



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

AĞIR KATMANLARIN AKUSTİK PERFORMANSLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Umut Burak DALBUDAK

Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı

Mühendislik Bilimleri Programı

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Şah İsmail KIRBAŞLAR**

Ocak, 2018

İSTANBUL

Bu çalışma, 26.01.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı, Mühendislik Bilimleri Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



Prof. Dr. Ş. İsmail KIRBAŞLARI (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Serkan EMİKİ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Gökhan ÇAYLI
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Şahika Sena BAYAZIT
Beykent Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi



Yrd. Doç. Dr. Amaç Fatih TUYUN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



20.04.2016 tarihli resmi gazetede yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında yardımlarını benden esirgemeyen ve destek olan tez danışmanım sayın Prof. Dr. Şah İsmail KIRBAŞLAR'a, çalışmam süresince ilgi ve desteklerini her zaman hissettiğim aileme teşekkürlerimi borç bilirim.

Ekstrüzyon prosesinde ve mekanik testlerin tayinlerindeki gerekli teknik altyapıyı sağlayan HASSAN TEKSTİL SAN. VE TİC. A.Ş. ve iş arkadaşlarım Melisa YELEGEN ve Süleyman ERSAN'a, dokusuz yüzey kumaş üretimi ve ses yutum analizlerindeki katkılarından ötürü ŞİTEKS SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ' ye teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2018

Umut Burak DALBUDAK



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	x
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	5
2.1 SES	5
2.1.1 Sesi Tanımlayan Parametreler	5
2.1.2 Desibel (dB).....	8
2.1.3 Akustik	9
2.1.3.1 Yankılanma Süresi	9
2.1.3.2 Ses Yutma Katsayısı	10
2.1.3.3 Empedans Tüp Yöntemi ile Materyalin Ses Yutum Katsayısının Belirlenmesi	11
2.1.3.4 Ses İletim Kaybı ve Empedans Tüp Yöntemi ile Ölçümü	12
2.2. DOĞAL LİFLER VE AKUSTİK ÖZELLİKLERİ.....	13
2.2.1 Pamuk	14
2.2.2. Keten.....	15
2.2.3 Kenevir	16
2.2.4 Kenaf	18
2.3 POLİMERLER VE AKUSTİK ÖZELLİKLERİ	19
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	24
3.1 MALZEME	24
3.2 YÖNTEM.....	25
3.2.1 Kumaş Üretimi	25
3.2.1.1 Liflerin Hazırlanması.....	25
3.2.1.2 Doku Oluşturulması ve Serilmesi	26

3.2.2.2 Dokuların Bağlanması.....	28
3.2.2 Polimer Esaslı Ağır Katman Malzemesinin Ekstrüzyon Prosesi ile Geliştirilmesi.....	29
3.2.3 Numuneye Uygulanan Testler	32
3.2.3.1 Gramaj Tayini.....	33
3.2.3.2 Lif Karışım Oranları Tayini.....	34
3.2.3.3 Kalınlık Tayini	35
3.2.3.4 Güç Tutuşurluk Tayini	36
3.2.3.5 Patlama Mukavemeti Tayini	37
3.2.3.6 Kopma Mukavemeti ve Uzama Tayini	39
3.2.2.7 Ses Yutum Katsayısı Tespiti	41
3.2.2.8 Ses İletim Kaybının Tespiti	43
4. BULGULAR.....	45
4.1 GRAMAJ TAYİNİ SONUÇLARI.....	45
4.2 LİF KARIŞIM ORANLARI TAYİNİ SONUÇLARI.....	46
4.3 KALINLIK TAYİNİ SONUÇLARI	47
4.4 GÜÇ TUTUŞURLUK TAYİNİ SONUÇLARI	48
4.5 PATLAMA MUKAVEMETİ TAYİNİ SONUÇLARI	49
4.6 KOPMA MUKAVEMETİ VE UZAMA TAYİNİ SONUÇLARI	50
4.7 SES YUTUM KATSAYISI TESPİTİ SONUÇLARI.....	52
4.8 SES İLETİM KAYBI TESPİTİ SONUÇLARI	59
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	655
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ	711

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Günümüzde kullanılan akustik özelliklere sahip bazı materyaller.	2
Şekil 1.2: Avrupa’da dokusuz yüzey kumaş üretiminin kullanım alanları (Edana,2016).	3
Şekil 1.3: Çalışmada üretilen numunenin araç içinde hedeflenen kullanım alanları	4
Şekil 2.1: Dalga yapısı ve özellikleri [11].....	5
Şekil 2.2: Düşük ve yüksek frekanslı seslerde sesin dalga boyundaki değişimler [13].....	7
Şekil 2.3: Düşük ve yüksek frekanslı seslerde sesin dalga boyundaki değişimler [14].....	8
Şekil 2.4: Yankılanma süresi [16].....	9
Şekil 2.5: Yankılanma sürelerinin konser salonundaki müzik ve konuşmaya etkisi [18].	10
Şekil 2.6: Empedans tüpü ses yutum ölçüm düzeneği [20].	12
Şekil 2.7: Empedans tüpü ses iletim kaybı ölçüm düzeneği [20].	13
Şekil 2.8: Mercedes Benz E serisinde kullanılan doğal elyaf takviyeli kompozit materyaller [25].	14
Şekil 2.9: Keten ve polipropilen liflerinden oluşan bileşimin farklı kalınlıklardaki ses yutum değerleri [28].	16
Şekil 2.10: Kenevir lifinin ses yutum değer grafiği (Berardi ve Lannace, 2015).	17
Şekil 2.11: Kenevir lifinin ses yutum değerleri (Kinnane ve ark, 2016).	18
Şekil 2.12: Kenaf lifinin ses yutum katsayısı değerleri [29].....	19
Şekil 2.13: Sandviç tipi lamine cam örneği [36].....	20
Şekil 2.14: Temperlenmiş cam ve PVB cam için ses kayıp oranları [36].....	21
Şekil 2.15: Zhao ve arkadaşları tarafından ahşap-atık kauçuk lastik üzerine yaptığı deneysel çalışma [1 numara: ticari ahşap yonga, 2 numara: ticari döşemelik tahta, 3 numara: 60:40 ahşap / geri dönüştürülmüş kauçuk kompozit, 4 numara: 50:50 ahşap / geri dönüştürülmüş kauçuk kompozit] [37].....	22
Şekil 2.16: Arrenga Pinnata / doğal kauçuk kompozit materyalin ses yutum performansları [38].	23
Şekil 3.1: Dokunmamış kumaş üretimi işlem sırası.....	25
Şekil 3.2: Balya açıcı teknik çizimi [39].....	26
Şekil 3.3: Tarak makinesi teknik çizimi [41].....	27

Şekil 3.4: Çapraz serici teknik çizim [41].....	28
Şekil 3.5: İğneleme tezgahı teknik çizimi [41].	29
Şekil 3.6: Vida sayılarına göre ekstrüder çeşitleri [43].....	30
Şekil 3.7: Ekstüder vidasının bölmeleri [44].....	31
Şekil 3.8: Çalışmada kullanılan laboratuvar ekstrüderi.	32
Şekil 3.9: Tartımı yapılan örnek numuneler	34
Şekil 3.10: Çalışmada kullanılan kalınlık ölçüm aleti.	35
Şekil 3.11: Güç tutuşurluk test düzeneği.	36
Şekil 3.12: Test edilecek numunenin sabitlenip aleve maruz bırakıldığı iç düzenek.	37
Şekil 3.13: Çalışmada kullanılan patlama mukavemeti test cihazı genel görünümü.....	38
Şekil 3.14: Çalışmada kullanılan devotrans marka test cihazı.....	40
Şekil 3.15: Empedans tüp deney düzeneğine ait ölçüm zinciri [47].....	41
Şekil 3.16: Çift mikrofonlu empedans tüp yöntem düzeneği [48].....	42
Şekil 3.17: Çift mikrofonlu empedans tüp [49].	42
Şekil 3.18: Ses iletim kaybı için kullanılan iki tüplü empedans tüpü düzeneği [49].....	43
Şekil 4.1: Güç tutuşurluk testi sonucu numunelerin son halleri.....	49
Şekil 4.2: Bitmiş ürünün ortalama patlama mukavemeti grafiği.	49
Şekil 4.3: Patlama mukavemeti sonucu bitmiş ürünün son hali	50
Şekil 4.4: Numuneye uygulanan kopma mukavemeti ve uzama testi.....	51
Şekil 4.5: Bitmiş ürüne uygulanan kopma mukavemeti uzama tayini sonuçları.	52
Şekil 4.6: Pamuk – PP dokunmamış kumaş ses yutum katsayısı grafiği.	53
Şekil 4.7: Kenaf – PP dokunmamış kumaş ses yutum katsayısı grafiği.	53
Şekil 4.8: Kenevir – PP dokunmamış kumaş ses yutum katsayısı grafiği.	54
Şekil 4.9: Keten– PP dokunmamış kumaş ses yutum katsayısı grafiği.	54
Şekil 4.10: Ağır katman 1000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.....	55
Şekil 4.11: Ağır katman 2000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.....	56
Şekil 4.12: Ağır katman 3000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.....	56
Şekil 4.13: Ağır katman 4000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.....	57
Şekil 4.14: Ağır katman 5000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.....	57
Şekil 4.15: Ağır katman 6000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.....	58
Şekil 4.16: Elastomer katkılı 1000 gsm ağır katmanın ses yutum katsayısı grafiği.	58
Şekil 4.17: 1000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.....	59
Şekil 4.18: 2000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.	60

Şekil 4.19: 3000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.	60
Şekil 4.20: 4000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.	61
Şekil 4.21: 5000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.	61
Şekil 4.22: 6000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.	62
Şekil 4.23: 1000 gsm elastomer katkılı Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.	62
Şekil 4.24: 2600 gsm Pamuk – Ağır Katman ses yutum katsayısı grafiği.	62
Şekil 4.25: 2600 gsm Pamuk / PP – Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.	63



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Farklı canlıların sesi duyma aralıkları (Hz) [12].	6
Tablo 2.2: Çeşitli seslerin şiddetleri(dB) [16].	8
Tablo 2.3: Farklı malzemelerin değişik frekanslardaki ses yutum katsayıları [13].	11
Tablo 2.4: Pamuk lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri [25].	14
Tablo 2.5: Pamuk lifinin yalın ve kompozit halindeki ses yutum değerleri [26].	15
Tablo 2.6: Keten lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri [25].	15
Tablo 2.7: Kenevir lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri [30].	16
Tablo 2.8: Kenevir lifinin ses yutum değerleri (Berardi ve Lannace, 2015).	17
Tablo 2.9: Kenaf lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri [33].	18
Tablo 2.10: Farklı yoğunluk ve kalınlıklardaki kenaf lifinin değişik frekans aralıklarındaki ses yutum değerleri [31].	19
Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan elyaf çeşit ve yüzdeleri.	24
Tablo 3.2: Çalışmada kullanılan doğal elyaf - PP dokunmamış kumaş ile ağır katmanın metrekaredeki gram ağırlıkları.	25
Tablo 3.3: Tülbent Esaslı Kumaş Üretim Yöntemleri [40].	26
Tablo 3.4: Tülbent esaslı kumaşlarda doku bağlama yöntemleri [40].	28
Tablo 3.5: Numunelere uygulanan testler ve standart numaraları.	33
Tablo 3.6: Güç tutuşurluk test düzenek bölgelerinin isimleri.	36
Tablo 4.1: Gramaj tayini sonuçları.	46
Tablo 4.2: Lif karışım oranları tayini sonuçları.	47
Tablo 4.3: Numunelere uygulanan kalınlık ölçümü sonuçları.	47
Tablo 4.4: Numunelere uygulanan güç tutuşurluk tayini sonuçları.	48
Tablo 4.5: Bitmiş ürüne ait ortalama patlama mukavemet değerleri.	50
Tablo 4.6: Bitmiş ürüne uygulanan kopma mukavemeti uzama tayini sonuçları.	51

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
a	: Genlik
c	: Hız
dB	: Desibel
f	: Frekans
Hz	: Hertz
kHz	: Kilohertz
L	: Ses seviyesi
M_{DE}	: Sentetik elyaf çözündükten sonra geriye kalan doğal elyaf ağırlığı
M_T	: Nemi uzaklaştırılmış toplam elyaf karışım ağırlığı
p	: Ölçülen ses basıncı
p_o	: İnsan kulağının duyabileceği en düşük basınç
R	: Yansıma çarpanı
S	: Milimetrede alevin dolaştığı alan
T	: Periyot
T	: Alevin S alanda dolaşması için gereken süre
T_c	: Atmosferin °C cinsinden sıcaklığı
T_{60}	: Yankılanma süresi
V	: Alevlenme hızı
V_{snd}	: Ses hızı
W_1	: Malzeme üzerine gelen toplam ses enerjisi
W_2	: Malzemeden iletilen ses enerjisi
λ	: Dalgaboyu
α	: Ses yutma katsayısı

Kısaltmalar	Açıklama
ABS	: Akrilonitril bütadien stiren
CV	: Varyasyon katsayısı
DEO	: Doğal elyaf oranı
EPDM	: Etilen propilen dien terpolymer
FFT	: Hızlı Fourier dönüşümü
HL	: Ağır katman(Heavy layer)
ISO	: Uluslararası Standartlar Teşkilatı
PE	: Polietilen
PET	: Polietilen tereftalat
PP	: Polipropilen
PUR	: Poliüretan
PVB	: Polivinil bütral
PVC	: Polivinil klorür
SBR	: Stiren bütadien
TL	: Ses iletim kaybı (Transmission Loss)
TS	: Türk Standartları

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AĞIR KATMANLARIN AKUSTİK PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Umut Burak DALBUDAK

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Şah İsmail KIRBAŞLAR

Bu tez çalışmasında farklı doğal elyaf ve polipropilen karışımlarından oluşan dokunmamış kumaşların dokuları taraklama yöntemiyle oluşturulmuş ve doku bağlanması mekanik bir yöntem olan iğneleme yöntemiyle bağlanmıştır. Ardından kumaş üzerine ekstrüzyon prosesi ile ağır katman polimer katmanı kaplanmıştır. Elde edilen bu numunelerin mekanik, ses yutumu ve ses iletim kaybı özellikleri değerlendirilmiş, hedeflenen ürünün ses iletim kaybı performansında iyileştirme sağlanması amaçlanmıştır.

Bu amaçla; dört farklı doğal elyaf (pamuk, keten, kenevir ve kenaf) / PP elyaf karışımıyla 1600 g/m² ağırlıkta 4 adet dokunmamış kumaş elde edilmiştir. Bu kumaşlar iğneleme yöntemiyle elde edilmiştir. İğneleme yoğunlukları ve penetrasyonları, her numunede aynı üretim parametrelerinde uygulanmıştır. Söz konusu dokunmamış kumaşlara; gramaj (birim alan kütlesi), kalınlık, güç tutuşurluk, lif karışım oranı tayinleri ve ses yutumu katsayısı tespiti gibi testler ilgili standartlara göre uygulanmıştır. İkinci katman olan ağır katman ise ekstrüzyon prosesi ile 6 farklı gramajlarda (1000 g/m², 2000 g/m², 3000 g/m², 4000 g/m², 5000 g/m², 6000 g/m²) elde edilmiştir. Söz konusu katman kalsit dolgu polietilen, modifiye poliolefin ve masterbatch karışımlarından oluşmakta iken ses iletim performansını iyileştirmek amaçlı 1000 g/m² gramajdaki bu numuneye elastomer de eklenmiştir. Elde edilen bu katmanlara gramaj, kalınlık, güç tutuşurluk, ses yutumu katsayısı ve ses iletim kaybı gibi testler ilgili standartlara göre uygulanmıştır. Her iki katmana da uygulanan bu testler neticesinde, en iyi ses yutumu katsayısı ve ses iletim kaybına sahip doğal elyaf / PP karışımı üzerine ekstrüzyon ile polimer kaplama yapılmıştır. Elde edilen bu numuneye gramaj, kalınlık, güç tutuşurluk, patlama

mukavemeti ve kopma mukavemeti / uzama tayinleri ile ses yutum katsayısı tespiti ve ses iletim kaybı değeri gibi testler ilgili standartlara göre uygulanmış ve bu veriler değerlendirilmiştir.

Ocak 2018, 87 sayfa.

Anahtar kelimeler: Dokunmamış kumaş, ağır katman, doğal elyaf, iğneleme, ses iletim kaybı, ses yutum katsayısı.



SUMMARY

M.Sc. THESIS

DEVELOPMENT OF HEAVY LAYER' S ACOUSTIC PERFORMANCE

Umut Burak DALBUDAK

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Engineering Sciences

Supervisor : Prof. Dr. Şah İsmail KIRBAŞLAR

In this thesis, nonwoven fabrics were produced from different kinds of natural fiber / polypropylene fiber blends. These blends formed by carding process which is a web formation method, and bonded by needle punching process which is a mechanical method of the web bonding. And then heavy layer is coated on the fabric by extrusion process. Mechanical and acoustic performances of these samples were evaluated and it was aimed to improve the transmission loss performance of the targeted product.

For this purpose, four nonwoven fabrics were obtained 1600 mass per unit area from different blends of natural fiber (cotton, flax, hemp and kenaf) / polypropylene fiber mixtures. These fabrics were obtained by needle punching. Punch density and penetration settings were made at the same settings for each sample. The performance properties of the fabrics such as mass per unit area, thickness, flammability, fiber ratio determination and sound absorption coefficient were determined according to the related standards. The heavy layer polymer, which is the second layer of the sample, was obtained by extrusion process at 6 different weights (1000 g / m², 2000 g / m², 3000 g / m², 4000 g / m², 5000 g / m², 6000 g / m²). This layer is composed of calcite-filled polyethylene, modified polyolefin and masterbatch, while elastomer is added to the sample at 1000 g / m² weight to improve the sound absorption and transmission loss performances. The performance properties such as mass per unit area, thickness, flammability, sound absorption coefficient and transmission loss were determined according to the related

standards. As a result of these tests applied to both layers, the polymer coating was extruded onto the natural fiber / PP fiber mixture with the best sound absorption coefficient. The performance tests such as mass per unit area, thickness, flammability, burst strength and tensile strength / elongation determinations, sound absorption coefficient and transmission loss were applied to this sample according to the standards. And this data has been evaluated.

January 2018, 87 pages.

Keywords: Nonwoven, heavy layer, natural fiber, needle punch, sound absorption coefficient, transmission loss.



1. GİRİŞ

Gürültü, günümüzün en önemli çevre kirliliği sebeplerinden biridir. İnsanlarda işitme sorunlarının yanı sıra, konsantrasyon ve uyku problemleri, kalp ve solunum rahatsızlıkları gibi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir [1]. Dünya Sağlık Örgütü'nün Topluluk Gürültüsü Rehberi'ne (*World Health Organization's Guidelines for Community Noise*) göre gürültü giderek artan bir sağlık problemine ve çevre kirliliğine sebep olup insanların günlük yaşantısını ciddi şekilde etkilemektedir [2]. Bu sebeple trafikten, endüstriden, ofis ve evlerden kaynaklanan gürültüyü kontrol etmek ve azaltmak için yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmalarda amaçlanan hedef ise değişik frekans aralıklarına etki edebilecek akustik özelliklere sahip materyallerin geliştirilmesidir.

Gürültü, seslerin doğuş biçimine göre yapı içi ve yapı dışı olmak üzere ikiye ayrılır. Yapı dışından kaynaklanan gürültüler ulaşım, endüstri, eğlence yerleri vb. gibi gürültüler iken yapı içinden kaynaklanan gürültüler ise konuşma, ev araçları gürültüleri, asansör vb. gibi gürültülerdir [3]. Taşıtlardan kaynaklanan gürültüler ise motor, egzoz, hava emiş, aktarma organları, lastik, fren ve aerodinamik gürültülerdir [4].

Gürültünün kontrol edilebilmesi için öncelikle kaynağını ve kaynağın nasıl gürültü yaptığını tespit etmek gerekmektedir. Ardından gürültünün hangi parametrelere bağlı olduğunu tespit etmek, gürültüye sebep olan kaynak üzerinde gürültüyü azaltıcı yönde çalışmalar yapmak ve kaynağın sebep olduğu ses titreşimlerinin yayılmasını engellemek amacıyla sönümleyici materyaller tasarlamak gerekmektedir [4].

İstenmeyen seslerin engellenmesinde veya kontrol altına alınmasında ise iki temel yöntem vardır;

- Akustik düzenleme
- Ses yalıtımı.

Akustik düzenleme, kapalı bir ortamdaki yansıma (reverberasyon) süresinin düzenlenmesidir. Ses yalıtımı ise sesin yapı elemanları gibi kaynaklardan geçişi esnasında meydana gelen sesi azaltmaktır.

Bir ortamı sessizleştirmek amacıyla kullanılacak materyallerden;

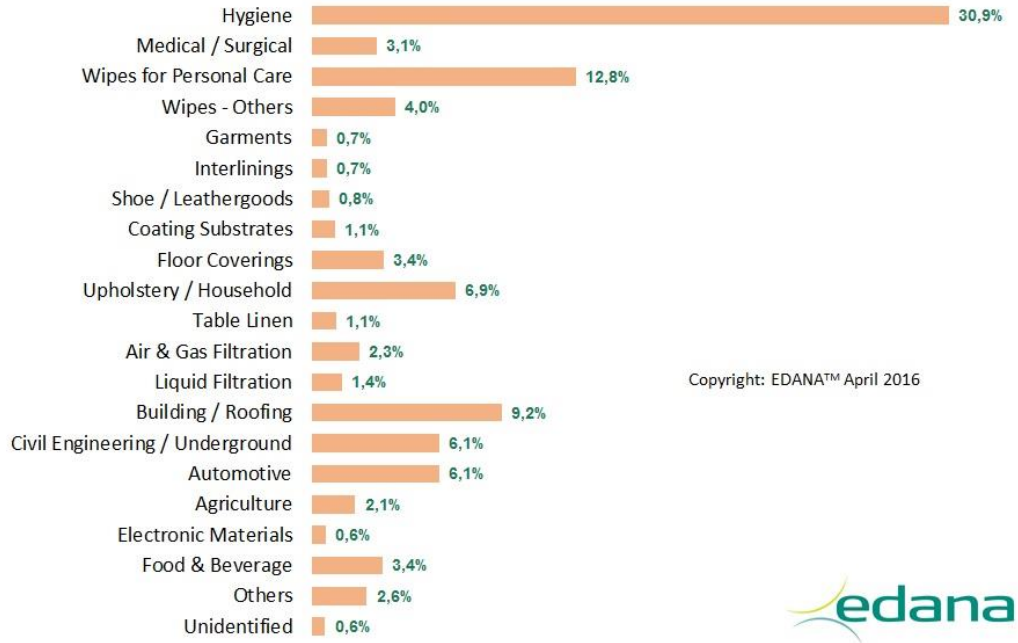
- Titreşim sönümleme,
- Ses yutumu,
- Ses iletim kaybı (yalıtım) özelliklerinden birine sahip olması istenir [4].

Titreşim sönümleme için bitüm esaslı malzemeler kullanılırken, ses yutumu için genellikle düşük yoğunluğa sahip lifli ve gözenekli malzemeler tercih edilir [5]. Bu amaçla kullanılmak üzere tekstil malzemeleri gözenekli yapılarından dolayı iyi bir akustik performans sergilerler [6]. Sesin oluşturduğu kinetik enerji liflerin yüzeylerine çarparak ısı enerjisine dönüşür. Akustik enerji kaybının sebebi, sesin ses absorplayıcı materyalden geçerken uğradığı sürtünme kaybı, momentum kaybı ve sıcaklık dalgalanmalarıdır [7]. Sesin kaybına çeşitli parametreler etki edebilir. Bunlardan en önemlisi lifteki gözeneklerin sayısı, çeşit ve boyutlarıdır. Ses enerjisinin sürtünme yoluyla kaybolması ses dalgalarının gözenekli yapılardan geçmesi ile gerçekleşmektedir [8]. Bir ortamı sessizleştirmek amacıyla kullanılacak materyallerden istenen son özellik olan ses iletim kaybı için ise yüksek yoğunluklu malzemeler bariyer etkisi sağladığından dolayı tercih sebebidir [5]. Yüksek yoğunluğa sahip materyaller ses absorpsiyonu açısından uygun olsa da sesi yüksek oranda geri yansıttığından çevre kirliliğini arttırmaktadır. Şekil 1.1’de sesi absorplamak için kullanılan materyallerden örnekler gösterilmiştir.



Şekil 1.1: Günümüzde kullanılan akustik özelliklere sahip bazı materyaller.

