T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SEÇİLMİŞ PERDELİK KUMAŞLARIN SES YALITIMI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Hazırlayan
Hüsnü AYDEMİR

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Yüksek Lisans Tezi

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBY-12-3977 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Şubat 2013
KAYSERİ

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Hüsnü AYDEMİR

İmza :

Geliştirilen "Seçilmiş Perdelik Kumaşların Ses Yalıtımı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi" adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Hüsnü AYDEMİR

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdülkadir BİLİŞİK

Yrd. Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK danışmanlığında **Hüsnü AYDEMİR** tarafından hazırlanan **"Seçilmiş Perdelik Kumaşların Ses Yalıtımı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

06/02/2013

JÜRİ:

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Üye : Doç. Dr. Mustafa TUTAK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Emel ÇİNÇİK

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 12/02/2013 tarih ve 2013/07-09 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

12/02/2013

Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecimde bilgi ve tecrübeleriyle katkıda bulunan, tez aşamasında teşvik ve yardımlarını esirgemeyen, çalışmalarım süresince daima yanımda bulunan ve destekleyen, insani olarak da harika biri olan saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK' e en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmada kullanılan materyallerin elde edilmesini sağlayan ve katkılarını esirgemeyen OBA PERDESAN İşletme Müdürü sayın Hatice ŞENEL' e ve İşletme Mühendisi sayın Ece ÜSTÜNKAL' a teşekkür ederim.

Numunelerin üretilmesi ve incelenmesi aşamasında laboratuarlarından yararlandığım, çalışma esnasında desteklerini sunan, bilgi ve birikimleriyle katkıda bulunan İTKİB İTA Eğitim Araştırma ve Danışmanlık Limited Şirketi Genel Müdürü sayın Sunday ÖZGEN' e ve Laboratuar Sorumlusu Kimya Mühendisi sayın Melis DURNA' ya teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardımlarını esirgemeyen Bingöl Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Müdürü sayın Prof. Dr. Abdurrahman GÜL' e teşekkür ederim.

Çalışma esnasında imkanlarından yararlandığım Bingöl Üniversitesi Merkezi Laboratuarı çalışanlarına ve yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım sayın Uzman Aydın Şükrü BENGÜ' ye içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Değerli meslektaşım ve mesai arkadaşım sayın Öğr. Gör. Ebumüslüm EROL' a desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Hayatım boyunca devamlı yanımda olan, sabır, hoşgörü ve desteklerini esirmeyen aileme, yüksek lisans süreci boyunca gösterdiği anlayış için eşime teşekkür ederim.

Hüsnü AYDEMİR

Kayseri, Şubat 2013

SEÇİLMİŞ PERDELİK KUMAŞLARIN SES YALITIMI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Hüsnü AYDEMİR
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2013
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

ÖZET

Bu çalışmada, polyester ipliklerden üretilmiş perdelik kumaşlara akrilik kaplama işlemi yapılmış, kaplama öncesi ve sonrası ses yutum katsayısındaki farklılıklar gözlemlenerek perdelik kumaşların ses yalıtımı özellikleri istatistiksel analiz teknikleri kullanmak suretiyle araştırılmıştır.

Bu amaçla, iplik numarası, sıklık ve kalınlıkları birbirinden farklı bezayağı ve türevlerinden üretilen dört farklı yapı zemin kumaşı olarak seçilmiş, üç farklı akrilik oranına sahip kaplama maddesi kullanılarak toplam 12 adet kaplanmış kumaş üretilmiştir. Ham ve kaplanmış kumaş numunelerin ses yutum katsayısı, kopma mukavemeti, su geçirmezlik ve hava geçirgenliği değerleri ilgili test cihazları ile ölçülmüştür. Bunların yanı sıra tüm numunelerin yüzeylerindeki değişimi görüntülemek amacıyla, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır.

Test sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi Design Expert paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Bulunan varyans analizi tabloları ve regresyon eşitlikleri ve eğrileri sayesinde ses yutum katsayısına ve diğer kumaş özeliklerine etki eden faktörler incelenmiştir.

Sonuç olarak akrilik oranının ses yutum katsayısını artırdığı görülmüş, bu artışın bir sınır değere kadara kadar devam ettiği, bu sınırdan sonra yapısının rijit ve kırılgan hale geldiği, ses yutumunun bir miktar azaldığı ancak sesi yansıtma özelliğinin arttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ses yalıtımı, akrilik kaplama, perdelik kumaş, polyester, istatistiksel metodlar.

INVESTIGATING SOUND INSULATION AND MECHANICAL PROPERTIES OF SELECTED CURTAIN FABRICS

Hüsnü AYDEMİR

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, January 2013

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

ABSTRACT

In this study, sound absorbing coefficients of acrylic coated polyester curtain fabrics with and without coating were investigated by using statistical analyses techniques.

For this purpose, four different fabric constructions with different fabric yarn densities, yarn linear densities and thickness were selected and three different acrylic coating materials in different acrylic ratios were applied to these fabrics yielding 12 coated fabrics. Sound absorption coefficient, breaking strength, water repellence and air permeability properties of the coated and uncoated fabrics were measured using related laboratory equipments. In addition, Scanning Electron Microscope (SEM) was used for observing the surface characteristics of the coated and uncoated fabrics.

Design Expert software was used for statistical analysis. Analysis of Variance was carried out and the factors affecting the sound absorption coefficient and other fabric properties were investigated by regression equations and curves.

In conclusion, the acrylic ratio increases the sound absorption coefficient to a limit value, however further increasing this ratio makes the coated fabric rigid and brittle. Hence, the sound absorption coefficient decreases, however the sound reflection property of the fabric increases.

Keywords: Sound insulation, acrylic coating, curtain fabric, polyester, statistical analysis.

İÇİNDEKİLER

SEÇİLMİŞ PERDELİK KUMAŞLARIN SES YALITIMI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....i

YÖNERGEYE UYGUNLUK.....ii

ONAY….....iii

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR.....iv

ÖZET…… v

ABSTRACT vi

KISALTMALAR VE SİMGELER xi

TABLOLAR LİSTESİ.....xiii

ŞEKİLLER LİSTESİ.....xv

GİRİŞ…….....1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Polyester Elyafı Üretimi.....9

1.2. Akrilik Üretimi.....11

1.3. Kaplama İşlemi ve Yöntemleri 13

1.3.1. Zemin Kumaşı 15

1.3.2. Kaplama Maddesi 17

1.3.3. Kaplama Yöntemleri 19

1.4. Ses Dalgalarının Özellikleri 32

1.4.1. Ses Yalıtımı ve Ses Yutumu 36

1.4.2. Ses Yutumuna Etki Eden Faktörler 39

1.4.3. Ses Yutum Katsayısının Ölçümlenmesi 41

1.5. Kopma Mukavemeti 43

1.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) 44

1.7. Önceki Çalışmalar 46

1.7.1. Ses İzolasyonu İle İlgili Çalışmalar 46

1.7.2. Kaplama ve Laminasyon İle İlgili Çalışmalar 54

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Gereç 57

2.1.1. Zemin Kumaşı Özellikleri 57

2.1.2. Kaplama Malzemesinin Özellikleri 58

2.2. Yöntem 59

2.2.1. Kaplama İşlemi 59

2.2.2. Kurutma ve Fikse Makinesi (RAM) 60

2.2.3. Gramaj Ölçümü 61

2.2.4. Ses Yutumu Ölçüm Cihazı 62

2.2.5. Kopma Mukavemeti 64

2.2.6. Su Geçirmezlik Testi 65

2.2.7. Hava Geçirgenliği Testi 66

2.2.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) 68

2.2.9. İstatistiksel Analiz 69

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Gramaj Ölçümü Sonuçları 74

3.2. Ses Yutum Katsayısı Ölçüm Sonuçları 75

3.3. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları 78

3.4. Su Geçirmezlik Test Sonuçları 79

3.5. Hava Geçirgenliği Test Sonuçları 80

3.6. SEM Görüntüleri 82

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma.....85

4.1.1. Ses Yutum Katsayısı 85

4.1.1.1. Kumaş Ön Yüzleri İçin Ses Yutum Katsayıları ……..85

4.1.1.2. Kumaş Arka Yüzleri İçin Ses Yutum Katsayıları ……..93

4.1.2. Kopma Mukavemeti 101

4.1.2.1. Çözgü Yönündeki KopmaMukavemeti……..…..101

4.1.2.2. Atkı Yönündeki KopmaMukavemeti……....…..103

4.1.3. Su Geçirmezlik 105

4.1.4. Hava Geçirgenliği.....107

4.2. Sonuçlar 109

4.2.1. Ses Yutum Katsayısı 110

4.2.2. Kopma Mukavemeti 111

4.2.3. Su Geçirmezlik 112

4.2.4. Hava Geçirgenliği.....112

4.3. Öneriler 112

KAYNAKLAR 114

ÖZGEÇMİŞ 119

KISALTMALAR VE SİMGELER

SEM : Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)

UV : Ultraviyole

PVC : Polivinilklorür

PU : Poliüretan

f : Frekans

Hz : Hertz

kHz : Kilohertz

T : Periyot

dB : Desibel

P : Basınç

Pa : Paskal

H : Gözeneklilik

V_a : Hava Boşluğunun Hacmi

V_b : Test Edilecek Akustik Malzemenin Toplam Hacmi

PDK : Pamuklu Dokuma Kumaş

ÇYL : Çay Yaprağı Lifi

PDY : Polyester Dokusuz Yüzey

μm : Mikronmetre

4DG : Oktalobal

R : Hava Geçirgenliği

ANOVA : Varyans Analizi (Analysis of Variance)

PET : Polietilentereftalat

PES : Polyester

PP : Polipropilen

PTFE : Politetrafloretilen

CN : Akrilonitril

λ : Dalga Boyu

c : Ses Hızı

α : Ses Yutum Katsayısı

$\mathbf{I_{abs}}$: Yutulan Ses Yoğunluğu

$\mathbf{I_{inc}}$: Gelen Ses Yoğunluğu

RAM : Ramöz

mA : Miliamper

GAKT : Gruplar Arası Kareler Toplamı

HKT : Hataların Kareleri Toplamı

GKT : Genel Kareler Toplamı

GAKO : Gruplar Arası Kareler Ortalaması

HKO : Hataların Kareleri Ortalaması

a : Toplam Grup Sayısı

N : Toplam Değer Sayısı

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Dünya' da 1950-2009 yılları arası lif üretimi ve kişi başına lif tüketimi 6

Tablo 1.2. Dünya'da en fazla tüketilen lif gruplarının yıllara göre yüzde dağılımı 8

Tablo 1.3. Yıllara göre Dünya sentetik lif tüketiminin yüzde dağılımı 9

Tablo 1.4. Tekstil yüzeylerine uygulanan kaplama miktarlarına göre sınıflandırma ..15

Tablo 1.5. Kaplamada en çok kullanılan zemin kumaşları ve özellikleri 16

Tablo 1.6. Kaplamada kullanılan maddeler, özellikleri ve kullanım alanları 17

Tablo 1.7. Kaplamada kullanılan teknikler 19

Tablo 2.1. Kaplamada kullanılan kumaşların teknik özellikleri.....57

Tablo 2.2. Akrilik içerikli patlarının özellikleri.....58

Tablo 2.3. Kumaş kodları. 59

Tablo 2.4. Varyans analizi tablosu 71

Tablo 3.1. Kaplama ile oluşan gramaj değişimi. 74

Tablo 3.2. Farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı ölçüm sonuçları.....76

Tablo 3.3. Çözgü yönündeki kopma mukavemeti ve kopma uzaması sonuçları……. 78

Tablo 3.4. Atkı yönündeki kopma mukavemeti ve kopma uzaması sonuçları.....79

Tablo 3.5. Su geçirmezlik test sonuçları.....80

Tablo 3.6. Hava geçirgenliği test sonuçları. 81

Tablo 4.1. Kumaş ön yüzlerinin ses yutum katsayıları için bazı istatistiksel değerler. 86

Tablo 4.2. Kumaş ön yüzlerinin ses yutum katsayısı değerleri için ANOVA tablosu. 86

Tablo 4.3. Kumaş ön yüzlerinin ses yutum katsayısı değerleri regresyon eşitlikleri....87

Tablo 4.4. Kumaş ön yüzleri için seçilmiş dört frekans değerinde kumaş tipi ve akrilik oranına bağlı olarak elde edilen ses yutum katsayıları.....92

Tablo 4.5. Kumaş arka yüzleri ses yutum katsayıları için bazı istatistiksel değerler. ..93

Tablo 4.6. Kumaş arka yüzleri ses yutum katsayısı değerleri için ANOVA tablosu. ..94

Tablo 4.7. Kumaş arka yüzlerinin ses yutum katsayısı değerleri regresyon eşitlikleri.95

Tablo 4.8. Kumaş arka yüzleri için seçilmiş dört frekans değerinde kumaş tipi ve akrilik oranına bağlı olarak elde edilen ses yutum katsayıları. 100

Tablo 4.9. Çözgü yönünde kopma mukavemeti için bazı istatistiksel değerler. 101

Tablo 4.10. Çözgü yönünde kopma mukavemeti değerleri için ANOVA tablosu. 101

Tablo 4.11. Çözgü yönünde kopma mukavemeti değerleri için regresyon eşitlikleri.102

Tablo 4.12. Atkı yönünde kopma mukavemeti için bazı istatistiksel değerler.....103

Tablo 4.13. Atkı yönünde kopma mukavemeti değerleri için ANOVA tablosu. 104

Tablo 4.14. Atkı yönünde kopma mukavemeti değerleri için regresyon eşitlikleri. ..104

Tablo 4.15. Su geçirmezlik test sonuçları için bazı istatistiksel değerler. 105

Tablo 4.16. Su geçirmezlik testi sonuç değerleri için ANOVA tablosu.....106

Tablo 4.17. Su geçirmezlik testi sonuç değerleri için regresyon eşitlikleri. 106

Tablo 4.18. Hava geçirgenliği test sonuçları için bazı istatistiksel değerler. 107

Tablo 4.19. Hava geçirgenliği testi sonuç değerleri için ANOVA tablosu. 108

Tablo 4.20. Hava geçirgenliği testi sonuç değerleri için regresyon eşitlikleri. 108

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Tekstil liflerinin sınıflandırılması 5

Şekil 1.2. Polyester eriyiğinin elde edilmesi 10

Şekil 1.3. Ekstrüderin kullanıldığı eriyik çekme ünitesi 11

Şekil 1.4. Vinil grubuna –CN bağlanmasıyla poliakrilonitril yapısının oluşumu 12

Şekil 1.5. Yaş çekim yöntemi üretim düzeneği 12

Şekil 1.6. Hava raklesi sisteminin şematik görünüşü 22

Şekil 1.7. Silindir üzerinde rakle yönteminin şematik görünüşü 22

Şekil 1.8. Blanket üzerinde rakle yönteminin şematik görünüşü 23

Şekil 1.9. Havada rakle yönteminin şematik görünüşü 23

Şekil 1.10. Direkt silindir kaplamanın şematik görünüşü 24

Şekil 1.11. Rezerve silindir kaplamanın şematik görünüşü 25

Şekil 1.12. Direkt gravür kaplama işleminin şematik görünüşü 26

Şekil 1.13. İndirekt gravür kaplama yönteminin şematik görünüşü 26

Şekil 1.14. Döner silindir ile kaplamada şablonun iç görüntüsü 27

Şekil 1.15. Püskürtme ile kaplama yönteminin şematik görünüşü 28

Şekil 1.16. Ekstrüzyon ile kaplama sisteminin şematik görünüşü 29

Şekil 1.17. Pudralı kaplama işleminin şematik görünüşü.....29

Şekil 1.18. Kalandır kaplama işleminin şematik görünüşü 30

Şekil 1.19. Transfer kaplama işleminin şematik görünüşü 30

Şekil 1.20. Sol-jel ile tekstil yapılarının kaplanması 31

Şekil 1.21. Plazma ile tekstil yapılarının kaplanması 32

Şekil 1.22. Ses basıncının zamanla değişimi 33

Şekil 1.23. Farklı canlıların duyabildikleri frekans aralıkları 33

Şekil 1.24. Sağlıklı bir insan kulağının duyabileceği frekans değerleri 34

Şekil 1.25. Seslerin desibel aralıkları 35

Şekil 1.26. İnsanların maruz kaldığı gürültü kaynakları 36

Şekil 1.27. a) Viyol, b) piramit şekilli ses yutucu materyaller 37

Şekil 1.28. a) 4DG, b) trilobal, c) dairesel enine kesitler 40

Şekil 1.29. Yankılanma odası 42

Şekil 1.30. Empedans tüp yönteminde kullanılan büyük ve küçük tüpün şematik görünümü 42

Şekil 1.31. a) Büyük tüp (düşük frekans), b) Küçük tüp (yüksek frekans) 43

Şekil 1.32. Kuvvet-Uzama (F-E: Force-Elongation) eğrisi 44

Şekil 1.33. Taramalı elektron mikroskobunun şematik görünüşü 45

Şekil 2.1. SDL Atlas rakle ile kaplama cihazı. 59

Şekil 2.2. Havada rakle ile kaplama. 60

Şekil 2.3. SDL Atlas numune kurutma ve fikse makinesi (RAM). 61

Şekil 2.4. Hassas terazi. 61

Şekil 2.5. Brüel-Kjaer çift mikrofon empedans tüp cihazı. 62

Şekil 2.6. Çift-mikrofon empedans tüp metodunun şematik gösterimi 62

Şekil 2.7. Empedans tüpü ile ölçümde kullanılan büyük tüp ve küçük tüpün şematik gösterimi 63

Şekil 2.8. Tinius Olsen kopma mukavemeti ölçüm cihazı. 64

Şekil 2.9. SDL Atlas su geçirmezlik test cihazı.....65

Şekil 2.10. SDL Atlas hava geçirgenliği test cihazı. 66

Şekil 2.11. Jeol JSM-6510 Taramalı Elektron Mikroskobu. 68

Şekil 2.12. Emitech Altın-Paladyum kaplama ünitesi. 69

Şekil 3.1. Birinci kumaş tipi için ham haldeki (a) (x300 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x1000), (c) (x300) ve (d) (x1000) görüntüleri. 82

Şekil 3.2. İkinci kumaş tipi için ham haldeki (a) (x100 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x1000), (c) (x300) ve (d) (x300) görüntüleri. 83

Şekil 3.3. Üçüncü kumaş tipi için ham haldeki (a) (x40 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x850), (c) (x300) ve (d) (x350) görüntüleri. 83

Şekil 3.4. Dördüncü kumaş tipi için ham haldeki (a) (x100 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x330), (c) (x400) ve (d) (x400) görüntüleri. 84

Şekil 4.1. Birinci kumaşın ön yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 87

Şekil 4.2. İkinci kumaşın ön yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 88

Şekil 4.3. Üçüncü kumaşın ön yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 88

Şekil 4.4. Dördüncü kumaşın ön yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 89

Şekil 4.5. Birinci kumaş tipinin ön yüzü için ham haldeki (a) (x33 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x30), (c) (x40) ve (d) (x33) görüntüleri. 90

Şekil 4.6. İkinci kumaş tipinin ön yüzü için ham haldeki (a) (x30 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x30), (c) (x30) ve (d) (x30) görüntüleri. 91

Şekil 4.7. Üçüncü kumaş tipinin ön yüzü için ham haldeki (a) (x30 büyütme) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x30), (c) (x30) ve (d) (x30) görüntüleri. 91

Şekil 4.8. Dördüncü kumaş tipinin ön yüzü için ham haldeki (a) (x30) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x30), (c) (x35) ve (d) (x30) görüntüleri. 92

Şekil 4.9. Birinci kumaşın arka yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 95

Şekil 4.10. İkinci kumaşın arka yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 96

Şekil 4.11. Üçüncü kumaşın arka yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 96

Şekil 4.12. Dördüncü kumaşın arka yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 97

Şekil 4.13. Birinci kumaş tipinin arka yüzü için ham haldeki (a) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b), (c) ve (d) görüntüleri. 98

Şekil 4.14. İkinci kumaş tipinin arka yüzü için ham haldeki (a) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b), (c) ve (d) görüntüleri. 98

Şekil 4.15. Üçüncü kumaş tipinin arka yüzü için ham haldeki (a) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b), (c) ve (d) görüntüleri. 99

Şekil 4.16. Dördüncü kumaş tipinin arka yüzü için ham haldeki (a) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b), (c) ve (d) görüntüleri. 99

Şekil 4.17. Çözgü yönündeki kopma mukavemetinin kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 102

Şekil 4.18. Atkı yönündeki kopma mukavemetinin kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 104

Şekil 4.19. Su geçirmezlik testi değerlerinin kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 106

Şekil 4.20. Hava geçirgenliği değerlerinin kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi. 109

GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji ve endüstriye bağlı olarak artan araç ve makine sayısı sağladığı kolaylıkların yanında insan hayatında bazı olumsuz sonuçlar oluşturmaktadır. Bunların en başında, normalden yüksek ses seviyesi olarak tanımlayabileceğimiz gürültü karşımıza çıkmaktadır. Yüksek yaşam temposunun yanında maruz kalınan gürültü gibi dış etkenler insanda psikolojik bazı olumsuzluklar meydana getirmektedir. Bunun önlenmesi amacıyla insanların uzun zamanlarını harcadıkları araçlar ve binalar, normal düzeyin üzerindeki sesten izole edilmeye çalışılmaktadır.

