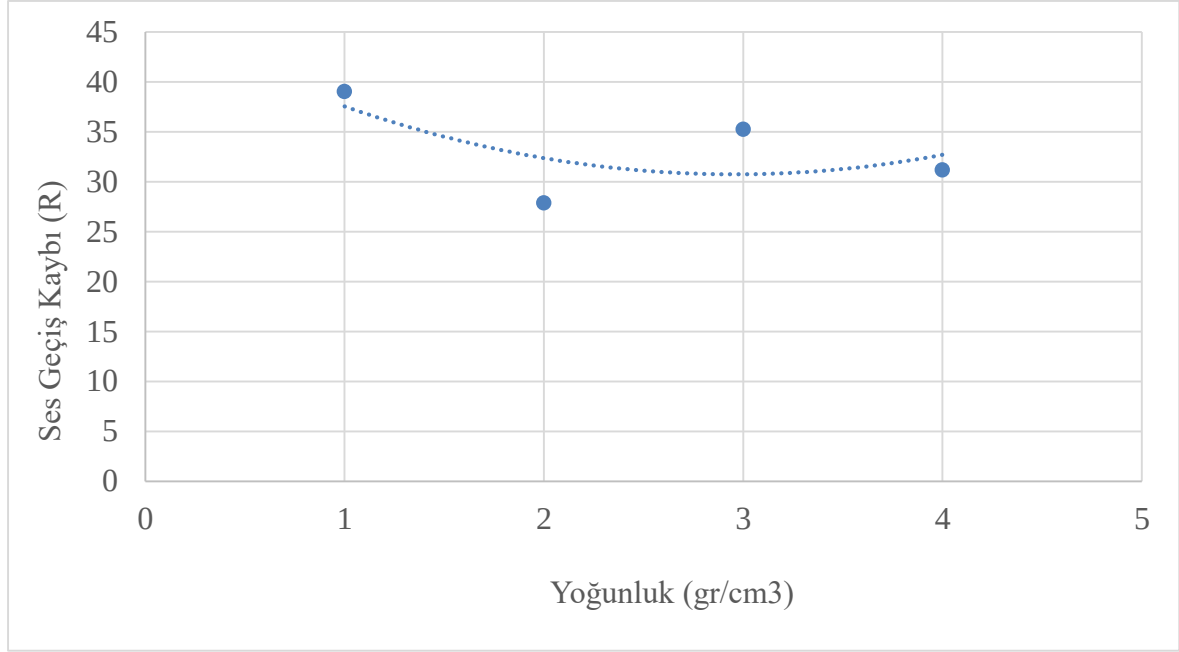
Çizelge 6.2. Yoğunluk-Isı geçirgenlik katsayısı ilişkisine ait regresyon katsayıları

Deney Türü	a	b	c	R ²
Isı iletkenlik	-61,229	59,211	- 9,3001	0,3192

Regresyon analizi sonucunda; yoğunluk ile ısı geçirgenlik katsayısı arasında polinomal bir ilişki tespit edilmiş olup, bu ilişki güçlü değildir.

6.3. Yoğunluk-Ses Geçiş Kaybı İlişkisi

Yoğunluk ile ses geçiş kaybı değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla en küçük kareler metoduna göre yapılan regresyon analizi sonuçları Şekil 6.3’de verilmiştir.



Şekil 6.3. Yoğunluk-ses geçiş kaybı ilişkisi

Regresyon analizine göre; yoğunluk ile ses geçiş kaybı arasındaki ilişkinin tanımlanmasında $y=ax^2+bx+c$ eşitliği elde edilmiştir. Bu eşitliklere ait regresyon katsayıları Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Yoğunluk-Ses geçiş kaybı ilişkisine ait regresyon katsayıları

Deney Türü	a	b	c	R ²
Ses geçiş kaybı	1,78	- 10,518	46,28	0,3647

Regresyon analizi sonucunda; yoğunluk ile ses geçiş kaybı arasında polinomal bir ilişki tespit edilmiş olup, bu ilişki güçlü değildir.

Sonuç olarak; çalışmada elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

1. Yoğunluk değerleri ve eğilme dirençlerine göre kompozit paneller dolap kapakları, çekmece klapaları, bölme duvarlar, tavan panelleri gibi yerlerde rahatlıkla kullanılabilir.
2. Isı iletkenlik değerlerine göre paperboard panel ısı yalıtımı açısından düşük yoğunlukta olması ahşap esaslılara göre tercih edilebilir. Isı geçirgenliği düşük olan atık kâğıdın yine ısı yalıtımı uygulamalarında tercih edilebileceği söylenebilir.