Yüksek frekanslı (tiz) seslerin dalga boyları küçüktür ve daha hafif ve ince materyaller tarafından kolaylıkla engellenebilmektedir. Fakat düşük frekanslı (bas) seslerin dalga boyları daha büyük olup yalıtılabilmesi için ağır ve karışık ses yalıtım sistemleri oluşturulması gerekmektedir. Ses akışının ve gürültünün kontrol edilebilmesi için odalarda ve sosyal alanlarda kullanılan akustik paneller genellikle sentetik liflerden olup gözenekli yapılardadır. Binaların dış yalıtımlarında ise çoğunlukla mineral esaslı taş yünü veya cam yünü gibi materyaller kullanılmaktadır. Fakat bu materyaller düşük maliyetiyle iyi bir ses ve ısı yalıtımı sağlamasına rağmen çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkiledikleri bilinmektedir. Ses yalıtımında sentetik liflerden üretilen ürünler ağırlıkta olmasına rağmen son zamanlarda yapılan çalışmaların birçoğu doğal lif ve geri dönüştürülmüş doğal-sentetik lif karışımlarına odaklanmaktadır. Otomobil iç parçalarında akustik özelliklerin iyileştirilmesinde, inşaat sektöründe ses yalıtımında ve daha birçok alanda kumaş oluşumunun basitliği ve üretim veriminin yüksekliği gibi nedenlerden dolayı dokunmamış kumaşlar (nonwoven) örme ve dokumaya oranla daha çok tercih edilmektedir. Dokunmamış kumaşların % 6,9'u otomotiv, % 9,2'si bina ve çatı yalıtımında kullanılmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Avrupa'da dokusuz yüzey kumaş üretiminin kullanım alanları (Edana,2016).

Bu çalışmada geliştirilen numunenin asansör boşluklarında akustik düzenleyici ve sürtünmeden kaynaklanan statik yükü azaltıcı, otomotivde ise motordan kaynaklanan vibrasyonu sönümleyici materyal olarak aracın kaput izolasyonu ve ön göğüs izolasyonunda kullanılması hedeflenmiştir.

Otomotiv ve inşaat sektörlerinde gerçekleştirilen pazar araştırmaları neticesinde hali hazırda kullanılan lif esaslı dokunmamış kumaşların birim alan kütleleri 2000 g/m^2 den daha fazladır. Ayrıca ağır katman olarak kullanılan malzemelerin birim alan kütleleri minimum 3000 g/m^2 değerine sahiptir. Bu tez çalışmasında her iki sektöre yönelik doğal lif esaslı dokunmamış kumaş ve ağır katman olarak adlandırılan polimer katmanının akustik performansları birim alan kütleleri gözetilerek geliştirilmiştir. Farklı doğal elyaf türleri (pamuk, keten, kenevir ve kenaf) araştırılıp akustik değerleri empedans tüp yöntemiyle test edilmiştir.



Şekil 1.3: Çalışmada üretilen numunenin araç içinde hedeflenen kullanım alanları.

2. GENEL KISIMLAR

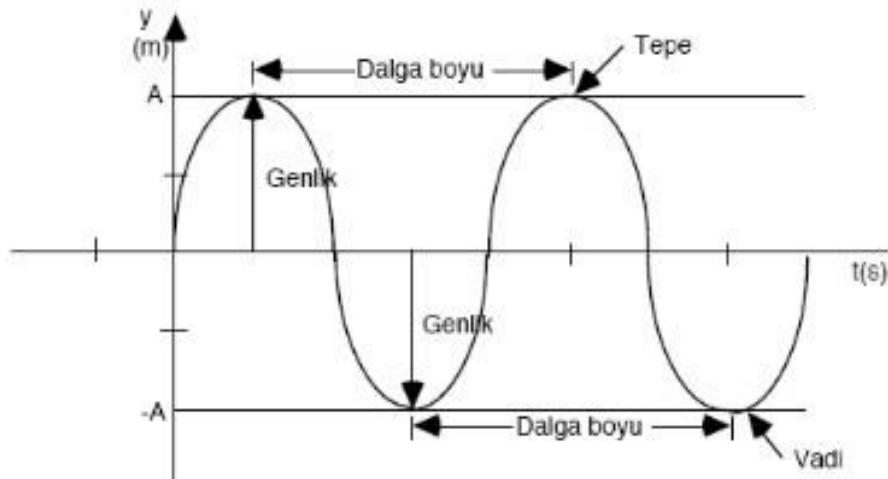
2.1 SES

Ses, elastik bir ortamda (katı, sıvı veya gaz), ivmelenme hareketleri gibi zamansal olarak değişen kuvvetlerin oluşturduğu mekanik titreşimlerdir [9]. Başka bir deyişle ses, herhangi bir ortamda insan kulağının algılayabileceği basınç değişimidir. Sesin algılanması temel bir duyu tepkisi ve kulak atmosferdeki parçacıkların titreşimiyle oluşan dalgaları (kulağın doğal olarak algılayabileceği düzeyde ise) beyin tarafından ‘ses’ olarak algılanan elektrokimyasal sinyallere çevirir [10].

2.1.1 Sesi Tanımlayan Parametreler

Ses bir mekanik dalgadır ve ışığın elektromanyetik dalgalarıyla benzerlik gösterir. Ses dalgaları belirli bir kaynaktan enerjiyle yayılır ve bir molekülden diğerine transfer edilir.

Bir ses dalgası dört özelliği ile tanımlanır; dalga boyu, genlik, frekans ve hız. Şekil 2.1’de dalga yapısı ve özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Dalga yapısı ve özellikleri [11].

1. *Dalga boyu (λ)*: Art arda gelen iki dalga arasındaki mesafedir. Başka bir deyişle iki tepe ve iki çukur (vadi) arasında kalan mesafedir. Birimi metredir (m).

2. *Genlik(a)*: Bir dalganın en üst noktasıyla sıfır noktası arasındaki mesafedir. Ses dalgalarının genliği sesin şiddetini tanımlar. Genlik arttıkça sesin enerjisi ve şiddeti artar. Genliği fazla olan ses dalgalarının oluşturduğu sese şiddetli ses, genliği az olan ses dalgalarının oluşturduğu sese ise zayıf ses denir.
3. *Frekans (f)* : Bir saniyede belirli bir noktadan geçen dalgaların sayısıdır. Birimi hertz'dir (Hz).

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.1)$$

(T: Bir tam ses dalgasının üretilmesi için gereken süre; **periyot**) [12].

İnsan kulağı 20-20.000 Hz arasındaki sesleri duyar.

Ses frekansları insan kulağının duyma derecesine göre üçe ayrılır. Bunlar;

- I. İnfrasonik ($f < 20\text{Hz}$) : Çok düşük frekanstaki sesler.
- II. Duyulabilir ($20\text{ Hz} \leq f \leq 20.000\text{ Hz}$)
- III. Ultrasonik ($f > 20.000\text{ Hz}$) : Çok yüksek frekanstaki sesler [12].

Tablo 2.1'de farklı canlıların duyma aralıkları yer almaktadır [12].

Tablo 2.1: Farklı canlıların sesi duyma aralıkları (Hz) [12].

Türler	Duyuma Aralıkları(Hz)
Kaplumbağa	20 - 1000
Kırmızı akvaryum balığı	100 - 2000
Kurbağa	100 - 3000
Güvercin	200 - 10000
Serçe	250 - 12000
İnsan	20 - 20000
Şempanze	100 - 20000
Tavşan	300 - 45000
Köpek	50 - 46000
Kedi	30 - 50000
Gine domuzu	150 - 50000
Sıçan	1000 - 60000
Fare	1000 - 100000
Yarasa	3000 - 120000
Yunus	1000 - 130000

4. *Hız (c)*: Sesin havadaki hızı 343 m/s'dir (20 °C'de). Ses hızı sıcaklığa bağlı olarak değişir:

$$c = v_{\text{snd}} = (331 + 0,60T_c) \text{ m/s} \quad (2.2)$$

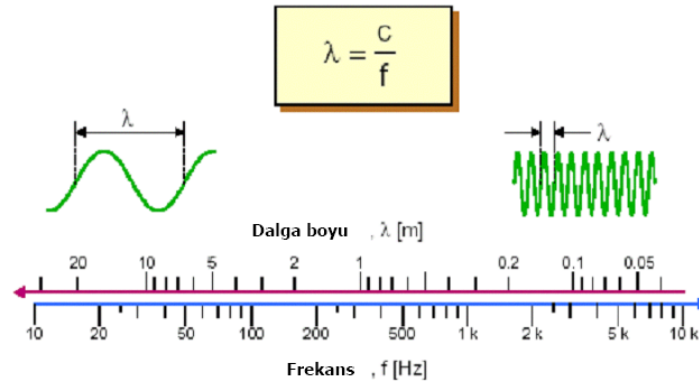
(T_c atmosferin °C cinsinden sıcaklığıdır) [12].

Ses hızı dalga boyu ve frekansın çarpımına eşittir:

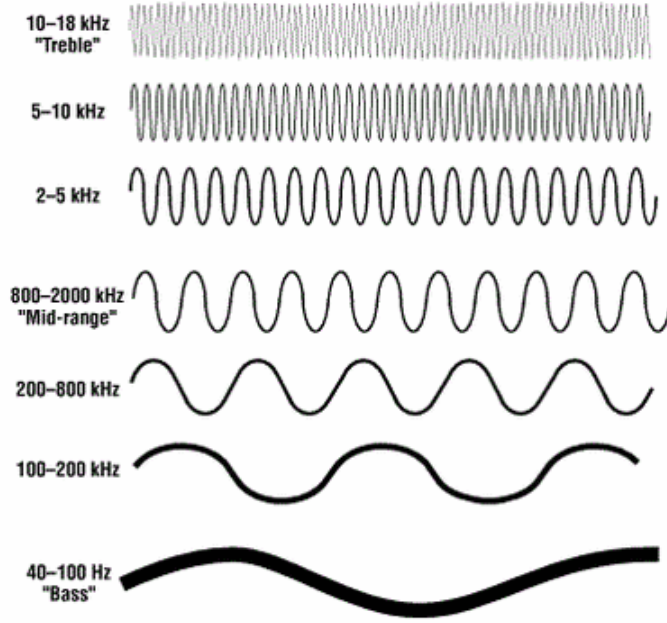
$$c = \lambda \cdot f \quad (2.3)$$

Bu eşitlikten anlaşılacağı üzere dalga boyu ile frekans ters orantılıdır. Yüksek frekanslara sahip seslerin dalga boyları kısa, düşük frekanslara sahip seslerin dalga boyları uzun olur.

Şekil 2.2 ve 2.3'te düşük ve yüksek frekanslı seslerde sesin dalga boyundaki değişimler gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Düşük ve yüksek frekanslı seslerde sesin dalga boyundaki değişimler [13].



Şekil 2.3: Düşük ve yüksek frekanslı seslerde sesin dalga boyundaki değişimler [14].

2.1.2 Desibel (dB)

Desibel, ses dalgasının şiddetini ölçmek için kullanılan bir terimdir. Birimi dB'dir ve iki farklı ses basıncının birbirlerine oranının logaritması olarak tanımlanır [15].

$$L = 20\log\left(\frac{p}{p_0}\right) \quad (2.4)$$

Eşitlikte p (Pa) ölçülen ses basıncını, p_0 insan kulağının duyabileceği en düşük basıncı (2×10^{-5} Pa), L ise sesin basınç seviyesini desibel cinsinden göstermektedir [15].

Bir insanın normal konuşması 60 dB, bir jet motorunun sesi ise 164 dB'dir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Çeşitli seslerin şiddetleri(dB) [16].

Kaynak (mesafeye bağlı olarak)	dB
Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan atom bombaları	248
İnsanın ses dalgasından ölümü (şok)	202-198
Büyük bir jet motorunun içindeki ses	164
Silah sesi	133
İnsan saçının titreşimi hissetmeye başlaması	128
Davula vurma anı	125
Ortalama bir müzik setinin max sesi	100

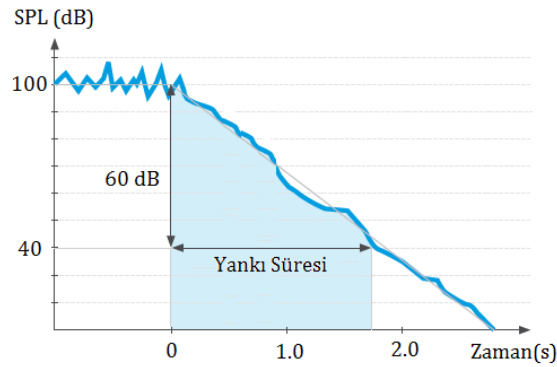
Tablo 2.2 (devam): Çeşitli seslerin şiddetleri(dB) [16].

Kaynak (mesafeye bağlı olarak)	dB
Gürültülü ofis	80
Kalabalık cadde, büro, lokanta vb. yerlerde	80-60
Arka plan gürültüsü altında normal konuşma	60
Sessiz konuşma	30
Fısıldama çok sessiz	20
İnsanın nefes alması	10
3m ötede bir sivrisinek	0
20 mil ötede koşan bir insan	-30

2.1.3 Akustik

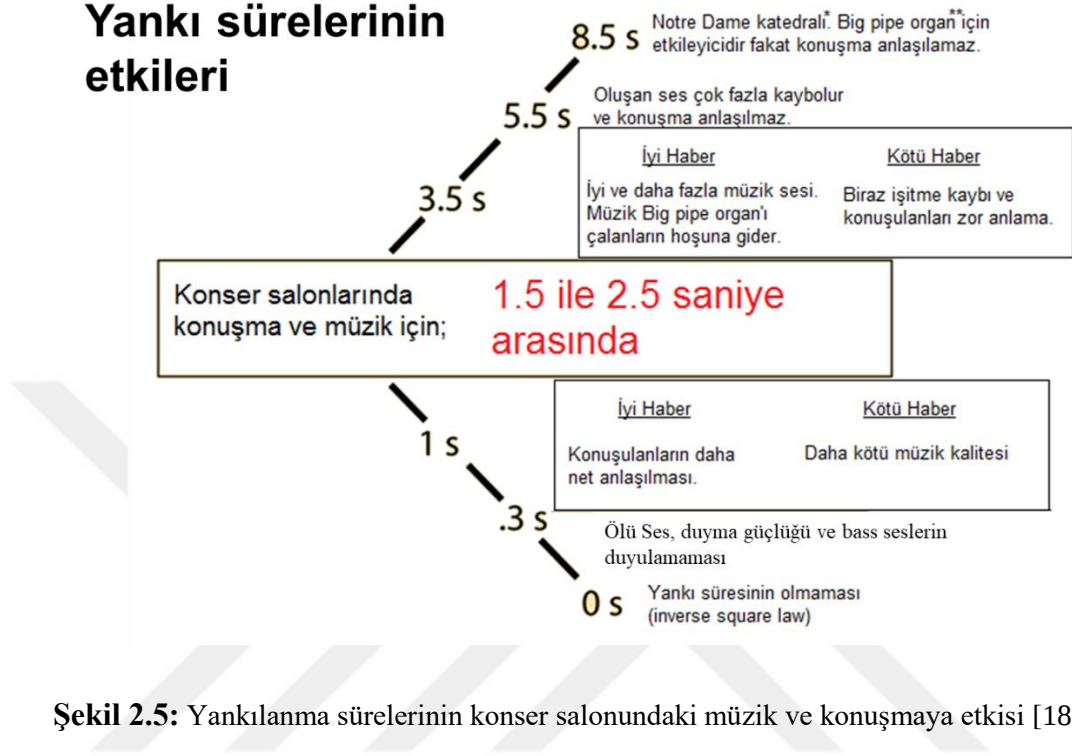
2.1.3.1 Yankılanma Süresi

Akustik olarak sesin oda içerisine yayılması için sesin dalga boyunun oda hacmine göre oldukça küçük olması gerekmektedir. Ses odada yayıldığı zaman alıcıya iki şekilde ulaşır; direk ve yansırarak. Yüzeylerden yansıyan seslerin toplamına yankılanma, ses kaynağı kapatıldıktan sonra ortamdaki ses şiddetinde 60 dB düşüş olması için gereken süreye ise yankılanma süresi denir. T_{60} ile gösterilir ve frekansa bağlıdır [17].

**Şekil 2.4:** Yankılanma süresi [16].

Yankılanma süresi odanın hacmine bağlıdır ve oda hacmi arttıkça artar. Örneğin küçük bir konser salonunda T_{60} 0,7 saniye olabilirken büyük bir konser salonunda bu süre 1,7-2,0 saniye olabilir [18]. Şekil 2.5'te yankı sürelerinin Paris'teki Notre Dame katedralinde bir konser sırasında salondaki kişilere etkisi gösterilmiştir. Konser sırasında yankılanma süresi arttıkça

enstrüman (big pipe organ) sesi daha iyi duyulur buna karşılık insanların birbirleriyle iletişimi güçleşir [18].



Şekil 2.5: Yankılanma sürelerinin konser salonundaki müzik ve konuşmaya etkisi [18].

2.1.3.2 Ses Yutma Katsayısı

Bir ses dalgası karşısına çıkan bir engelle çarptığında enerjisinin bir kısmını kaybeder. Gerek yumuşak ve lifli materyaller gerek insanın kendisi, çevrelerindeki ses dalgalarının bir kısmını yutarlar. Ses bir materyalden geçtiği zaman veya ona çarptığı zaman enerjisini ısı enerjisine dönüştürür. Bu olaya sesin yutuculuğu denir [19].

Ses yutma katsayısı(α), ses enerjisinin azaltılmasını ve yansıtılan ve yutulan ses enerjisi arasındaki ilişkiyi tanımlar. Malzeme tarafından yutulan sesin malzemeye gelen sese oranı ile ifade edilir. Ses yutucu malzemelerin katsayıları 0-0,99 arasında değişmektedir. α sıfır ise yüzeyin sesi yansıttığı, α 1 ise yüzeyin ses enerjisini yuttuğu anlaşılır. Bir materyalin ses yutma katsayısı o materyalin özelliklerine, kalınlığına ve frekans değerlerine bağlıdır [13]. Tablo 2.3'te farklı malzemelerin değişik frekanslardaki ses yutum katsayıları verilmiştir.

Tablo 2.3: Farklı malzemelerin değişik frekanslardaki ses yutum katsayıları [13].

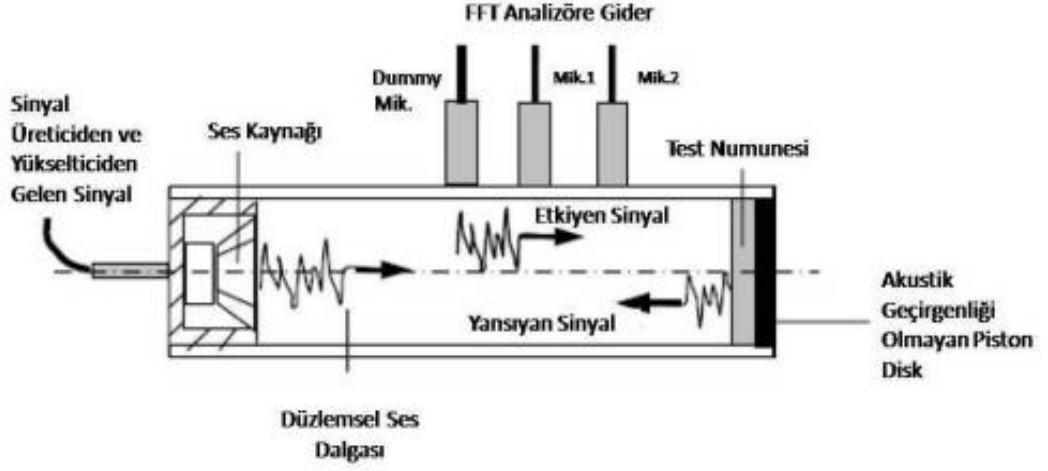
Malzeme	Oktav Bandı Merkez Frekansı(Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Alçıpan Tavan (12 mm kalınlıkta)	0,29	0,10	0,06	0,05	0,04	0,04
Beton Blok(pürüzlü)	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
Beton Blok(boyalı)	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Beton Oda Zemini	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Beton Üzerinde Plastik Yer Karosu Zemini	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Cam(Pencere Camı)	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Cam(Kalın Plaka)	0,18	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02
Cam Yünü Levha(4 cm kalınlıkta)	0,86	0,91	0,80	0,89	0,62	0,47
Halı (kauçuk köpük üzerinde)	0,08	0,24	0,57	0,69	0,71	0,73
Kontrplak Levha(1 cm kalınlıkta)	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11
Mermer Yer Karosu	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Parke Oda Zemini	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Sıva(kaba)	0,14	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03
Sıva	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Tahta Kapı	0,10	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04
Tahta Tavan Kaplaması(geçmeli)	0,24	0,19	0,14	0,08	0,13	0,10
Tahta Zemin	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Tuğla	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Tuğla (boyalı)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03

2.1.3.3 Empedans Tüp Yöntemi ile Materyalin Ses Yutum Katsayısının Belirlenmesi

Empedans tüpü ölçüm metodu, test edilecek materyalin yüzeyinde oluşan akustik empedans değerlerinin etkiyen ve yansıyan ses dalgalarının ölçülmesi ile bulunur. Elde edilen yüzey empedansı değerinden ses yutum katsayısı değeri hesaplanır.

Test sisteminin kullandığı yazılım vasıtası ile sinyal üretilir. Yükselticiden geçen sinyal, hoparlör aracılığı ile tüpün içerisinde düzlemsel ilerleyen ses dalgasına dönüşür. İki mikrofondan ayrı ayrı basınç değerleri ölçülür ve birbirlerine oranı bulunur (transfer fonksiyonu). Bu oran yansıma çarpanı ile ilişkilendirilir ve bu yansıma çarpanından mevcut frekansa ait ses yutum katsayısı değeri bulunur [20].

Ölçüm işleminde empedans tüpü, sinyal üretici, FFT analizör, mikrofon, frekans ve sinyal ölçer aparatları kullanılmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Empedans tüpü ses yutum ölçüm düzeneği [20].

2.1.3.4 Ses İletim Kaybı ve Empedans Tüp Yöntemi ile Ölçümü

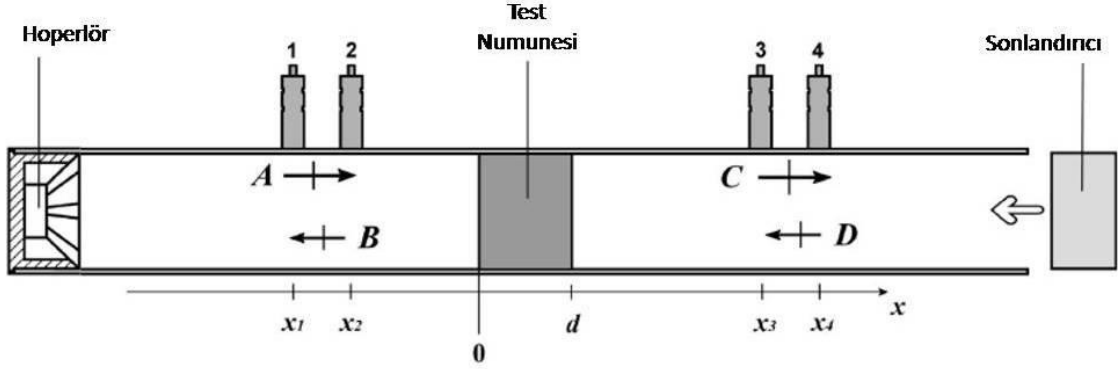
Ses iletim kaybı ses dalgalarının farklı yoğunluklardaki ortamlardan geçmesi sırasında oluşan sönümlenme olayıdır. Örneğin, sokaktan gelen gürültünün pencere camından geçerken uğradığı ses kaybı bu türden bir sönümleme olayıdır.

Ses iletim kaybı, malzemelerin ses yalıtım kapasitelerini dB cinsinden veren özelliktir ve

$$TL = 10 \log \frac{W_1}{W_2} \text{ (dB)} \quad (2.5)$$

ile ifade edilir. W_1 bir malzemenin üzerine gelen toplam ses enerjisini simgelerken, W_2 ise malzemeden iletilen ses enerjisidir. Malzemelerin ses iletim kayıpları, malzemelerin özelliklerine, yüzey yoğunluklarına ve frekansa bağlı olarak değişmektedir[20].