Dış etkenleri en aza indirmek için kullanılan endüstriyel malzemelerden cam yünü ve taş yünü gibi lifler dokusuz yüzey teknikleri ile yalıtım materyali haline getirilmektedir. Bu liflerin dışında polyester, kenaf gibi liflerde ses yutumunu geliştirmek amacıyla yapılan çalışmalarda, özellikle araç içi izolasyonda kullanılan dokusuz yüzeylerin yapısal özellikleri değiştirilerek ses yutumunun artırılmasına yönelik yapılan araştırmaların yanında, konfor özellikleri bakımından dokusuz yüzeylere göre daha kullanışlı olan örgü kumaş yapılar da ses yutum çalışmalarında kullanılmaktadır.

Binalarda duvar izolasyonu cam yünü ve taş yünü liflerinden elde edilen yapılarla sağlanırken, pencere ve kapı gibi bölümlerde ses izolasyonu sağlayabilmek için bu kısımlarda perdelik kumaşlardan faydalanılmaktadır. Perdelik kumaşlar iç mekanın ışıktan izole edilmesine yardımcı olmasının yanı sıra dışarıdan gelen gürültülerin önlenmesine de yardımcı olmalıdır. Dolayısıyla perdelik kumaşların ses yalıtımına yardımcı olabilecek farklı tekniklerle üretilmesi ihtiyacı vardır. Perdelik kumaşların bu özelliklerinin yanında hava ve su geçirgenliği özellikleri, ayrıca kopma dayanımı özellikleri ikincil derecede önem arz etmektedir.

Yapılan literatür çalışmasında; tekstil materyallerinin farklı elyaf kullanılarak, farklı kumaş yüzey parametreleri ve konstrüksiyonlarıyla oluşturulması sayesinde ses izolasyonunun artırılmaya çalışıldığı; kaplama ve laminasyon teknikleri ile üretilen kumaşların ses yalıtımı ve fiziksel özelliklerinin değişiminin incelendiği görülmüştür. Kumaş yüzey özelliklerinin geliştirilmesinde kullanılan kaplama teknikleri, kumaşların doğal yapısında bulunmayan bazı özelliklerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Kaplama ile gözenek miktarının azaltılabilmesi sayesinde hava ve su geçirgenliği, iplikler arasındaki boşlukların dolması ile kopma dayanımları, yüzey açıklıklarının kapanması sebebiyle dış ortamdan gelen ses gibi etkenlerde izolasyon özellikleri değişim göstermektedir.

Bu çalışmada kaplama yöntemi ile oluşturulmuş perdelik kumaşların ses yutumu, kopma mukavemeti, su geçirmezlik ve hava geçirgenliği değerleri incelenerek, söz konusu özelliklerin farklı dokuma kumaş konstrüksiyonlarında farklı kaplama malzemeleri kullanılarak nasıl değiştiği istatistiksel analiz teknikleri kullanılması suretiyle tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında farklı numaralardaki polyester iplikleri kullanılarak bezayağı ve türevi yapılar ile oluşturulan, dört farklı sıklık ve gramajdaki kumaş numuneleri, perde üretiminde sıklıkla kullanılan akrilik kaplama materyalinin üç farklı miktardaki yüzdeleri ile oluşturulan patla kaplanmış 12 farklı perdelik kumaş üretilmiştir. Bu numunelerin ses yutumu, kopma mukavemeti, su geçirmezlik ve hava geçirgenlik değerleri test edilmiştir. Kaplama öncesinde ham haldeki kumaşların test sonuçları, kaplanmış kumaşların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Buradaki amaç, kaplama materyalindeki akrilik miktarının değişiminin, hava geçirgenliğine ve buna bağlı olarak ses yutumuna oluşacak etkisini gözlemlemek, kaplama materyalinin kumaş gözeneklerini kapatarak oluşturduğu yapının su geçirmezliğini tespit etmek ve bunlara ek olarak kopma mukavemeti değeri üzerindeki etkisini araştırmaktır. Kaplama öncesi ve sonrasında kumaşların görüntüleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile elde edilmiştir. Dört farklı kumaşın ham ve her bir kaplama sonrasında elde edilen görüntüleri incelenerek kumaş yapısının kaplama materyaline bağlı olarak değişimi gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçların istatistiksel olarak incelenmesi Design Expert paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

Kaplama maddesi içindeki akrilik oranları ve kumaşların konstrüksiyonları dikkate alınarak yapıların ses yutum katsayıları çalışma sonunda karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra yapıların mekanik özellikleri de incelenmiştir. Kaplama patı içindeki akrilik oranı belli bir değere kadar, yapısı ve oluşturduğu yüzey ile ses yutum katsayısını arttırırken bu değerden sonra akrilik miktarının yüksek olması sebebiyle kaplama maddesinin rijit ve kırılgan hale gelmesinden dolayı ses yutum özelliklerinde düşme gözlenmiş, bu sınırdan sonra akrilik oranının artmasının yapıya katkısının olmadığı sonucuna varılmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

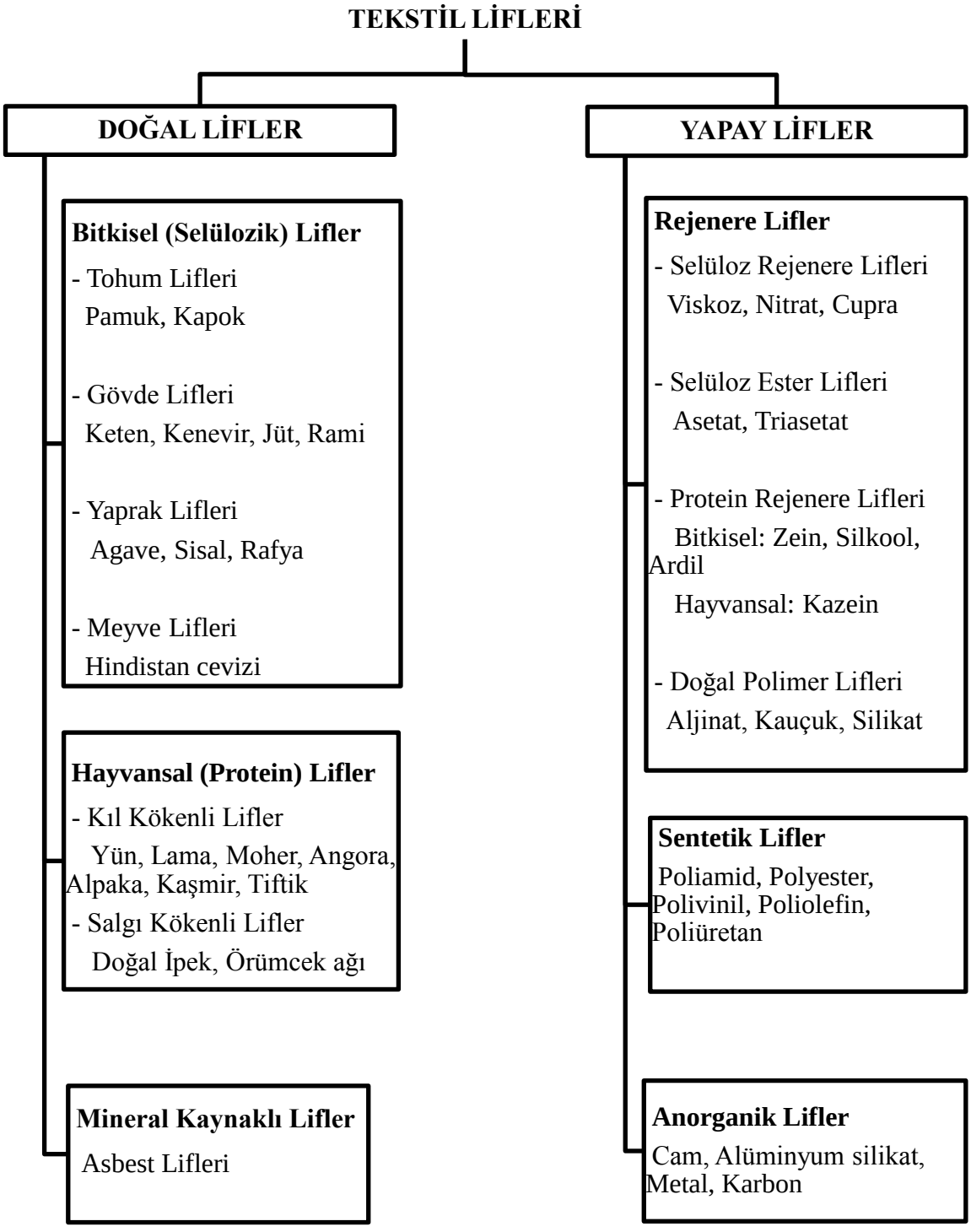
İnsanoğlu varolduğu günden bu yana dış etkenlerden korunmak amacıyla ilk olarak hayvan postlarını, daha sonra ise doğadan elde ettiği bitkisel ve hayvansal lifleri kullanmıştır. Bu lif yapılarının eğrilip şekil verilmesi ile ipliği oluşturmuşlar, iplikleri de birbirleri üzerinden ve altından geçirerek dokuma kumaş yapısını meydana getirmişlerdir.

Lifler, bitkilerden (pamuk, keten), hayvanlardan (yün, ipek) ve mineralden (asbest) elde edilen doğal lifler; doğal polimerlerden (viskoz, asetat), sentetik (polyamid, polyester) polimerlerden ve anorganik liflerden elde edilen yapay lifler olarak iki ana gruba ayrılırlar.

Tekstil liflerinin sınıflandırılması Şekil 1.1' de gösterilmiştir. Doğal lifler, hayvansal, bitkisel ve mineral kaynaklı olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Bitkisel kaynaklı lifler, tohum, gövde, yaprak ve meyve lifleri olarak gruplandırılmıştır. Pamuk tohum liflerine, keten ve kenevir gövde liflerine, sisal ve agave yaprak liflerine, hindistan cevizi ise meyve liflerine örnek gösterilebilir. Hayvansal kaynaklı lifler ise, kıl kökenli ve salgı kökenli olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kıl kökenli lifler yün, moher, alpaka ve angora; salgı kökenliler ise ipek ve örümcek ağıdır. Asbest lifleri ise mineral kaynaklı lifler grubuna dahildir.

Yapay lifler, doğal polimerlerden elde edilen lifler (rejenere lifler), sentetik polimerlerden elde edilen lifler ve anorganik lifler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Rejenere lifler, doğal polimerlerden fiziksel ve kimyasal yöntemlerle elde edilmektedir. Bu grupta selüloz esaslı rejenere lifler (viskoz), selüloz ester lifleri (asetat, triasetat), protein esaslı rejenere lifler (zein, ardil, kazein) ve diğer doğal polimer lifleri (aljinat,

silikat) bulunmaktadır. Sentetik lifler ise hammaddesi sentez kaynaklı polimerlerden üretilmiş lifler olup, polyamid, polyester, polivinil gibi lifleri kapsamaktadır. Cam lifleri ve karbon lifleri de anorganik lifler içerisinde yer almaktadır.



Şekil 1.1. Tekstil liflerinin sınıflandırılması [1].

Dünya nüfusunun her yıl giderek artmasından dolayı doğal lif tüketimi de buna paralel olarak artış göstermesine rağmen kişi başına düşen lif miktarı refah seviyesinin yükselmesi ve modanın gelişmesi gibi sebeplerden dolayı hızla artış göstermiştir. Tablo 1.1' de 1950-2009 yılları arasında dünyada gerçekleşen doğal lif üretimi ve yapay lif üretimi, dünya nüfusunun değişimi ve kişi başına düşen lif miktarları görünmektedir. 1950 yılında dünyadaki doğal lif üretimi 7.723.000 ton, yapay lif üretimi 1.681.000 ton toplam olarak 9.404.000 ton, dünya nüfusu 2.56 milyar kişi ve kişi başına düşen lif miktarı 3.7 kg iken 2009 yılında doğal lif üretimi 26.392.000 ton, yapay lif üretimi 44.134.000 ton toplam olarak 70.526.000 ton, dünya nüfusu 6.76 milyar kişi ve kişi başına düşen lif miktarı 10.4 kg olarak gerçekleşmiştir. 1991 yılına kadar doğal lifler, yapay liflere oranla daha yüksek miktarda üretilirken, 1991 yılında bu değer birbirine eşit hale gelmiş ve yapay lif üretimi, doğal lif üretim değerini geçmiştir. Bunun sebebi olarak da yapay liflerin daha çok teknik alanlarda ve dokusuz yüzeylerde kullanımının yanında doğal lif üretimine göre yapay lif üretiminin daha zahmetsiz olması, bütün yıl boyunca üretim yapılabilmesi, iklim şartlarının üretimi etkilememesi ve birim maliyetinin düşük olması gösterilebilir. Ancak buna rağmen doğal lif üretiminden vazgeçilmemesi, sentetik liflerin tekstürizasyon gibi işlemlere girmesine rağmen konfor ve kullanım özellikleri bakımından yeterli düzeyde olmadığını göstermektedir.

Yıllar bazında baktığımızda kişi başına düşen lif miktarı dalgalanmalar göstermesine rağmen genel olarak artış eğiliminde olduğunu görülmektedir.

Tablo 1.1. Dünya' da 1950-2009 yılları arası lif üretimi ve kişi başına lif tüketimi [2].

Yıl	**Doğal* ($x10^6$ kg)**	**Yapay ($x10^6$ kg)**	**Toplam ($x10^6$ kg)**	**Nüfus ($x10^9$)**	**Tüketim (kg/kişi)**
2009	26392	44134	70526	6,76	10,4
2008	25260	42430	67690	6,68	10,1
2007	28092	44425	72517	6,61	11,0
2006	28268	41106	69374	6,53	10,6
2005	26719	39750	66469	6,46	10,3
2004	25049	37533	62582	6,38	9,8
2003	22688	35291	57979	6,31	9,2
2002	22786	33517	56303	6,23	9,0
2001	21968	31595	53563	6,16	8,7
2000	21496	31147	52643	6,08	8,7

Tablo 1.1. Dünya' da 1950-2009 yılları arası lif üretimi ve kişi başına lif tüketimi [2] (devamı).

Yıl	Doğal* ($x10^6$ kg)	Yapay ($x10^6$ kg)	Toplam ($x10^6$ kg)	Nüfus ($x10^9$)	Tüketim (kg/kişi)
1999	21266	29400	50666	6,01	8,4
1998	19990	28296	48286	5,93	8,1
1997	20189	27523	47712	5,86	8,1
1996	20237	24680	44917	5,78	7,8
1995	19600	23594	43194	5,70	7,6
1994	19461	22613	42074	5,62	7,5
1993	19631	20765	40396	5,53	7,3
1992	19673	20481	40154	5,45	7,4
1991	19740	19738	39478	5,37	7,4
1990	21460	19380	40840	5,28	7,7
1989	21409	18944	40353	5,20	7,8
1988	21072	18543	39615	5,11	7,8
1987	20638	17864	38502	5,02	7,7
1986	20743	16886	37629	4,94	7,6
1985	17732	16259	33991	4,85	7,0
1984	16240	15764	32004	4,77	6,7
1983	15705	14850	30555	4,69	6,5
1982	15469	13597	29066	4,61	6,3
1981	15189	14631	29820	4,53	6,6
1980	15227	14301	29528	4,46	6,6
1975	13349	10677	24026	4,09	5,9
1970	13484	8394	21878	3,71	5,9
1965	13401	5486	18887	3,35	5,6
1960	11607	3367	14974	3,04	4,9
1950	7723	1681	9404	2,56	3,7

* Pamuk, yün ve ipek liflerini içermektedir.

Tablo 1.2' de dünyada en fazla tüketilen lif gruplarının yıllara göre yüzde dağılımı verilmiştir. 1970 yılında dünyada tüketilen 21.878.000 ton lifin %54' ünü pamuk, %8' ini yün, %22' ni sentetikler ve %16' sını selülozik lifler oluştururken, 2009 yılında ise 70.526.000 ton lifin %36' sını pamuk, %2' sini yün, %57' sini sentetikler ve %5' ini selülozik lifler oluşturmuştur.

Tablo 1.2. Dünya'da en fazla tüketilen lif gruplarının yıllara göre yüzde dağılımı [2].

Yıl	Pamuk	Yün	Sentetik	Selülozik	Toplam ($x10^6$ kg)
2009	36	2	57	5	70526
2008	35	2	57	5	67690
2007	37	2	56	5	72517
2006	39	2	54	5	69374
2005	38	2	55	5	66469
2004	38	2	55	5	62582
2003	37	2	56	5	57979
2002	38	2	55	5	56303
2001	38	2	54	5	53563
2000	38	3	54	5	52643
1999	39	3	53	5	50666
1998	38	3	53	6	48286
1997	39	3	52	6	47712
1996	42	3	49	6	44917
1995	42	3	48	7	43194
1994	42	4	47	7	42074
1993	44	4	45	7	40396
1992	45	4	44	7	40154
1991	45	5	43	7	39478
1990	48	5	40	8	40840
1989	48	5	39	8	40353
1988	48	5	38	9	39615
1987	49	5	38	9	38502
1986	50	5	36	9	37629
1985	47	5	38	10	33991
1980	46	5	37	12	29528
1975	49	7	31	13	24026
1970	54	8	22	16	21878

Tablo 1.3' de yıllara göre Dünya sentetik lif tüketiminin yüzde dağılımı verilmiştir. 1970 yılında tüketilen 4.809.000 ton sentetik lifin, %34' ünü polyester, %40' ını polyamid, %21' ini akrilik ve %5' ini diğer lifler oluştururken, 2009 yılında ise 40.338.000 ton lifin, %79' unu polyester, %9' unu polyamid, %5' ini akrilik ve %7' sini diğer lifler oluşturmuştur.

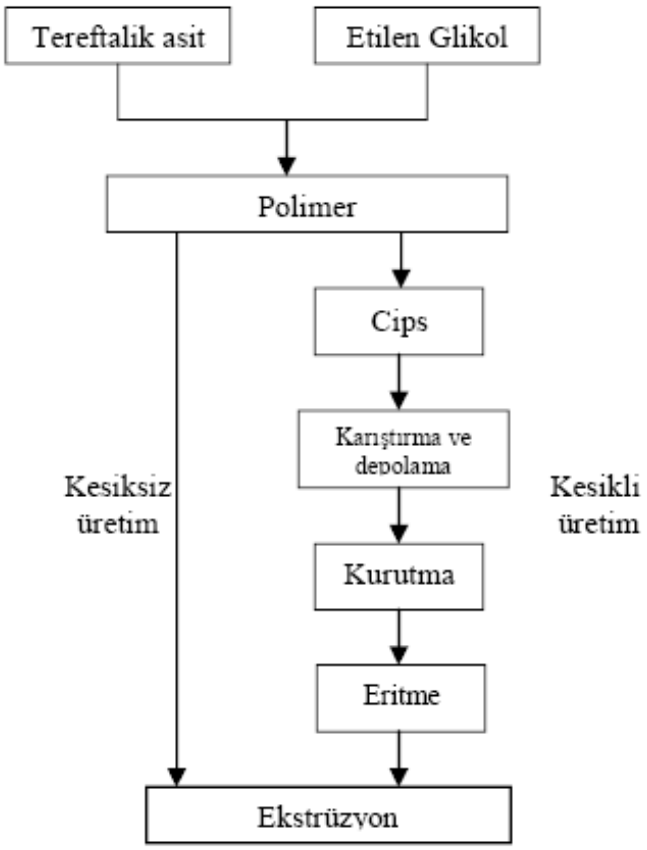
Tablo 1.3. Yıllara göre Dünya sentetik lif tüketiminin yüzde dağılımı [2].