3. Ses geçiş kaybı değeri 3 mm kontrplak esaslı panellerde yüksek olduğundan dolayı akustik panel olarak da kullanılabilir.
4. Atık kâğıt panel, yüksek yoğunluklu levhalarıyla yine farklı ahşap kaplamalara ile bir çalışma yapılarak mobilya üretilmesi bu kompozit levhanın mobilya sektöründe kullanılması açısından son derece önemli olduğu görölmektedir. Yeni bir levha olması kaçınılmazdır.
5. Farklı levha ve yüzey kaplama malzemeleri ile benzer çalışmaların yapılarak literatüre katkı sağlanması araştırmacılara önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim. (2013). *Tabakalı ağaç malzeme*. ders notları, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 121.
- Bolt, R. H. (1947). On the design of perforated facings for acoustic materials. *Acoustical Society of America*, 917-921.
- Burdurlu, E., (1994). *Ahşap kökenli kaplama ve levha üretim – kullanım teknolojisi*. Ankara: Bizim Büro Basımevi, 68-69.
- Bülbül, Z., (2018) *Polimerik malzeme kaplı atık kâğıt ürünlerinden kompozit malzeme üretimi*. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-2, Isparta.
- Bozkurt, Y., ve Erdin, Y. (1997). *Ağaç teknolojisi*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, 445.
- Czajkowski, Ł., Olek, W., Weres, J., Guzenda, R. (2016). Thermal properties of wood-based panels: thermal conductivity identification with inverse modeling. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74(4), 577-584.
- Dilmaç, Ş. (1999). Çift duvar arası ısı yalıtımı ve ülkemizdeki sorunları, *Tuğla ve Kiremit Endüstrisi*, 8, 8-16.
- Döngel, N. (2005). *Ahşap ve ahşap esaslı döşeme kaplama malzemelerinin (parke) teknik özellikleri*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 61.
- Enç, V., Uzun S. E., Hoşoğlu F., (2012). Atık kompozit içecek kartonları geri dönüşüm yöntemleri. *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 1(4), 5-40
- Erol, H. B. (2006). *İç mekan malzeme kullanımında akustik performans kriterleri*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 4.
- Eshraghi, A., Khademieslam, H. (2012). Waste paperboard in composition panels. *Cellulose Chemistry and Technology*, 46, 637-642.
- Frihart, C. (2005). *Handbook of wood chemistry and wood composites*. New York: CRC Press, 293.
- Gelen, M. (2016). *Otomotiv endüstrisinde kullanılan akustik malzemeler ve malzeme özelliklerinin akustik parametrelere etkisinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 9-10.
- Ghofrani, M., Ashori, A., Rezvani, M. H., and Ghamsari, F. A. (2016). Acoustical properties of plywood/waste tire rubber composite panels. *Measurement*, 94, 382-387.

- Green, D.W., Winandy, J.E., Kretschmann, D.E., (1999). “Mechanical Properties of Wood (General technical report)”, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Press, 293.
- Hanetho, P. (2001). Effect of diffusion barriers on formaldehyde emissions from particleboard. *ACS Publications*, 16, 202–208.
- Huş, S. (1962). Ağaç malzeme tutkalları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B12(2), 1-11.
- Hong Zhou, B.L., Huang G., (2007). A Novel Impedance Matching Material Derived From Polymer Micro-Particles, *J. Materials Science*, 42, 199-206.
- İnternet: Açık, CebraİL; Tutuş, Ahmet. Çok Amaçlı Salon İç Mimarisinde Kullanılan Farklı Yüzey Kaplamalı Lif Levhaların Akustik Özelliklerinin İncelenmesi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Feds.a.ebscohost.com%2Feds%2Fpdfviewer%2Fpdfviewer%3Fvid%3D0%26sid%3D45612d8a-d05c-4a54-b2ca-4d5dcaa8f016%2540sdc-v-sessmgr01&date=2019-02-25>, Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.
- İnternet: Atık kağıt geri dönüşüm envanter çalışması ve kalite sınıflarına göre dağılımının incelenmesi. URL: <https://atiknakit.com/atik-donusum/turkiye-bolgesel-atik-kagit-geri-donusum-envanter-calismasi-ve-kalite-siniflarina-gore-dagilimi/>, Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.
- İnternet: Akustik kavramı ve önemi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bilgimanya.com%2Fakustik-nedir%2F&date=2019-02-25>, Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.
- İnternet: Mdf lam ve özellikleri. URL: <http://mobilyahocam.blogspot.com/2014/08/mdf-lam-nedir.html>, Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.
- İnternet: Ahşap kaplamalar ve kullanım alanları. URL: <https://blog.lazerci.com/ahsap-kaplama-papel-nedir-hangi-alanlarda-kullanilir/>, Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.
- İnternet: Laminat ve lamine kaplama arasındaki farklar. URL: <http://www.nevnesapenyapi.com/laminat-kaplama-ve-lamine-parke-arasindaki-fark-nedir/>, (2018), Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.
- İnternet: Geri dönüşüm kavramı özellikleri ve önemi. URL: <http://www.obi.bilkent.edu.tr/ekokul/pdf/geridonusum>. Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.
- İnternet: Sey, Yıldız. Akustik Kriterler Açısından Malzeme Özellikleri. Mimarlık. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mimarlikdergisi.com%2Findex.cfm%3Fsayfa%3Dmimarlik%26DergiSayi%3D131&date=2019-02-25>, Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.