Ses iletim kaybının empedans tüpünde ölçülmesi için empedans tüpüne ek aparatlar yerleştirilmektedir. Şekil 2.7'deki ölçüm düzeneğinde iki adet ölçüm ortamı oluşturulduğu görülmektedir. Test edilecek numuneler bu iki ortam arasındaki tüplere konulmaktadır. Hesaplamaların düzgün yapılması için ikinci ortamdaki bulunan yansıyan ses dalgası denklemden çıkarılır ve ölçümler yapılırken sonlandırıcı kullanılır. Ölçümler, iki kez, tüpün ucu açık olacak şekilde yapılır. Sonlandırıcı olarak ifade edilen aparatın önünde kalın bir sünger tabakası yer alır ve bu aparat etkiyen dalga (C) tamamen sönümlenmesini sağlar. Bu aparat sayesinde yansıyan dalga (D) 0 değerini alır.



Şekil 2.7: Empedans tüpü ses iletim kaybı ölçüm düzeneği [20].

2.2. DOĞAL LİFLER VE AKUSTİK ÖZELLİKLERİ

Doğal lifler ağırlıklı bitkisel lifler olmak üzere hayvansal lifler ve inorganik lifler de dahil akustik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda jüt, kenaf, kenevir, keten gibi gövde lifleri, hindistan cevizi gibi meyve lifleri, pamuk ve kapok gibi tohum lifleri ya da çay gibi yaprak lifleri de yer alabilmektedir [21-24].

Bitkisel liflerin bu çalışmalarda çoğunlukla tercih edilmelerinin sebebi çevre dostu ve yenilenebilir olmasıdır [22]. İnorganik lifler çevreye ve insan sağlığına zarar vermesi sebebiyle, sentetik liflerin de birçoğunun doğada parçalanmamaları sebebiyle bitkisel liflerle ilgili çalışmalar hem akustik alanda hem de kompozit malzemelere takviye olarak kullanımı artmaktadır [22],[25]. Şekil 2.8’de Mercedes marka otomobilde kullanılan doğal elyaf takviyeli kompozit materyaller sergilenmiştir.



Şekil 2.8: Mercedes Benz E serisinde kullanılan doğal elyaf takviyeli kompozit materyaller [25].

Çalışmada doğal liflerden pamuk, keten, kenevir ve kenaf kullanılmıştır. Bu bölümde kullanılan her bir lifin genel ve akustik özelliklerine değinilecektir. Ayrıca bu liflerle ilgili yapılmış çalışmalardan da kısaca bahsedilecektir.

2.2.1 Pamuk

Pamuk lifi bilimsel adıyla *Gossipium herhaceum* bitkinin tohum kısmından elde edilir. Pamuk lifi tekstil sektöründe özellikle giyim alanında en çok kullanılan doğal liftir [25]. Bunun yanı sıra tekstil atıklarından toplanarak geri dönüştürülen pamuk lifleri de değerlendirilip kullanılmaktadır. Pamuk lifinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 2.4'te yer almaktadır.

Tablo 2.4: Pamuk lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri [25].

Fiziksel ve Mekanik Özellikler	Değerler
Yoğunluk(g/cm^3)	1,5-1,6
Kopma-Uzama(%)	7,0-8,0
Kopma Mukavemeti (Mpa)	287-597
Elastik Modülü(Gpa)	5,5-12,6

Pamuk lifinin ses yutum performansı ile ilgili Mamtaz ve ark. yaptıkları çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmada pamuk lifinin yalın ve kompozit olarak ses yutum değerleri 500 Hz frekans bandında 3 farklı kalınlıkta araştırılmış olup çalışmanın sonuçları Tablo 2.5'te yer almaktadır.

Tablo 2.5: Pamuk lifinin yalın ve kompozit halindeki ses yutum değerleri [26].

Materyal	Frekans(Hz)	Kalınlık(mm)	Ses Yutum Değerleri
Pamuk lifi	500	30	0,34
		40	0,37
		50	0,62
Pamuk lifi-kauçuk granül	500	30	0,29
		40	0,42
		50	0,74

Bu sonuçlara göre 500 Hz frekans bandında pamuk lifinin kalınlığı arttıkça ses yutum performansı iyileşmekte olup kauçuk granülü ile kompozit oluşturduğunda ise aynı kalınlıklarda daha iyi performans sergilediği görülmektedir.

2.2.2. Keten

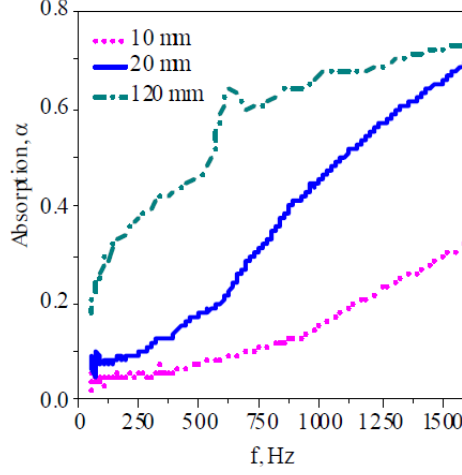
Keten lifi bilimsel adıyla *Linum usitatissimum* bitkinin gövde kısmından elde edilir. Keten tohumu % 40-45 oranında yağ içerdiğinden dolayı tohumdan çıkarılan bu yağ boyacılıkta kullanılır. Yağı çıkarılıp geriye kalan kütse kısmı ise hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir [27]. Keten lifinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 2.6'da yer almaktadır.

Tablo 2.6: Keten lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri [25].

Fiziksel ve Mekanik Özellikler	Değerler
Yoğunluk (g/cm ³)	1,5
Kopma-Uzama (%)	2,7-3,2
Kopma Mukavemeti (Mpa)	345-1035
Elastik Modülü (Gpa)	12,0-26,0

Yakimovich ve ark. keten lifi ile ilgili yaptığı çalışmada materyalin kalınlığının ses absorplama performansı üzerine etkisini değerlendirmiştir [28]. Bu çalışmada % 70 keten lifi ile % 30 polipropilen liflerinden bileşim hazırlanıp farklı kalınlıklardaki bileşimlerin ses yutum değerleri incelenmiştir. Bu verilere göre çalışmada kullanılan en kalın materyal (120 mm) düşük ve orta

frekans bandı aralıklarında en iyi ses yutum değerini vermektedir. Şekil 2.9’da çalışmaya ait veriler yer almaktadır.



Şekil 2.9: Keten ve polipropilen liflerinden oluşan bileşimin farklı kalınlıklardaki ses yutum değerleri [28].

2.2.3 Kenevir

Kenevir lifi bilimsel adıyla *Cannabis Sativa* bitkinin gövde kısmından elde edilir. Tekstil sektöründe sıklıkla kullanılır ve yalıtım performansı oldukça iyidir. Bor tuzları ilavesiyle kenevirin yanmazlık özelliği artırılır ve bu şekilde insan sağlığına herhangi bir olumsuz etkisi bulunmadığından dolayı yalıtım panellerinde kullanılabilir [29]. Kenevir lifinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 2.7’de verilmiştir.

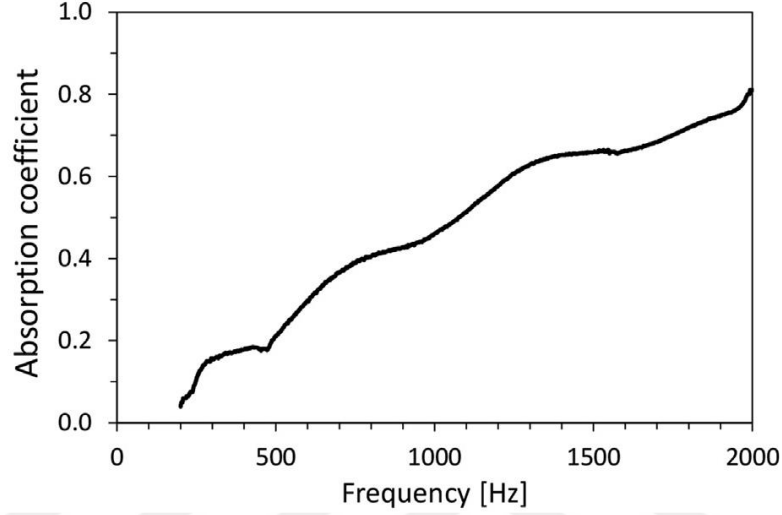
Tablo 2.7: Kenevir lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri [30].

Fiziksel ve Mekanik Özellikler	Değerler
Yoğunluk (g/cm ³)	1,48
Kopma-Uzama (%)	1,6
Kopma Mukavemeti (Mpa)	690
Elastik Modülü (Gpa)	70

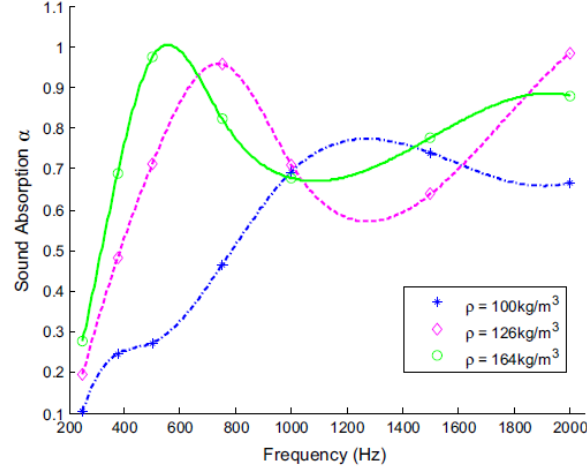
Kenevir lifinin akustik performansı ile ilgili yapılan çalışmalardan Berardi ve Lannace’nin 2015 yılında yaptığı çalışmalara göz atıldığında 3 cm kalınlığındaki lifin yüksek frekanslara doğru çıkıldıkça ses yutumu değerlerinin daha iyi sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır [31]. Tablo 2.8’de bu çalışmaya ait veriler ile Şekil 2.10’da çalışmaya ait verilerin grafiği verilmiştir.

Tablo 2.8: Kenevir lifinin ses yutum değerleri (Berardi ve Lannace, 2015).

Kalınlık (cm)	Frekans(Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
3	0,05	0,09	0,16	0,26	0,44	0,59

**Şekil 2.10:** Kenevir lifinin ses yutum değeri grafiği (Berardi ve Lannace, 2015).

Şekil 2.11’de ise Kinnane ve arkadaşlarının Kenevir lifi üzerine yaptıkları çalışmanın grafiği yer almaktadır [32]. Bu çalışmada kenevir lifi 3 farklı yoğunlukta değerlendirilmiştir. Buna göre 164 kg/m^3 yoğunlukta 600Hz-1000Hz aralıklarında ses yutumu 0,62 olup 2000Hz’de ise 0,82 ses yutum katsayısına ulaşmıştır. Kenevir lifinin 126 kg/cm^3 yoğunlukta 2000 Hz’de en yüksek ses absorplama özelliği olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2.11: Kenevir lifinin ses yutum değerleri (Kinnane ve ark, 2016).

2.2.4 Kenaf

Kenaf lifi, bilimsel adıyla *hibiscus cannabinus* bitkinin gövdesinden elde edilir. Hem yalın olarak hem de kompozit malzemelere takviye lifi olarak yaygın bir şekilde kullanılır [29]. Genel pazarı kağıt sanayi, inşaat malzemeleri ve hayvan yemidir. Kenaf lifinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 2.9'da verilmiştir.

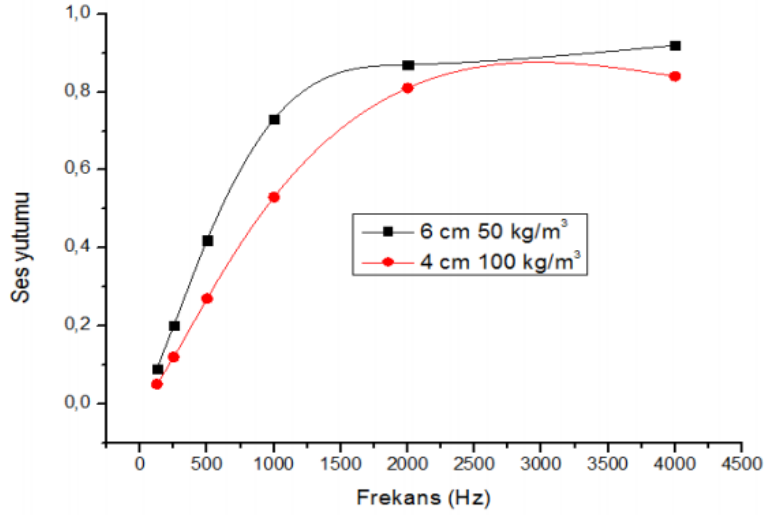
Tablo 2.9: Kenaf lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri [33].

Fiziksel ve Mekanik Özellikler	Değerler
Yoğunluk (g/cm^3)	1,4
Kopma-Uzama (%)	1,6-3,5
Kopma Mukavemeti (Mpa)	350-600
Elastik Modülü (Gpa)	21-60

Kenaf lifinin akustik performansı ile ilgili yapılan çalışmalardan Berardi ve Lannace'nin 2015 yılında yaptığı çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmada kenaf lifinin ses yutum performansı 4 ve 6 cm kalınlıklarında 100 g/m^3 yoğunlukta incelenmiştir. Tablo 2.10'da bu çalışmaya ait frekans aralıkları ve bu aralıklara denk gelen ses yutum katsayıları, Şekil 2.12'de ise bu tablonun grafiği verilmiştir. Buna göre kenaf lifinin kalınlığı 6 cm ve yoğunluğu 100 g/m^3 alındığında 1000 ile 4000 Hz frekans aralıklarında oldukça iyi performans sergilediği görülmüştür.

Tablo 2.10: Farklı yoğunluk ve kalınlıklardaki kenaf lifinin değişik frekans aralıklarındaki ses yutumu değerleri [31].

Kalınlık(cm)	Yoğunluk(g/m ³)	Frekans(Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
4	100	0,05	0,12	0,27	0,53	0,81	0,84
6	100	0,08	0,21	0,47	0,80	0,92	0,96



Şekil 2.12: Kenaf lifinin ses yutumu katsayısı değerleri [29].

2.3 POLİMERLER VE AKUSTİK ÖZELLİKLERİ

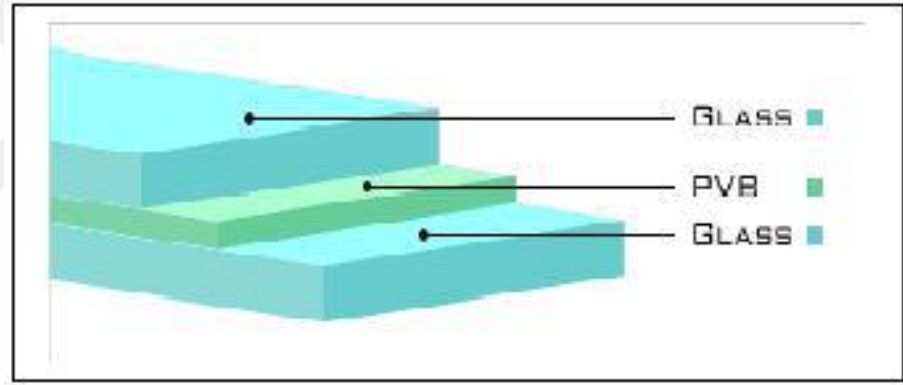
Polimerler, monomer adı verilen en küçük birimlerin kovalent bağı ile birbirlerine bağlanarak oluşturdukları molekül ağırlığı yüksek organik bileşiklerdir. Çok eski tarihlerden itibaren kullanılan doğal polimerler işlenme zorluğu, mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yetersiz oluşundan ötürü yerini yarı sentetik ve sentetik polimerlere bırakmıştır [34].

Polimerler günlük hayatta oldukça geniş alana sahiptir. Bunun sebebi; hafif olmaları (yoğunlukları 0.9 g/m³ ile 2.5 g/m³ arasındadır), düşük maliyet, yüksek kimyasal dayanıklılık, yüksek darbe mukavemeti ve esneklik gibi avantajlı özelliklere sahip olmalarıdır [35].

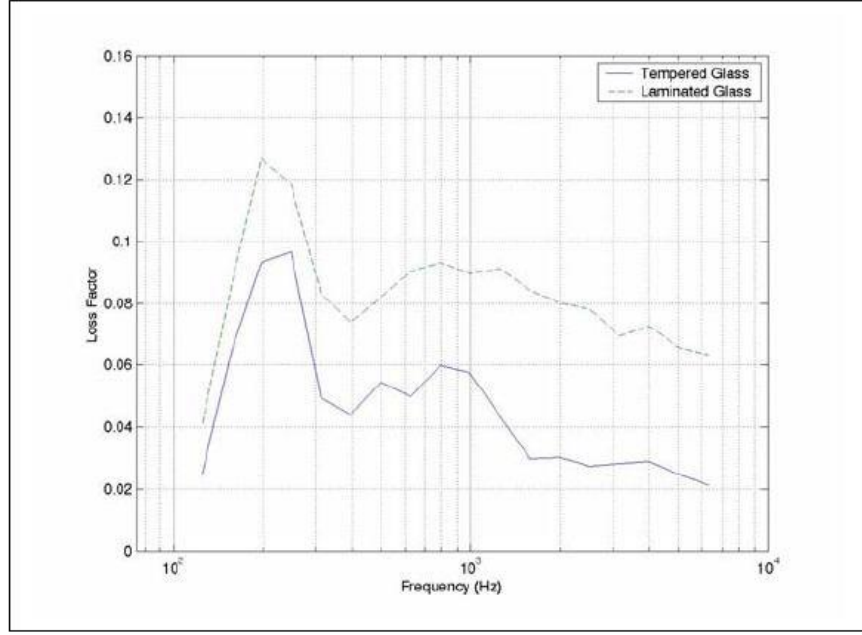
Polimerler termoplastikler (amorf ve yarı-kristal), termosetler ve elastomerler olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Termoplastikler ısıtılınca yumuşayıp eriyebilen ve tekrar şekillendirilebilen polimerler iken termosetler belirli bir sıcaklığın üzerinde kalıcı olarak sertleşip ısıtılınca yumuşamayan polimerlerdir. Elastomerler ise çekme kuvveti uygulandığında yüksek oranda uzama gösterip kuvvet kaldırıldığında ilk uzunluğuna geri dönen, çapraz bağlarla bağlanmış

kauçuğumsu polimerlerdir [34]. Doğal kauçuk, SBR, EPDM, Poliisopren gibi polimerler elastomer grubunda iken Epoksi, PUR, Melamin gibi polimerler termoset ve PET, PE, PP, PVC, ABS gibi polimerler ise termoplastik polimerler grubundadır.

Ses yalıtımı ve sönümü sağlamak amaçlı kullanılan polimerler, kompozit ve sandviç lamine camlar şeklinde hem otomotiv hem de inşaat sektöründe yer almaktadır. Bu polimerler arasında PVB (polivinil bütrol) polimer maddesi Şekil 2.13'te görüldüğü gibi iki cam arasına sıkıştırılmıştır. Bu teknikte polimer malzeme, basınç ve ısı ile iki cam arasına sıkıştırılarak sandviç cam lamine malzeme haline gelmiştir. Elde edilen bu malzeme hem camda meydana gelen titreşimleri hem de araç içine giren rüzgâr ve yoldan kaynaklanan gürültüleri sönümleyerek azaltmaktadır [36]. Şekil 2.14'te PVB ile üretilmiş ve temperlenmiş cam için ses kayıp oranları grafik halinde verilmiştir.



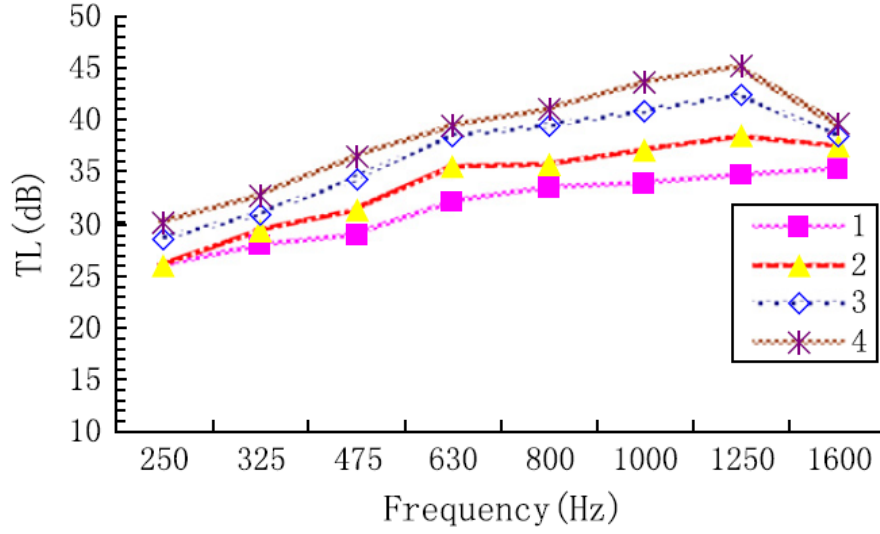
Şekil 2.13: Sandviç tipi lamine cam örneği [36].



Şekil 2.14: Temperlenmiş cam ve PVB cam için ses kayıp oranları [36].

Bunun yanı sıra, frenden kaynaklanan tiz sesleri sönmüleyebilmek ve azaltabilmek için yüksek sıcaklıklara dayanımlı nitril kauçuk fenolleri ve floropolimerler de kullanılmaktadır. Bu tip yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemeler, çok katmanlı kompozit lamine malzemeler şeklinde üretilmektedir.

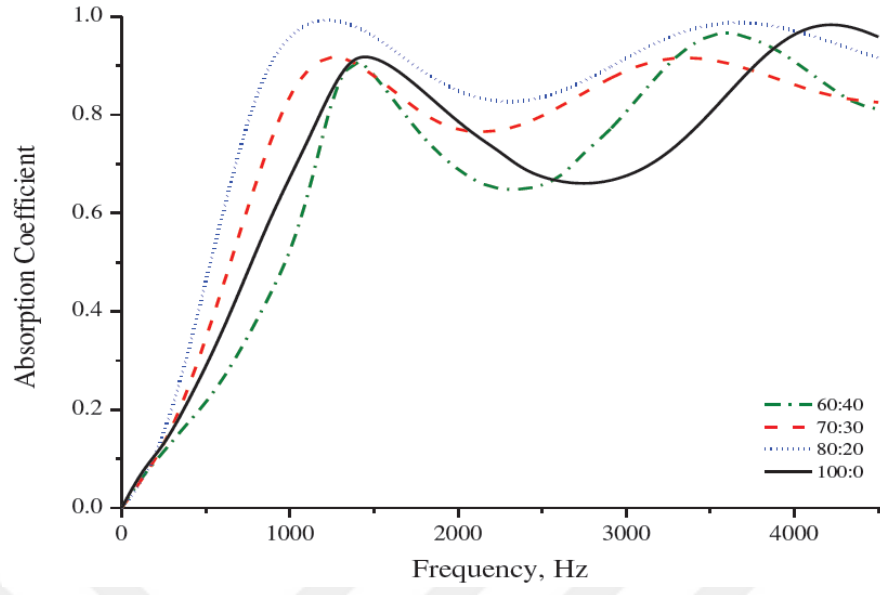
Bunlara ek olarak yapılan deneysel araştırmalara göz atıldığında, polimer maddelerin ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı değerlerinde iyileştirmeler sağladığı gözlemlenmiştir. Zhao ve arkadaşlarının ahşap-atık kauçuk lastik kompozitinin ses yalıtım performansları üzerine yaptığı deneysel çalışmalarda, ticari bir ürün olan ahşap yonga levhaya belirli oranlarda geri dönüştürülmüş kauçuk lastik katıldığında, ürünün akustik performansında iyileşmeler olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 2.15'te bu çalışmaya ait ses iletim kaybı değerleri görülmektedir. Bu çalışmanın sonucuna göre 4 numaralı 50:50 oranındaki ahşap / geri dönüştürülmüş kauçuk kompozitinin, 3 numaralı 60:40 oranındaki ahşap / geri dönüştürülmüş kauçuk kompozitine ve 1 ve 2 numaralardaki, ticari ahşap yonga levha ve döşemelik ahşaba kıyasla ses iletim kaybının arttığı görülmektedir [36].



Şekil 2.15: Zhao ve arkadaşları tarafından ahşap-atık kauçuk lastik üzerine yaptığı deneysel çalışma [1 numara: ticari ahşap yonga, 2 numara: ticari döşemelik tahta, 3 numara: 60:40 ahşap / geri dönüştürülmüş kauçuk kompozit, 4 numara: 50:50 ahşap / geri dönüştürülmüş kauçuk kompozit] [37].