Yıl	Polyester	Polyamid	Akrilik	Diğerleri	Toplam ($x10^6$ kg)
2009	79	9	5	7	40338
2008	78	9	5	8	38905
2007	76	10	6	9	40597
2006	73	11	7	9	37547
2005	72	11	7	10	36375
2004	70	12	8	10	34243
2003	69	12	8	10	32275
2002	68	13	9	10	30694
2001	67	13	9	11	28934
2000	66	14	9	11	28389
1999	66	15	9	10	26821
1998	65	15	10	10	25521
1997	63	16	11	10	24644
1996	61	18	12	9	21810
1995	60	19	12	9	20621
1994	58	18	13	11	19779
1993	57	20	13	10	18022
1992	56	21	13	10	17693
1991	54	22	14	10	16814
1990	53	24	14	9	16191
1989	54	24	15	7	15602
1988	53	25	16	6	15172
1987	52	25	17	6	14578
1986	50	26	18	6	13645
1985	50	26	18	6	13025
1980	47	30	19	4	10779
1975	45	33	19	3	7461
1970	34	40	21	5	4809

1.1. Polyester Elyafı Üretimi

Sentetik lifler içerisinde önemli bir yere sahip olan polyester lifleri, organik bir asit ile bir alkolün polikondenzasyon reaksiyonu ile elde edilmektedir. Günümüzde en çok üretilen polyester lifi, tereftalik asit ve etilen glikol reaksiyonu sonucu eriyikten lif çekme yöntemi ile üretilen polietilentereftalat (PET) lifleridir. Şekil 1.2' de polyester eriyiğinin elde edilmesi şematik olarak gösterilmiştir.

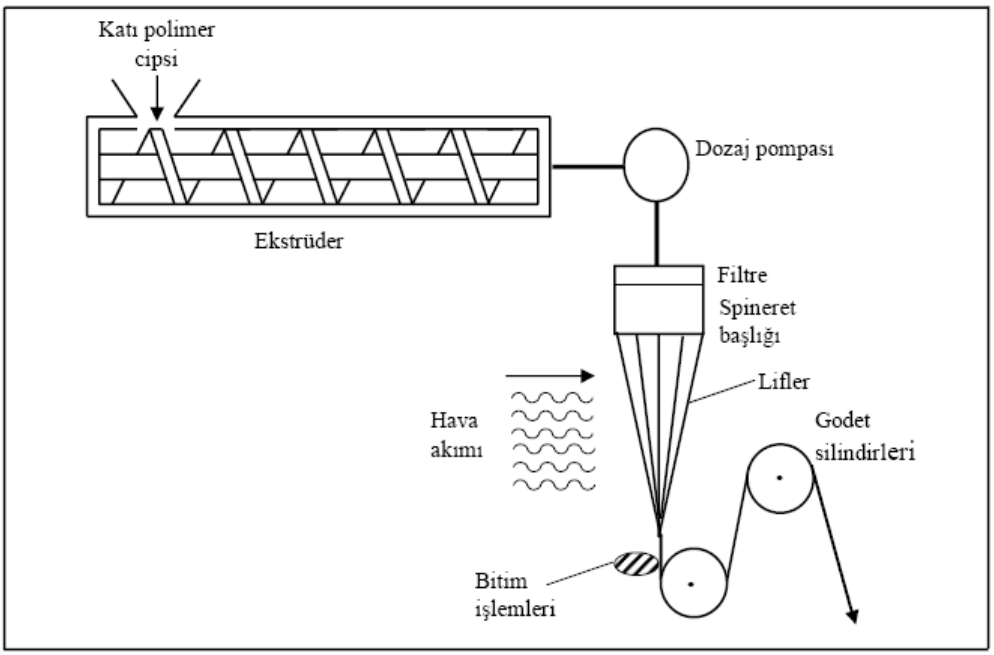
Granül (cips) halindeki polimer parçaları, erime noktası üzerindeki sıcaklığa ısıtılarak eritilip sıvı hale getirilir. Daha sonra filtrelerden süzülerek bir dozaj pompası yardımıyla eşit basınçla düzelere sevk edilir. Düzelerden püskürtülen filamentler hava ile soğutulur. Bitim işlemlerinden sonra stapel lif veya filament halde sarılarak iplik üretilebilir.



Şekil 1.2. Polyester eriyiğinin elde edilmesi [3].

Şekil 1.3' de ekstrüderin kullanıldığı eriyik çekme ünitesi şematik olarak gösterilmektedir. Ekstrüdere katı olarak beslenen polyester cipsler ekstrüder içerisinde eritilip belirli bir ön basınç kazandırılarak dozaj pompasına iletilir. Burada daha fazla basınç kazandırılan polyester eriyiği filtre ünitesinden geçirilerek içindeki safsızlıklar giderilmeye çalışılır. Buradan, üzerinde küçük delikler bulunan spineret başlığına sevk edilen polyester eriyiği düse deliklerinden basınçla çıkar ve hava akımı ile soğutularak katı hale getirilir. Oluşturulan katı filamente yağlayıcı maddeler uygulanır ve sarım gerçekleştirilir. Polyester liflerinin genellikle enine kesitleri yuvarlak, boyuna kesitleri

ise pürüzsüz ve çubuğa benzer bir yapı göstermektedir. Matlaştırma işlemi uygulanmadıkça lifler beyaz ve parlaktır.



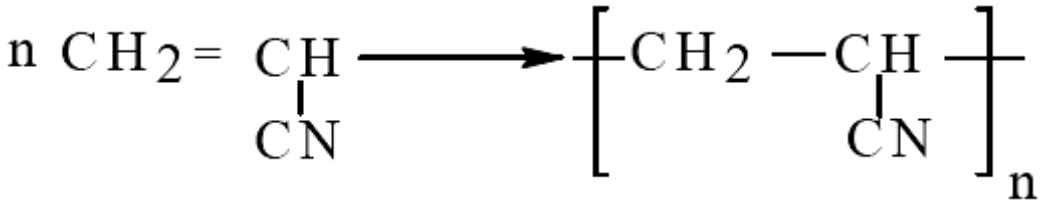
Şekil 1.3. Ekstrüderin kullanıldığı eriyik çekme ünitesi [3].

Polyester, balık ağları, perdeler, yer döşemeleri, kayış ve kemerler, yangın hortumu ve yelken bezi gibi ürünlerde tercih edilmektedir. Bu liflerin tercih edilmelerinin sebepleri, kopma ve aşınmaya karşı dayanımlarının yüksek oluşu, güneş ışığına yüksek dayanımı, nem absorblamasının düşük olması, kimyasal maddelere karşı direnci, yüksek rezilyansa sahip olması, sık ve düzgün olan yapısı ile açıklanabilir. Kaplama tekstillerinde zemin kumaşı olarak da kullanılmaktadır.

1.2. Akrilik Üretimi

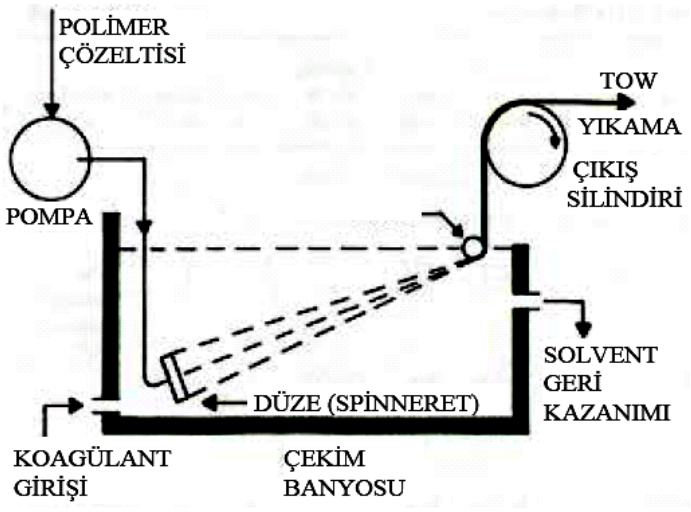
Yapısında vinil grubu bulunan monomerlerin polimerleşmesinden oluşan maddelere polivinil bileşikleri adı verilir. Şekil 1.4' de vinil grubuna –CN bağlanmasıyla poliakrilonitril yapısının oluşumu gösterilmiştir. Bu polimer oldukça bol bulunan asetilen ve etilenden elde edilebildiğinden ucuzdur. Ancak bu liflerin tekstil özellikleri mükemmel olmakla beraber, ne hidrojen köprüsü, ne de kimyasal bağ oluşturan grup

içermemesi nedeniyle boyanması çok zor olduğundan saf polimer şekilleri tekstil alanında önemini kaybederek, kolay boyanabilen kopolimerler piyasaya çıkmıştır. Poliakrilonitril lifi yapısında akrilonitril yüzdesi %85 veya daha fazla ise bu yapıya akrilik lifi adı verilir [1].



Şekil 1.4. Vinil grubuna –CN bağlanmasıyla poliakrilonitril yapısının oluşumu [4].

Poliakrilonitril polimerleri, eriyikten lif çekimi için kullanılan sıcaklıklara kadar ısıtıldığında erimemekte ve 320 ^{o}C civarındaki sıcaklıklarda kimyasal yapısında değişiklikler meydana geldiği için eriyikten lif çekimi yöntemi ile lif üretimine uygun değildir. Ancak poliakrilonitril polimerleri uygun çözücüler içerisinde çözülerek lif çekimine uygun akışkanlıktaki polimer çözeltisi haline getirilebilir. Bu nedenle akrilik lifleri çözeltiden lif çekimi yöntemiyle üretilmektedir. Çözeltiden lif çekimi ise yaş çekim ve kuru çekim olmak üzere iki yönteme göre yapılmaktadır [4]. Şekil 1.5' de yaş çekim yöntemi üretim düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 1.5. Yaş çekim yöntemi üretim düzeneği [4].

Akrilik lif üretiminin yaklaşık %85’ lik kısmı yaş çekim yöntemiyle, %15’ lik kısmı da kuru çekim yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Hazırlanan polimer çözeltisinden lif çekimi için, üzerinde çok ince delikler bulunan düze (spinneret) sistemleri kullanılmaktadır [4].

Lif üretiminde kullanılan bu akrilik yapıların, kimyasal maddelere karşı dayanımının iyi seviyede olması, güneş ışığı ve bakteri, mantar, güve ve zararlı böceklere karşı dayanımlarının yüksek olması nedeniyle kaplama materyali olarak oto döşemelerinde ve perdelerde kullanımı yaygınlaşmıştır.

Şekil 1.5’ de yaş çekim yöntemi ile lif çekiminde; polimer çözeltisi uygun bir çözücüde çözündürüldükten sonra filtreleme işleminden geçerek pompa yardımıyla düzeye sevk edilir. Belli bir basınçla düzeden püskürtülen sıvı haldeki polimerin yapısındaki çözücü koagülasyon banyosunda uzaklaştırılır ve katılaşma sonucu filamentler meydana gelir. Oluşan filamentler sırasıyla germe, yıkama ve kimyasal işlemler ve kurutma basamaklarından geçer. Bu işlemlerin bitiminde sarım gerçekleştirilerek proses tamamlanır.

Kaplama, kumaşa normal terbiye prosesleriyle kazandırılamayan özel efektler için uygulanan bir işlemdir. İstenilen efekte göre sıvı, hamur veya toz halde bulunan kimyasallar toz, pasta veya köpük formunda kumaşa aktarılarak kumaş üzerinde bir film tabakası oluşturulmaktadır [5].

1.3. Kaplama İşlemi ve Yöntemleri

Dokuma, dokusuz yüzey veya örme yüzeyden oluşmuş bir taban kumaşın bir yüzünü veya her iki yüzünü kimyasal bir madde ile kaplamak suretiyle oluşan kumaşa kaplama kumaş denilmektedir. Kaplamada amaç, polimer bir tabakanın bir tekstil dış yüzeyine nüfuz ederek fiziksel ve karakteristik özelliklerinin önemli bir biçimde değiştirilmesidir [6].

Kaplama kumaşlarda; zemin kumaşı olarak kaplama fonksiyonuna uygun özellikte olması gereken tekstil materyali bulunur. Çeşitli sıvı polimerlerin tekstil yüzeyine uygulanması, bir bıçak veya benzer bir aparat yardımıyla sağlanır. Kaplama kumaşın niteliği, tekstil lifi veya kumaş yapısı bazındaki özelliklere değil, kaplama maddesi

tarafından kumaşa kazandırılan özelliklerin istenilen düzeyde olmasına bağlıdır. Kaplamada amaç; polimer bir tabakanın bir tekstil dış yüzeyine nüfuz ederek fiziksel ve karakteristik özelliklerinin önemli bir şekilde değiştirilmesidir. Bu işlem sayesinde kumaşı oluşturan lifler ile kazandırılamayacak özellikler, düzgün bir polimer maddenin mamule aktarılmasıyla kazandırılır [7].

Zeminde kullanılan kumaşlar son üründe; kopma ve uzama gibi özellikleri sağlarken, kaplama maddesi; gözeneklilik, kumaşın kimyasal ve çevresel etkilerden korunması ve bazı durumlarda görünüm iyileştirmesi sağlamaktadır. Tekstil materyalinden beklenen su geçirmezlik, ısı yalıtım, estetik görünüm gibi bazı özellikler kumaşların polimer ile kaplanmasıyla sağlanabilmektedir [5].

Kaplama işlemiyle kumaşa kazandırılan özellikler şunlardır [7];

Avantajlar

- Kumaşın gözeneklerini kapatarak su ve hava geçirmez bir yapı oluşturur.
- Madensel kaplama maddeleri kullanılarak çok parlak ve ışık yansıtıcı kumaşlar elde edilebilir.
- Kaymaya karşı dirençli bir kumaş oluşturur.
- Kumaşı stabilize eder ve yıpranmayı azaltır.

Dezavantajlar

- Kumaşın yumuşaklık ve katlanabilme özelliklerini azaltır.
- Kaplanmış kumaş zamanla çatlayabilir ve sararabilir.
- Soğuk havada gevrekleşebilen bir yapı oluşturur.

Bu kumaşların fonksiyonel özellikleri, tekstil yüzeyinin yapısına, kullanılan kaplama maddesine ve uygulanan üretim tekniğine göre varyasyon gösterebilmektedir. Kaplama kumaşlar, yaygın ve geniş bir uygulama alanını karşılayabilmesi için geniş yelpazede değişen ağırlık ve konstrüksiyonlarda üretilir. Tablo 1.4’ de tekstil yüzeyine uygulanan kaplama miktarlarına göre sınıflandırma gösterilmiştir;

Tablo 1.4. Tekstil yüzeylerine uygulanan kaplama miktarlarına göre sınıflandırma [7].

Kaplama tipi	Uygulanacak kaplamanın g/m^2 miktarı
İnce	< 30
Orta	30 – 60
Yoğun	> 60

1.3.1. Zemin Kumaşı

İlk kaplama yapılar, dokuma ve örme pamuklu kumaşlar üzerine temel polimer yapının nüfuz ettirilmesiyle üretilen yapılardır. Bunlar kaba olmamakla birlikte, gramaj olarak daha ağır kaplama kumaşlara sahip olmak için yün, keten, jüt ve kenevirden yapılmış tekstil yüzeyleri kullanılmıştır [7].

İyi bir kaplama işleminin yapılabilmesi için seçilen kumaştan temel bazı özellikler beklenmektedir. Bunlar zemin kumaşının [5],

- Temiz, düzgün, üniform yüzey ve sık bir yapı
- Dayanıklı olması
- Boyutsal stabilitesinin olması
- Asit ve kimyasallara karşı dayanıklı olması
- Adhezyon ve düşük maliyettir.

Kaplama yapılacak kumaşta yukarıdaki temel özelliklerin yanında aşağıdaki hususlara da dikkat edilmesi gerekmektedir [7];

- Kaplama yapılacak kumaşın temiz, düzgün yüzeyli, sık yapılı ve çekmez olması önemlidir. Bunun için kumaşın; önce yakma, fırçalama, iyi bir ön terbiye, kalandırlama ve duruma göre çekmezlik işlemlerinden geçmesi gerekmektedir.
- Kalandırlamadan sonra yapılan kaplama işleminde mamul yüzeyi düzgünlüğü sağlandığından dolayı daha iyi sonuçlar alınmaktadır.
- Tekstil materyalinin kaplamadan önce boyandığı kumaşlarda, boyarmadde seçilirken, kaplama maddesinin çözücüleri içine akmayacak şekilde haslıklara sahip olmasına dikkat edilmelidir.

Tablo 1.5' de kaplamada en çok kullanılan zemin kumaşları ve özellikleri gösterilmektedir.

Tablo 1.5. Kaplamada en çok kullanılan zemin kumaşları ve özellikleri [5].

Lif	**Avantaj**	**Dezavantaj**
Pamuk	Mükemmel kaplama adhezyonu Ara bağlayıcı madde gereksinimi yok Düşük termal çekme	Bozulmaya, küflenmeye ve böceklere karşı dayanıksız
Polyester	Yüksek sıcaklığa dayanıklı Düşük çekme özelliği Bozulmaya, küflenmeye ve böceklere karşı dayanıklı Yüksek aşınma direnci Giysilik ve diğer kullanım alanları için pamukla karıştırılabilme	Düşük nem absorbe etme özelliği Sınırlı elastikiyet Pahalı oluşu
Polyamid	Yüksek sıcaklığa dayanıklı İyi elastikiyet Yüksek aşınma dayanımı Bozulmaya, küflenmeye ve böceklere karşı dayanıklı İyi ısı absorbe etme özelliği (hava yastıkları)	Düşük UV direnci Nem absorpsiyonuna bağlı olarak sarkma ya da çökme PES ile kıyaslandığında daha pahalı
Polietilen, **Polipropilen**	Düşük ağırlıkta Kimyasal olarak etkisiz, Bozulmaya, küflenmeye ve böceklere karşı dayanıklı Ucuz	Düşük erime sıcaklığı (özellikle polietilen) Bazı maddelere adhezyonu güçlüğü
Aramid	Yüksek erime sıcaklığı Yüksek gerilme mukavemeti Güç tutuşurluk	Pahalı Güneş ışığına ve UV ışınlarına dayanıksız
Cam Lifi	Yüksek UV dayanımı Nem absorbe etmez Bozulmaya, küflenmeye ve böceklere karşı dayanıklı İyi boyut stabilitesi İyi güç tutuşurluk Dayanıklı Yüksek sıcaklık dayanımı	Nispeten ağır Kırılgan ve zayıf uzama özelliği Adhezyon güçlüğü

Anlaşılacağı üzere, güneş ışığına ve yüksek sıcaklığa dayanıklı olan polyester, dış etkenlerde de fazla etkilenmediğinden dolayı kaplamada kullanılan ideal bir yapı olarak öne çıkmaktadır.

Polyester lifi yüksek aşınma dayanımına ve yüksek rezilyansa sahip olması, kolayca şekil alabilmesi, güve ve böceklere karşı dayanımı, asit, bazlara ve organik çözücülere karşı yüksek direnç göstermesi, güneş ışığına yüksek dayanım göstermesi özelliklerinden dolayı tekstil endüstrisinde ve sanayide geniş kullanım alanı bulmuştur. Olumsuz özellikleri ise düşük nem absorbe etmesi, elastikiyetinin sınırlı olması, statik elektriklenme ve pilling oluşumu olarak gösterilebilir.

1.3.2. Kaplama Maddesi

Polimerler, en basit tanımıyla monomer denilen küçük moleküllerin birbirlerine eklenmesiyle oluşan uzun zincirli ve bunun doğal sonucu olarak büyük molekül ağırlıklı zincir yapılardır. Polimer maddeler genel olarak termoplastik ve termosetler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Termoplastikler ısıtıldığında yumuşama ve sonucunda erime gösterebilme, tekrar tekrar eritilebilme ve çözülebilme özelliğine sahiptirler. Termosetler ise ısıtıldıklarında sertleşen ve bu halini sonsuza dek koruyan yapılardır [8].

Polimerler düşük üretim maliyetleri, kolay şekil almaları ve amaca uygun üretilebilmeleri nedeniyle her alanda yaygınlaşmıştır. Kaplama maddelerinin hepsi uzun zincirli lineer moleküler termoplastik polimerlerdir. Son ürünün dayanıklılığını ve performansını, doğrudan bu maddelerin özellikleri etkilemektedir [8].