- İnternet: Sirel, Şazi. Yapı Akustiğinde 30 Terim 30 Tanım. Yapı Fiziği Uzmanlık Uygulamaları. URL: http://www.webcitation.org/?url=http%3A%2F%2Fwww.yfu.com%2Fkitapciklar%2Fyapi_fiziginde_30_terim_30_tanim.pdf&date=2019-02-25, Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.
- İnternet: Geri dönüşüm kavramı ve önemi. URL: <http://cevreonline.com/geri-donusum/> Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.
- İnternet: Atık kağıt kavramı ve önemi. URL: <https://www.a-ged.org.tr/63/atik-kagit-nedir> Son Erişim Tarihi: 15.07.2018
- İnternet: Tatver, Haluk. (2015). Paperboard panel ve özellikleri. URL: <http://www.htideas.com/paperboard.html#demo4> Son Erişim Tarihi: 15.07.2018
- İnternet: Akustik ve ses frekans aralıkları. Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi Ders Notları URL: www.aof.edu.tr/kitap/EHSM/1221/unite12.pdf Son Erişim Tarihi: 15.07.2018
- İnternet: TSE empedans tüpü görseli. URL: https://www.tse.org.tr/Icerik_Detay?ID=2771&ParentID=8946, Son Erişim Tarihi: 05.01.2019.
- İnternet: Üre formal dehit tutkalı ve özellikleri. URL: https://www.kleiberit.com/fileadmin/Content/Documents/EN/Articles/2017/Produktuebersicht_GB_US.pdf/ URL: https%3A%2F%2Fwww.kleiberit.com%2Ffileadmin%2FContent%2FDocuments%2FEN%2FArticles%2F2017%2FProduktuebersicht_GB_US.pdf&date=2018-07-15 Son Erişim Tarihi: 15.07.2018.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Kızılkaya, A. (2017). Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 132-138.
- Kalaycıoğlu, H. (2003). *Odun levha ürünleri*. ders notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 2-11.
- Karabiber, Z. (1991). *Mimari akustikle ilgili başlıca tanım, terim, formül ve büyüklükler*, İstanbul: Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 7.
- Karlinasari, L., Hermawan, D., Maddu, A., Martiandi, B., and Hadi, Y. (2012). Development of particleboard from tropical fast-growing species for acoustic panel. *Journal of Tropical Forest Science*, 24(1), 64-69.
- Kaya, A. İ. (2015). *Atık kâğıtlardan geri kazanılmış liflerden kompozit malzeme üretim olanaklarının araştırılması*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 212.
- Kimura, M., Kunio, J., Schuhmacher, A., Ryu, Y. (2014, Kasım). *A new high-frequency impedance tube for measuring sound absorption coefficient and sound transmission loss*. Paper presented at the Inter.noise 2014, Melbourne, Australia.