Hem ahşap hem geri dönüştürülmüş kauçuklar, viskoelastik ve polimerik malzemelerdir. Makromoleküler polimerler titreşim ve ses dalgasından gelen gerilimlere maruz kaldıklarında, yapıları son derece elastik olarak deforme olurlar. Bu deformasyon gecikmesinin nedeni ise, gerilimden dolayı kauçuk molekülünün zincirlerinin hareketi ile açıklanmaktadır. Geciken bu deformasyonun hareketi, direncin üstesinden gelme ile, ısı enerjisine dönüştürme ile ve bu enerjinin çevreye dağılması ile çalışır. Bu teoriye göre, viskoelastik materyallerin, viskoelastik olmayan materyallere kıyasla daha iyi bir ses geçirmezlik özelliği olacaktır. Bu makromoleküler polimerik malzemeler sadece enerji tasarrufu yapmakla kalmaz aynı zamanda enerjiyi dağıttıklarından daha fazla ses enerjisi tüketilir [37].

Sambu ve arkadaşlarının yaptığı deneysel çalışmada ise Arrenga Pinnata ve doğal kauçuktan oluşan kompozit materyalin ses yutum performanslarını incelemişlerdir. Bu çalışmada Arrenga Pinnata/Doğal kauçuk oranı 80:20 hazırlandığında ses yutum performans değerleri % 100 Arrenga Pinnata'ya göre daha iyi sonuçlar vermiştir. En iyi ses yutum değeri 0,8 ile 0,9 aralığında olup frekans bandı 1000 Hz – 4000 Hz aralığındadır. Bu çalışma sonucunda lifli bir yapı içerisine doğal bir polimerin takviyesinin ses yutum performansını iyileştirdiği görülmüştür.



Şekil 2.16: Arrenga Pinnata / doğal kauçuk kompozit materyalin ses yutum performansları [38].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 MALZEME

Çalışmada hedeflenen numune iki katmandan oluşup her bir katman farklı malzeme içermektedir. Bunlar sırasıyla, polipropilen-doğal elyaf karışımı dokunmamış kumaş ve polimer içerikli ağır katmandır.

Çalışmada ilk katman olarak doğal elyaf ve sentetik elyaf karışımı kullanılmıştır. Tablo 3.1’de kullanılan doğal ve sentetik elyafın çeşitleri ve yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan elyaf çeşit ve yüzdeleri.

Doğal Elyaf	Yüzde	Sentetik Elyaf	Yüzde
Pamuk	70	PP	30
Keten	70	PP	30
Kenevir	70	PP	30
Kenaf	70	PP	30

İkinci katman olarak kullanılan ağır katman ise kalsit dolgulu polietilen, modifiye poliolefin ve masterbatch karışımlarından oluşmakta iken ses iletim performansını iyileştirmek amaçlı 1000 g/m² gramajdaki bu numuneye elastomer de eklenmiştir.

Çalışmada dört farklı doğal elyaf – polipropilen dokunmamış kumaş karışımlarının birim alan kütleleri 1600 g/m² olup her bir kumaş iğneleme yöntemiyle hazırlanmıştır. Her bir numunedeki doğal elyaf ve polipropilen yüzde oranları aynıdır (Tablo 3.1). Aynı şekilde ağır katmanın da yüzdesel oranları aynı kalıp altı farklı birim alan kütlelerindeki numuneler ekstrüderde hazırlanmıştır (Tablo 3.2).

Çalışmanın amacı en iyi akustik performansı sergileyen doğal elyaf katkılı dokunmamış kumaşı bulup ağır katman ile birleştirerek, ağır katmanı mevcut ürünlere oranla hafifletmek ve ses kaynağından gelen vibrasyonu daha iyi sönümleyebilmek için geliştirmektir. Bu amaçla kullanılan farklı lif çeşitleri ile ağır katmanın gramajları Tablo 3.2’de gösterildiği gibidir.

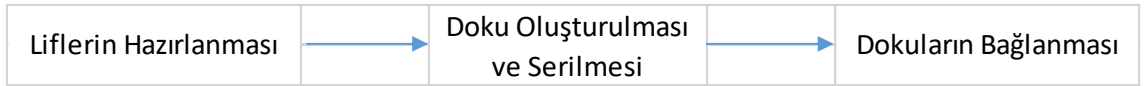
Tablo 3.2: Çalışmada kullanılan doğal elyaf - PP dokunmamış kumaş ile ağır katmanın metrekaresindeki gram ağırlıkları.

Numune	Gramaj (g/m ²)
Pamuk	1600
Kenaf	1600
Keten	1600
Kenevir	1600
	1000
	2000
Ağır Katman	3000
	4000
	5000
	6000
Elastomer Katkılı Ağır Katman	1000
Bitmiş Ürün	2600

3.2 YÖNTEM

3.2.1 Kumaş Üretimi

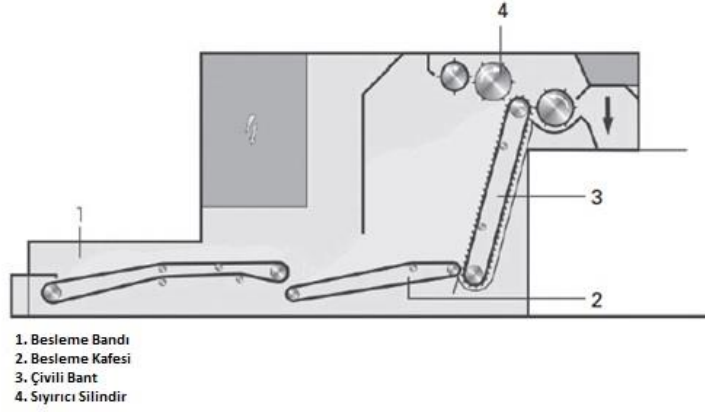
Bu çalışmada hazırlanacak olan dokunmamış kumaşlar Şekil 3.1'deki işlem sırasına göre ilerlemiştir. İstenilen oranlarda doğal ve sentetik lifler karıştırılmış, ardından doku oluşturulup bu doku çapraz serici ile serilmiş ve son aşamada dokular bağlanmıştır.



Şekil 3.1: Dokunmamış kumaş üretimi işlem sırası.

3.2.1.1 Liflerin Hazırlanması

Dokunmamış kumaş örneklerinin hazırlanması için ilk olarak balyalar halinde bulunan liflerin balya açıcıda açılması gerekmektedir. Şekil 3.2'de balya açıcının teknik çizimi verilmiştir.



Şekil 3.2: Balya açıcı teknik çizimi [39].

Bu makinede amaç, daha iyi bir karışım elde edebilmek için lifleri kırmadan birbirlerinden ayırmak ve balyalar içerisinde olabilecek metal parçalarını tespit edebilmektir [40]. Balya açıcılara lifler elle beslenmekte ve üretim hızları lif türlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu makinelerde lifler silindirlerle açıldıktan sonra hava ile taşınıp lif biriktirme bölümünde toplanmaktadır.

3.2.1.2 Doku Oluşturulması ve Serilmesi

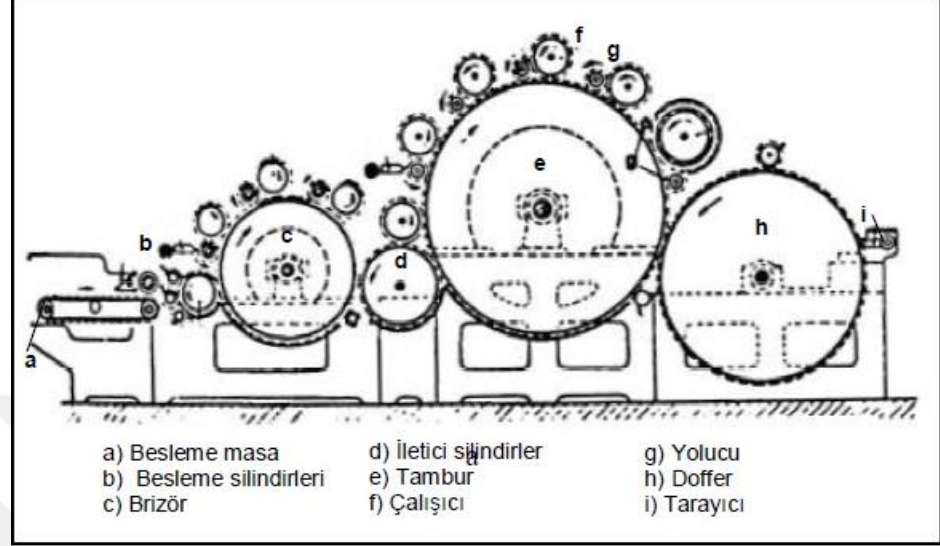
Bu çalışmada dokuların serilmesi için kuru serme yöntemlerinden biri olan tarak makinesi (Tablo 3.3) ile serici olarak çapraz serici kullanılmıştır.

Tablo 3.3: Tülbent Esaslı Kumaş Üretim Yöntemleri [40].

Doku Oluşturma Teknikleri		
Filament Serme Teknolojisi	Islak Serme Teknolojisi	Kuru Serme Teknolojisi
- Filament Esaslı İşlem - Eritilerek Püskürtme		- Tarak Makinesi - Hava ile Serme Makinesi

Tarak makinesinin amacı lifleri mümkün olabildiğince açmak ve ince bir tülbent doku oluşturmaktır [40]. Lifler hava ile taşınıp lif toplanma bölgesine geldikten sonra tarak makinasında açılıp ince tülbent halinde serilir ve çapraz serici yardımıyla istenilen kalınlıkta ve

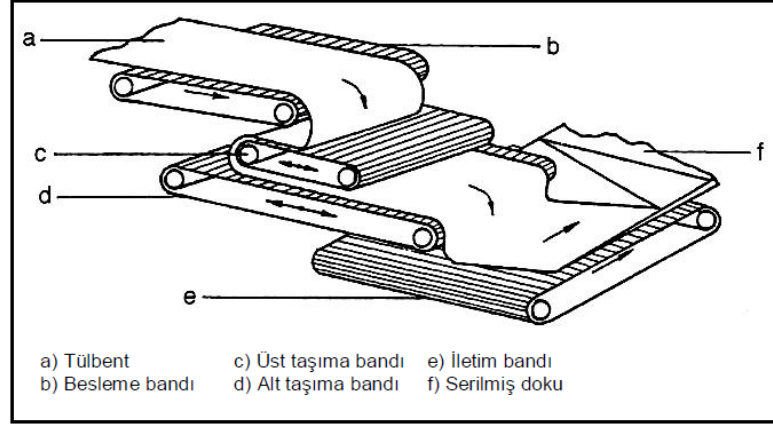
ende üst üste dizilerek iğneleme makinesine gönderilir. Şekil 3.3'te bir tarak makinesinin genel olarak teknik çizimi verilmiştir.



Şekil 3.3: Tarak makinesi teknik çizimi [41].

Tarak makinesinde birbirine zıt yönde çalışan tambur ve çalışıcı silindirler ile lifler tek tek açılmakta ve karışım homojen hale getirilmektedir. Besleme silindirlerinin hızlarının ayarlanması ile ürünlerin gramajları ayarlanabilmektedir.

Tarak makinesinden gelen ince tülbent doku tülbentin çıkış yönüne konulmuş çapraz sericiye geçer. Çapraz serici dokuları istenilen ende ayarlayarak sağa sola hareket eder ve hareketli bir bandın üzerine serer. Makine yönü bu serilme esnasında ileri yönde hareket ettiğinden gelen doku çapraz olarak serilmiş olur. Bu makine ile tülbent dokunun her noktasında aynı gramajın oluşumu ve metrekaresindeki istenilen doku ağırlığının kazanılması sağlanılır [40]. Şekil 3.4'te çapraz sericinin teknik çizimi verilmiştir.



Şekil 3.4: Çapraz serici teknik çizim [41].

3.2.2.2 Dokuların Bağlanması

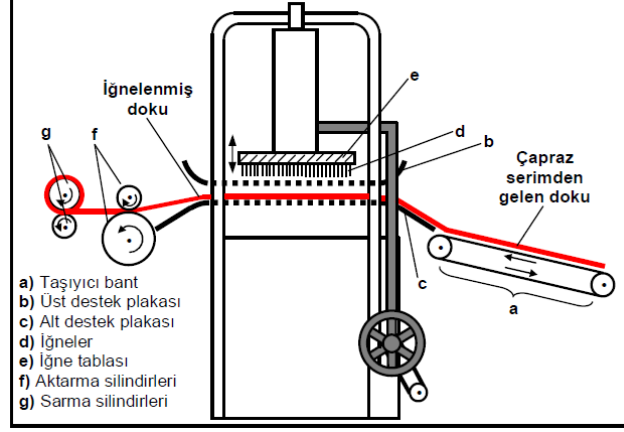
Dokuları bağlamak için kimyasal, ısı ve mekanik yöntemlerden faydalanılır (Tablo 3.4). Bu çalışmada oluşturulan doku, mekanik bağlama yöntemlerinden biri olan iğneleme yöntemi ile bağlanarak kumaş haline getirilmiştir.

Tablo 3.4: Tül bent esaslı kumaşlarda doku bağlama yöntemleri [40].

Doku Bağlama Yöntemleri		
Kimyasal Bağlama	Isı ile Bağlama	Mekanik Bağlama
- Püskürtme - Emdirme - Köpük - Baskı - Kaplama	- Kalender Silindirleri ile - Ultrasonik - Fırın	- İğneleme ile - Su Jeti ile - Dikerek

İğneleme ile doku bağlama tekniğinde iğneler ayarlanan penetrasyon derinliği ve sıklığında doku içerisine penetre olur. Çapraz sericiden hacimli bir şekilde gelen doku, iğne tablasında bulunan iğnelerin aşağı yukarı hareket etmesiyle lifleri yakalayıp birbirlerine bağlayarak daha ince bir kumaş haline getirir. Burada penetrasyon derinliği, iğneleme hızı vb. gibi parametreler

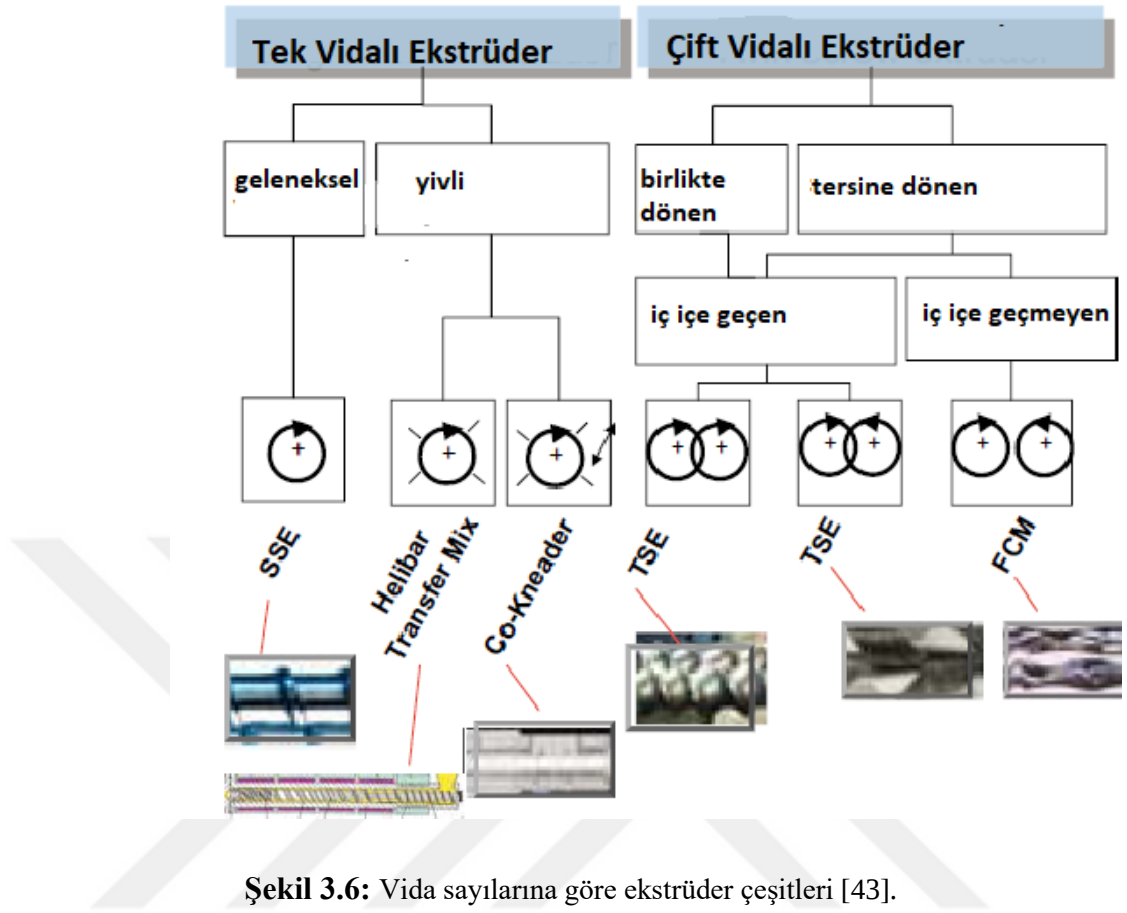
kumaşta istenilen gramajın elde edilmesinde büyük önem taşırlar. Şekil 3.5’te iğneleme tezgahının teknik çizimi yer almaktadır.



Şekil 3.5: İğneleme tezgahı teknik çizimi [41].

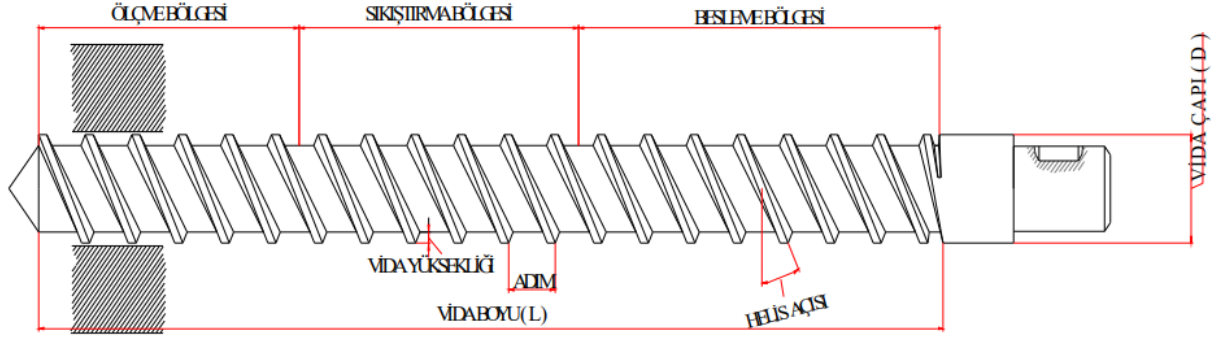
3.2.2 Polimer Esaslı Ağır Katman Malzemesinin Ekstrüzyon Prosesi ile Geliştirilmesi

Ekstrüzyon prosesi polimerlerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde polimer granülleri basınç ve sıcaklık etkisi altında ekstrüderin kovan kısmında eriyik hale gelir. Eriyik haldeki polimerler otomatik kontrol edilen ekstrüder kafasındaki dar bir yarıktan geçerek kaplanacak materyal üzerine veya kalıplara akıtılır [42]. Ekstrüderler tek vidalı ve çift vidalı olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 3.6). Bu çalışmada kullanılan ekstrüder çift vidalı olup laboratuvar ölçeklerindedir.



Şekil 3.6: Vida sayılarına göre ekstrüder çeşitleri [43].

Ekstrüdere beslenecek olan hammaddeler toz, granül veya kırık halde (geri dönüşümlü) besleme ünitesinden verilir ve bu ünite yardımıyla hammaddeler ekstrüder vidasına aktarılır. Karışım haldeki bu maddeler ilk olarak vidanın besleme bölgesine gelir ve burada ön ısıtma gerçekleşir. Vida dönerek karışım halindeki bu maddeleri ikinci bölge olan sıkıştırma bölgesine doğru ilerletir. Sıkıştırma bölgesindeki vidanın akış derinliği azaltılır ve malzeme bu bölgede sıkıştırıp eritilir. Bu bölgenin sıcaklığı ilk bölge olan besleme bölgesinin sıcaklığından yüksek olduğundan dolayı bu bölgede karışımlar yüksek sıcaklık etkisiyle erimeye başlarlar. Erimedenden dolayı karışım maddelerinde gaz çıkışı gerçekleşeceğinden silindir içerisindeki gaz vakumlanarak dışarı atılmalıdır. Son olarak eriyik haldeki karışım vidanın son bölgesi olan ölçme bölgesine gelir ve burada homojen halde istenilen işleme sıcaklık değerlerine getirildikten sonra çıkışa doğru ilerler [44]. Çıkışa doğru gelen eriyik karışım, ekstrüderin dış silindirleri arasında sıkışık haldeki kumaşla birleştirilir ve ardından soğutma silindirlerinden geçerek kumaş ile plastik madde sabitlenmiş olur [45]. Şekil 3.7’de ekstrüder vidasına ait bölmeler verilmiştir.



Şekil 3.7: Ekstrüder vidasının bölmeleri [44].

Ekstrüder prosesindeki ısıtma işlemleri vida yüzeyi ile hammadde ve silindirlerin yüzeyi arasında oluşan sürtünme kuvvetiyle gerçekleşir. Bu işlemin gerçekleşmesi için vidanın dış yüzeyi ve silindirin iç yüzeyinin sürtünme katsayıları çok düşük olmalıdır. Eğer sürtünme katsayıları yüksek olursa vida maddeleri taşıyamaz ve maddeler topaklaşmaya başlar.

Bu çalışmada kullanılan hammaddeler kalsit dolgulu polietilen, modifiye poliolefin, masterbatch ve elastomerdir. İlk olarak üretilen 1000 g/m^2 , 2000 g/m^2 , 3000 g/m^2 , 4000 g/m^2 , 5000 g/m^2 ve 6000 g/m^2 ağır katmanlar kalsit dolgulu polietilen, modifiye poliolefin ve masterbatch içermektedir. Ardından 1000 g/m^2 ağır katman yeniden hazırlanarak mevcut karışımın içerisine elastomer de eklenerek yeniden formüle edilmiştir. Çalışmada kullanılan laboratuvar ekstrüderi Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8: Çalışmada kullanılan laboratuvar ekstrüderi.

3.2.3 Numuneye Uygulanan Testler

Elde edilen numunelere kullanılacağı alanlar da belirlenerek kullanım yerlerinde kendilerinden beklenen özellikler tespit edilmiş ve Tablo 3.5'te sıralanan testler uygulanmıştır. Üretilen bu materyalin asansör boşluklarında akustik düzenleyici ve sürtünmeden kaynaklanan statik yükü hafifletici materyal olarak, otomotivde ise motordan kaynaklanan vibrasyonu sönümleyici materyal olarak aracın kaputunda kullanılması hedeflenmiş ve beklenen özellikler dikkate alınarak belirli testler uygulanmıştır.

Elde edilen 4 adet dokunmamış kumaşa:

- Gramaj Tayini
- Lif Karışım Oranları Tayini
- Kalınlık Tayini
- Güç Tutuşurluk Tayini
- Ses Yutum Katsayısı Tespiti

7 adet ağır katmana:

- Gramaj Tayini
- Ses Yutum Katsayısı Tespiti
- Ses İletim Kaybı Tespiti
- Kalınlık Tayini
- Güç Tutuşurluk Tayini

testleri uygulanmıştır.

En iyi ses yutum katsayısına sahip olan dokunmamış kumaş ile ağır katman birleştirilerek

- Gramaj Tayini
- Kalınlık Tayini
- Kopma Mukavemeti/ Uzama Tayini
- Patlama Mukavemeti Tayini
- Güç Tutuşurluk Tayini
- Ses Yutum Katsayısı Tespiti
- Ses İletim Kaybı Tespiti

testleri uygulanmıştır.

Tablo 3.5: Numunelere uygulanan testler ve standart numaraları.