Kaplama maddesinin seçim kriteri, istenen özelliğe bağlı olarak kimyasal, çevresel, mekanik gereklilikler, fiyat ve işleme özellikleri olmaktadır [5]. Tablo 1.6' da kaplamada kullanılan maddeler, özellikleri ve kullanım alanlarını gösterilmektedir.

Tablo 1.6. Kaplamada kullanılan maddeler, özellikleri ve kullanım alanları [5].

Polimer madde	**Avantaj/Dezavantaj**	**Kullanım alanları**
PVC (Polivinilklorür)	Yüksek elastikiyet ve aşınma dayanımı, yağ ve çözücü direnci yüksek, güç tutuşur / düşük ısı performansı, soğukta çatlama	Tente, çadır bezi, koruyucu ve askeri giysi, mobilya döşemeleri, mimari ve inşaat tekstilleri

Tablo 1.6. Kaplamada kullanılan maddeler, özellikleri ve kullanım alanları [5] (devamı).

Polimer madde	**Avantaj/Dezavantaj**	**Kullanım alanları**
PU (Poliüretan)	Yüksek uzama değeri, hava şartlarına, yırtılmaya ve aşınmaya dayanıklı, yağ itici/ güneş ışığı altında sararma eğilimi	Giysi, ayakkabı ve el çantaları, düşük gramajlı naylon ceket, su geçirmez ve nefes alabilir giysiler, can yelekleri, spor çantalar, tente yapımı
Doğal kauçuk	İlave maddeler ile birlikte yüksek hızda karıştırılıp tekstil yüzeyinde yayılabilme, kırılmaya ve aşınmaya dayanıklı ve yüksek elastikiyet gösteren film oluşturabilme / Gün ışığı ve oksidasyon dayanımı düşük, yanıcı ve yağ itici özelliği zayıf.	Halı arkası malzemesi, oto lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde
SBR (Stiren bütadien kauçuk)	Yüksek aşınma dayanımı, oksidasyon ve mikroorganizmalar dayanımı yüksek, havadan etkilenmez / yırtılma direnci düşük ve ısı dayanım aralığı dar	Halı arkası malzemesi, oto lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde
Nitril kauçuk	Isı ve gün ışığına dayanımı yüksek, iyi bir yağ itici, iyi kopma ve aşınma dayanımı	Fueloil tankları ve hortumlar, yağlı bölgelerde kullanılan kayışlar, yağ itici kıyafetler ve taşıyıcı bantlar
Bütil kauçuk	Oksidasyona, kimyasallara ve ısıya dayanımı (-50/125 ^{o}C) yüksek, gaz geçirmezliği yüksek, güç tutuşurluğu düşük	Asit ve kimyasallara karşı koruyucu giysiler, düşük gramajlı can yelekleri, şişme botlar ve pnömatik yaylar
Neopren (Polikloropren kauçuk)	Kimyasallara, oksidasyona ve yağa dayanımı yüksek, yüksek çekme mukavemeti, güç tutuşurluğu iyi/ renklendirilmesi zor, ısı dayanımı düşük ve sıcaklık üst limiti 120 ^{o}C	Hava yastıklarında, can yeleklerinde, koruyucu giysilerde, uçak iç döşemeleri
Hypalon (Klorasülfonat kauçuk)	Kimyasallara, oksidasyona ve yağa dayanımı yüksek, yüksek ısıya dayanıklı ve düşük ısı dayanımı az, renklendirme olanağı,	Koruyucu giysilerde, hava yastığı, can yeleği, uçak iç döşemeleri
Silikon	Mikroorganizmalara, kimyasallara ve oksidasyona dayanıklı, kokusuz nefes alma özelliği kazandırma, gaz geçirgenliği yüksek, yüksek yırtılma ve patlama dayanımı/ bağlanması, baskı ve renklendirmesi zor, pahalı	Hava yastığı, paraşüt, gıda ve sağlık sektörü
PTFE (Politetrafloroetilen, Teflon)	İyi yağ ve su itici özellik, yüksek ısıya, kimyasallara ve çözgenlere dayanıklı, oksidasyona, hava şartlarına ve mikroorganizmalara dayanıklı, yüksek ısı dayanım aralığı (-70/250 ^{o}C) ideal bir polimer/yüksek maliyet	Gıda ve sağlık sektörü, mimari ve inşaat uygulamaları
PVDC (Polivinilidenklorür)	Güç tutuşur, düşük gaz geçirgenliği, parlak, sert, kırılgan ve pahalı	Koruyucu giysilerde ateşe dayanıklılık gereken yerlerde
EVA (Etilen vinil asetat)	Tüm liflere adhezyonu, düşük sıcaklıklarda bile yüksek esneme kabiliyeti /yıkamaya karşı direnci düşük, solma eğilimi	Halı arkası malzemesi, duvar kaplamaları
Akrilik	UV ışınlarına direnci yüksek, güç tutuşurluğu düşük	Oto döşemeleri, tente ve yapışkan madde yapımı
Floroelastomer	Hava şartlarına, kimyasallara, çözücülere ve ısıya dayanımı yüksektir	Özel koruyucu giysi, çanta, valiz
Poliolefin	Asit, alkali ve diğer kimyasallara yüksek dayanım, gramajı ve maliyeti düşük, çevreye zararsız, erime sıcaklığı düşük, güç tutuşurluk özelliği zayıf, çabuk eskime eğilimi	Spor ve sırt çantası, tente yapımı

Akrilik materyali giyim endüstrisinde boyanmasının zorluğu nedeniyle daha çok endüstriyel kumaşlarda kullanılmaktadır. Akrilik, kopolimer yapıda olduğunda kolaylıkla boyanabilmektedir ve ilave bir maliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun dışında tekstil endüstrisinde istenilen özelliklerin (kimyasal maddelere dayanım vb.) bir çoğunu karşılamakta ve özellikle de UV ışınlarına dayanımı sebebiyle tercih edilmektedir.

1.3.3. Kaplama Yöntemleri

Kaplama, farklı tekniklerle yapılabilmesiyle beraber, kullanılması planlanan teknik, kaplamanın yapılacağı malzemenin cinsine ve elde edilmesi istenen özelliğe bağlıdır. Kaplama malzemesi, iplik ve lif yüzeylerinde yayılmasına olanak sağlayacak viskozitede olmalı ve kaplama sonrası kumaş yüzeyi düz ve pürüzsüz olmalıdır. Her teknikte kaplama öncesi kumaş tam en açılmalı, gerilim kontrollü besleme yapılmalı, kaplanmış kumaş, kaplama sonrası kumaş içerisinde bulunan çözücülerin buharlaşarak uzaklaştırılabilmesi için, soğutulup sarılmadan önce bir kurutucuda işleme tabi tutulmalıdır [8]. Tablo 1.7' de gösterilen kaplama yöntemlerini, kaplama maddesinin sıvı olduğu metotlar, katı olduğu metotlar ve ayrıca plazma ve sol-jel teknolojisi ile yapılan modern kaplama metotları olmak üzere üç bölümde incelemek mümkündür [5].

Tablo 1.7. Kaplamada kullanılan teknikler [5].

Kaplama maddesinin sıvı olduğu kaplama metotları	Kaplama maddesinin sonradan dozajlandığı metotlar	Bıçaklı (rakleli kaplama)	Bilinen en eski yöntemlerden biridir.Kaplama maddesi kumaşa direkt olarak aktarılarak sabit bir rakle ile üniform bir şekilde sürülmektedir. Genellikle düzgün, üniform dokuma kumaşlara uygulanmaktadır.
		Tel sarılı rulo ile kaplama	Düşük viskozitede ve düşük gramajda kaplamalarda tercih edilir.
	Kaplama maddesinin önceden dozajlandığı metotlar	Silindir kaplama	Düşük viskoziteli kaplamalarda tercih edilir.
		Döner şablon ile kaplama	Rotasyon baskı prosesine benzemektedir.
		Püskürtme ile kaplama	Bu metotta kaplama maddesi, taşıyıcı silindirler ile yönlendirilen kumaşa püskürtücü jetler tarafından aktarılmaktadır. Düşük viskoziteli, su bazlı ve çok ince kaplamalar için uygundur.

Tablo 1.7. Kaplamada kullanılan teknikler [5] (devamı).

Kaplama maddesinin katı olduğu kaplama metotları	Sıcak eriyik ile kaplama	Ekstrüzyon ile kaplama	Termoplastik polimer, ekstrüder vasıtası ile kaplama için uygun sıcaklıkta eriyik hale getirilir, silindirler arasında sıkışmış halde bulunan kumaş ile birbirine yapıştırılarak soğutma silindiri ile sabitlenmektedir.
		Pudralı kaplama	Toz halde bulunan polimer madde kumaş üzerine serpilir ve radyasyon ısıtıcılı sistemde termoplastik madde eritilmektedir. Polietilen, naylon, EVA gibi kaplama maddeleri kullanılır .
	Kalandır ile kaplama		Isıtılmış silindirler arasından geçerek akışkan hale gelen katı haldeki kaplama maddesinin kumaşa aktarımı dönen silindirler ile sağlanmaktadır.
	Transfer kaplama		Bu kaplama yönteminde daha önceden hazırlanmış kesintisiz kaplama tabakası ısıyla ya da yapıştırıcıyla kumaşa aktarılır. Bu yöntemin avantajı, kaplama filmi gözeneksiz ve hatasız bir şekilde hazırlanabilmesi, daha yumuşak bir tutum sağlayabilmesidir. Dokusuz yüzeyler, örme, likralı ve hassas kumaşlar sorunsuz bir şekilde kaplanabilmektedir.
Modern kaplama yöntemleri	Sol-jel ile kaplama		Çözelti formundan yola çıkılarak farklı uygulama alanlarına yönelik olarak seramik, cam ve kompozit malzemeler üretim tekniğine verilen genel isimdir. Sol-jel kaplama ile aşınma dayanımı, su, yağ ve kir iticilik, güç tutuşurluk, boyama, UV koruma, antimikrobiyel, elektrik iletkenliği, kokuların kontrollü salınımı sağlanabilmektedir.
	Plazma ile kaplama		Tekstil materyallerinin yüzeyini modifiye eden bir teknolojidir. Plazma işlemi, tıp, biyotıp, otomobil, elektronik, yarı iletkenler ve tekstil endüstrisi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Plazma, çevre dostu ve ekolojik bir teknolojidir. Ayrıca tekstil yüzeyine diğer konvansiyonel yöntemlerle kazandırılamayan özellikler kazandırılabilir. Plazma ile su absorpsiyonu, ıslanma, adhezyon, boyanabilme, su, yağ ve kir iticilik ve kimyasallara dayanım gibi özellikler değiştirilebilmektedir.

Klasik kaplama tekniklerinin temelini; emdirme, hemen sonrasında kuru sıcak hava ortamında ve çoğunlukla ramözde sabit ende kurutma oluşturmaktadır. Klasik kaplama tekniklerinin yanı sıra son yıllarda kullanımı giderek artan plazma ve sol-jel teknolojisi de kaplama konusunda yeni yöntemler olarak kabul edilmektedir.

Orijinal kaplama metotlarının esasını, büyük çoğunlukla, alınan flotte miktarını ayarlayacak bir çift sıkma silindirinin bulunduğu emdirme teknelerinde emdirme, ardından kuru sıcak hava ortamında ve genellikle ramözde (germeli kurutucuda) sabit ende kurutma oluşturmaktadır. Ancak kaplamanın kumaşın tek bir yüzüne yapılması

gerektiğinde, kumaşın tamamen kaplama flottesi içerisine daldırılması mümkün olmayıp bunun için başka teknikler de geliştirilmiştir [7].

Tablo 1.7' de yer alan kaplama yöntemleri aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

1.3.3.1. Kaplama Maddesinin Sıvı Olduğu Kaplama Metotları

1.3.3.1.1. Bıçaklı Kaplama

Birinci teknik, kaplamanın bıçak yardımı ile yapılmasıdır. Bıçaklı kaplama; kaplamanın en eski ve en önemli yöntemlerinden biridir. Rakle bıçağı ile kaplama macunu, düzgün bir şekilde taşıyıcı malzemenin üstüne sürülür. Bu kaplama yönteminde, kaplama maddesi (genellikle bir pat) bir bıçak ile kumaşa tüm eni boyunca uygulanır [7].

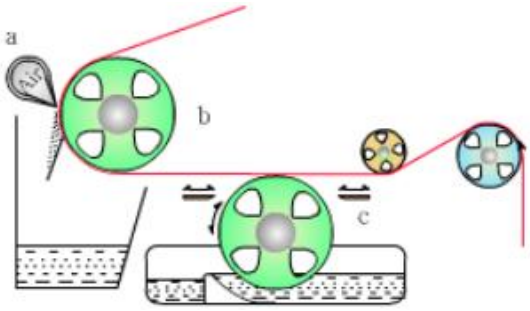
Kaplama kalınlığına göre rakle, silindir ve blanket ayarlandıktan sonra kaplama işlemi gerçekleştirilir, daha sonra tekstil materyali kurutucu üniteye sevk edilir. Kurutma ünitesinde çözücü madde veya su kaplama materyalinden uzaklaşır ve katı bir hal alır.

Rakle ile kaplamada, kumaş eni genişliğindeki raklenin alt kısmına yerleştirilen kumaş üzerindeki pat sıyrılır ve bıçağın önünde bir pat rulosu meydana gelir. Bu sıyırma hareketi sonrasında pat kumaşın üzerine aplike edilmiş olur. Bu kaplama sistemi üç farklı yöntemle gerçekleştirilebilir. Bunlar raklenin bulunduğu pozisyona göre;

- Silindir üzerinde
- Blanket üzerinde
- Havada

şeklinde gruplandırılabilir.

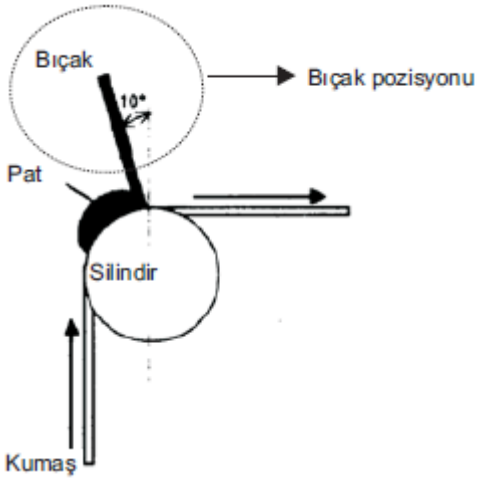
Bu üç yöntem dışında Şekil 1.6' da gösterilen hava raklesi ile kaplama sisteminde aşırı kaplama flottesini uzaklaştırmak için basınçlı hava kullanılır. Kaplama silindirine (c) temas eden kumaş, aldığı flotte ile birlikte destek silindirine (b) ulaştığında yüzeyde kalan fazla flotte hava raklesi (a) ile uzaklaştırılarak kaplama işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 1.6. Hava raklesi sisteminin şematik görünüşü [7].

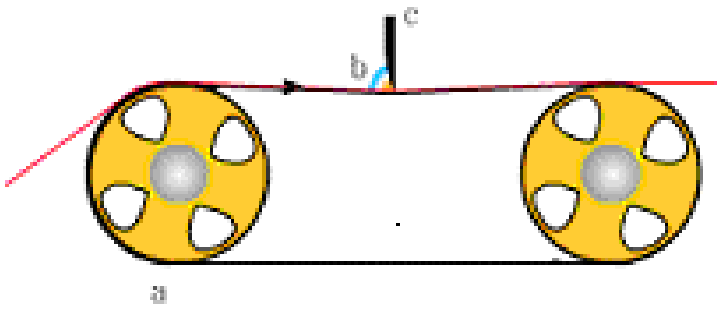
Flottenin viskozitesi klasik rakleli sistemdekinden çok daha düşüktür. Bu teknik sıklıkla tekstil endüstrisinden daha çok, fotoğraf kağıtlarının kaplandığı kağıt endüstrisinde tercih edilmektedir [7].

Şekil 1.7' de gösterilen silindir üzerinde rakle yönteminde; silindir üzerinde bulunan sıyırıcı bıçak, kaplama materyalini hareket eden kumaş üzerinde sıyırmaktadır.



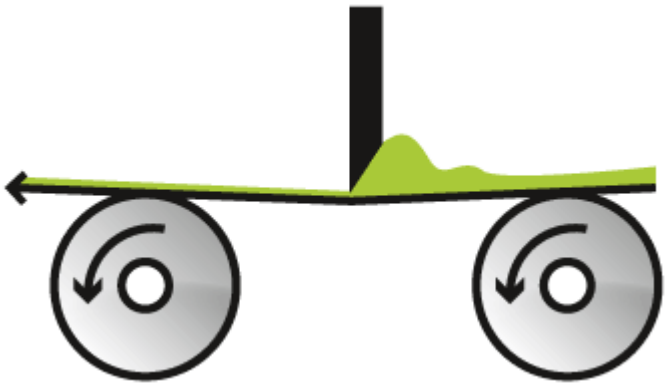
Şekil 1.7. Silindir üzerinde rakle yönteminin şematik görünüşü [9].

Şekil 1.8' de gösterilen blanket üzerinde rakle yönteminde; sonsuz blanket (a) üzerinde hareket eden kumaş, kaplama materyali (b) ile temasından sonra rakle (c) ile sıyırma işlemiyle kaplama işlemi tamamlanmış olur.



Şekil 1.8. Blanket üzerinde rakle yönteminin şematik görünüşü [8].

Şekil 1.9' da şematik görünüşü verilen havada rakle yönteminde; ön silindirden, arka silindire doğru hareket eden kumaş, kaplama patı ile temas ettikten sonra kumaş üzerindeki rakle ile sıyırma işlemine girer. Böylece kaplama işlemi gerçekleştirilmiş olur.



Şekil 1.9. Havada rakle yönteminin şematik görünüşü [10].

Bıçak kaplama tekniği; genellikle yüksek viskoziteli ve çok yüksek ağırlıktaki kaplamalarda kullanılır. Viskozite ve doygunluk kararlı olmalıdır, dikkatli denetlenmelidir. Değişimlere engel olunmalıdır. Çünkü değişimler penetrasyon aşamasında ürünü çeşitlendirebilir. Bu da istenmeyen sonuçlara neden olur. Ürün üzerindeki viskozite farklılığından dolayı ortaya çıkabilen farklı kalınlıklar ürünün görünümünü ve kullanım rahatlığını bozar. Kumaşın yüzeyinde veya bıçakta oluşan kötü koşullarda, kumaşa doğru köpük tabakasının viskozitesindeki ağırlık değişimi sonucu, örneğin; köpüğün havayı içine almasından dolayı bileşik bozulur [7].

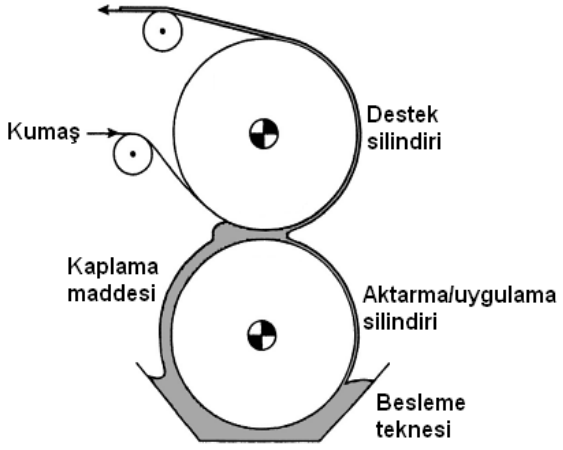
1.3.3.1.2. Silindir Kaplama

Bu metotta kumaş, kaplama flottesinin bulunduğu bir tekne içerisinde dönen kaplama (aktarma) silindiri üzerinden geçirilir. Kaplama materyali doğrudan zemin kumaşı üzerine değil, bir kaplayıcı silindir sistemi üzerinden dolaylı olarak aktarılır. Kaplamanın kalınlığı, aktarma silindirinin zemin kumaşına olan uzaklığa bağlıdır. Bu sistemin temel sakıncaları; kumaş üzerindeki kaplama maddesi miktarının kaplama maddesi viskozitesi, yüzey gerilimi ve kumaşın yüzey şartlarına bağlı olmasıdır [7]. Silindir kaplamada kullanılan yöntemler şunlardır;

- Direkt silindir kaplama
- Rezerve silindir kaplama
- Gravür kaplama

1.3.3.1.2.1. Direkt Silindir Kaplama

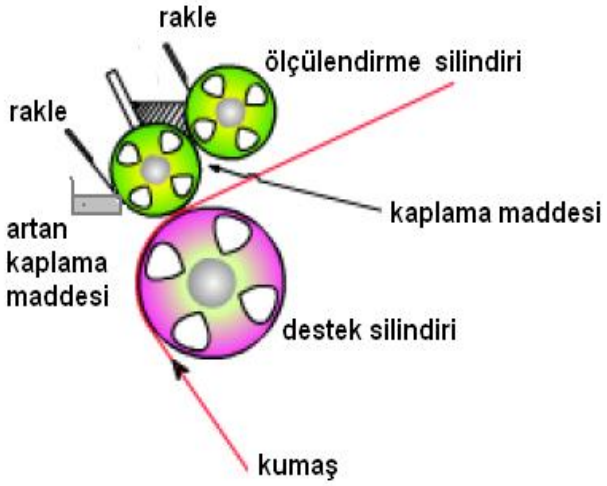
Bu yöntem düşük viskoziteli kaplamalar için kullanılmaktadır. Uygulanan kaplama maddesi miktarı iki silindir arasındaki boşluğun yüksekliği ile belirlenir. Şekil 1.10' da kumaş, destek silindirinin hareketi ile kaplama maddesine yarıya kadar daldırılmış aktarma silindirine (kaplama silindirine) doğru hareketlenir ve besleme teknesinden aktarma silindiri vasıtasıyla aktarılan kaplama materyali ile kaplanmış olur. Silindir hızının değişimi ile gerginlik değişim gösterir. Bundan dolayı hız işlem boyunca sabit tutulmalıdır.