- Kol, H. Ş., Altun, S. (2009). Effect of some chemicals on thermal conductivity of impregnated laminated veneer lumbers bonded with poly (vinyl acetate) and melamine-formaldehyde adhesives. *Drying Technology*, 27(9), 1010-1016.
- Muslu, Selmani M. (2013). *Ahşap esaslı duvar kaplama malzemelerinin ses geçiş kayıplarının belirlenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 8.
- Örs, Y., Keskin, H. (2008). *Ağaç malzeme teknolojisi*, Ankara: Gazi Kitabevi, 55-72-76-80
- Olgun, Ç., Ateş, S., Akça, M., Külçe, T., Kabaca, Ö., İlhan, E., Karaoğlu, Z., Kaya, M. (2014). *Çeşitli atık kâğıtların MDF üretim sürecinde hammadde olarak değerlendirilmesi*. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Akdeniz Ormanlarının Geleceği: Sürdürülebilir Toplum ve Çevre, 22-24 Ekim Isparta
- Sancak, M. (2008). *Monoblok dolu iç mekân kapılarının bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Seçgin, A., İhtiyaroğlu, Y., Kara, M., ve Ozankan, A. (2017, 5-7 Temmuz). *Akustik yalıtım malzemelerinin ses yutma katsayılarının farklı sıcaklık koşulları altındaki değişiminin deneysel olarak incelenmesi*. 18. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu, Trabzon.
- Smardzewski, J., Kamisinski, T., Dziurka, D., Mirski, R., Majewski, A., Flanch, A., and Pilch, A. (2015). Sound absorption of wood-based materials. *Holzforchung*, 4(69), 431-439.
- Smardzewski, J., Batko, W., Kamisinski, T., Flach, A., Pilch, A., Dziurka, D., and Majewski, A. (2014). Experimental study of wood acoustic absorption characteristics. *De gruyter*, 68(4), 467-476.
- TS EN 310, (1999). *Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini*, Türk Standartları Enstitüsü Ankara, 7.
- TS EN 322, (1999). *Ahşap esaslı levhalar-rutubet miktarının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara , 1-2
- TS EN 323, (1999). *Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 6.
- TS EN 622-5, (2008). *Lif levhalar - Özellikler - Bölüm 5: Kuru işlemlerli levhalar (mdf) için gerekler*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 4.
- Uyanık, E (1995). *Measurement and evaluation of acoustic properties domestic building materials*. Master of Science Thesis, The Middle East Technical University The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- Yang, H-s., Kim, D-j., and Kim, H-j. (2003). Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresource Technology*, 86, 117-121.

- Yue, K., Liu, W. Q., Lu, X. N., Lu, W. D., Yang, H. F. (2012). Study on composites for furniture with waste paper and wood particle. *Advanced Materials Research*, 472, 1228-1232.
- Yeşil, H. (2008). *Kontrplaklarda tutkal karışımına ilave edilen boraksın mekanik özelliklere ve formaldehit emisyonuna etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 48.
- Yılmaz, C., İmirzi, H. Ö. (2018, Kasım). *Atık kâğıtlar ile üretilmiş ahşap esaslı panellerin bazı teknolojik özellikleri*. 5. Uluslararası Mobilya Kongresi, Eskişehir.
- Yılmaz Demirkale, S. (2007). *Çevre ve Yapı Akustiği*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayını, 191,200-201.
- Yılmaz, G., (2008). *Effects of titanate coupling agents on low density polyethylene and polypropylene blends and composites*. M. Sc. Thesis, Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- Zeren, A. (1997). *Müzik fiziği*, İstanbul: Pan Yayıncılık, 11.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YILMAZ, Cemal
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1981, Çorum
 Medeni hali : Evli
 e-mail : cemalyilmaz.com@gmail.com
 Telefon : +(90) 507 981 00 29



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği	Devam ediyor.
Lisans	Gazi Üniversitesi/Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği	2010
Lise	Çamlıca Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-Halen	Artcode Mimarlık	Proje Yöneticisi
2013-2017	Kraf & Co. İç Mimarlık	Proje Yöneticisi
2011-2012	Kimsan Mobilya (Solenne)	Proje Yöneticisi
2010-2011	Beşerler Grup (Algeno Dekorasyon)	Proje Yöneticisi
2009-2010	Mirta İç Mimarlık	Tasarımcı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Yılmaz, C., İmirzi, H.,Ö. (2018). *The technological attributes of furniture panels manufactured with waste paper*. 5th International Furniture Congress, Eskişehir, Türkiye.

Hobiler

Türk halk müziği, bağlama, seyahat, tarih, tekvando



GAZİ GELECEKTİR...