Uygulanan Testler	Testin Standart Numarası
Gramaj Tayini	EN ISO 9073-1: 1989
Lif Karışım Oranları Tayini	TS 4739
Kalınlık Tayini	EN ISO 9073-2: 1995
Güç Tutuşurluk Tayini	ISO 3795
Patlama Mukavemeti Tayini	EN ISO 13938-2: 1999
Kopma Mukavemeti ve Uzama Tayini	EN ISO 9073-3: 1989
Ses Yutum Katsayısı Tespiti	EN ISO 10534-2
Ses İletim Kaybı Tespiti	EN ISO 10534-2

3.2.3.1 Gramaj Tayini

Gramaj, 1 m² materyalin gram cinsinden ağırlığıdır. Bu çalışmada ürünlerin gramaj tayinleri EN ISO 9073-1: 1989 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Bu standardın prensibine göre

kütlesi hesaplanacak deney parçasını en az 50000 mm² yüzey alanına sahip (örneğin 250 mm x 200 mm) bir kalıp ve bıçak yardımıyla kesip hassas terazide ($\pm$ % 0,1 doğrulukla tartabilen) tartarak g/m² cinsinden kütle hesaplamasını yapmaktır. Tartımı yapılacak numuneler standart gereği 24 saat boyunca 20 °C $\pm$ 2 sıcaklık ve % 65 $\pm$ 2 bağıl nemde kondüsyonlandıktan sonra 50000 mm² yüzey alanında en az üçer adet kesilmektedir.

Bu çalışmada daha sağlıklı bir sonuç almak için dokunmamış kumaş, ağır katman, elastomer katkılı ağır katman ve en iyi ses yutum katsayısına sahip olan dokunmamış kumaş - ağır katmandan beşer adet numunelerin tartımı yapılmış olup her bir numune 297 mm x 210 mm (62370 mm²) ebatlarında kesilmiştir. Bu numunelerin ortalamaları alınıp standart sapma ve % CV değerleri de hesaplanmıştır.



Şekil 3.9: Tartımı yapılan örnek numuneler.

3.2.3.2 Lif Karışım Oranları Tayini

Dokunmamış kumaşı oluşturan liflerin oranını belirlemek için kimyasal çözündürme analizi TS 4739 Tekstil Liflerinin Tanınması standardı uygulanmıştır. Dokunmamış kumaşın içeriği selülozik lifler (pamuk, keten, kenevir ve kenaf) ve polipropilen liflerinden oluşmaktadır. Kumaşın içerdiği selülozik liflerin yüzde olarak miktarının bulunması amaçlanmaktadır. Kimyasal lif analizi yapılmadan önce materyalin taşıdığı fazla nemi uzaklaştırmak amacıyla analiz edilecek materyal 110 °C'de 3 dakika tutulur. Materyalin üzerindeki nem uzaklaştırıldıktan sonra tartım işlemi gerçekleştirilir.

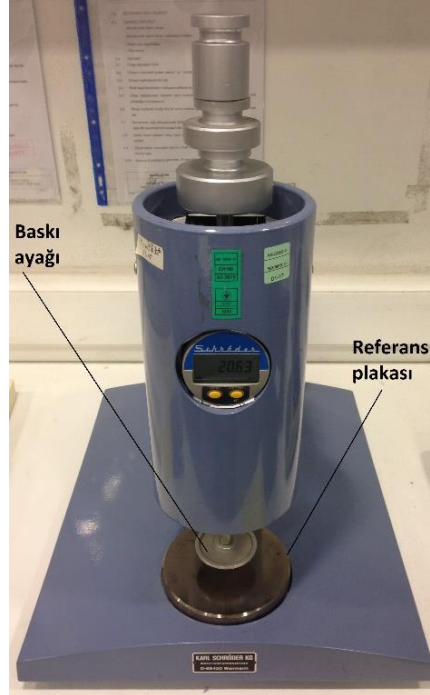
Materyalin lif karışımında öncelikle sentetik lifler % 80 fenol çözeltisinde 90 °C'de 60 dakika bekletilerek çözünme işlemi gerçekleştirilir. Materyal oda koşullarında kurutulduktan sonra tekrar tartım işlemi gerçekleştirilir. Aynı koşulları elde etmek için kalan lifler tekrardan 110 °C'de 3 dakika bekletilir.

Materyalin içeriğinde bulunan selülozik lifleri çözmek amacıyla kalan kısım % 80 sülfürik asit çözeltisi içinde 50 °C de 30 dakika bekletilir. Çözünme işleminden sonra materyal kurutulur ve tartım işlemi yapılır. Tartım işleminin sonunda ağırlık kayıplarından lif yüzdeleri hesaplanır.

3.2.3.3 Kalınlık Tayini

Kalınlık, bir materyalin ön ve arka yüzleri arasındaki mesafedir. Bu çalışmada ürünlerin kalınlık ölçüm tayinleri EN ISO 9073-2: 1995 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Materyalin ön ve arka yüzleri arasındaki mesafeyi ölçmek için referans plakasına ölçümü yapılacak olan materyal konulur. Plakaya paralel olarak duran bir baskı ayağı ile basınç uygulanır ve plaka ile baskı ayağı arasındaki kalan mesafe ölçülür. Bu standardın prensibine göre maksimum kalınlığı 20 mm olan her biri 2500 mm²'den büyük olan 10 adet numune kesilip 24 saat boyunca 20 °C±2 sıcaklık ve % 65±2 bağıl nemde kondüsyonlandıktan sonra kalınlığı ölçülür.

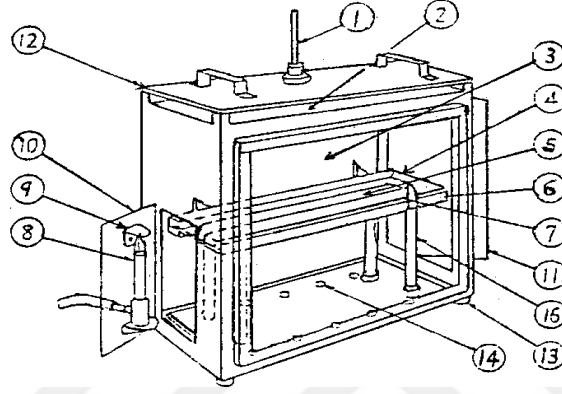
Bu çalışmada kullanılan kalınlık ölçüm aleti Karl Schröder Kg D-69450 markalı cihazdır. Çalışmada dokunmamış kumaş, ağır katman, elastomer katkılı ağır katman ve en iyi ses yutum katsayısına sahip olan dokunmamış kumaş - ağır katmandan 10'ar adet 95 mm x 95 mm (9025 mm²) numunenin kalınlığı ölçülmüştür. 10 numunenin de ortalamaları alınıp standart sapma ve % CV değerleri de hesaplanmıştır.



Şekil 3.10: Çalışmada kullanılan kalınlık ölçüm aleti.

3.2.3.4 Güç Tutuşurluk Tayini

Güç tutuşurluk tayininin amacı bir materyalin alevlenmeye karşı direncini ölçmek için uygulanır. Bir materyalin alevlenmeye karşı direnci ne kadar yüksekse yangın ilerletme riski de o kadar düşüktür. Bu çalışmadaki numuneler ISO 3795 standardına göre test edilmiştir. Bu standarda göre test edilecek numuneler % 50 bağıl nem ve $23^{\circ}\text{C} \pm 1$ oda sıcaklığında 24 saat kondüsyonlanır. Numunenin test edileceği düzenek Şekil 3.11’de, bu düzeneğe ait bölgelerin isimleri ise Tablo 3.6’de gösterilmiştir.

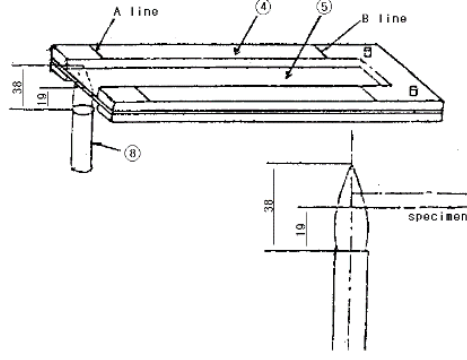


Şekil 3.11: Güç tutuşurluk test düzeneği.

Tablo 3.6: Güç tutuşurluk test düzenek bölgelerinin isimleri.

No	İsim	No	İsim
1	Termometre	9	Alev yükseklik ölçüsü
2	Egzoz ağzı	10	Alev kapısı
3	Isıl direnç camı	11	Numune kapısı
4	Numune çerçevesi	12	Tavan
5	Numuneler	13	Havalandırma ayakları
6	Numune çerçeve destekleyicisi	14	Havalandırma ağzı
7	Belirtilen panel bölgesi	15	Destekleyici panel
8	Brülör	16	Ayaklık

Test edilecek numuneler Şekil 3.12’deki yatay konumdaki çerçeveye 100 x 356 mm ebatlarında kesilerek sabitlenir ve brülör örnek numuneden 19 mm uzaklıkta tutularak yakılır.



Şekil 3.12: Test edilecek numunenin sabitlenip aleve maruz bırakıldığı iç düzenek.

Numune 1 ile 3 dakika arasında aleve maruz bırakılır ve bu süre içerisinde erime veya alevlenme görüldüğü takdirde 15 saniye ateşin materyal üzerindeki dağılımı gözlemlenir. Ardından brülör çekilerek teste son verilir ve gerekli hesaplamalar yapılır.

Alev alma hızı yanan mesafe ile bu mesafeyi çevrelemek için gerekli süre olduğundan aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$V = 60 \frac{L}{T} \quad (3.1)$$

V: alevlenme hızı (mm/dk)

L: mm'de alevin dolaştığı alan

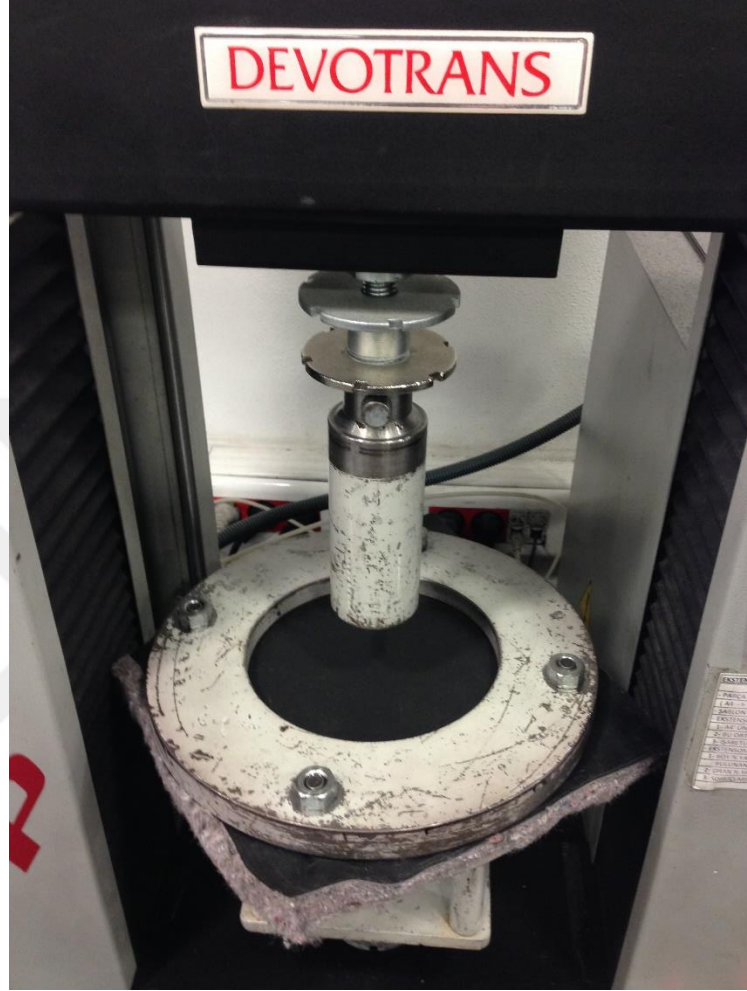
T: alevin L alanda dolaşması için gereken süre (dk.)

Güç tutuşurluk tayini 4 farklı dokunmamış kumaşa, 6 farklı gramajdaki ağır katmana, elastomer katkılı ağır katmana ve en iyi ses yutum katsayısına sahip olan dokunmamış kumaş ile ağır katman birleştirilerek elde edilen bitmiş ürüne üçer defa uygulanmıştır. Sonuçların ortalamaları ve kullanım alanı için gereken süreler tespit edilip değerlendirilmiştir.

3.2.3.5 Patlama Mukavemeti Tayini

Patlama mukavemeti, bir tekstil ürününe aynı anda çeşitli yönlerden kuvvet uygulayarak ürünün mukavemetini ölçen bir test metodudur. Bu metotla birlikte ürünün patlamaya karşı olan direnci belirlenir. Bu çalışmada ürünlerin patlama mukavemeti ölçümleri EN ISO 13938-2: 1999 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Bu standarda göre materyaller standart atmosfer koşullarında (% 65±2 bağıl nem ve 20 °C ± 2 oda sıcaklığı) 24 saat bekletilerek kondüsyonlanır.

Patlama mukavemet testi uygulanırken kumaşa yüklenen elastik bir diyafram kullanılır. Cihazın genel görünümü Şekil 3,13'deki gibidir.



Şekil 3.13: Çalışmada kullanılan patlama mukavemeti test cihazı genel görünümü.

Patlama mukavemeti test cihazı yağ basıncı (hidrolik) veya hava basıncı (pnömatik) ile çalışır. Bu çalışmadaki numunelerin tayininde kullanılan test cihazı yağ basıncı ile çalışmakta olup bu çalışma yöntemine göre materyalin üzerindeki gerilimi tespit etmek için diyaframın gerisinde basınçlı bir akışkan madde kullanılır.

Belirlenen ebatlardaki test edilecek numuneler diyafram üzerine yerleştirilir. Bu esnada numuneye gerilim uygulanmamasına dikkat edilir. Test edilecek numune dairesel tutturucuya tutturulur ve cihaz sıfırlanır. Numunelerin patlatılması için hız 20 ± 5 saniyeye ayarlanır ve kumaşa patlayıncaya kadar basınç uygulanır. Patlama gerçekleştiğinde patlama anındaki hız ve süre ile uygulanan basınç miktarı kPa olarak kaydedilir. En iyi ses yutum katsayısına sahip olan

dokunmamış kumaş ile elastomerli ağır katman birleştirilerek elde edilen bitmiş ürüne farklı bölgelerden 5 örnek parça alınarak patlama mukavemeti tayini yapılmıştır. Sonuçların ortalaması alınmış olup standart sapma ve % CV değerleri de hesaplanmıştır.

3.2.3.6 Kopma Mukavemeti ve Uzama Tayini

Bu çalışmada ürünlerin kopma mukavemeti ve uzama tayinleri EN ISO 9073-3: 1989 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Kullanılan Devotrans marka cihaz Şekil 3.14'te gösterilmiştir. Bu cihazın çalışma prensibi çeneler arasına yerleştirilen örnek numuneye kuvvet uygulanması, bu numunede uygulanan kuvvet sonucu kopma meydana gelmesi ve numunenin boyutundaki değişimin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Kullanılan bu cihazda alt çene sabit olup üst çene hareketlidir ve cihaz yazılım yüklü bir bilgisayara bağlıdır. Deneyin uygulandığı numunelerde kopma meydana geldiği anda çeneler ile cihaz otomatik olarak durmaktadır. Bilgisayar ekranında kopma sırasında uygulanan kuvvet ve numunedeki % uzama miktarı takip edilebilmekte ve oluşan grafik üzerinden testin değerleri zamana bağlı olarak yorumlanabilmektedir.



Şekil 3.14: Çalışmada kullanılan devotrans marka test cihazı.

EN ISO 9073-3: 1989 standardına göre standart atmosfer koşullarında (% 65±2 bağıl nem ve 20 °C± 2 oda sıcaklığı) 24 saat bekletilerek kondüsyonlanan materyallerden makine ve karşı yönlerden 50±0.5mm X 200±0.5mm ebatlarında 5'er adet örnek kesilir. Bu çalışmada en iyi ses yutum katsayısına sahip olan dokunmamış kumaş ile elastomerli ağır katman birleştirilerek elde edilen bitmiş ürüne farklı bölgelerden 5 makine yönü ve 5 karşı yönden olmak üzere 10 örnek parça alınarak kopma mukavemeti ve uzama tayini yapılmıştır. Test edilecek numuneler cihazın çenelerine tutturulup kuvveti uygulayan çenenin hızı 100mm/dk'ya ayarlanmıştır. Kopmanın

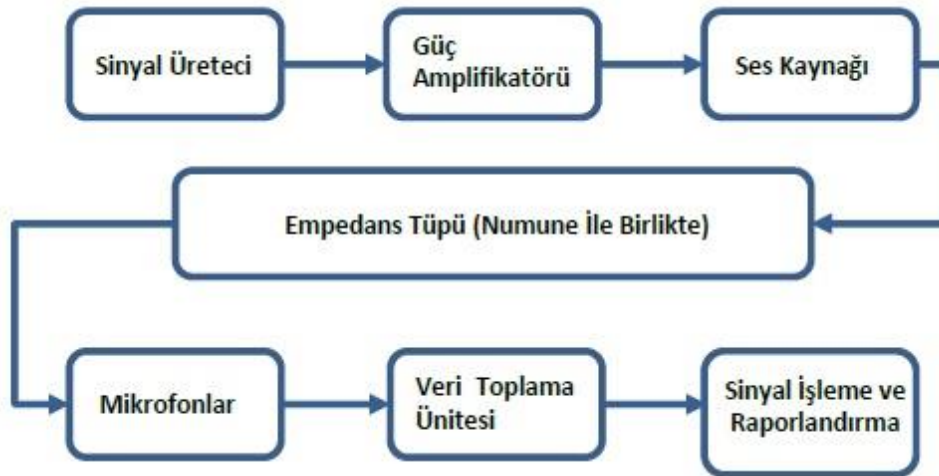
gerçekleştiği andaki kuvvet değeri ve bu esnada numunedeki %uzama değerleri kaydedilmiştir. Sonuçların ortalaması alınmış olup standart sapma ve % CV değerleri de hesaplanmıştır.

3.2.2.7 Ses Yutum Katsayısı Tespiti

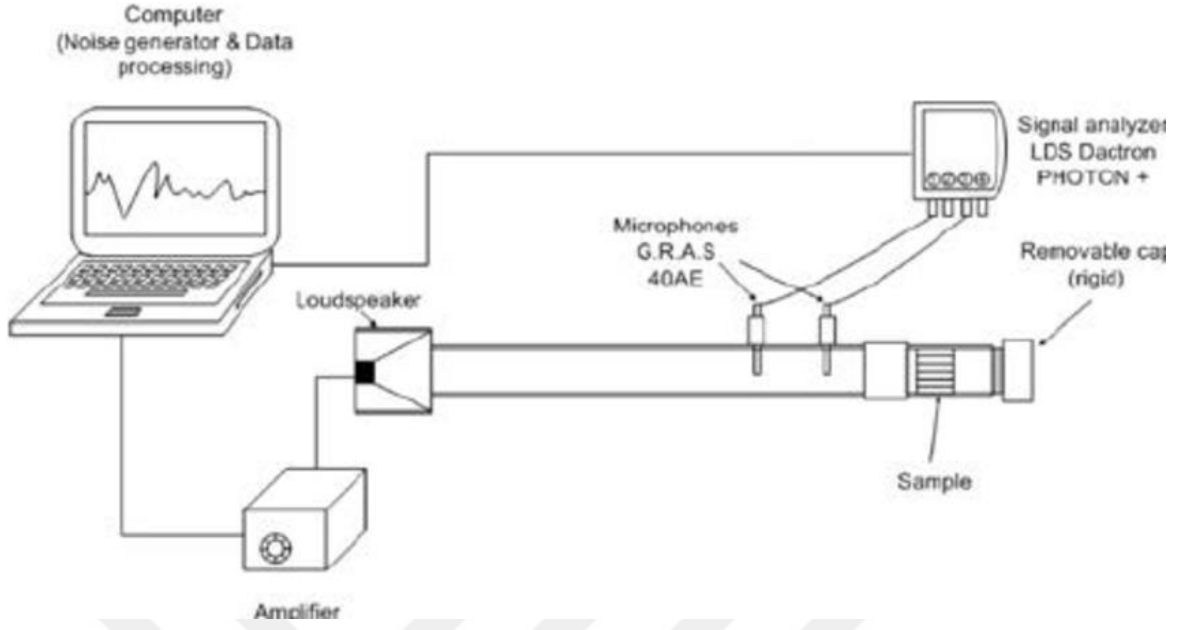
Ölçümü yapılacak olan numunelerin ses yutum katsayılarını belirlemek için “ISO 10534-Acoustics- Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes- Part 2: Transfer-function method” uluslararası standardı temel alınmıştır. Bu standarda göre ses yutum katsayısı ve empedans ölçümleri çift mikrofonlu transfer fonksiyon metodu ile belirlenmektedir. Bu metotta empedans ve ses yutum katsayı değerleri tüm frekanslar için tek bir ölçümde elde edilir.

Transfer fonksiyonu tüpün üzerinde yer alan iki mikrofonun ayrı ayrı ölçtüğü basınç değerlerinin oranıdır. Bu değer yansıma çarpanı (R) ile yazılım içerisinde ilişkilendirilir ve bu ilişkiden ses yutum katsayısı (α) değeri bulunur [46].

Çift mikrofonlu transfer fonksiyon metoduyla ses yutma katsayısını belirlemek için kurulan ölçüm zinciri Şekil 3.15’te, kurulan düzenek ise Şekil 3.16’da gösterildiği gibidir.



Şekil 3.15: Empedans tüp deney düzeneğine ait ölçüm zinciri [47].



Şekil 3.16: Çift mikrofönlü empedans tüp yöntem düzeneği [48].

Test edilecek örnek (sample) empedans tüpünün en sonuna yerleştirilir. Tüpün diğer ucunda ise ‘beyaz gürültü’ üreten hoparlör (loud speaker) konumlanmıştır (ses, kurulan yazılım sistemi tarafından üretilmektedir). Yükseltici (amplifier) ile iki adet mikrofön (microphones) gelen ve yansıyan dalga sinyallerini kaydetmesi amacıyla test edilecek örnek materyalin önünde durmaktadır. Yükselticiden geçen sinyaller tüp içerisinde düzlemsel ses dalgasına dönüşür ve dijital sinyal analizörü (signal analyzer) tarafından kaydedilir. Bilgisayarda kurulu sistem tarafından dökümante edilir.



Şekil 3.17: Çift mikrofönlü empedans tüp [49].

Empedans tüp metodu ile materyallerin ses yutum katsayısı değerleri 50 Hz ile 6.4 kHz frekans aralıklarında ölçülebilmektedir. Tüp içerisinde oluşan düzlemsel ses dalgaları sebebi ile yüksek frekanslara (1.6-6.4 kHz) çıkıldıkça çapları küçük tüplerde ölçüm yapılmaktadır. Bu ölçüm

için 29 mm çapında örnekler hazırlanmalıdır. Düşük frekanslarda (50 Hz-1.6 kHz) ses yutum katsayılarını ölçebilmek için çapları büyük tüpler kullanılmaktadır. Bunun için ise 100 mm çapındaki tüpler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen 4 adet dokunmamış kumaşa, 6 adet ağır katmana, 1 adet elastomerli ağır katmana ses yutum katsayısı tespiti yapılmıştır. Ardından en iyi ses yutum katsayısına sahip olan doğal elyaf – PP dokunmamış kumaşa elastomer eklenmiş ağır katman ekstrüderde eklenmiş ve tekrar ses yutum katsayısı testi yapılmıştır.

3.2.2.8 Ses İletim Kaybının Tespiti

Ses iletim kaybının tespiti için ISO 10534-2 standardı temel alınarak numunelere ölçüm yapılmıştır. Ses iletim kaybında önemli olan, ölçümü yapılacak olan örneğin bir ucundan gönderilen ses enerjisinin diğer tarafa ne kadar aktarıldığıdır. Bu testin yapılabilmesi için dört mikrofona modifiye edilmiş empedans tüpü kullanılmaktadır. Bu yöntemle ölçülecek olan numuneler, empedans tüpünün sonuna empedans tüpünün çapında olacak şekilde yerleştirilir. Ses yutum katsayısı ölçümünden farklı olarak burada numunenin ardına bir tüp daha yerleştirilir.



Şekil 3.18: Ses iletim kaybı için kullanılan iki tüplü empedans tüpü düzeneği [49].

Ses yutum katsayısı tespitinde olduğu gibi burada da test edilecek numuneye, ses kaynağından düzlemsel dalgalar gönderilir ve bu dalgalar birinci mikrofonda ölçülür. İki tüp arasında durmakta olan test edilecek numune, ilk tüpten gelen ses kaynağını ikinci tüp kısmına iletir ve iletilen ses dalgaları üçüncü ve dördüncü mikrofondan ölçülür. Ardından bütün mikrofondların arasındaki transfer fonksiyonları tek tek hesaplanır.