Şekil 1.10. Direkt silindir kaplamanın şematik görünüşü [11].

1.3.3.1.2.2. Rezerve Silindir Kaplama

Şekil 1.11' deki şematik görünümde kaplama maddesi değişen formlarda uygun miktarlarda kumaşa sürülmüş şekilde iki silindir arasında sıkıştırılır ve böylece tekstil yüzeyine uygulanır.



Şekil 1.11. Rezerve silindir kaplamanın şematik görünüşü [11].

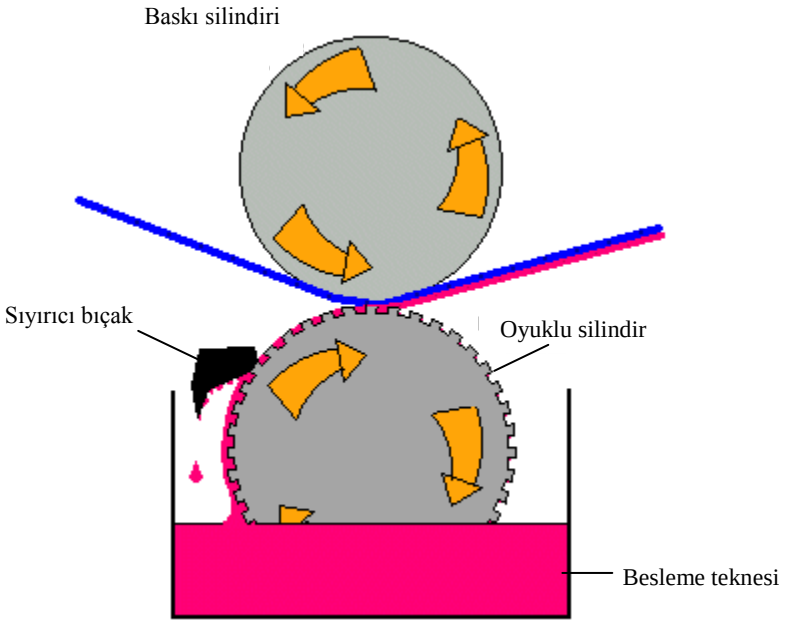
Bu yöntem geniş çeşitlilikteki kaplama bileşenleri, aplikasyon ağırlıkları ve yüzey kombinasyonları içeren esnek bir kaplama sistemidir ve direkt silindir kaplama yönteminden pahalıdır. Ayrıca çok düşük kaplama ağırlığındaki aplikasyonlar gerçekleştirilebilmektedir [55].

1.3.3.1.2.3. Gravür Kaplama

Kaplamada gravürlü roliklerin kullanımı baskı endüstrisinden alınmıştır. Bu teknikte sert rolikler kullanılmaktadır ve yüzeylerinde sık bir şekilde yerleşmiş yarı küresel küçük oyuklar grave edilmiştir. Bu oyuklar, flotte haznesinden gelen ve yarı küreleri dolduran kaplama flottesi için bir dozajlama donatımı gibi işlev görmektedir. Direkt ve indirekt olmak üzere iki tip gravür kaplama vardır [7].

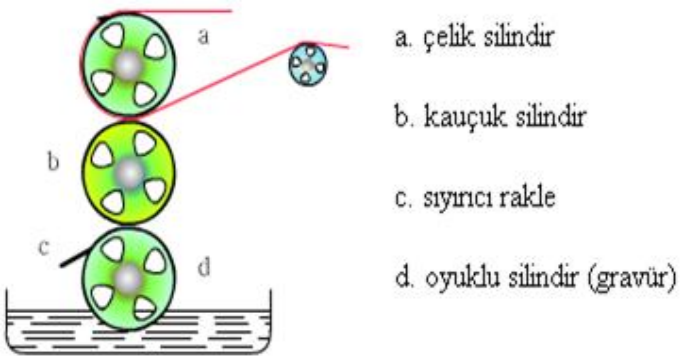
Şekil 1.12' de gösterilen direkt gravür kaplama metodunda, oyuklu silindir besleme teknesinden aldığı kaplama materyalini yüzeyindeki oyuklar sayesinde kumaşa aktarır.

İşlem esnasında sıyırıcı bıçak, oyuklu silindir üzerindeki fazla flotteyi sıyırarak her gravürde eşit miktarda kaplama materyali kalmasını sağlar. Baskı silindiri kaplama materyali ile kumaşın birleşmesine yardımcı olur.



Şekil 1.12. Direkt gravür kaplama işleminin şematik görünüşü [12].

Şekil 1.13' de şematik görünüşü verilen indirekt gravür kaplama metodunda direkt metodunun aksine kumaş doğrudan oyuklu silindir (d) ile temas etmez. Kumaş kauçuk silindire (b) teması esnasında kaplanır. Sıyırıcı rakle (c) gravür üzerindeki fazla flotteyi sıyırır ve kumaşa eşit miktarda kaplama yapılmasını sağlar. Çelik silindir (a) oluşturduğu baskıyla kaplama materyalinin düzgün olarak yayılımına yardımcı olur.



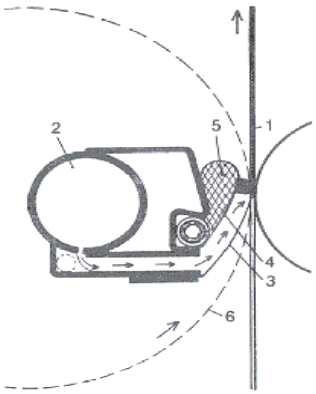
Şekil 1.13. İndirekt gravür kaplama yönteminin şematik görünüşü [8].

Bu yöntemin en büyük dezavantajı, sabit oyuk derinliğine sahip gravürler değiştirilmediği müddetçe kumaş üzerine uygulanan kaplama materyali miktarının sabit olmasıdır. Kaplama gramajı değiştirilmek istenildiğinde farklı oyuk derinliğine sahip gravürler kullanılmalıdır.

1.3.3.1.3. Döner Şablon İle Kaplama

Bu teknik, kumaşa renkli desenler uygulamak için kullanılan rotasyon baskı prosesine benzemektedir. Kaplama için çok sayıda gözenek içeren silindirik nikel şablon kullanılmaktadır. Kaplama maddesi şablonun merkezine beslenir ve bir rakle ya da silindirik bir metal çubukla gözeneklere itilir [7].

Şekil 1.14' de gösterilen döner silindir ile kaplamada şablonun iç görüntüsünde, şablon içerisinde bulunan dozajlama pompası ile sabit hızda verilen flotte, şablona gönderilir ve silindir rakle ile sıyrılır. Böylece kaplama işlemi gerçekleştirilmiş olur.



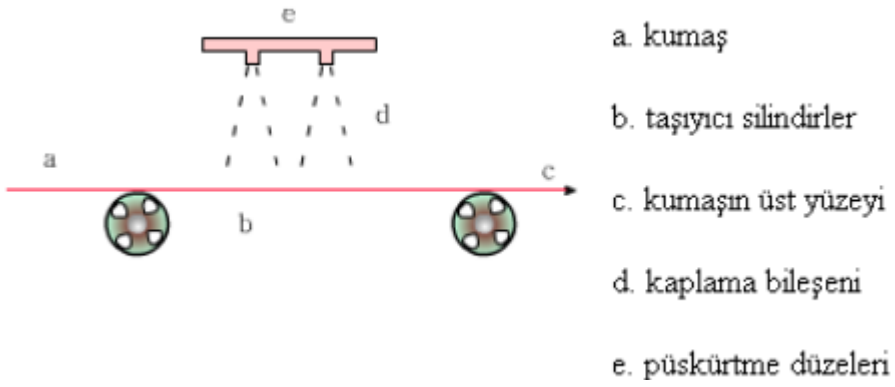
1. Kumaş
2. Rakle gövdesi
3-4. Rakle levhaları
5. Hava körüğü
6. Şablon

Şekil 1.14. Döner silindir ile kaplamada şablonun iç görüntüsü [7].

1.3.3.1.4. Püskürtme İle Kaplama

Bu metotta düşük viskoziteli çözücüler ve su bazlı kaplamalar püskürtücü vasıtasıyla aplike edilir. İnce kaplama filmlerinin eldesinde kullanılan bir yöntemdir. Şekil 1.15' de gösterilen taşıyıcı silindirler vasıtasıyla hareket eden kumaşa, püskürtme düzelerinin (e)

altından geçişi esnasında kaplama bileşeninin (d) basınçla püskürtülmesi ile kaplama işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 1.15. Püskürtme ile kaplama yönteminin şematik görünüşü [8].

1.3.3.2. Kaplama Maddesinin Katı Olduğu Kaplama Metotları

1.3.3.2.1. Sıcak Eriyik Teknikleri

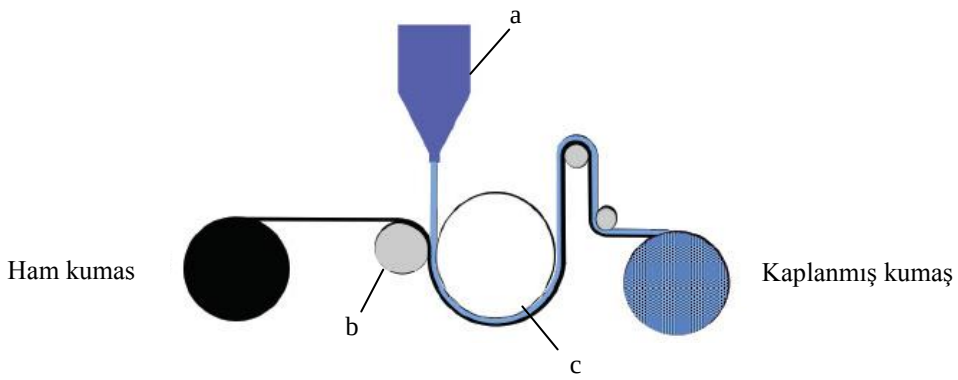
Sıcak eriyik tekniğinde kullanılan yapıştırıcılar %100 katı formda üretilen ve içeriğinde solvent bulunmayan yüksek performanslı yapıştırıcılardır. Esnek yapısı, uygun yumuşama noktası ve yapışkanlık özellikleriyle istenilen şekilde dizayn edilebilmektedir. Bu teknikte kullanılacak kaplama maddesi termoplastik olmalıdır. Bunlar ısıtıldıklarında eriyerek tekstil materyalinin üzerine yayılabilmektedir. Diğer kaplamalardan en büyük farklılığı, termoplastik kaplamada buharlaştırılması gereken solvent ve suyun bulunmamasıdır. Bu durum ise, hem ekonomik hem de ekolojik açıdan avantaj sağlamaktadır [7]. Sıcak eriyik ile kaplama iki yöntemle yapılabilmektedir;

- Ekstrüzyon ile kaplama
- Pudralı kaplama

1.3.3.2.1.1. Ekstrüzyon İle Kaplama

Termoplastik polimer, ekstrüder vasıtası ile kaplama için uygun sıcaklıkta eriyik hale getirilir, silindirler arasında sıkışmış halde bulunan kumaş ile birbirine yapıştırılarak

soğutma silindiri ile sabitlenmektedir. Şekil 1.16' da ekstrüzyon ile kaplamada sıcak eriyik düzesinden (a) çıkan polimer, kumaş ile birleştikten sonra kauçuk baskı silindiri (b) ile kaplama yüzeyini soğutan silindir (c) arasında belli bir basınç ile sıkıştırılarak proses gerçekleştirilir.

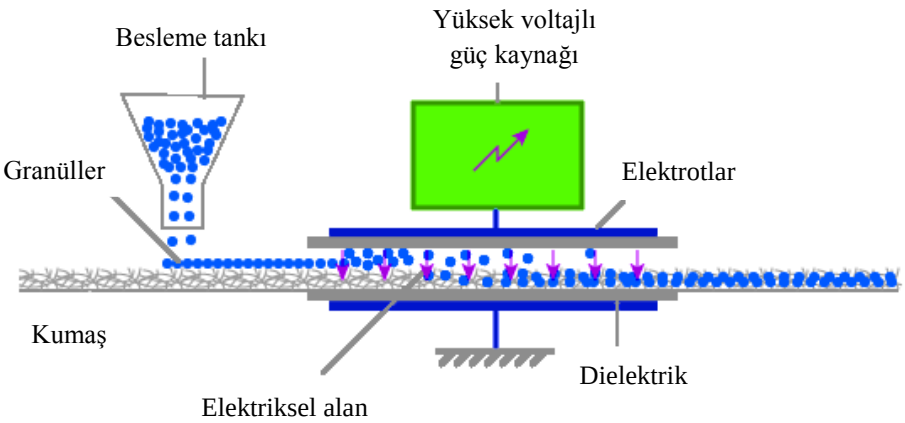


Şekil 1.16. Ekstrüzyon ile kaplama sisteminin şematik görünüşü [13].

1.3.3.2.1.2. Pudralı Kaplama

Bu yöntemde, toz halde bulunan polimer madde kumaş üzerine serpilir ve ısıtma bölmesinde termoplastik madde eritilmektedir [8].

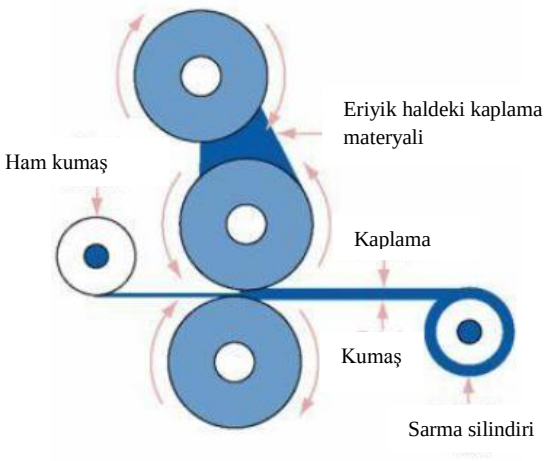
Şekil 1.17' de gösterilen pudralı kaplama işleminde kumaş, besleme tankından aşağıya doğru gönderilen granüller, yüksek voltajlı güç kaynağıyla oluşturulan elektriksel alandan geçişleri esnasında erir ve yapışkanlık özelliğinin sağlanması ile birlikte kaplama gerçekleştirilir.



Şekil 1.17. Pudralı kaplama işleminin şematik görünüşü [14].

1.3.3.2.2. Kalandır Kaplama

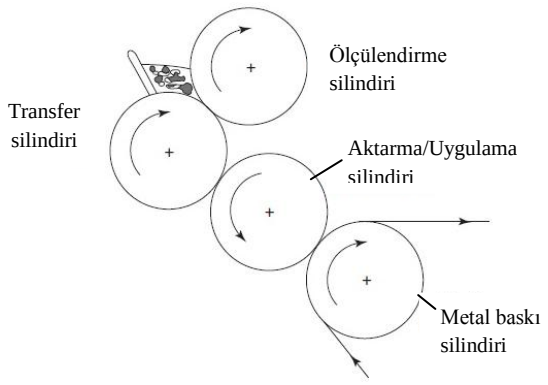
Şekil 1.18' de gösterilen kalandır kaplama yönteminde, ısıtılmış silindirler arasından geçerek akışkan hale gelen katı haldeki kaplama maddesinin kumaşa aktarımı dönen silindirler ile sağlanmaktadır.



Şekil 1.18. Kalandır kaplama işleminin şematik görünüşü [15].

1.3.3.2.3. Transfer Kaplama

Şekil 1.19' da gösterilen transfer kaplama metodunda, daha önceden hazırlanmış kesintisiz kaplama tabakası ısıyla ya da yapıştırıcıyla kumaşa aktarılır. Bu yöntemin avantajı, kaplama filmi gözeneksiz ve hatasız bir şekilde hazırlanabilmesi, daha yumuşak bir tutum sağlayabilmesidir. Bu yöntemle, dokusuz yüzeyler, örme, likralı ve hassas kumaşlar sorunsuz bir şekilde kaplanabilmektedir [8].

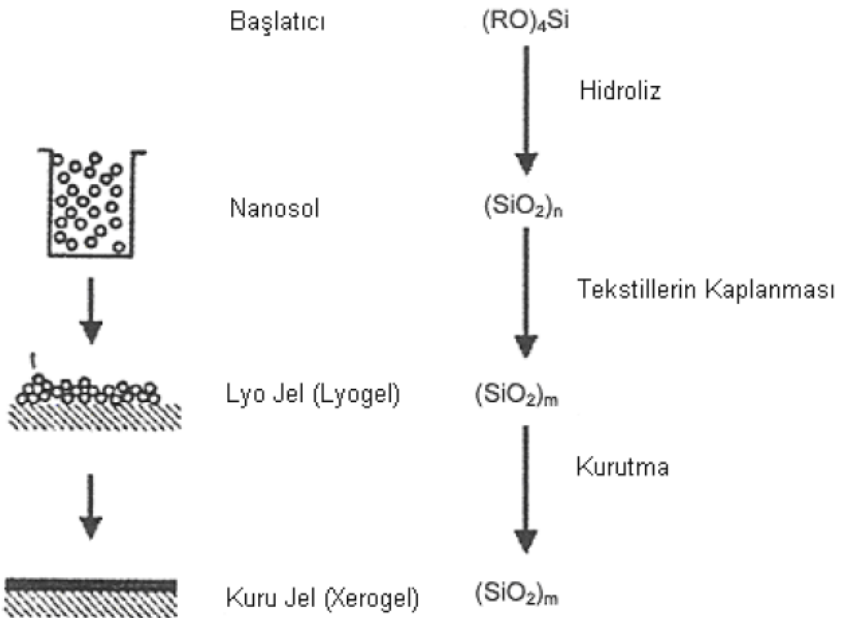


Şekil 1.19. Transfer kaplama işleminin şematik görünüşü [16].

1.3.3.3. Modern Kaplama Yöntemleri

1.3.3.3.1. Sol-jel İle Kaplama

Bir sıvı ile katı partiküllerin stabil bir süspansiyonu ve üç boyutlu olarak birbirine bağlanmış ağ yapısı sol-jel çözeltisini oluşturur. Çözelti formundan yola çıkılarak farklı uygulama alanlarına yönelik olarak seramik, cam ve kompozit malzemeler üretim tekniğidir. Sol-jel kaplama ile aşınma dayanımı, su, yağ ve kir iticilik, güç tutuşurluk, boyama, UV koruma, antimikrobiyel, elektrik iletkenliği, kokuların kontrollü salınımı sağlanabilmektedir [8].

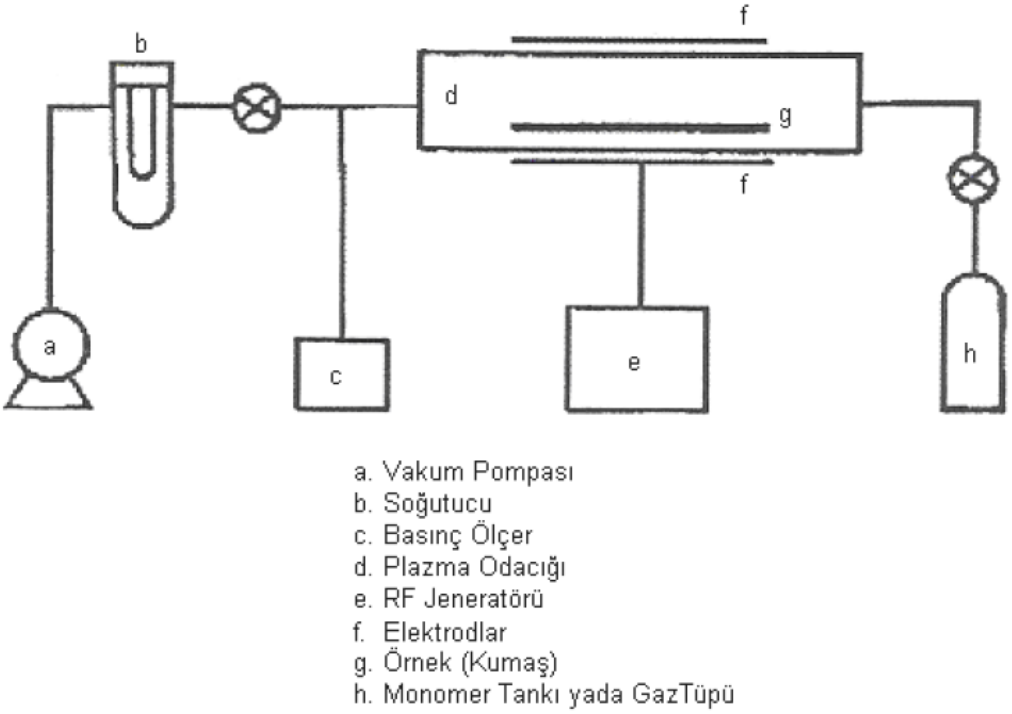


Şekil 1.20. Sol-jel ile tekstil yapılarının kaplanması [17].

1.3.3.3.2. Plazma İle Kaplama

Plazma, maddenin dördüncü hali olup, temel veya uyarılmış halde bulunan elektronlardan, iyonlardan, gaz atomlarından ve moleküllerinden oluşan ve toplam yükü nötr olan iyonize gaz olarak tanımlanabilmektedir. Maddenin plazma hali, çok yüksek sıcaklıklarda veya güçlü elektrik ve/veya manyetik alanlarda yani, gazlara iyonlaşma için yeterli enerji sağlanması halinde meydana gelmektedir. Tekstil sektöründeki bitim işlemlerinde gelinen en son teknoloji plazma teknolojisidir. Tekstil materyallerinin

yüzeyini modifiye eden bir teknolojidir. Plazma polimerizasyonunun endüstriyel işlemlerdeki en avantajlı yanı, kimyasal atıkların önlenmesidir. Diğer avantajları; düşük maliyet, hızlı reaksiyon süreleri, kimyasal miktarının düşük olması ve suyun kullanılmamasıdır. Plazma işlemi kumaşta, ıslatma ve kurutma gibi ek işlemler gerektirmemektedir. Plazma polimerizasyonu, kumaşlara su iticilik, kir iticilik, ıslanabilirlik, güç tutuşurluk gibi fonksiyonel özellikler vermek için tekstillerin birçok bitim işleminde kullanılmaktadır [7].

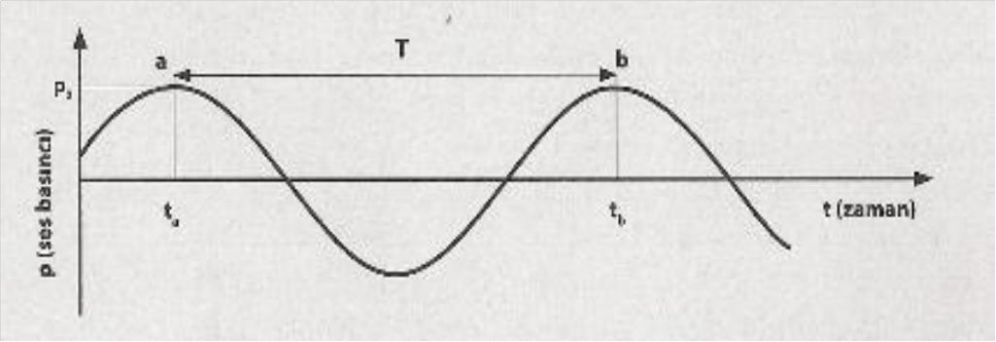


Şekil 1.21. Plazma ile tekstil yapılarının kaplanması [17].

1.4. Ses Dalgalarının Özellikleri

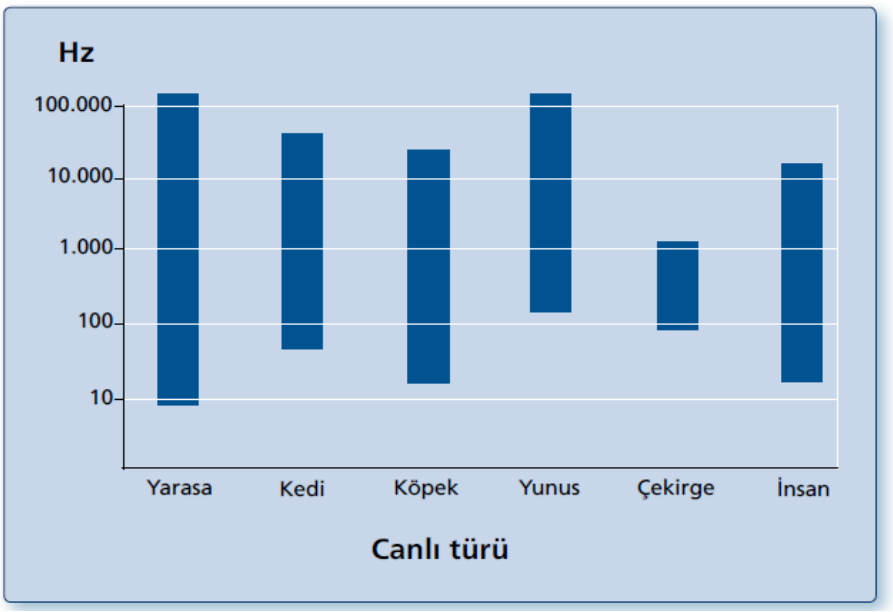
Basit harmonik bir ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncı zamana bağlı olarak değişmektedir. Burada vurgulanması gereken önemli nokta, ses basıncının, söz konusu noktadaki atmosferik basıncın değişme miktarını gösterdiğidir. P_0 ile gösterilen, basıncın en büyük değerine (o noktadaki atmosferik basınçtan olan en büyük farkına) **genlik** denir. Basıncın, birbirini izleyen en büyük iki değeri arasında geçen zamana **periyot** denir. T ile gösterilen periyodun birimi, zaman birimi olan saniyedir. Şekil 1.22' de görüldüğü gibi basınç değişimi her periyotta (T zamanında) aynen

tekrarlanmaktadır. Periyodun tersi (1/T) frekanstır (f). Periyot, "bir basınç değişim devri için geçen zaman" olarak tanımlanabildiğine göre; **frekans** "birim zamandaki basınç değişim devri sayısı" dır. Bu tanımlardaki "basınç değişim devri" ile anlatılmak istenen, basıncın aynı düzeye ulaştığı (aynı yönden yaklaşarak) birbirini izleyen iki nokta (örneğin a ve b) arasındaki kısımdır [18].



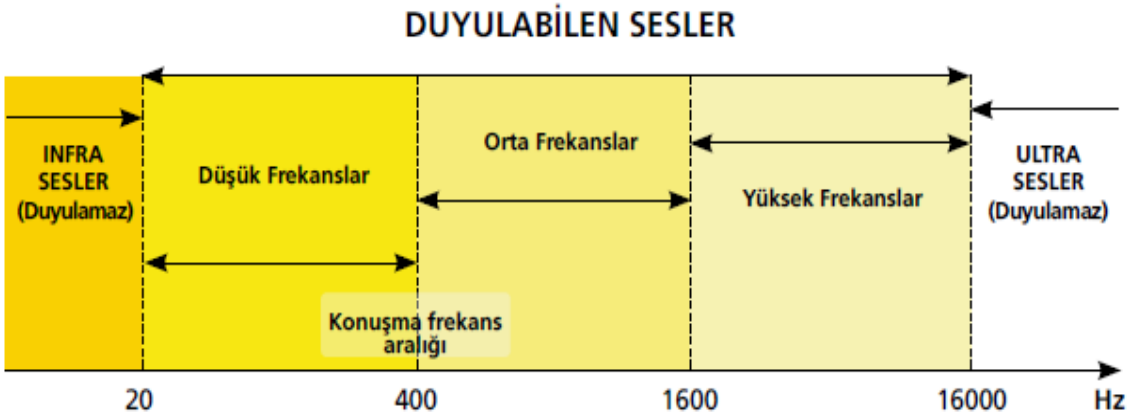
Şekil 1.22. Ses basıncının zamanla değişimi [18].

Canlıların duyduğu ses frekansı aralıkları birbirinden farklıdır. Örneğin yarasanın duyma eşiği çok geniş aralıklardaki frekanslarda yer almaktadır. Bu canlının kendi hareketlerini de ses ile sağladığı bilinmektedir. Farklı canlılara ait duyma frekansları Şekil 1.23' de verilmektedir.



Şekil 1.23. Farklı canlıların duyabildikleri frekans aralıkları [19].

Frekans, genellikle “bir saniyedeki devir sayısı” ile ölçülür. Tanımdan da anlaşılacağı üzere T= 1/f’ dir. Frekans ölçümleme birimi Hertz (Hz)’ dir [18]. Şekil 1.24’ de sağlıklı bir insan kulağının duyabileceği 20 Hz ile 16000 Hz arasındaki frekans değerleri gösterilmiştir.



Şekil 1.24. Sağlıklı bir insan kulağının duyabileceği frekans değerleri [19].

Periyodik ses basınç dalgalarının **dalga boyu**, sesin bir T zamanında kat ettiği yol olarak tanımlanır ve λ ile ifade edilir. Böylece sabit bir c hızında hareket eden dalga T zamanında;

$$\lambda = \frac{c}{f} \tag{1.1}$$

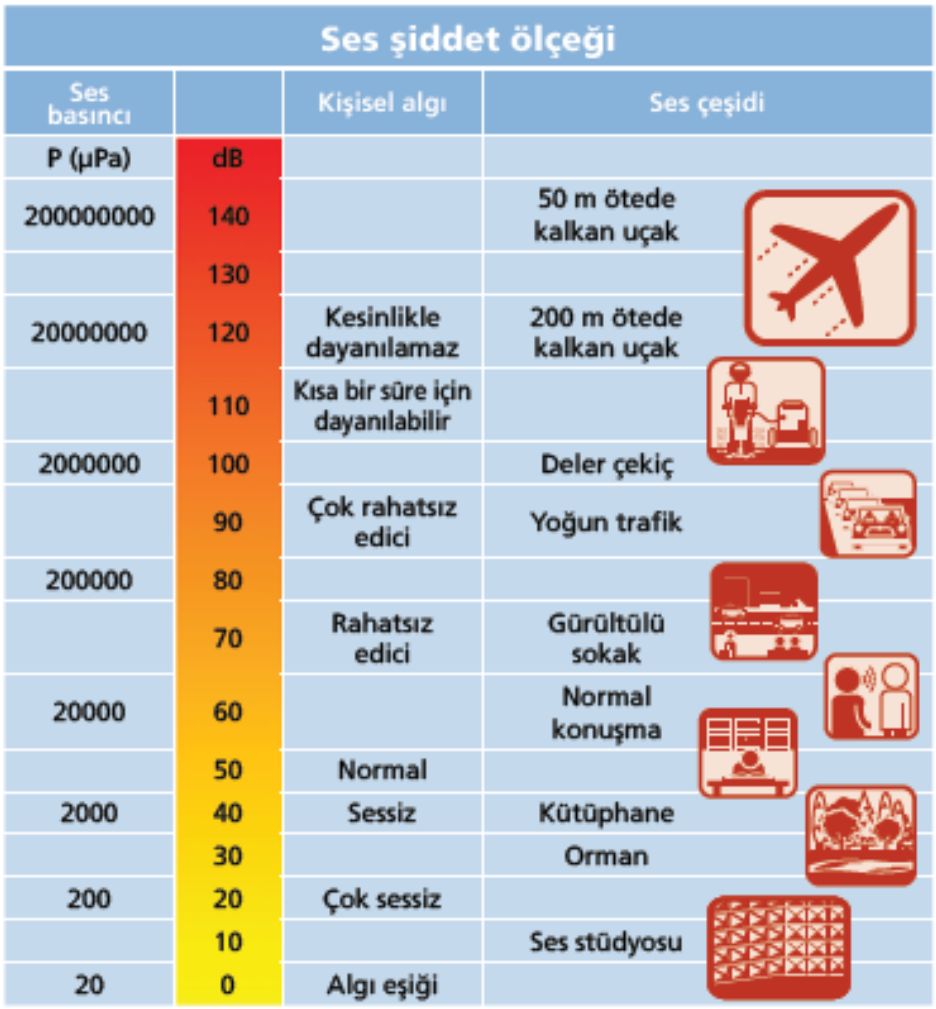
kadar yol kat edecektir. Sesin havadaki hızı 344 m/s sabit olarak alındığında, düşük frekanslı seslerin uzun dalga boyuna, yüksek frekanslı seslerin kısa dalga boyuna sahip olduğu anlaşılır [18].

Desibel bir oranı ya da göreli bir değeri gösterir. Alexander Graham Bell’in anısına bel adı verilen birim, iki büyüklüğünün oranının logaritması olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla 1 bel, oranları 10 olan iki büyüklüğü göstermektedir. Bu oranın çok yüksek olmasından dolayı desibel adı verilen oranların logaritmasının 10 katı olarak tanımlanan birim daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayılardan biri bilinen bir sayı olarak

alınır. Bu sebepten, desibel söz konusu bir büyüklüğün referans büyüklüğüne oranının logaritmasının 10 katıdır. Alt ve üst sınırları arasında büyük farklar olan ses ölçümleri için desibel çok uygundur. Desibel ile ölçtüğümüz büyüklüklere düzey adı verilir [18]. Örneğin, P değerindeki bir basıncın P_0 referans değerine göre düzeyi,

$$Düzey\ (dB) = 10\ \log\frac{P}{P_0} \tag{1.2}$$

olarak tanımlanır. Şekil 1.25' de seslerin desibel aralıkları gösterilmiştir.

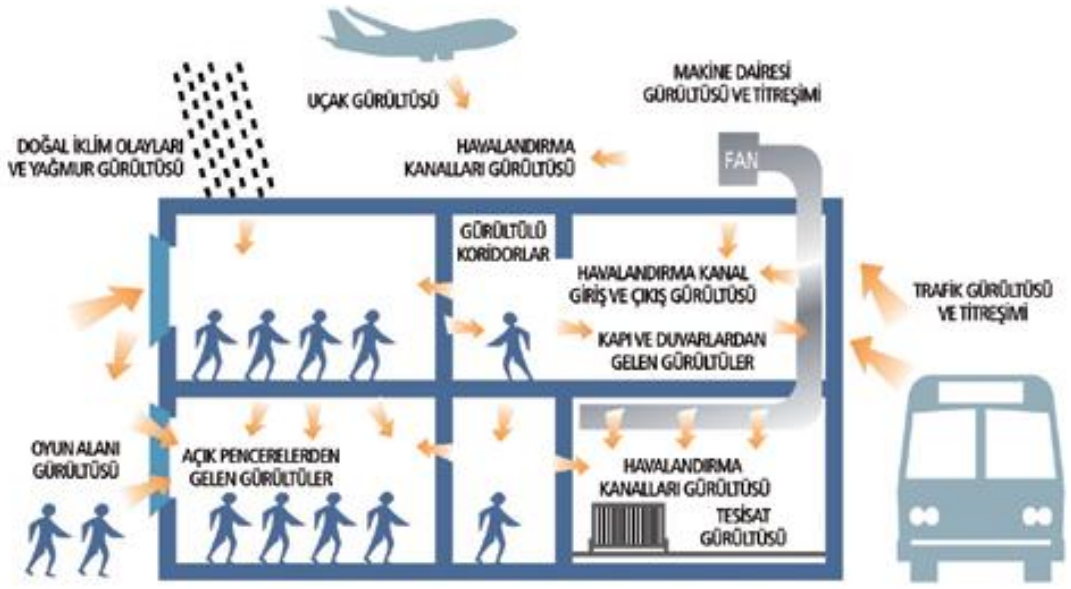


Şekil 1.25. Seslerin desibel aralıkları [19].

Ses yalıtımı ve ses yutumu, ses yutumuna etki eden faktörler ve ses yutum katsayısının ölçümlenmesi aşağıda sırasıyla incelenecektir.

1.4.1. Ses Yalıtımı ve Ses Yutumu

Ses, uygun bir ortam içerisinde (hava, su vb.) bir yerden başka bir yere, sıkışma ve genleşmeler şeklinde ilerleyen bir dalgadır. Dolayısıyla ses bir basınç dalgasıdır. Genel olarak dalgalar mekanik ve elektromanyetik olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Elektromanyetik dalgalar yayılmak için bir ortama ihtiyaç duymazlar ve boşlukta da yayılabilirler. Mekanik dalgalar ise enerjilerini aktarabilmek için ortam taneciklerine ihtiyaç duyarlar ve bu yüzden boşlukta (örneğin uzayda) yayılamazlar. Ses bir kaynaktan çıkarak suda oluşan dalgalar gibi etrafa yayılır. Ses dalgaları, mekanik dalgalar olduğundan maddesel bir ortama ihtiyaç duyarlar [20]. Şekil 1.26' da insanların günlük hayatında maruz kaldığı gürültü kaynakları gösterilmiştir.



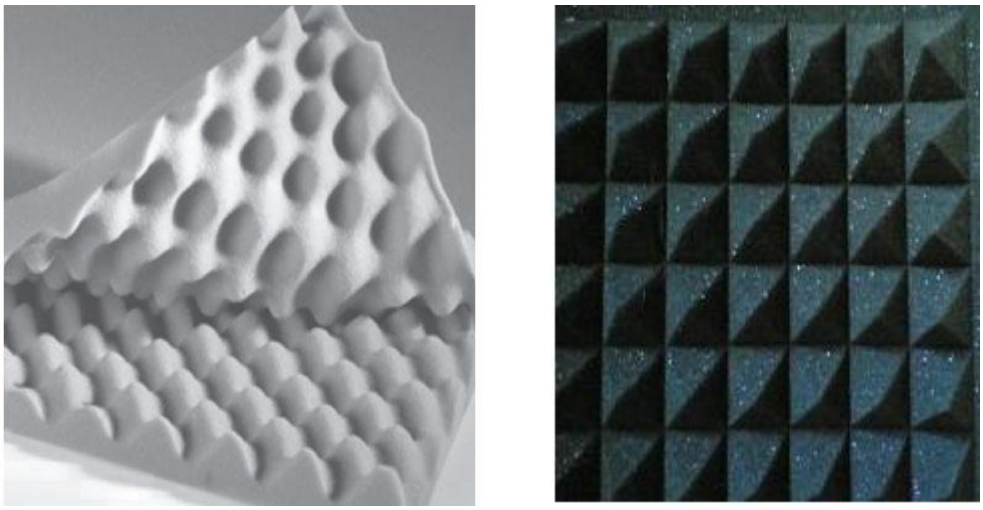
Şekil 1.26. İnsanların maruz kaldığı gürültü kaynakları [19].

Ses yutucu materyaller, insan yaşamını büyük oranda etkileyen gürültüyü engellemesinden dolayı ilgi çekmektedir. Ses yutucu materyallerin gelişiminde doğal lifler (pamuk ve rami gibi), kimyasal lifler (mineral yünü ve cam yünü gibi), delikli

yansıtıcı (rezonans) levhalar, mikro delikli levhalar ve yansıtıcı yapılı membranlar denenmiştir. Sözü edilen ses yutucu materyallerin uygulanmasında, düşük çevresel uyum, gevreklikten dolayı toz kirliliği, büyük hacimli yapıları sebebiyle kullanım güçlüğü gibi çeşitli dezavantajlar bulunmaktadır [21].