Ses iletim kaybının hesaplanabilmesi için test düzeneğinin iki zıt sınır şartı için de ölçüm yapılır. Bu iki zıt sınır şartlarından biri, ikinci tüp çıkışının sert bir kapakla kapalı olduğu durumdur. Burada gelen ses dalgaları tamamen geri yansımaktadır. Diğer şart ise, ikinci tüp çıkışının tamamen açık olduğu durumdur. Burada ise gelen ses dalgaları boşlukta yayılarak bir yüzeye yansır ve tüpün içine geri dönmez. Bu iki şart sağlandıktan sonra yazılım ile frekans alanında test edilen numunenin ses iletim kaybı (Transmission Loss) hesaplanır.

Bu çalışmada elde edilen 6 adet ağır katmana, 1 adet elastomer eklenmiş ağır katmana ve bitmiş ürüne ses iletim kaybı testleri yapılmıştır.



4. BULGULAR

Çalışmada dört farklı doğal elyaf (pamuk, keten, kenevir ve kenaf) - PP karışımlarından 1600 g/m² birim alan kütlelerindeki dokunmamış kumaşlar iğneleme tekniğiyle hazırlanmış, altı farklı gramajlarda (1000 g/m², 2000 g/m², 3000 g/m², 4000 g/m², 5000 g/m², 6000 g/m²) ağır katman ve 1000 g/m² elastomerli ağır katman ekstrüderde hazırlanmış ve on bir adet numune test edilmiştir. Analizler sonucu en iyi ses yutum katsayısına sahip doğal elyaf - PP numunesine mevcut ağır katmanın formülüne elastomer de eklenerek ekstrüderde eriyik halde akıtılmış ve tekrar analizler yapılmıştır.

Çalışılan bu on bir adet deneysel numuneye Malzeme ve Yöntem kısmında verilen

- Gramaj Tayini
- Lif Karışım Oranları Tayini
- Kalınlık Tayini
- Güç Tutuşurluk Tayini
- Patlama Mukavemeti Tayini
- Kopma Mukavemeti ve Uzama Tayini
- Ses Yutum Katsayısı Tespiti
- Ses İletim Kaybı Tespiti

gibi çeşitli analiz yöntemleri uygulanarak performans özellikleri test edilmiştir.

Bu bölümde çalışmada üretilen numunelere uygulanan testlerin sonuçlarına yer verilmiştir.

4.1 GRAMAJ TAYİNİ SONUÇLARI

Üretilen deneysel numunelerin hedeflenen gramaja ulaşp ulaşmadığını kontrol etmek amacıyla gramaj tayini yapılmıştır. Tablo 4.1’de beşer adet alınmış her bir numunenin ortalaması verilmiştir. Ayrıca standart sapma ve % CV değerleri de yer almaktadır.

% CV oranı standart sapmanın ortalamaya oranıdır. Bu oran ile kumaş üzerindeki bölgesel farklılıkların ne derecede olduğu anlaşılabilmektedir.

Gramaj tayini sonucu hedeflenen gramajlarla ölçülen gramajların birbirlerine oldukça yakın olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.1: Gramaj tayini sonuçları.

Numune	Ortalama Gramaj (g/m ²)	Standart Sapma	% CV
Pamuk - PP	1604	3,215	0,2
Keten - PP	1603	4,933	0,3
Kenevir - PP	1602	3,786	0,2
Kenaf - PP	1602	2,309	0,1
Ağır Katman	1004	1,528	0,2
	2003	0,577	0,0
	3001	1,000	0,0
	4001	0,577	0,0
	5002	2,082	0,0
Ağır Katman Elastomerli Bitmiş Ürün	6003	2,000	0,0
	1002	1,000	0,1
	2603	4,848	0,2

4.2 LİF KARIŞIM ORANLARI TAYİNİ SONUÇLARI

Üretilen deneysel numunelerdeki lif oranlarının istenilen karışım oranında olup olmadığını kontrol etmek amacıyla 1600 g/m² gramajdaki dört doğal elyaf (pamuk, keten, kenevir ve kenaf) - PP karışımlarındaki lif oranları tayin edilmiştir. Sonuçlar Tablo 4.2’de yer almaktadır. Hazırlanan lif karışım oranlarının planlanan oranlara yakın olduğu ortaya çıkmıştır.

Lif karışım oranlarını tespit etmek için yapılan hesaplama:

DEO = M_{DE}/M_T şeklindedir.

M_T: Nemi uzaklaştırılmış toplam elyaf karışımı ağırlığı

M_{DE}: Sentetik elyaf çözüldükten sonra geriye kalan doğal elyaf ağırlığı

DEO: Doğal Elyaf Oranı

Tablo 4.2: Lif karışım oranları tayini sonuçları

	Doğal Elyaf Oranı(%)	PP Oranı (%)	Gramaj (g/m²)	Ölçülen Doğal Elyaf Oranı(%)	Ölçülen PP oranı (%)
Pamuk - PP	70	30	1600	69,82	30,18
Keten - PP	70	30	1600	68,88	31,12
Kenevir - PP	70	30	1600	64,96	35,04
Kenaf - PP	70	30	1600	69,87	30,13

4.3 KALINLIK TAYİNİ SONUÇLARI

Çalışmada üretilen deneysel numunelere Karl Schröder Kg D-69450 markalı cihazda kalınlık tayini yapılmıştır. Onar adet dokunmamış kumaşa ve ağır katmana ayrı ayrı kalınlık ölçümleri yapılmıştır. Yine onar adet şeklinde olmak üzere elastomer katılmış ağır katman numunesine ve en iyi ses yutum performansı sergileyen kumaş – ağır katman numunelerine de kalınlık testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçların ortalamaları, standart sapma ve % CV değerleri Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4.3: Numunelere uygulanan kalınlık ölçümü sonuçları.

Numune	Gramaj (g/m²)	Ortalama Kalınlık (mm)	Standart Sapma	% CV
Pamuk	1600	11,1	0,2003	1,80
Kenaf	1600	9,9	0,1265	1,28
Keten	1600	9,9	0,1418	1,44
Kenevir	1600	11,2	0,2749	2,45
Ağır Katman	1000	1,1	0,0825	7,66
	2000	1,5	0,1703	11,13
	3000	2,2	0,1944	8,83
	4000	2,8	0,1506	5,30
	5000	3,0	0,1197	4,00
	6000	3,1	0,1101	3,54
Elastomerli Ağır Katman	1000	1,1	0,1197	10,79
Bitmiş Ürün	2600	11,9	0,1713	1,43

4.4 GÜÇ TUTUŞURLUK TAYİNİ SONUÇLARI

Çalışmada üretilen 12 adet numuneye yatay güç tutuşurluk testi uygulanmıştır. Test edilecek numuneler 35x10 cm şeklinde kesilerek yatay konumdaki çerçeveye sabitlenmiştir. Elde edilen sonuçlar hesaplanmış ve Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4: Numunelere uygulanan güç tutuşurluk tayini sonuçları.

Numune	Yanma Süresi (T)(dk)	Yanan Kısım Boyu (L)(mm)	Yanma Hızı(V)(mm/dk)
Pamuk - PP	3,00	42,4	14,13
Kenaf - PP	3,00	22,7	7,567
Keten - PP	3,00	37,5	12,50
Kenevir - PP	3,00	40,0	13,33
1000 gsm Ağır Katman	2,20	297	135,0
2000 gsm Ağır Katman	2,30	297	129,1
3000 gsm Ağır Katman	2,50	297	118,80
4000 gsm Ağır Katman	2,90	297	102,41
5000 gsm Ağır Katman	3,00	180	60,00
6000 gsm Ağır Katman	3,00	175	58,33
1000 gsm Elastomerli Ağır Katman	1,50	297	198,0
Bitmiş Ürün	3,00	60,0	20,00

Güç tutuşurluk testi tüm numunelere 3'er dakika uygulanmıştır. Ağır katman numuneleri 3 dakikadan önce çoğunlukla erimiştir. Numuneye elastomer katılması yanma hızını artırmış olmakla birlikte bitmiş üründe elastomerli ağır katman olması aynı etkiyi göstermemiş, üründe pamuk – PP dokunmamış kumaş olmasından dolayı yanma hızını düşürmüştür.

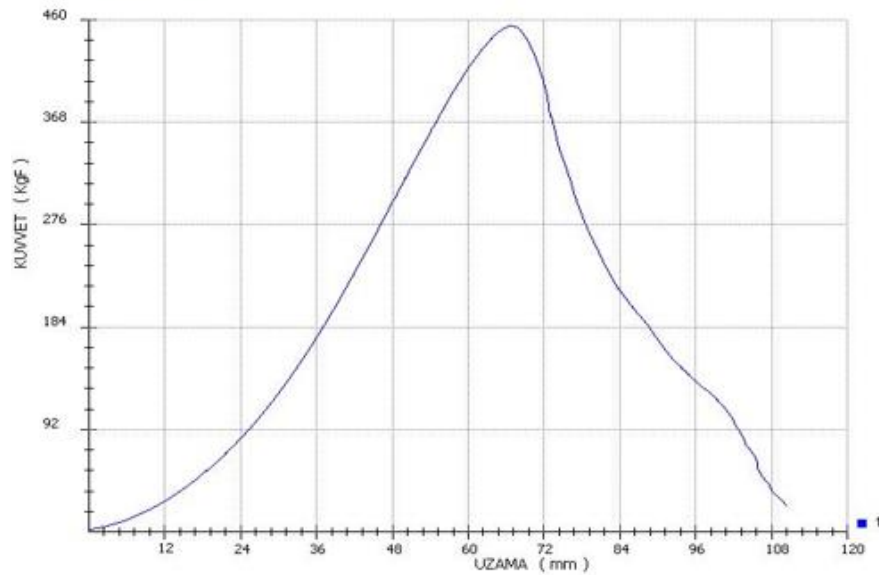
Şekil 4.1'de güç tutuşurluk sonucu numunelerin son hali verilmiştir.



Şekil 4.1: Güç tutuşurluk testi sonucu numunelerin son halleri.

4.5 PATLAMA MUKAVEMETİ TAYİNİ SONUÇLARI

Çalışmada elde edilen bitmiş ürünün (Pamuk / PP – Elastomerli Ağır Katman) farklı bölgelerinden beşer adet alınarak patlama mukavemeti testi uygulanmıştır. Şekil 4.2’de, yapılan beş testin ortalaması alınarak ortaya çıkan grafik verilmiş, Tablo 4.5’te ise bu grafiğe ait veriler verilmiştir.

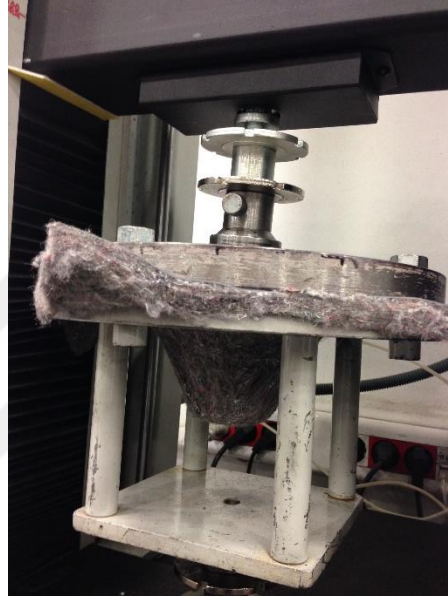


Şekil 4.2: Bitmiş ürünün ortalama patlama mukavemeti grafiği.

Tablo 4.5: Bitmiş ürüne ait ortalama patlama mukavemet değerleri.

Max Kuvvet (F _{max}) (KgF)	F _{max} Deformasyon (Δσ _{0.01}) (mm)	F _{max} Deformasyon (%σ _{0.01}) (%)	Max Gerilme (σ _{0.01}) (KgF/mm ²)	Çökme Mukavemet (σ _c) (KgF/mm ²)	Çökme Kuvveti (F _c) (KgF)	Çökme Deformasyon (Δσ _c) (mm)	Çökme Deformasyon (%σ _c) (%)	Akma Sınırı (σ _s) (KgF/mm ²)	Enerji Absorpsiyonu (E) (J - (KgF.mm))
454.2437	66.5	2216.6667	0.0257	0	22.8327	110.53	3684.3333	181.8578	21465.8924

Şekil 4.3’de bitmiş ürüne uygulanan patlama mukavemeti testi sonucunda ürünün son hali verilmiştir.

**Şekil 4.3:** Patlama mukavemeti sonucu bitmiş ürünün son hali.

4.6 KOPMA MUKAVEMETİ VE UZAMA TAYİNİ SONUÇLARI

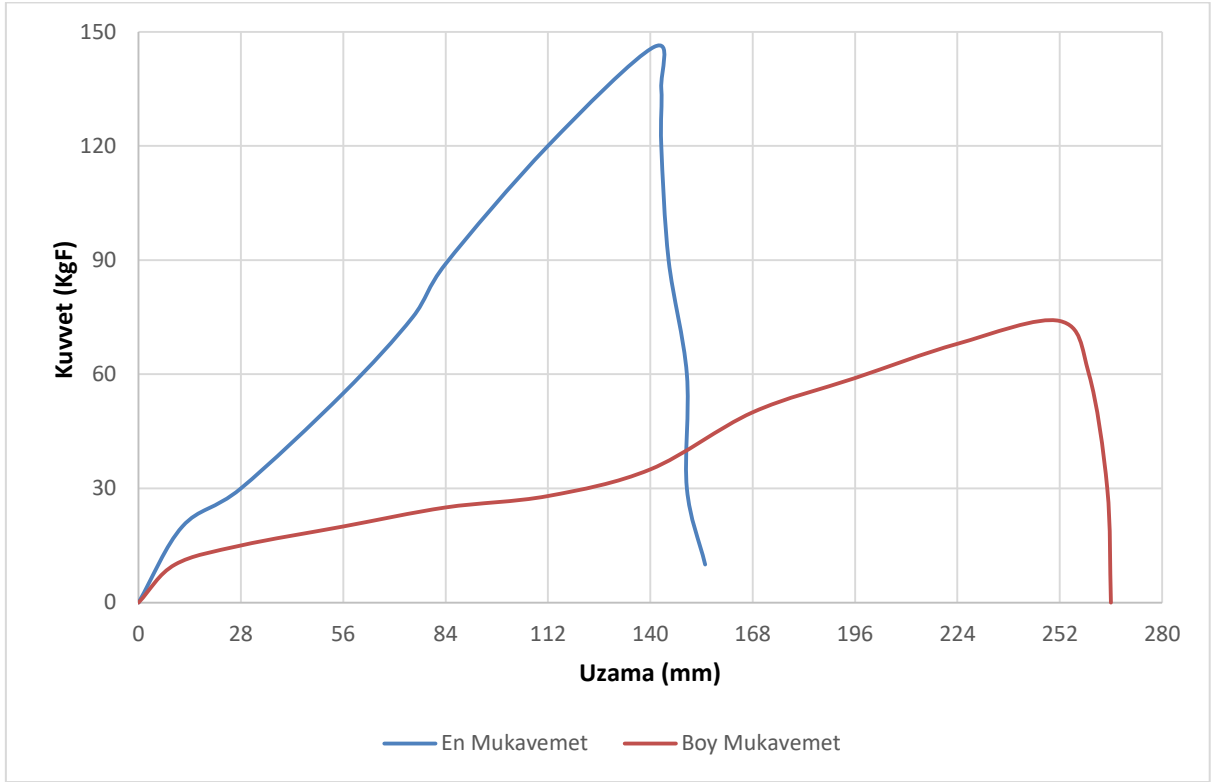
Çalışmada elde edilen 2600 gsm birim alan kütledeki bitmiş ürüne, 5 makine yönü (boy) 5 karşı yön (en) olmak üzere 10 adet kopma mukavemeti / uzama testi uygulanmıştır. Elde edilen verilerin ortalaması alınarak Tablo 4.6’da değerleri ve Şekil 4.5’te grafiği verilmiştir. Şekil 4.4’te ise numuneye test uygulama sırasındaki hali gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Numuneye uygulanan kopma mukavemeti ve uzama testi.

Tablo 4.6: Bitmiş ürüne uygulanan kopma mukavemeti uzama tayini sonuçları.

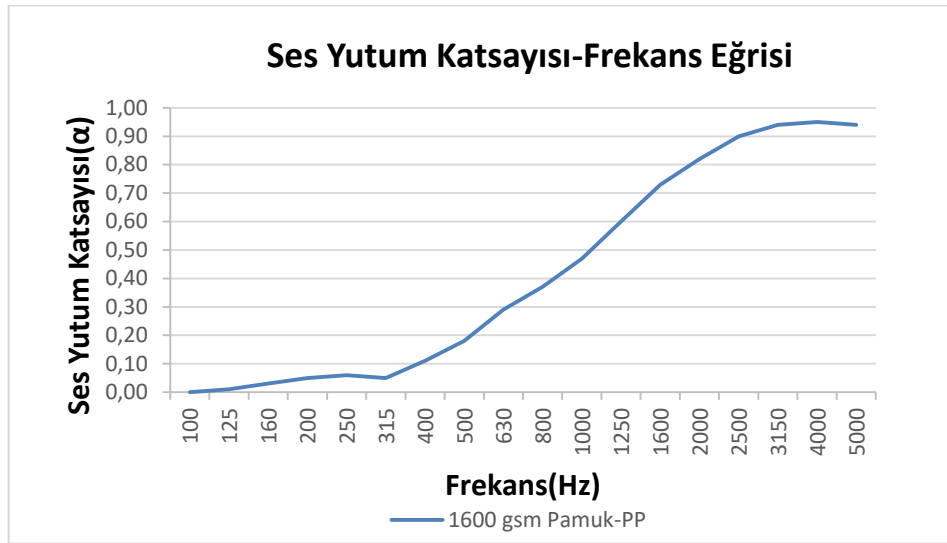
Numune No	Max Kuvvet (Fmax) (KgF)	Fmax Uzama (Δlmax) (mm)	Fmax Uzama (εmax) (%)	Max Gerilme (σ _B) (KgF/mm ²)	Kopma Muk. (kmax) (KgF/mm)	Kopma Kuvveti (F _K) (KgF)	Kopma Uzama (Δl _K) (mm)	Kopma Uzama (ε _K) (%)	Akma Sınırı (σ _s) (KgF/mm ²)	%0.2 Sınırı (σ _{0.2}) (KgF/mm ²)	E - Mod (E) (KgF/mm ²)
En	1464,904	141,3	70,65	14,649	29,298	1464,904	160,39	80,195	0,2121	0	22,779
Boy	74,306	249,27	124,635	0,7431	14,861	742,876	273,95	136,975	0,1363	0	19,607



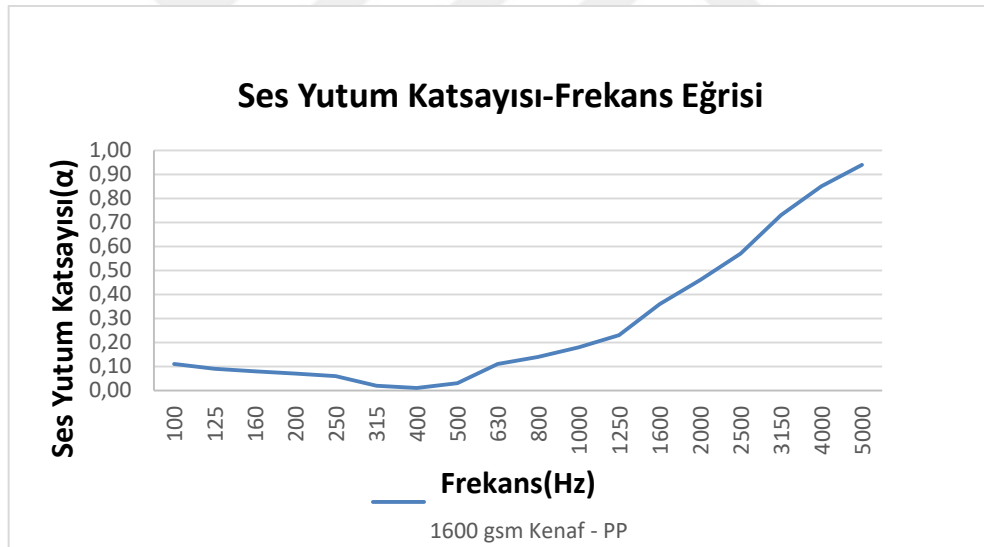
Şekil 4.5: Bitmiş ürüne uygulanan kopma mukavemeti uzama tayini sonuçları.

4.7 SES YUTUM KATSAYISI TESPİTİ SONUÇLARI

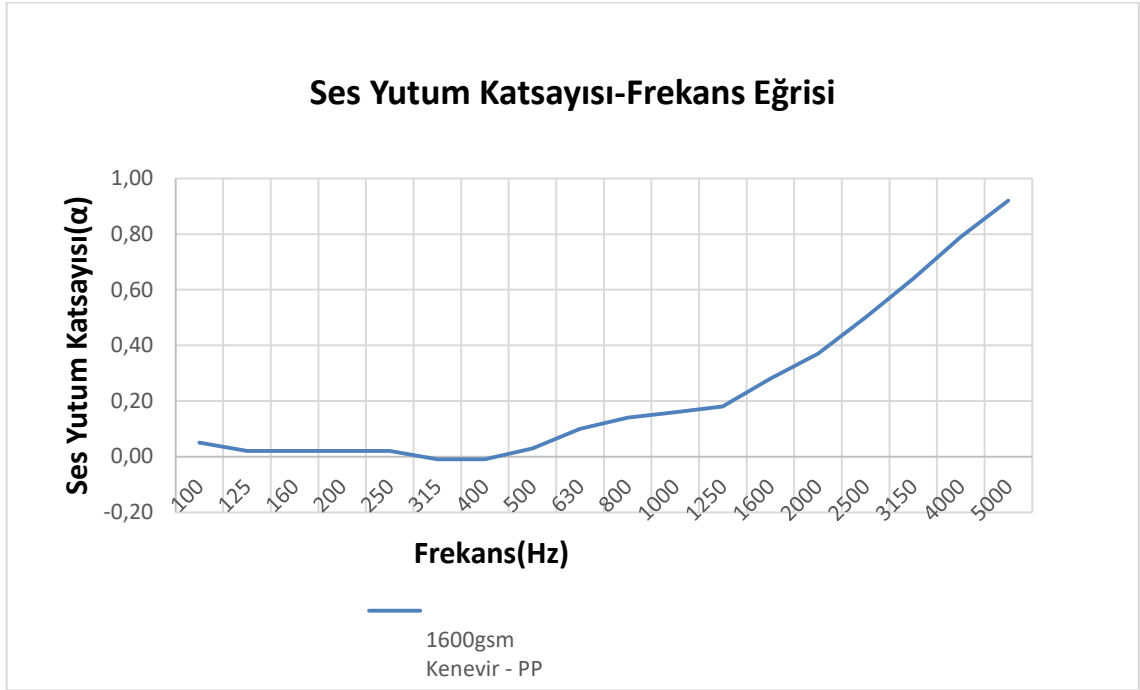
Çalışmada üretilen tüm deneysel numunelerin ses yutum katsayıları tespiti empedans tüp metodu ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda yer almaktadır.



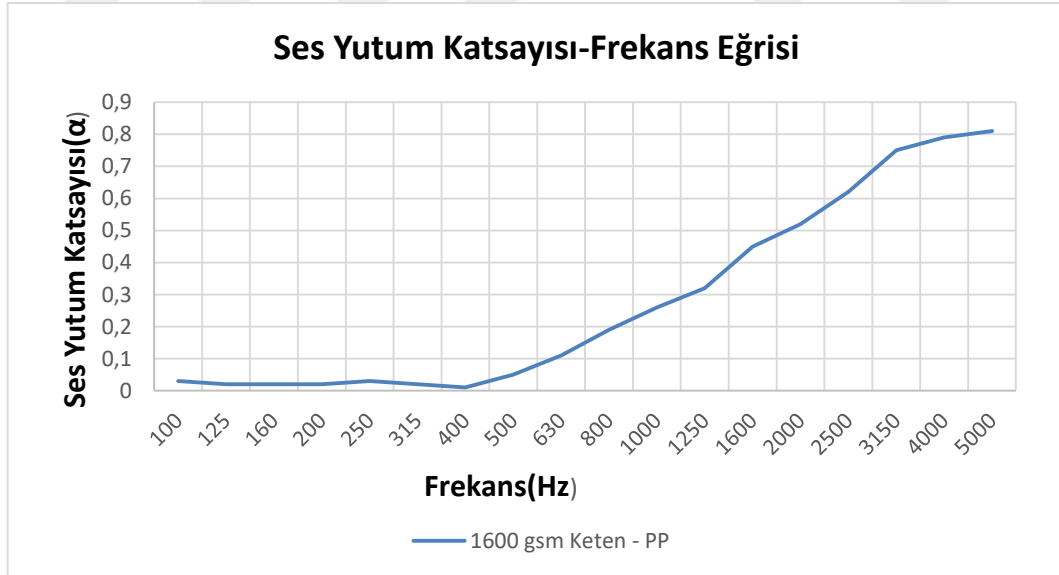
Şekil 4.6: Pamuk – PP dokunmamış kumaş ses yutum katsayısı grafiği.