Şekil 1.26' da gösterilen günlük yaşantımızda maruz kaldığımız gürültü kaynakları insanlar için ortak bir sorundur. Binaların içerisinde çalışan cihazların ve insanların oluşturduğu seslerin yanında, bina dışındaki trafik ve ulaşım araçlarının oluşturduğu gürültü kirliliği ve yeni teknolojilerdeki büyümenin devam etmesi sesin çevresel etkilere sebep olabileceği endişesini artırmıştır.

Günümüzde iç mekanlarda en çok tercih edilen ses yutucu materyaller Şekil 1.27' de gösterilen viyol (karton yumurta kabı formu) veya piramit şekilli süngerlerdir.



(a) (b)

Şekil 1.27. a) Viyol, b) piramit şekilli ses yutucu materyaller [22,23].

Mükemmel ses yutum değerlerine sahip köpükten elde edilen bu yapıların içerisinde hava parçacıklar halinde yayılamaz. Ayrıca yüzey yapılarının dalgalı şekilde olması sesin düzensiz olarak dağılmasını sağlayarak, geri yansımaya izin vermez. Ses bu sebeplerden dolayı sönümlenir. Bu yapılar, orta ve yüksek frekans aralığında

maksimum performans gösterirler. Kurşun ve PVC gibi malzemelerin eklenmesi ile ses yalıtım özellikleri arttırılabilir [24]. Ancak bu malzemeler ses yutum özelliğini artırmazlar, geri yansıma özelliklerini artırırlar. Bundan dolayı daha çok dış yalıtım malzemelerinde kullanılırlar. Viyol yapıların kullanıldığı alanlar, ses stüdyoları, jeneratörler, kalorifer, yüksek ses düzeyine sahip eğlence yerleri, sinema salonları, fabrikalar ve konutlardır.

Ses izolasyonunu verimli bir şekilde sağlama amacıyla, ses azaltıcı tekstillerin kullanımı iki ana avantaj sebebiyle artmaktadır [25];

- Düşük üretim maliyetleri
- Düşük özgül ağırlık

Otomotiv ve inşaat endüstrisinde en önemli konulardan biri ses izolasyonudur. Tekstil materyalleri gözenekli ve lifli yapılarından dolayı ses izolasyonu ve ses yutucu materyaller olarak kullanılabilirler. Demir gibi yüksek yoğunluklu materyaller sesi etkili bir biçimde izole edebilirler ancak bu gibi rijit materyaller sesin büyük bir kısmını geri yansıtırlar ve gürültü kirliliğine sebep olurlar. Buna ek olarak bu materyaller ağır ve pahalı olduklarından ses izolasyonunda etkili bir biçimde kullanılamayabilirler [26].

Ses yutumu, yüzeye iletilen sesin bir bölümünün, birbiriyle bağlantılı boşluklar içerisine iletilmesi veya yayılması olayıdır. Yüzeye gelen ses yoğunluğunun, yutulması olayında ses yutum katsayısı kullanılır. Ses yutum katsayısı (α) aşağıdaki formül kullanılarak ifade edilebilmektedir [4];

$$\alpha = \frac{I_{abs}}{I_{inc}} \tag{1.3}$$

I_{abs} : Yutulan ses yoğunluğu

I_{inc} : Gelen ses yoğunluğu

Ses yutumu, ses enerjisinin ısıya dönüşümünün sonucunda meydana gelir. Ses, gözenekli malzemelere girdiğinde; ses basıncından dolayı, hava molekülleri, ses dalgasının oluşturduğu frekansla (ses kaynağının saniyedeki titreşim sayısı) birlikte

gözenekli malzemelerin boşluğunda dalgalanır. Bu dalgalanma sürtünme kaybı ile sonuçlanırken ses enerjisinde azalma görülür [4].

1.4.2. Ses Yutumuna Etki Eden Faktörler

1.4.2.1. Lif İnceliği

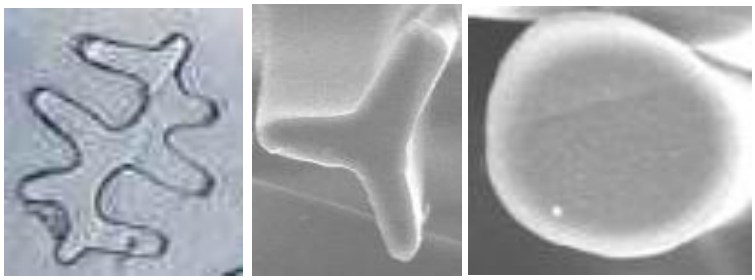
Ses dalgasının etkisiyle ince lifler, kalın liflere göre daha kolay hareket edebilmektedir. Aynı hacim yoğunluğundaki ürünlerde daha ince liflerin kullanımıyla daha fazla life ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun sonucunda daha fazla kıvrımlı yol ve daha yüksek hava direnci oluşmaktadır. İnce liflerin kullanılmasıyla ses yutum katsayısında artış sağlanmaktadır. Bu artış, hava direncinin artışından dolayıdır (titreşen hava sürtünme viskozitesinin etkisiyle kayba uğrar). Filament başına 1.5 ile 6 denye arasındaki lifler daha büyük denyeli liflere göre daha iyi akustik performans göstermişlerdir. Mikro denyeli liflerde ise (1 denyeden küçük) akustik performansta önemli ölçüde artış sağlamışlardır [27].

Özet olarak; düşük denyeli liflerde materyalin birim ağırlığındaki lif miktarı artarken, daha büyük lif toplam yüzey alanı oluşur ve yapıdaki liflerin ses dalgalarıyla temas etme olasılığı yükselir [28].

1.4.2.2. Lifin Enine Kesit Şekli

Farklı lif enine kesit şekilleri farklı yüzey alanları oluşturur. Düzensiz lif enine kesit şekilleri, lifler ve hava arasındaki sürtünmeyi dolayısıyla ısıl etkileri artırdığı için ses yutum kabiliyeti de artar [29].

Şekil 1.28’ de görülen üç farklı enine kesit şekline sahip liflerin ses yutum özellikleri incelendiğinde, derin girintilerden ve boylamsal eksen boyunca kanallara sahip olan 4DG ve trilobal kesitli liflerin, dairesel kesitli liflere göre daha yüksek performans gösterdiği gözlemlenmiştir. 4DG enine kesitli liflerden oluşan yapının dairesel enine kesitli liflerden oluşan yapıya göre üç kat fazla yüzey alanına sahip olduğu ve böylece daha iyi ses yutum performansı gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır [28].



(a) (b) (c)

Şekil 1.28. a) 4DG, b) trilobal, c) dairesel enine kesitler [28].

1.4.2.3. Gözeneklilik

Gözenekli malzemelerin ses yutum mekanizmaları incelenirken gözeneklerin sayısı, büyüklüğü ve çeşidi göz önünde bulundurulmalıdır. Sürtünme etkisiyle, sesin yayılmasına izin vermek için ses dalgasının gözenekli malzemenin içine girmesi gerekir. Malzeme yüzeyinde yeteri kadar gözenek olması halinde ses, gözenek içerisinden geçer ve titreşim azalır. Malzemelerdeki gözeneklilik, boşluk hacmi oranının toplam hacme oranı olarak tanımlanabilmekte ve aşağıdaki formülle ifade edilmektedir [30];

$$H = \frac{V_a}{V_b} \tag{1.4}$$

H : Gözeneklilik

V_a : Hava boşluğunun hacmi

V_b : Test edilecek akustik malzemenin toplam hacmi

1.4.2.4. Hava Akış Direnci

Lifli materyallerin ses yutum karakteristiklerini etkileyen en önemli faktörlerden biri de materyal birim kalınlıktaki spesifik akış direncidir. Yapıda bulunan lifler, ses dalgalarının hareketine karşı sürtünmeyle direnç oluştururlar. Materyal birim kalınlığındaki hava akış direnci materyalin gözenek büyüklüğünün karesiyle ters orantılıdır [30].

1.4.2.5. Kalınlık

Gözenekli materyallerdeki ses yutumu ile ilgili birçok çalışmada düşük frekanslardaki ses yutumunun kalınlıkla doğrudan ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır [30]. Gözenekli emici yapıda etkili bir ses yutumunun elde edilmesinde materyal kalınlığının ses dalga boyunun onda birine yaklaşık olması kuralını izlemişlerdir [31]. Materyal kalınlaştıkça düşük frekanslarda ses yutum katsayısı artmış, yüksek frekanslarda kalınlık arttıkça ses yutum katsayısında önemli bir değişim olmamıştır [27].

1.4.2.6. Yoğunluk

Materyalin ses yutum özelliğini etkileyen önemli faktörlerden yoğunluk da göz önünde bulundurulmalıdır. Aynı zamanda materyalin fiyatı yoğunluğuyla doğrudan ilişkidir. Materyal yoğunluğunun artması, orta ve yüksek frekanstaki ses yutum değerini artırır. Birim alandaki lif sayısı arttıkça materyalin görünür yoğunluğu da büyür. Yüzey sürtünmesi arttıkça enerji kaybı artar, bu da ses yutum katsayısını artırır [30].

1.4.3. Ses Yutum Katsayısının Ölçümlenmesi

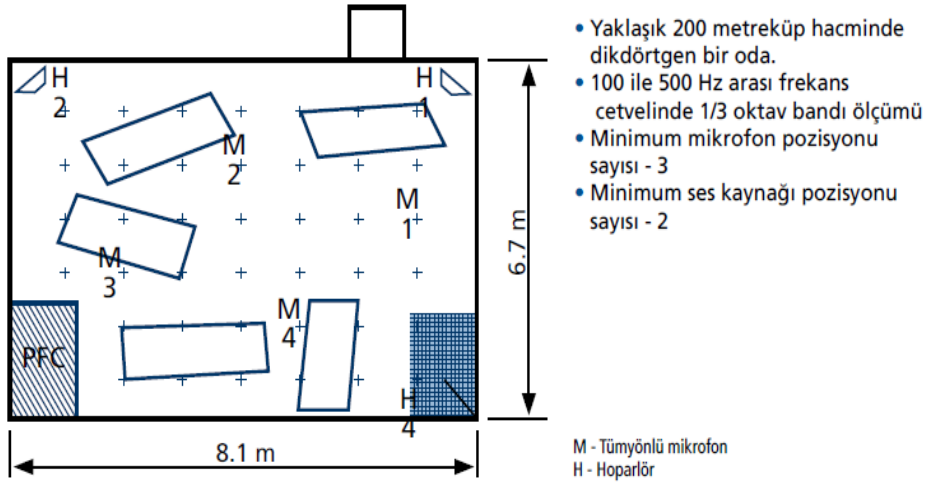
Ses yutum katsayısı, malzeme yüzeylerinin ses yutma oranının belirlenmesi için kullanılan bir niceliktir. Gelen ses enerjisinin bir bölümünün, ses yutucu malzemeler tarafından yutulmasıyla, ses enerjisinin yutulma oranı hesaplanabilmektedir [20]. Gözenekli malzemelerin ses yutum davranışını ölçmek için kullanılan yöntemler şunlardır;

- Yankılanma odası ile ölçüm yöntemi
- Empedans tüpü ile ölçüm yöntemi

1.4.3.1. Yankılanma Odası ile Ölçüm Yöntemi

Sesin her yönden numuneye çarpması ile ölçüm yapılan bu yöntemde, deney çalışmaları Şekil 1.29' da gösterilen yankılanma odasında gerçekleştirildiği için büyük bir alana ve bu alana yerleştirilecek teçhizata ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bakımdan maliyetli bir yöntemdir. Yankılanma odasına sabit ve düzensiz yansıtıcılar yerleştirilerek ses enerjisinin rastgele dağılması sağlanır. Bu yöntemde tekrarlanabilir sonuçlar ortaya

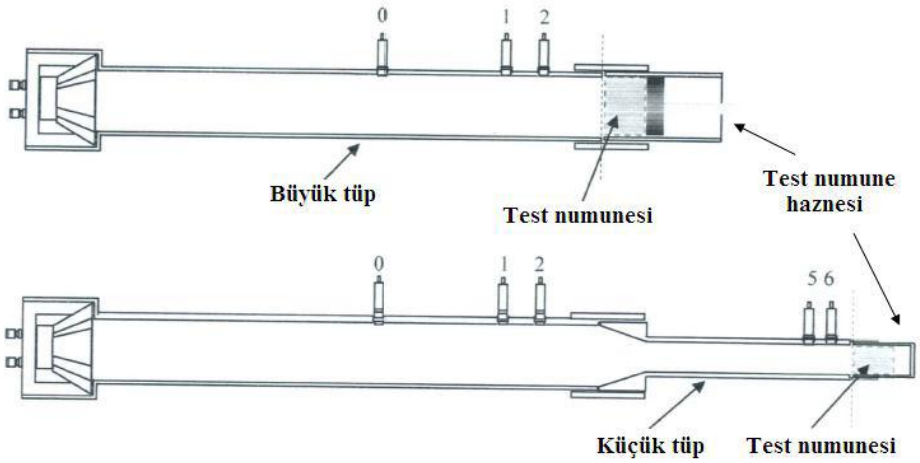
çıkmamasından dolayı ikinci metod olan empedans tüp ile ölçüm yönteminin kullanımı daha yaygındır.



Şekil 1.29. Yankılanma odası [19].

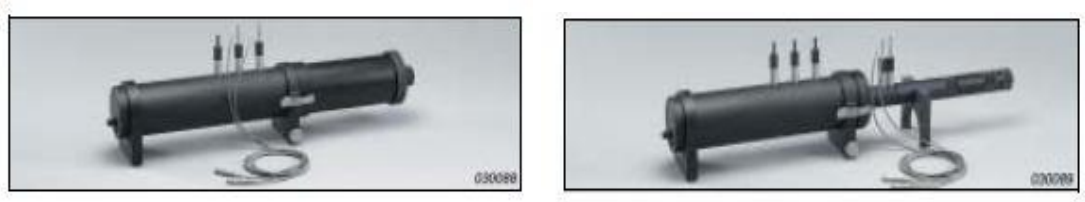
1.4.3.2. Empedans Tüpü ile Ölçüm Yöntemi

Bu ölçümde büyük tüp ve küçük tüp olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Düşük frekanslı seslerin ölçümünde büyük tüp kullanılırken yüksek frekanslı sesler için küçük tüp kullanılmaktadır. Şekil 1.30' da söz konusu tüpler şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 1.30. Empedans tüp yönteminde kullanılan büyük ve küçük tüpün şematik görünümü [32].

Empedans tüpü ile ölçüm yönteminde, tüpün sol ucuna yerleştirilen ses kaynağından, sağ ucuna yerleştirilen numuneye dikey olarak gönderilen ses dalgaları, geniş bir frekans aralığını kapsamaktadır. İki sabit noktada ses basıncı ölçülerek ses yutum katsayısı hesaplanmaktadır. Ayrıca Şekil 1.31' de bu tüplerin resimleri verilmiştir.



(a) (b)

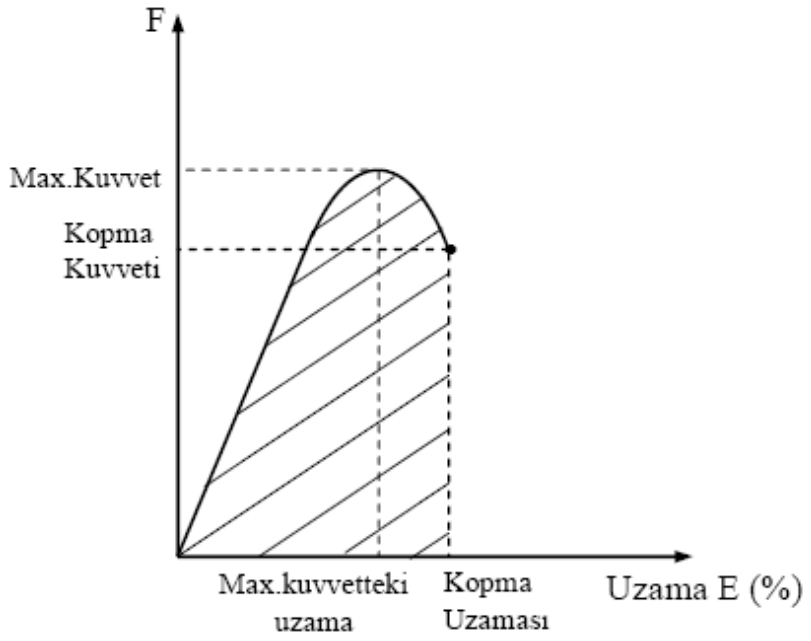
Şekil 1.31. a) Büyük tüp (düşük frekans), b) Küçük tüp (yüksek frekans) [32].

Empedans tüp yöntemiyle, yankılanma odası yöntemine göre daha hızlı ve tekrarlanabilen ölçümler yapılabilmektedir. Ölçüm için dairesel küçük numuneler gerekmektedir. Bu yöntemin diğer bir avantajı ise, normal oda koşullarında nispeten basit cihazlarla uygulanabilir olması ve özel bir test odasına ihtiyaç duyulmamasıdır [20].

Bu yöntem ile malzemelerin 50 Hz ile 6400 Hz frekans aralığındaki ses yutum katsayısı değerleri ölçülmektedir. Şekil 1.31' de gösterilen büyük tüp (a), 50 Hz ve 1600 Hz frekans aralığındaki; küçük tüp (b) ise, 1600 Hz ile 6400 Hz frekans aralığındaki ses yutum katsayısını ölçmek için kullanılmaktadır [33].

1.5. Kopma Mukavemeti

Kopma mukavemeti, bir kumaş şeridinin uzun eksenine yük uygulandığında kumaşın taşıyabildiği maksimum yük değeri olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle, kopma ile sonuçlanan bir çekme deneyinde, kullanılan örneğe uygulanan en büyük kuvvettir. Mukavemet testi esnasında kumaşın boyunda ilk uzunluğa göre bir artış meydana gelir, bu değere de kopma uzaması adı verilmektedir. Kopma mukavemeti ve kopma uzaması arasındaki bağıl değişim Şekil 1.32' de gösterilmiştir.



Şekil 1.32. Kuvvet-Uzama (F-E: Force-Elongation) eğrisi [3].

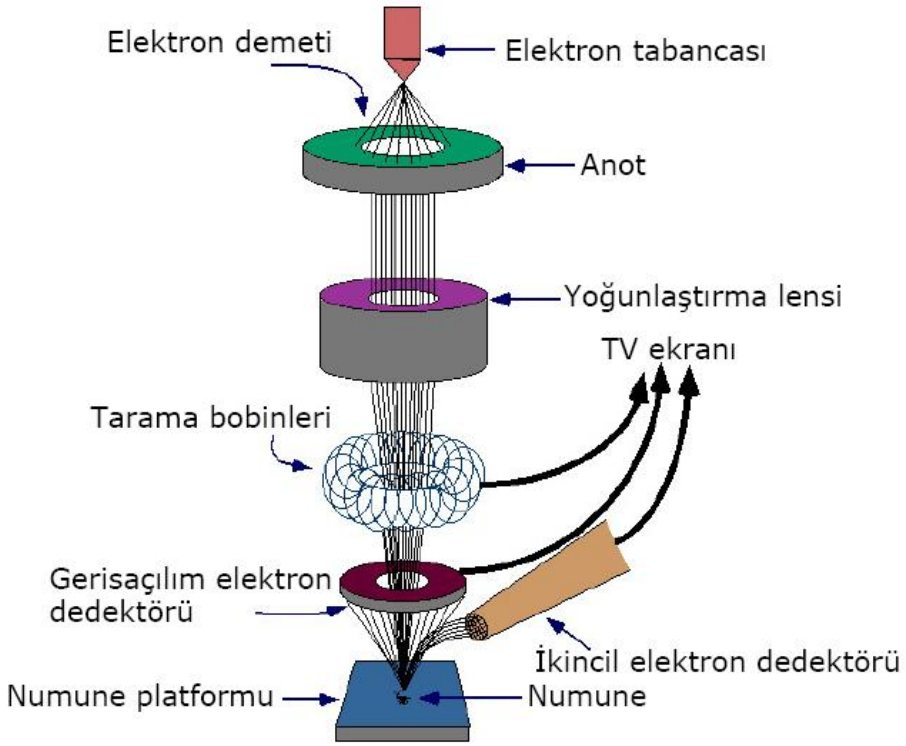
1.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobunda, algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar monitörüne verilmektedir. Gerek ayırım gücü (resolution), gerek odak derinliği (depth of focus) gerekse görüntü ve analizi birleştirebilme özelliği, taramalı elektron mikroskobunun kullanım alanını genişletmektedir [34].