Şekil 4.7: Kenaf – PP dokunmamış kumaş ses yutum katsayısı grafiği.



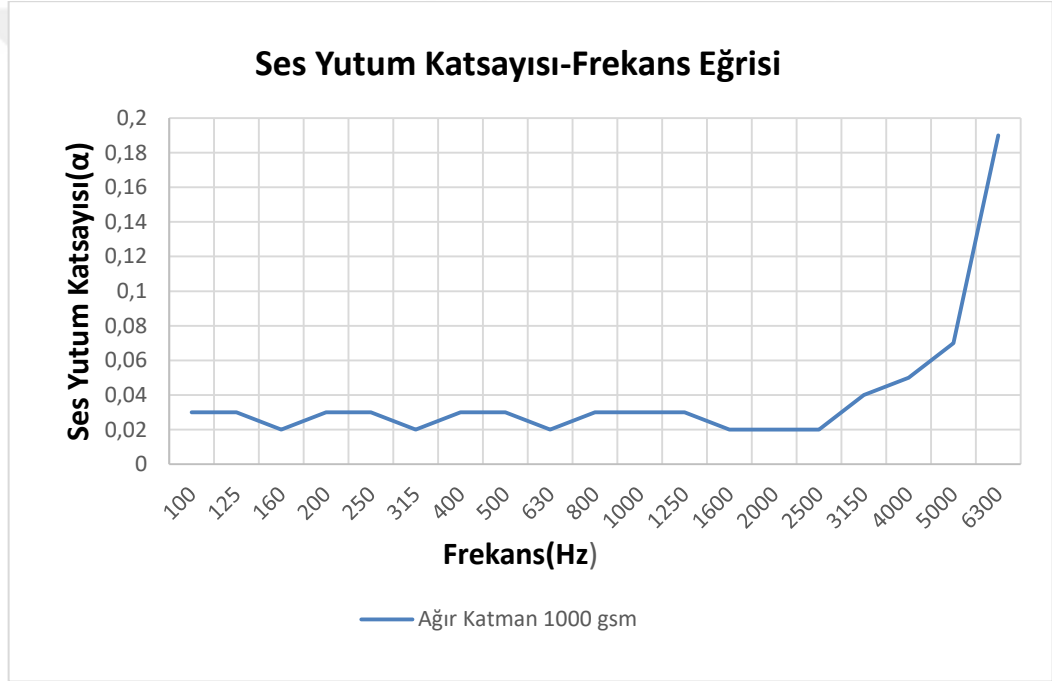
Şekil 4.8: Kenevir – PP dokunmamış kumaş ses yutum katsayısı grafiği.



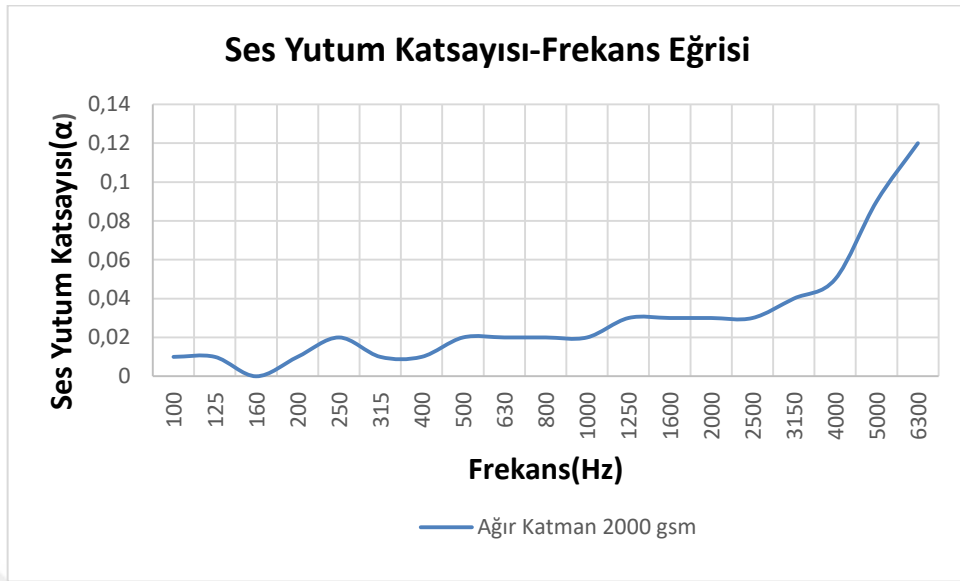
Şekil 4.9: Keten– PP dokunmamış kumaş ses yutum katsayısı grafiği.

Geliştirilen doğal lif – sentetik (PP) karışımına sahip dokunmamış kumaş numunelerine ISO 10534-2 standardına göre uygulanan ses yutum katsayısı tayininde pamuk lifi katkılı dokunmamış kumaş numunesinin en yüksek ses yutum katsayısı değerine sahip olduğu gözlenmiştir.

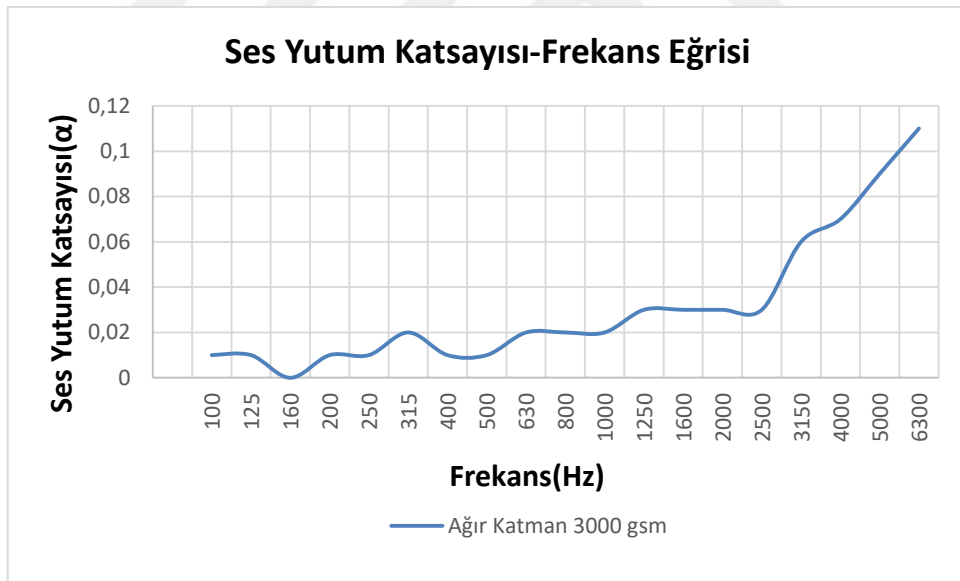
Genel olarak Doğal lif – sentetik (PP) karışımına sahip dokunmamış kumaş ürünlerinin orta ve yüksek frekans aralıklarında ses yutum katsayısı performanslarının, düşük frekans aralıklarına göre daha yüksek olduğu gözlenmektedir.



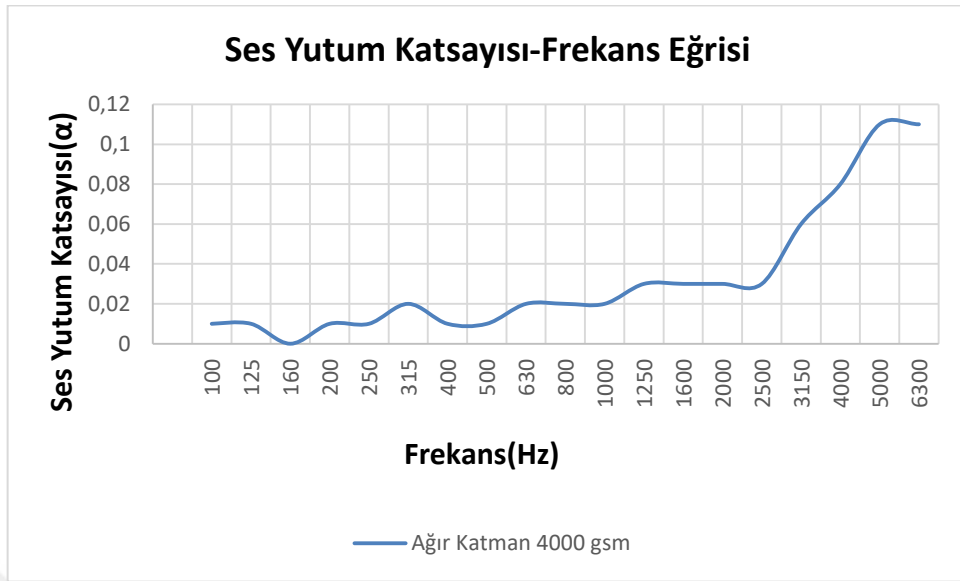
Şekil 4.10: Ağır katman 1000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.



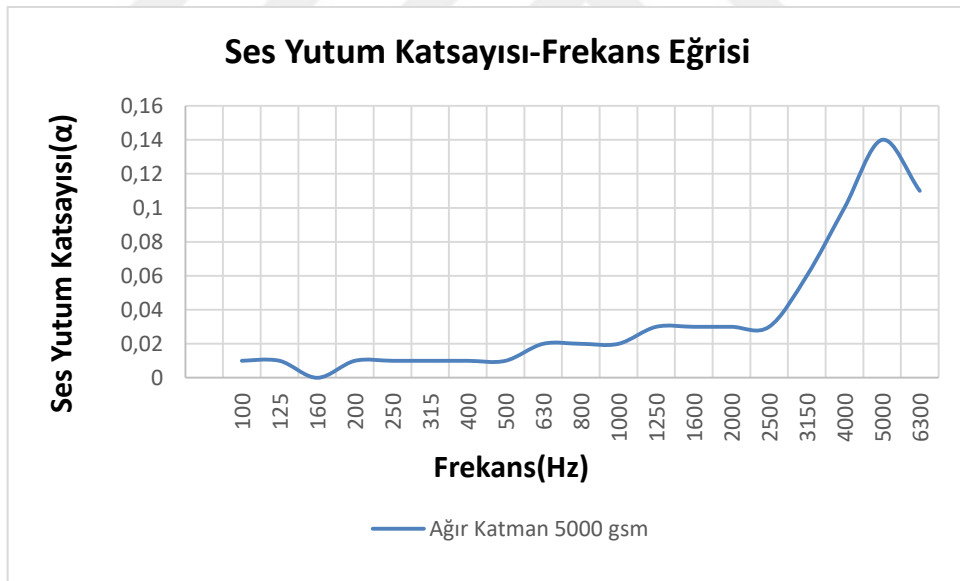
Şekil 4.11: Ağır katman 2000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.



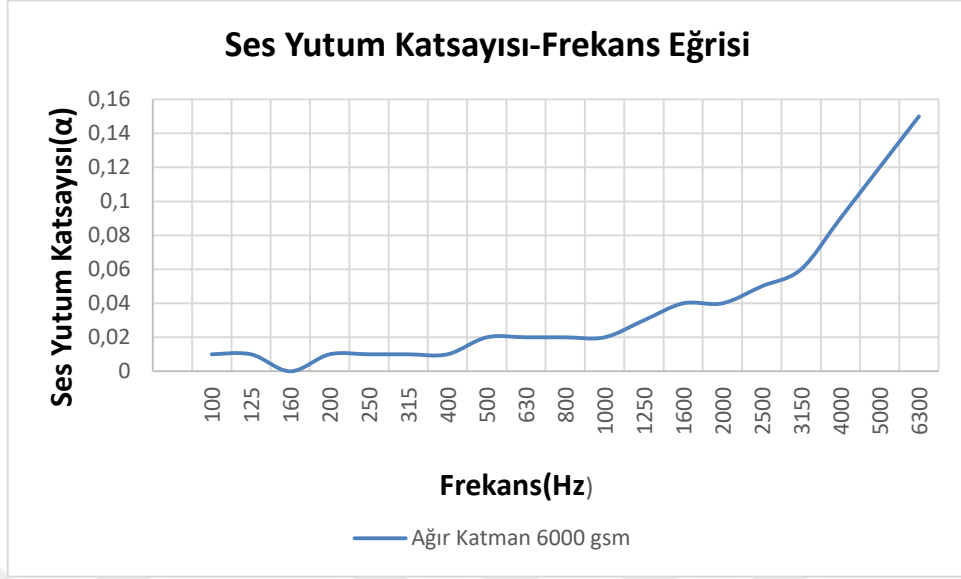
Şekil 4.12: Ağır katman 3000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.



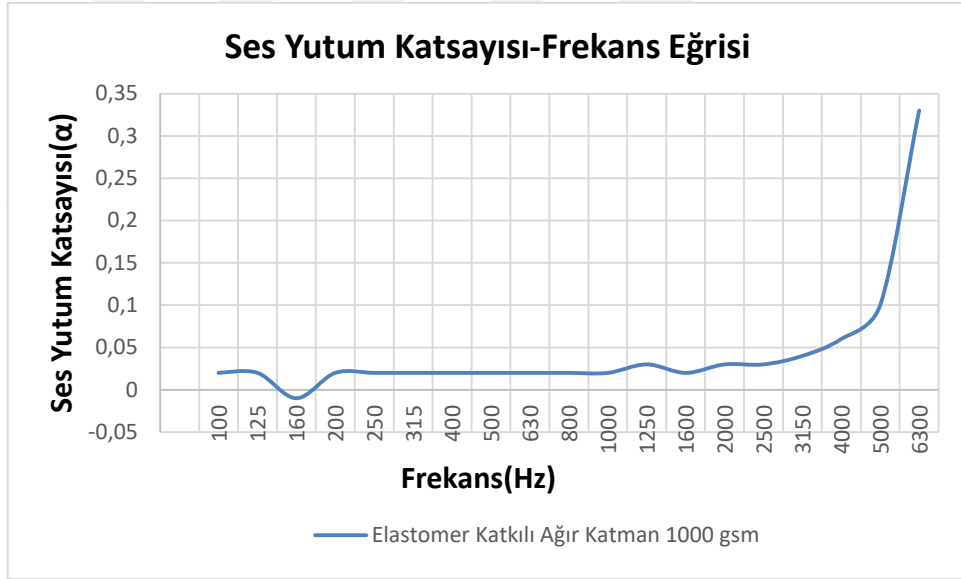
Şekil 4.13: Ağır katman 4000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.



Şekil 4.14: Ağır katman 5000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.



Şekil 4.15: Ağır katman 6000 gsm ses yutum katsayısı grafiği.



Şekil 4.16: Elastomer katkılı 1000 gsm ağır katmanın ses yutum katsayısı grafiği.

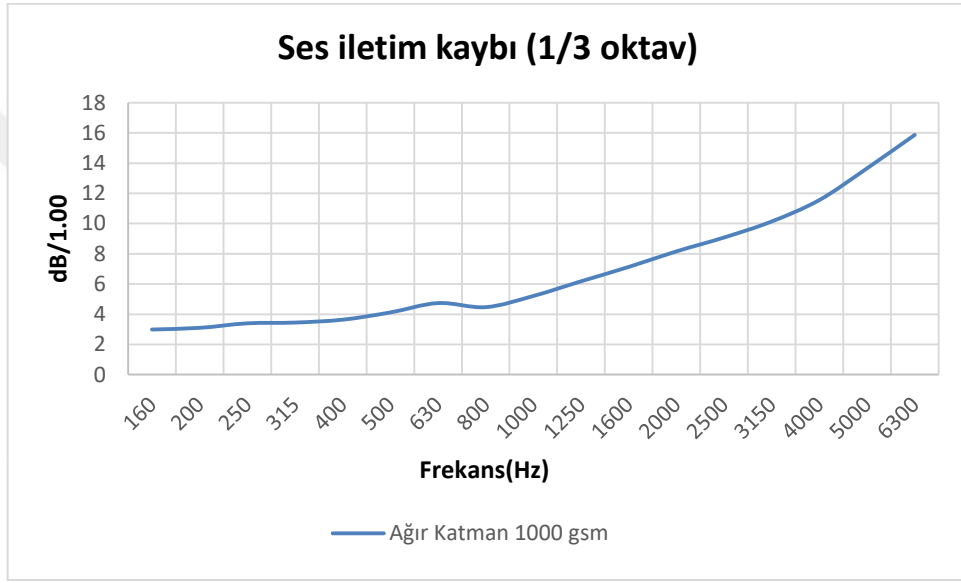
Genel kısımlarda titreşim kaynaklı gürültülerin ağır katman ve/veya bitüm esaslı malzemeler ile giderilmesinden bahsedilmiştir. Ayrıca bu tip malzemelere ISO 10534-2 standardına göre ses iletim kaybı tayini uygulanmaktadır.

Bu tez çalışmasında da geliştirilen ağır katman deneysel çalışmalarına ISO 10534-2 standardına göre uygulanan ses yutum katsayısı tayininde birim alan kütleindeki artış ile elastomer katkısının, ses yutum katsayısı performansında herhangi radikal bir artışa sebebiyet

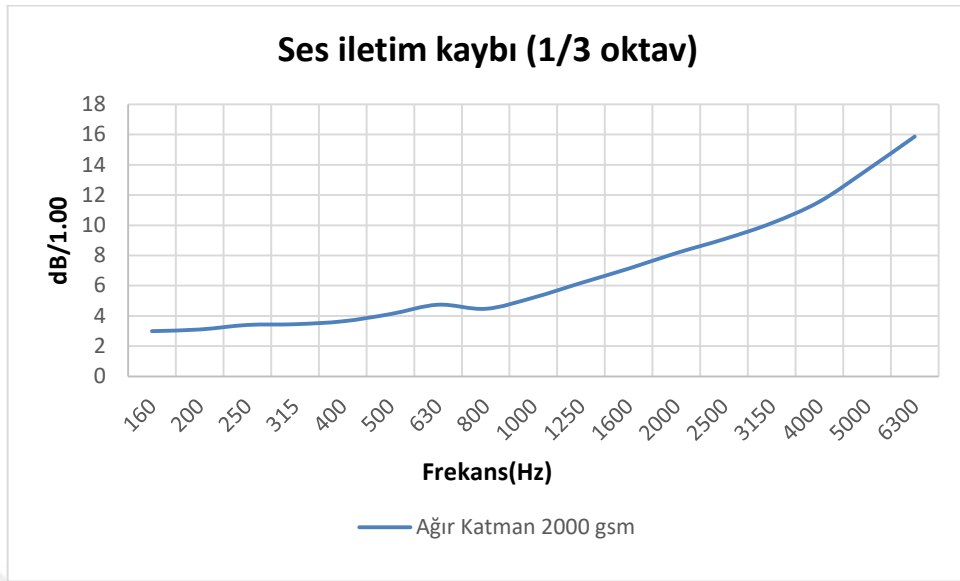
vermediği gözlenmiştir. Bu durumdan dolayı ağır katman deneysel çalışmalarına ayrıca ISO 10534-2 standardına göre ses iletim kaybı tespiti yapılmasına karar verilmiştir.

4.8 SES İLETİM KAYBI TESPİTİ SONUÇLARI

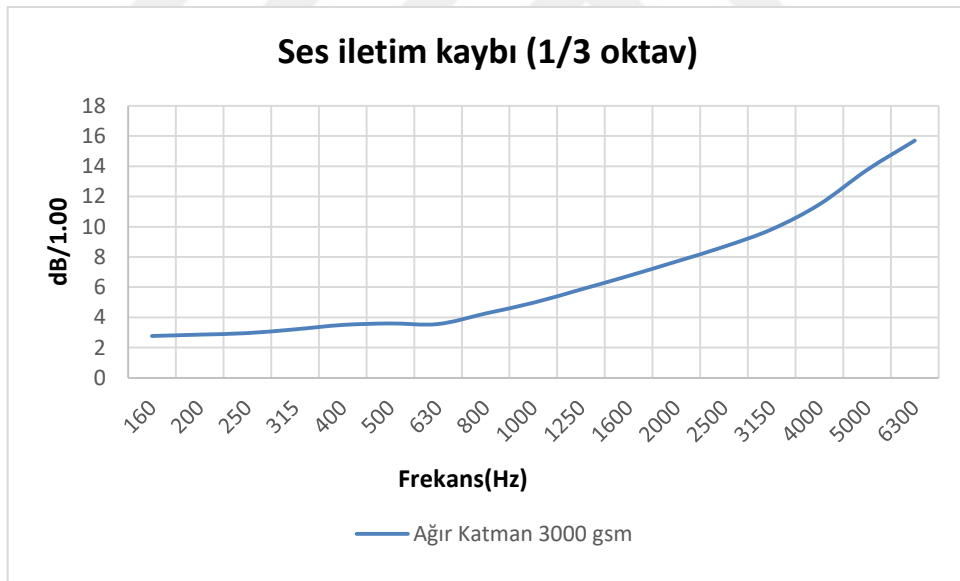
Çalışmada üretilen numunelerden yalnızca polimer katkılı ürünlere ses iletim kaybı tespiti yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekillerdeki gibidir.



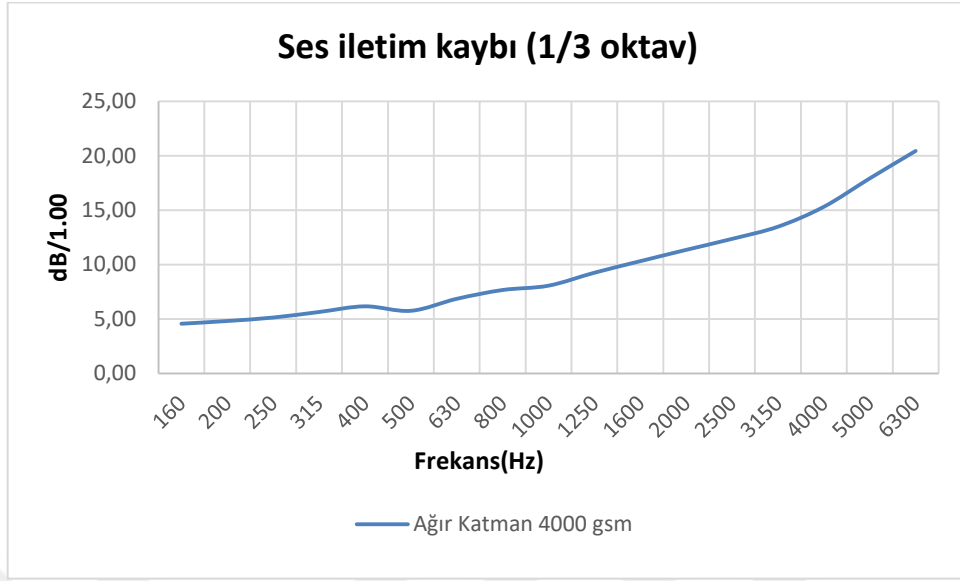
Şekil 4.17: 1000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.



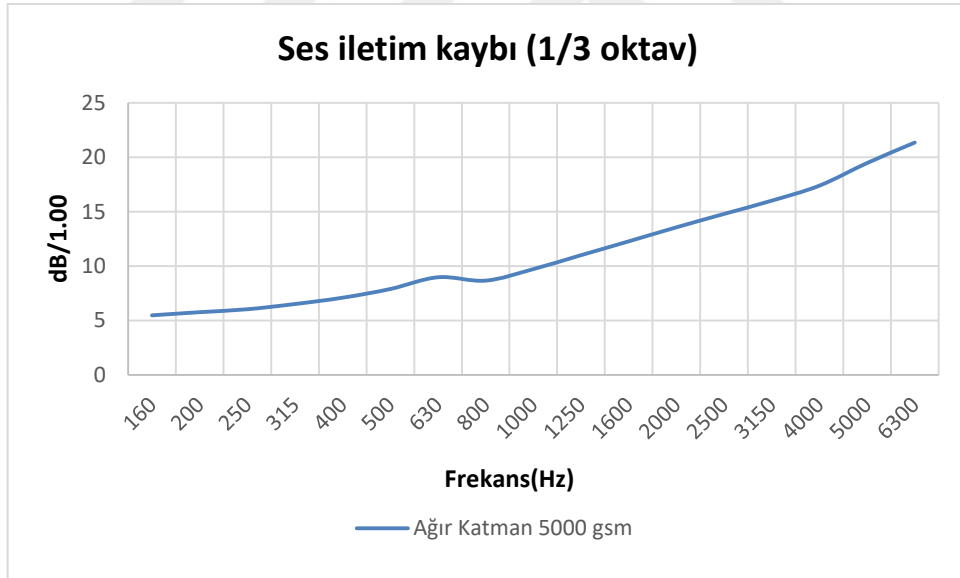
Şekil 4.18: 2000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.



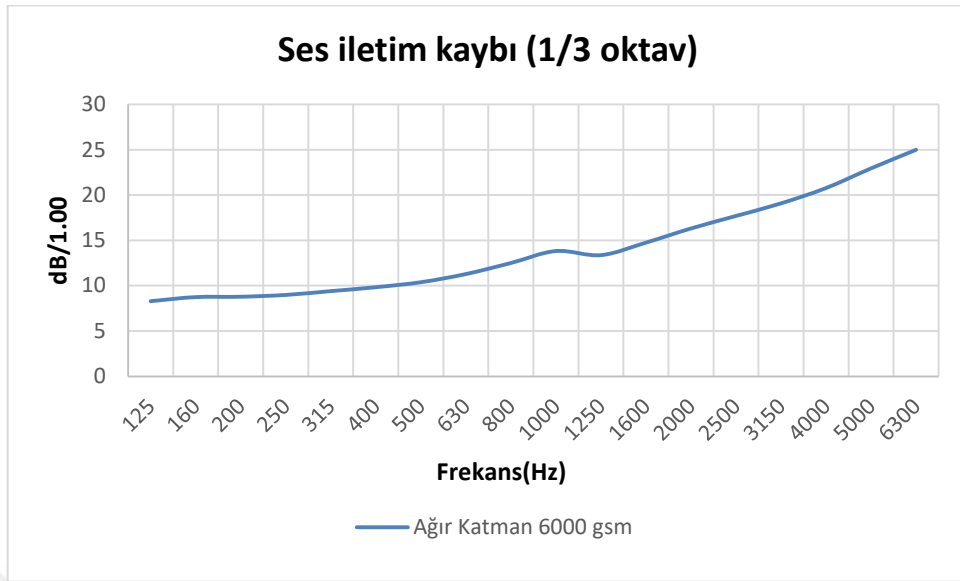
Şekil 4.19: 3000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.



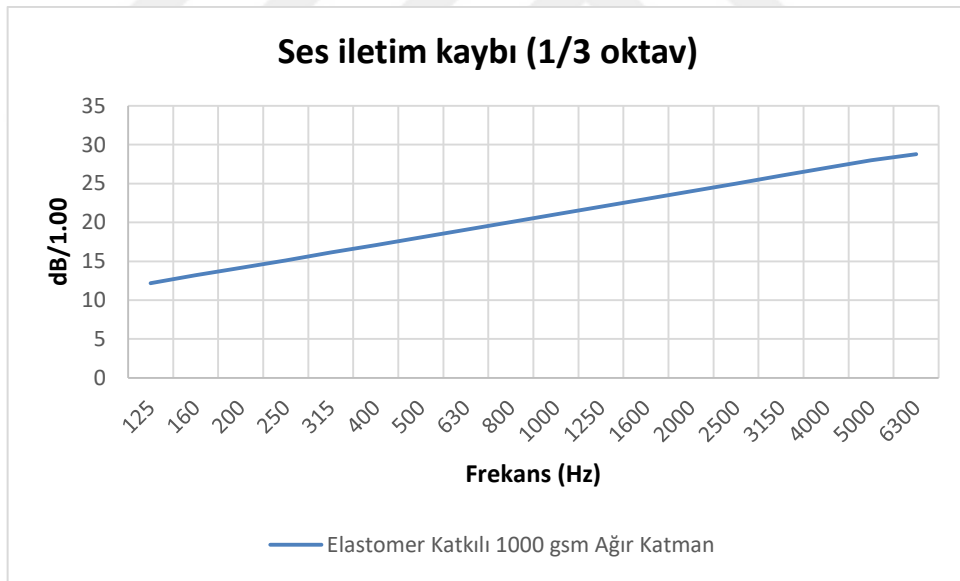
Şekil 4.20: 4000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.



Şekil 4.21: 5000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.

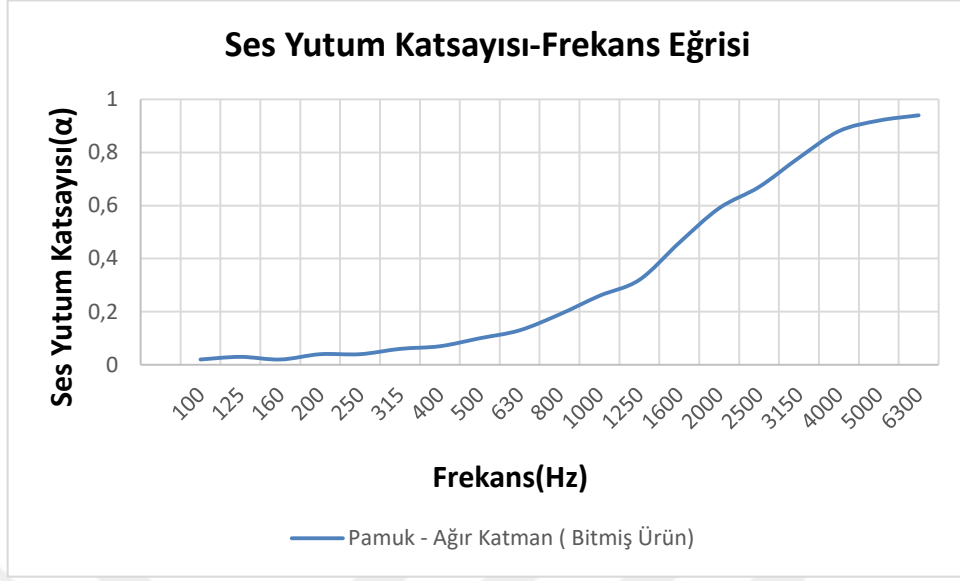


Şekil 4.22: 6000 gsm Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.

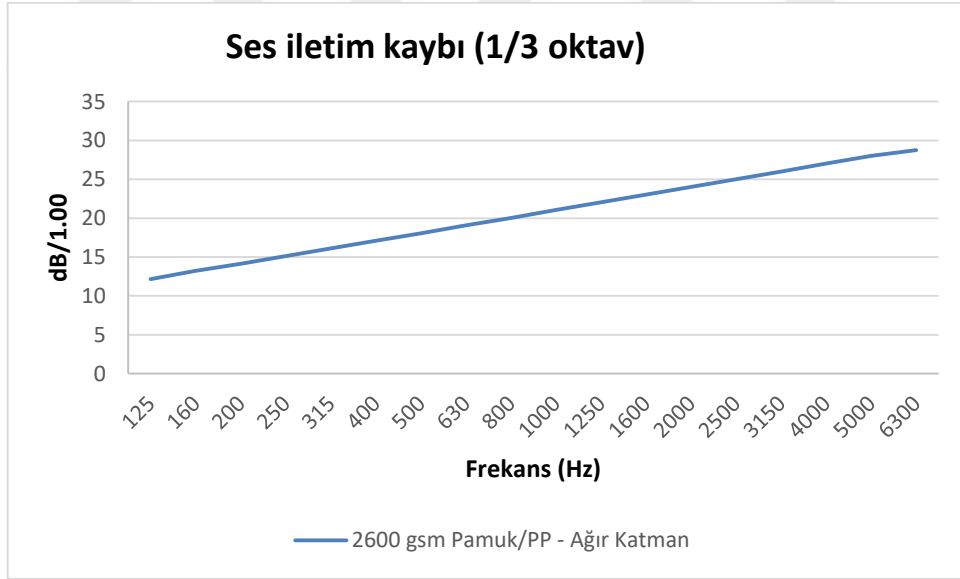


Şekil 4.23: 1000 gsm elastomer katkılı Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.

Sırasıyla 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 g/m² birim alan kütlelerine sahip ağır katman deneysel çalışmalarında, birim alan kütlesi ve kalınlık değerleri arttıkça ses iletim kaybı değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Bunun yanı sıra elastomer katkısı yapıldığında düşük birim alan kütlelerine sahip ağır katman deneysel çalışmasının çok daha yüksek birim alan kütlelerine sahip ürünlere kıyasla benzer ses iletim kaybı değerine sahip olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.24: 2600 gsm Pamuk – Ağır Katman ses yutum katsayısı grafiği.



Şekil 4.25: 2600 gsm Pamuk / PP – Ağır Katman ses iletim kaybı sonuçları.

Ayrıca pamuk lifi esaslı dokunmamış kumaş ile elastomer katkılı ağır katman malzemesinin ekstruzyon kaplama yöntemiyle bileştirilerek elde edilen ve bu tez çalışmasında da bitmiş ürün ifadesi ile adlandırılan deneysel çalışmanın ISO 10534-2 standardına göre ses yutum ve ses iletim kaybı tayinleri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre bitmiş ürünün pamuk lifi

sayesinde orta ve yüksek frekanslarda ses yutum katsayısı performansının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elastomer katkılı ağır katman malzemesi sayesinde ise frekans değeri arttıkça iletim kaybının da artmasına dayalı olarak ses iletim kaybının tüm frekanslarda yüksek olduğu gözlenmektedir.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında otomotiv ve inşaat sektörlerinde ses yalıtımı amaçlı olarak kullanılması planlanan ağır katman malzemesinin hafifletilerek ses yalıtım performanslarının arttırılması incelenmiştir. Bu incelemede ses yalıtım performansının en yüksek, maliyet ve birim ağırlığın ise en düşük olması amacına yönelik deney parametreleri incelenip her bir analiz yöntemi için uygun değer sonuçları elde edilmiştir.

Otomotiv ve inşaat sektöründe kullanılan ses yalıtım amaçlı malzemelerde ses yutum katsayısının yanı sıra ses iletim kaybı değerleri de oldukça önem arz etmektedir. Buna sebep olarak titreşim kaynaklı gürültüler gösterilmektedir. Hem otomotiv hem de inşaat sektörlerinde kullanılan tüm malzemelerin otomotiv sektöründe yakıt tasarrufu amaçlı, inşaat sektöründe ise yapılara binen statik yükün minimum seviyede olmasının istenmesinden dolayı bu çalışmada geliştirilen ürünlerin düşük ağırlıkta yüksek ses yalıtım değerlerine sahip olmaları gözetilmiştir. Ayrıca rekabetin yüksek olduğu bu iki sektörde geliştirilen ürünün maliyetinin de düşük olması gerekliliği bir başka değişken olarak ele alınmıştır.

Bu çalışmada ses yutum katsayısının arttırılmasına yönelik doğal lif katkılı dokunmamış numuneler geliştirilmiştir. Doğal lif katkısı olarak pamuk, keten, kenaf ve kenevir lifleri, bağlayıcı özellikli sentetik bir lif olan polipropilen ile harmanlanarak (%70 doğal lif - %30 Polipropilen lifi) kullanılmıştır. Dokunmamış kumaşın geliştirilmesinde doku oluşturma aşamasında tarak prosesinden yararlanılmış olup, dokunun bağlanmasında ise mekanik bir bağlama yöntemi olan iğneleme yöntemi kullanılmıştır. Burada kullanılan doğal lifler ekonomik açıdan değerlendirildiğinde pamuk lifleri hem direk hammadde olarak hem de geri dönüşümlü halinin tedarik edilmesinin kolaylığı sayesinde en düşük maliyete sahip lif konumunda bulunmaktadır.

Geliştirilen tüm doğal lif katkılı dokunmamış kumaşlara gramaj, kalınlık, lif karışım oranları tayini, güç tutuşurluk ve ses yutum katsayısı testleri uygulanmıştır. Geliştirilen ürünlerin son kullanım alanlarının inşaat ve otomotiv endüstrileri olmasından dolayı özellikle güç tutuşurluk seviyesi tüm ürünlerde önem arz etmektedir. Benzer kalınlık ve birim alan ağırlığında geliştirilmiş olan dokunmamış kumaşlara ISO 3795 test standardına göre yapılan analizlerde tüm dokunmamış kumaş numunelerinin uygun olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra ses yutum katsayıları değerlendirmeye katıldığında pamuk liflerinin özellikle düşük frekans aralıklarında

(1000-2000 Hz) oldukça iyi sonuç verdikleri saptanmıştır. Ayrıca liflerin birim maliyeti göz önünde bulundurulduğunda yine pamuk liflerin en düşük maliyete sahip oldukları bilinmektedir.

Ses iletim kaybı değerlerinin arttırılmasına yönelik ise titreşim sönümleyici özelliği olan ağır katman olarak adlandırılan ekstrüzyon prosesi ile elde edilen ürünler geliştirilmiştir. Bu ürünler sırasıyla 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 g/m² birim alan kütlelerinde geliştirilmiştir. Ayrıca özellikle titreşim kaynaklı seslerin sönümlenmesinde artı bir değere sahip olan elastomer katkılı ağır katman ürünü de 1000 g/m² birim alan kütlelerinde geliştirilmiştir. Geliştirilen tüm ağır katman numunelerine gramaj, kalınlık, güç tutuşurluk, ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı testleri uygulanmıştır. Literatür çalışmalarında bahsedildiği üzere inorganik katkılı ağır katman numunelerinin birim alan kütlesi arttıkça ses iletim kaybı değerlerinin de artması beklenmektedir. Bu durum yapılan analizler neticesinde ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte genel kısımlarda bahsedilen elastomerlerin ses iletim kaybına olan katkısı yine yapılan testlerin sonucunda ortaya çıkmaktadır. Elastomer katkılı 1000 g/m² birim alan kütlelerine sahip numunede neredeyse tüm frekans aralıklarında 6000 g/m² birim alan kütlelerine sahip numuneye göre dahi daha yüksek bir ses iletim kaybı değerinin elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan tüm analizler neticesinde doğal (pamuk) lif katkılı dokunmamış kumaş ile elastomer katkılı ağır katman ürünleri ekstrüzyon kaplama yöntemi kullanılarak birleştirilmişlerdir. Elde edilen ürüne diğer numune çalışmalarında gerçekleştirildiği gibi gramaj, kalınlık, güç tutuşurluk, ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı testlerinin uygulanmasının yanı sıra mekanik testlerden patlama ve mukavemeti/ uzama testleri ayrıca uygulanmıştır. Geliştirilen ürün hem lifli yapısı sayesinde düşük frekans aralıklarında yüksek ses yutum katsayısına sahip olmasının yanı sıra elastomer katkılı ağır katman kaplamasıyla neredeyse tüm frekans aralıklarında yüksek ses iletim kaybına sahiptir. Ayrıca bitmiş ürünün birim alan kütlesi (2600 g/m²) hali hazırda ayrı olarak kullanılan malzemelere göre çok daha hafif bir değere sahiptir.

KAYNAKLAR

- [1]. Güner, Çiğdem, Dr. "Gürültünün Sağlık Üzerine Etkileri." *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*(1994). Türk Tabipler Birliği.
- [2]. Berglund, Birgitta, Thomas Lindvall, Dietrich H. Schwela, and World Health Organization. Occupational and Environmental Health Team. "Guidelines for Community Noise." WHO. Geneva : World Health Organization, 01 Jan. 1999.
- [3]. *Çevresel Gürültü Kaynakları*, T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, gurultu.cevreorman.gov.tr/gurultu/AnaSayfa/gurultu/GurultuKaynaklari.aspx?sflan=tr
- [4]. Güney, Ahmet. *Taşıt Akustiği Eğitimi*. Otam. İstanbul Teknik Üniversitesi, 2016.
- [5]. Araçlarda Kullanılan Ses Yalıtım Malzemeleri Nedir Ve Nasıl Temin Edilir?" *OtoGüncel Oto Haber Sitesi*. 03 Dec. 2012.
- [6]. Ver IL and Beranek LL. Noise and vibration control engineering principal and application, chapter 8. Sound-Absorbing Materials and Sound Absorbers, 2nd edn. John Wiley & Sons, Inc, 2006
- [7]. Seddeq, Hoda Soliman, Nermin M. Aly, Ali Marwa A, and MH Elshakankery. "Investigation on Sound Absorption Properties for Recycled Fibrous Materials." *Journal of Industrial Textiles* 43.1 (2012): 56-73. *Journal of Industrial Textiles*.
- [8]. Allard JF, Depollier C and Guignouard P. Free field surface impedance measurements of sound absorbing materials with surface coatings. *Appl Acoust* 1989; 26(3): 199 207
- [9]. Çavdar, Kadir. "Ses Ders Notları." Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği, 2010.
- [10]. ÇMB, *Evrin Ağacı* “Duyular - 3: Duyma (İşitme) ve Ses Çıkarma(Vokalizasyon)”
- [11]. Sicimoglu, Nebahat. "Dalgalar." LinkedIn SlideShare. 06 Jan. 2012.
- [12]. Simpson, D. G. *Prince George's Community College Introductory Physics II*.
- [13]. Küçükali, Merve. "Akustik Özellikleri Geliştirilmiş Örme Kumaşlar." Thesis. İstanbul Teknik Üniversitesi, 2010.
- [14]. "Ses Dalgaları." Diyot.net. 17 Nov. 2015.

- [15]. Lindström, Katarina. *Bicomponent Fiber In Sound Absorbent Production*. Thesis. The Swedish School of Textiles, 2014.
- [16]. Toktaş, Sefa, and U. Teoman Aksoy. "Dış Duvar Uygulamalarında Ses Geçirimsizliği Ve Ses Yalıtımı Özellikleri." *E-Journal of New World Sciences Academy* (2011)
- [17]. Secgin, Abdullah. *Ses Ve Gürültü Kontrolü-Oda Akustiği*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [18]. Na, Youngjoo, Jeff Lancaster, John Casali, and Gilsoo Cho. "Sound Absorption Coefficients of Micro-fiber Fabrics by Reverberation Room Method." *Textile Research Journal*.
- [19]. Sözer, Nil. *Türkiye'de İlgili Yönetmeliklere Uygun Isı, Su, Ses Ve Yangın Yalıtımı Çözümleri, Yalıtım Malzemeleri Ve Bir Bina Projesi Üzerinde Uygulama Örneği*. Thesis. İstanbul Teknik Üniversitesi, 2005.
- [20]. Uzundağ, Ufuk, and Okan Tandoğan. *Malzemelerin Akustik Performans Testleri*. Novosim Mühendislik Hizmetleri, 01 Feb. 2013.
- [21]. Liuc, Xueting, et al. "Sound-Absorbing Properties of Kapok Fiber Nonwoven Composite at Low-Frequency." *Advanced Materials Research*, vol. 821-822, 18 Sept. 2013, pp. 329–332.
- [22]. Xiang, Hai-fan, et al. "Investigation On Sound Absorption Properties of Kapok Fibers." *Chinese Journal of Polymer Science*, vol. 31, 2013, pp. 521–529.
- [23]. Ersoy, Sezgin, and Haluk Küçük. "Investigation of Industrial Tea-Leaf-Fibre Waste Material for Its Sound Absorption Properties." *Applied Acoustics*, vol. 70, 5 July 2007, pp. 215–220.
- [24]. Patnaik, Asis, et al. "Thermal and Sound Insulation Materials from Waste Wool Andrecycled Polyester Fibers and Their Biodegradation Studies." *Energy and Buildings*, vol. 92, 1 Feb. 2015, pp. 161–169.
- [25]. Bodur, Mehmet Safa. "Doğal Lif Takviyeli Kompozitlerde Lif/Matris Ara Yüzey İyileştirme Çalışmaları Ve Çevresel Koşullara Göre Karakterizasyonu." *İstanbul Teknik Üniversitesi*, 2016.
- [26]. Mamtaz, Hasina, et al. "Acoustic Absorption of Natural Fiber Composites." *Journal of Engineering*, vol. 2016, 17 Apr. 2016, pp. 1–11.
- [27]. Başer, İnci. *Elyaf Bilgisi*. 2nd ed., Marmara Üniversitesi, 2002.
- [28]. Yakimovich, Nikolay V., et al. "Sound-Absorbing Composites Based on Flax and Polymer Fibers." *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications, 20 Nov. 2015.

- [29]. Bulut, Yasemin, and Ümit Halis Erdoğan. “Selüloz Esaslı Doğal Liflerin Kompozit Üretiminde Takviye Materyali Olarak Kullanımı.” *The Journal of Textiles and Engineers*, 23 May 2011.
- [30]. Gedik, Görkem, et al. “Kenevir Lifinin Özellikleri ve Tekstil Endüstrisinde Kullanımıyla Sağladığı Avantajlar.” *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Vol. 4, 2010, pp 39-48.
- [31]. Berardi, Umberto, and Iannace, Gino. “Acoustic Characterization of Natural Fibers for Sound Absorption Applications.” *Building and Environment*, 30 May 2015.
- [32]. Kinnane, Oliver, et al. *Acoustic Absorption of Hemp-Lime Construction*. Construction and Building Materials, 21 June 2016.
- [33]. Hao, Ayoub, et al. “Kenaf/polypropylene nonwoven composites: The influence of manufacturing conditions on mechanical, thermal, and acoustical performance.” *Composites: Part B*, 7 May 2013.
- [34]. Elvers, Barbara, and Fritz Ullmann. *Ullmann's Polymers and Plastics: Products and Processes*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2016.
- [35]. Yılmaz, Oktay. “Polimer Malzemelerin Ekstrüzyonunun Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi.” *İstanbul/İstanbul Teknik Üniversitesi*, 2007
- [36]. Vidinlimen, Güzide Tuğçe. “Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Gözenekli Malzemelerin Akustik Özellikleri Ve Analizi.” *İstanbul/ İstanbul Teknik Üniversitesi*, 2010.
- [37]. Zhao, J., et al. “Sound Insulation Property of Wood–Waste Tire Rubber Composite.” *Composites Science and Technology*, Elsevier, 11 Apr. 2010.
- [38]. Sambu, Mathan, et al. “Acoustical Performance and Physical Properties of Nonwoven Fibre; Arenga Pinnata (Ijuk) and Natural Rubber composite.” *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 11, no. 22, November 2016.
- [39]. Russell, S. J. *Handbook of Nonwovens*. Woodhead, 2007.
- [40]. Akalın, Mehmet, Prof. Dr., and Mustafa Sabri Özen, Yrd. Doç. Dr. *Tülbent Esaslı (Dokunmamış) Kumaşlar*. İstanbul: Marmara Üniversitesi, 2010.

- [41]. Çinçik, Emel. “İğneleme Yöntemiyle Üretilen Polyester/Viskon Karışımli Dokusuz Yüzey Özelliklerinin Deneyisel Ve İstatiksel Analizi.” *Adana/ Çukurova Üniversitesi* , 2010.
- [42]. Osswald, Tim A; Gries Thomas. *Polymer Processing: Modeling and Simulation*. Hanser Publication, 1 May 2006.
- [43]. Kohlgrüber, Klemens. *Co-RotatingTwin-ScrewExtruders Fundamentals, Technology, and Applications*. Hanser Gardner Publications, 2008.
- [44]. “Ekstrüzyon Makinelerinde Üretim.” *Plastik Teknolojisi*, MEB, 2010.
- [45]. Bulut, Yasemin, and Sular, Vildan. "Kaplama veya Laminasyon Teknikleri ile Üretilen Kumaşların Genel Özellikleri ve Performans Testleri.” *The Journal of Textiles and Engineers*.
- [46]. Uzundağ, Ufuk, and Okan Tandoğan. *Malzemelerin Akustik Performans Testleri*. Novosim Mühendislik Hizmetleri, 01 Feb. 2013.
- [47]. Akaydın, Onur, et al. *Gürültü Kontrol Elemanlarının Akustik Özelliklerinin Empedans Tüpi İle Belirlenmesi*. Yıldız Teknik Üniversitesi 10. Ulusal Akustik Kongresi, 16 Dec. 2013.
- [48]. Putra, Azma, Fazlin Abd Khair, and Jailani Mohd Nor. "Utilizing Hollow Structured Bamboo as Natural Sound Absorber." Feb. 2015.
- [49]. "Acoustics Lab Testing Services." *Testing Services | Technicon Acoustics*.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Umut Burak DALBUDAK
Doğum Yeri	Adana
Doğum Tarihi	09.10.1984
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	0 533 087 50 74
E-Posta Adresi	burakdalbudak@hotmail.com
Web Adresi	-



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Gazi Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Kimya Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2009

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	Mühendislik Bilimleri
Programı	Mühendislik Bilimleri
Mezuniyet Tarihi	26.01.2018