SEM optik kolon, numune hücresi ve görüntüleme sistemi olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır. Şekil 1.33' de taramalı elektron mikroskobunun şematik görünüşü verilmektedir.

Optik kolon kısmında; elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları numuneye doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince elektron demeti elde etmek için yoğunlaştırıcı mercekler, demeti numune üzerinde odaklamak için objektif merceği ve bu merceğe bağlı elektron demetinin numune yüzeyini taraması için tarama bobinleri yer almaktadır. Mercek sistemleri elektromanyetik alan ile elektron demetini inceltmekte veya numune üzerine

odaklamaktadır. Tüm optik kolon ve numune 10^{-4} Pa gibi bir vakumda tutulmaktadır [34].



Şekil 1.33. Taramalı elektron mikroskobunun şematik görünüşü [35].

SEM' de vakum sistemi oldukça önemlidir. Basınç, elektron tabancasının çalışmasını engellemeyecek kadar düşük olmalıdır. Elektron yayan yüzeylerin koroze olmasını engellemek için düşük olması istenir. Eğer iyi bir vakum yoksa yüzeyde artıklar birikecektir. Bu artıklar elektron tabanca haznesinde birikip cihazın performansını etkiler ve cihazda voltaj ölçümleri hassasiyetini azaltır [35].

Görüntü sisteminde, elektron demeti ile numune girişimi sonucunda oluşan çeşitli elektron ve ışımaları (geri yansıyan elektronları) toplayan dedektörler, gönderilen ve geri alınan değerleri saptarken, sinyal çoğaltıcıları ve numune yüzeyinde elektron demetini görüntü ekranıyla senkronize tarayan manyetik bobinler de bulunmaktadır [34,35].

1.7. Önceki Çalışmalar

Yapılan literatür çalışmasında yurt içi ve yurt dışında yayınlanmış makale, tez ve kitaplar incelenmiş olup; ses izolasyonu, kaplama ve laminasyon başlıkları altında sırasıyla aşağıda verilmektedir.

1.7.1. Ses İzolasyonu İle İlgili Çalışmalar

Yumşak, dokusuz yüzeylerin fiziksel parametrelerindeki değişikliğin ses yutum kabiliyetleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmasında yün, polyester, akrilik, pamuk, polipropilen, polyamid ve meta-aramid liflerini kullanarak oluşturduğu farklı karışım miktarlarına sahip kumaş yapılarını, dokusuz yüzey oluşturmada kullanılan ısıl bağlama, su jeti ile bağlama ve iğneleme ile bağlama yöntemleriyle elde etmiş ve bunların ses yalıtım özelliklerini araştırmıştır. Oluşturulan kumaş çeşitlerinin kalınlıklarını, gramajlarını, hava geçirgenliğini ve ses yutum değerlerini ortaya çıkarmaya çalışmıştır. 50 – 6400 Hz aralığındaki ses yutum değerlerinin bulunmasını çift mikrofon empedans tüp metodu ile gerçekleştirmiştir. Ölçümler sonucunda kumaş kalınlığının artışı ve ince liflerin kullanımıyla ile ses yutum katsayısının arttığını, en yüksek ses yutumunun polyester ve polyamid karışımlarıyla sağlandığını gözlemlemiştir [20].

Büyükakıncı vd. kompozit malzemenin ses yutum ve ısıl yalıtım özelliklerini geliştirmek amacıyla poliüretan esaslı matrise doğal pamuk, bambu ve yün liflerini karıştırmışlardır. Çalışmalarının amacını, kullanılan poliüretan miktarını azaltmak ve atık tekstil ürünlerinin geri dönüşümü olarak belirlemişlerdir. Ses yutum özelliklerinin ölçümü için empedans tüp metodunu kullanarak yapıların 50 – 6400 Hz aralığındaki değerlerini incelemişlerdir. Isıl ölçümlerini de Lambda-Control A50 cihazı ile gerçekleştirmişlerdir. Doğal elyaf karışımları ile yapının ses yalıtım özelliklerini geliştirmelerine rağmen ısıl yalıtım özelliklerinde önemli bir değişim olmamıştır. Yapılarda kullanılan lif miktarı belli bir düzeye kadar ses yutumunu artırmış ancak sınır değeri geçtikten sonra düşürmeye başlamıştır, En iyi ses yutum özelliğine sahip yapı pamuk lifleri ile yapılan karışımdan elde edilmiştir. En düşük ısıl yalıtım özelliği de pamuk lifleri ile üretilen yapıda görülmüştür. Bu çalışmayla temel olarak amaçlanan, yapıdaki poliüretanı artık lifleri kullanarak azaltmak, bunun sonucu olarak da çevreyi korurken aynı zamanda da oluşturulan yapının maliyetini düşürmektir [36].

Moholkar vd. polyamid monofilament ipliklerden elde edilen dokuma kumaşların hava boşluğu miktarına bağlı olarak ses ile ilgili karakteristik özelliklerini incelemişler, kumaş üzerine farklı açılarda dalgalar göndererek ölçüm değerlerindeki değişimi gözlemlemişlerdir. Kumaştaki akustik empendansı belirlemek için de basit kumaş modellerinin yapısal özellikleri üzerinden deneyler yapmışlardır. Çalışmalarında ultrases ölçüm ünitelerini kullanarak 10 kHz ile 1000 kHz arasındaki frekans aralığını gözlemlemişler, bu esnada da ses akışı direncini ölçme ünitesi ile değişimlerin sebebini araştırmışlardır. Sonuç olarak hava boşluklarının olmaması durumunda, kumaşların ses yutumuna herhangi bir etki göstermeyeceği kanısına varmışlardır [37].

Yang vd. bir çok alanda ses yutucu materyaller olarak yaygın bir şekilde kullanılan lifsi yapılardan, ticari olarak en yaygın dört lifi deneylerinde kullanarak 800 – 6300 Hz aralığındaki ses yutum değerlerini empedans tüp metodu kullanarak belirlemişlerdir. Bu ölçümler esnasında, ses yutumunun ölçümünde kullanılan kauçuğun ses yutum değeri ile dört liften çıkan sonuçları karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında doğal liflerden kaşmir, kaz tüyü ve kapok liflerini, yapay liflerden akrilik lifini kullanmışlardır. Bu liflerin farklı ağırlıklardaki yapılarından deney numuneleri hazırlanarak çift mikrofonlu empedans tüp ile ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda kaşmir ve akrilik yapıların ses yutum değerleri, kaz tüyü ve kapoktan üretilen yapılara göre daha düşük çıkmıştır. Bu yapıların düşük frekans aralığındaki ses yutum özellikleri yüksek iken, frekans aralığı yükseldikçe yutum özellikleri azalma göstermiştir. Lif yoğunluğu daha düşük, lif çapı küçük olan ve gözenekliliği fazla olan yapılarda daha iyi ses yutum değerleri gözlemlenmiştir [38].

Honarvar vd. ses izolasyonunda önemli yeri olan tekstil materyallerinden dokusuz yüzey kumaşların yerine kullanılabilecek, daha iyi görünüm ve dökümlülük özelliklerine sahip olan atkılı örme kumaşların yapılarında farklı düzenlemeler yaparak yeni tasarımlar geliştirmişlerdir. Gözenekleri açık ve kapalı olarak farklı şekillerde üretilen atkılı örme kumaşların yanında bu iki özelliği birlikte içeren rib örgü kumaşlar da incelenmiştir. Oluşturdukları yapıların hem teorik hesaplamalarını yapmışlar hem de deneylerle pratik olarak uygulanabilirliğini kontrol edip bu iki değer arasında herhangi bir farklılık olup olmadığını incelemişlerdir. Ölçümlerini empedans tüp metodu ile gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, örgü yöntemi ile oluşturulan kumaş yapılardan

ilmek – askı kombinasyonuna sahip olanların, ilmek – atlama kombinasyonuna sahip olanlardan ses yutumu bakımından daha kullanışlı olduğu öne sürülmüştür [25].

Parikh vd. otomobil üreticileri ve kullanıcıları açısından önemli konulardan olan araç içi gürültüyü ortadan kaldırmak amacıyla polietilen ve polipropilen ile kenaf, jüt ve atık pamuk liflerini karışım haline getirerek iğneleme yöntemine göre oluşturulan dokusuz yüzey yapıları geliştirmişlerdir. Doğal lifleri yapıya katmak istemelerinin sebebi, bu liflerin biyolojik olarak parçalanabilmesi ve yenilenebilir olmasıdır. Söz konusu lifler ile beş farklı karışım oluşturulmuştur. Örneklerdeki karışım miktarı %35 / %35 / %30 olacak şekilde sırası ile Kenaf / PET / PP , Jüt / PET / PP, Pamuk / PET / PP ve PET / PET / PP karışımları oluşturulup bu yapılar üzerinde çalışılmıştır. İnceleme de ayrıca Kenaf / PET / PP karışımı iki farklı gramajda ve kalınlıkta üretilmiştir. Çift mikrofon empedans tüp metodu ölçüm sistemi kullanarak 100 ile 3200 Hz frekans aralığındaki değişimler gözlemlenmiştir. En iyi ses izolasyonunu pamuk karışımları, en düşük sonucu ise jüt karışımları vermiştir. Kalınlık arttıkça ses yutumunun arttığı görülmüştür. Karışım yapılarak oluşturulan yapılara ses yutumunu arttırmak amacıyla pamuk ve poliüretandan oluşan tabakalar eklenmesi suretiyle ses izolasyonu değerlerindeki değişiklikler incelenmiş, bu tabakaların etkili bir rol oynadığı kanısına varılmıştır. Poliüretan tabakanın, pamuk ile oluşturulan tabakadan daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir [39].

Shoshani ve Yakubov, bir çok alanda gürültü düzeyini kontrol etmek amacıyla kullanılan dokusuz yüzeyli yapıların akustik performansını, Zwikker ve Kosten' in [41] gözenekli yüzeylerde sesin dağılımı teoremini kullanarak sayısal olarak hesaplamaya çalışmışlardır. Akrilik, pamuk ve polyester lifleri kullanılarak üretilen dokusuz yüzeyler için ortaya çıkan sonuçlar deneysel çalışmalarla örtüşmüştür. Çalışmalarında, lif ağlarının kalınlık ve gözenekliliğine bağlı olarak ses emicilik katsayılarını inceleyerek üretilebilecek yeni yapılar için optimum dizaynı sağlamak amacıyla yeni bir teorik model oluşturmuşlardır [40].

Tascan ve Vaughn, otomotiv ve yapı sektöründe ses izolasyonunu sağlamakta kullanılan dokusuz yüzeyler üzerinde çalışmışlardır. Bu yapıların, diğer metal yapılara göre düşük yoğunlukta olması, kolay şekil verilebilir olması, hafif ve maliyetinin ucuz olmasının yanında sesi yansıtmaktan öte, yutarak uzaklaştırması tercih sebebi olmuştur. Dokusuz

yüzeylerde ses yutumundaki en önemli parametreler olan lif inceliği ve enine kesit şekli üzerinde inceleme yapılmıştır. Deneylerinde polyester lifini kullanarak iki farklı numarada, iki farklı uzunlukta ve üç farklı enine kesitte iğneleme yöntemiyle oluşturulan beş kombinasyonu araştırmışlardır. Ölçümlerinde Clemson – Boston ses izolasyonu farkını test etme cihazını kullanmışlardır. Bu cihaz ile çift mikrofonlu empedans tüp metoduna benzer bir yöntemle çalışmışlardır. İnsanın duyabileceği ses aralığı 0 – 20.000 Hz olduğundan dolayı deneysel çalışma 0 – 25.000 Hz aralığında yürütülmüştür. Gözeneklerin kapalı olmasını sağlayan lif kesiti ile üretilen yapılarda hava geçirgenliği en düşük seviyede iken en iyi ses izolasyonu değerini elde etmişler, lif inceliğinin ve yoğunluğunun artması sonucu artan yüzey alanının ses izolasyonunu arttığı sonucuna varmışlardır [26].

Liu ve Hu, farklı yapısal özelliklere sahip atkılı ve çözgülü örme kumaşlar üzerinde çalışmışlardır. Boşluklu yapıya sahip atkılı örme kumaş, ses emici özellik kazandıran gözenekli yapıyı oluşturmak amacıyla ön ve arka yüzlerinde nylon ve spandex, ara bağlantı ipliği olarak tekstüre multifilament polyester kullanılarak oluşturulmuştur. Çözgülü örme yapının atkılı örme yapıdan farkı, ara bağlantının monofilament iplikten oluşması olup mikro gözenekli ses emici panel olarak tanımlanmıştır. Tek tabakalı ve çok tabakalı kumaş yapılarının ses yutum katsayıları çift mikrofon empedans tüp metodu ile ölçülmüştür. Tek katlı yapılar ses yutuculuk bakımından karşılaştırıldığında atkılı örme yapının ses yutum katsayısı, çözgülü örme yapıya göre yüksek çıkmıştır. Ölçümlerde frekans arttırıldıkça, ses yutum katsayısı da artmıştır. Atkılı örme yapıya çözgülü örme, çözgülü örme yapıya atkılı örme lamine edildikçe, ses yutum katsayılarında artış görüşmüştür. Ön yüzü çözgülü örme, arka yüzü atkılı örme olarak kombine edilen yapıda yüksek frekanslarda; ön yüzü atkılı örme, arka yüzü çözgülü örme ile elde edilen yapılarda düşük frekanslarda yüksek ses yutum katsayısı gözlemlenmiştir [42].

Öztürk vd. otomobillerde iç mekandaki ses düzeyini azaltmak amacıyla boşluklu yapıya sahip örme kumaş tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında ön ve arka yüzeyi üç katlı %100 pamuk ipliğinden oluşmuş süprem örgü yapısı ile yüzeyler arasındaki boşluklu kısımda ara bağlayıcı olarak %100 polipropilen multifilament iplik kullanarak, askı ilmeklerinin ve ara bağlantı ipliklerinin sıklıklarını değiştirerek üç farklı dizayn

elde etmişlerdir. Üç numunede sırasıyla 5, 7, 11 ilmekte bir askı yapısı; 3, 4, 6 ilmekte bir ara bağlantı yaparak, bunların yoğunluğu, kalınlığı ve yapısındaki hava boşluğu miktarlarına bağlı olarak ses yutum katsayılarını, çift mikrofonlu empendans tüp metodu ile ölçümlemişlerdir. İncelemeler sonucunda en yüksek atlama ve en düşük bağlantı sayısına sahip numunenin, gözenekliliğinin azalmasından dolayı hava boşluğu miktarı ile birlikte kalınlığının artmasıyla 4 kHz' den yüksek frekanslardaki ses yutum katsayısı artmıştır. Bu üç numunenin sıklık ve yoğunlukları birbirine yakın çıktığından bu faktörlerin etkisi belirgin bir şekilde gözlemlenememiştir [33].

Yang vd. dokusuz yüzeylerin ses yutum özelliğinin yapısal karakteriyle birlikte değiştiğinden yola çıkarak iç yapısının detaylı incelenmesi ile uygun bağlantı şekillerini ve hiyerarşik düzenini tanımlamaya çalışmışlardır. Deneylerde altı farklı dokusuz yüzey numunesi oluşturarak, bunların gözeneklilik ve ortalama gözenek çapına bağlı olarak ses yutum katsayılarındaki değişim incelenmiştir. Ses yutum katsayılarını çift mikrofonlu empedans tüp metodu ile ölçmüşlerdir. 15 mm ve 30 mm çapındaki numuneler sırasıyla incelendiğinde, 30 mm çapındaki numunede gözenekliliğe bağlı olarak artan hava boşluğu miktarı yüksek ses yutum katsayısını düşük frekansa taşıdığı sonucuna varmışlardır [43].

Garai ve Pompoli, polyester liflerinin ses akış direncini, akustik empendansını ve ses yutum katsayısını deneysel modelleme ile geliştirmeye çalışmışlardır. Çapları 18-48 μm olan, farklı yoğunluk ve farklı kalınlıktaki 38 polyester lifi numunesinin ölçümlerini empedans tüp transfer fonksiyonu metodu ve yankılanan alan metodu ile gerçekleştirmişlerdir. Yeni modellemenin ölçüm sonuçları teorik hesaplamalarla uyum göstermiş ve normal polyester lif tiplerine göre incelenen özellikler daha iyi sonuç vermiştir [44].

Li, iğneleme yöntemini kullanarak polyester elyafından dört farklı kalınlıkta dokusuz yüzey elde edip bu kumaşların ses yutum kapasitesini ölçmüştür. Bu ölçüm 125 Hz – 4000 Hz aralığında gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, kalınlığın düşük frekanslardaki ses yutumunda büyük etki gösterdiği, kalınlığı az olan yapıların daha düşük ses yutum kapasitesine, kalınlığı en fazla olan numunenin en yüksek ses yutum performansına sahip olduğu gözlemlenmiştir [21].

Tascan ve Vaughn, iki farklı numarada (3 denye ve 15 denye), enine kesiti farklı üç adet polyester elyafı (oktalobal (4DG), trilobal ve dairesel) kullanarak %65 polyester matriks ve %35 oranında düşük sıcaklıkta eriyebilen bağlayıcı lif karışımı ile beş farklı dokusuz yüzeyi üretmişlerdir. Ses yutum katsayısını empedans tüp ve yankılanan alan metodları ile ölçümlemişlerdir. Bu yapılarda lif inceliği, lif şekli ve lif yoğunluğunun ses yutum katsayısına ve hava geçirgenliği değerlerine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak 4DG ve lif inceliği yüksek olan yapıların, geniş yüzey alanına sahip olmasından ve bundan dolayı hava geçirgenliklerinin düşük olması nedeniyle ses yutum değerlerinin yüksek çıktığını, lif yoğunluğunun artması ile hava boşluklarının azalmasından dolayı ses izolasyon değerleri artmasına rağmen bu artışın emicilik ile değil de, geri yansıtma ile sağlandığını gözlemlemişlerdir [28].

Mirjalili ve Shahi, 9 dtex inceliğinde, 5 mm kalınlığında, PET lifleri kullanılarak iğneleme yöntemiyle hazırlanan dokusuz yüzey tabakaların belirli aralıklardaki ses yutum katsayısının değişimini gözlemlemişlerdir. Ölçümlerinde çift mikrofon empedans tüp metodunu kullanmışlardır. Sonuç olarak tabakalar arasında boşluk bırakılmadan oluşturulan yapıların üç tabakaya kadar ses yutum katsayısı artarken, dördüncü tabakanın eklenmesi ile bu değer düşme göstermiştir. Düşük frekanslarda tabaka sayısının artması ses yutum katsayısını artırırken, yüksek frekanslarda ise çok küçük değişim göstermiştir. Daha sonra iki tabaka arasında 5 mm boşluk bırakılarak yapılan ölçümde boşluksuz iki tabakaya göre ses yutum katsayısı artış göstermiş; 5 mm' lik boşluk, 10 mm ve 15 mm değerlerine getirildiğinde boşluğun artması ile ses yutum katsayısı da artmıştır. Aralarında 5 mm boşluk bulunan üç tabakalı yapının, arasında 5 mm boşluk bulunan iki tabakalı yapıya göre ses yutum katsayısının daha yüksek çıktığı ancak aralarında boşluk miktarı 15 mm' ye çıktığında üç tabakalının iki tabakalıya göre daha düşük ses yutum katsayısına sahip olduğu gözlemlenmiştir [45].

Shoshani, çalışmasında yüksek ses yutum katsayısına sahip dokusuz yüzey tabakalar ve yüksek ses yansıtma katsayısına sahip dokuma kumaşın kombinasyonu ile elde edilen yapının ses emiciliğini araştırmıştır. Dokusuz yüzeyler pamuk lifi kullanılarak dikiş ile bağlama yöntemi, dokuma kumaş da kevlar lifi kullanılarak bezayağı yapısı ile üretilmiştir. Ölçümlerini Brüel-Kjaer empedans tüp yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak en yüksek ses yutumu dokuma kumaşın ses kaynağına doğru tutulması

esnasında sağlanmış olduğu, dokuma kumaşın dokusuz yüzeylere 500 Hz' den düşük frekanslardaki ses yutumunda %20 ile %40 arasında etkin bir azalma sağladığı gözlemlenmiştir [46].

Mahmoud ve Mahmoud, çalışmalarında otomobilin iç kısımlarında kullanılacak dokusuz yüzey kumaşları üreterek, ses yutumu ile araç içi konforu sağlamayı amaçlamışlardır. Bunun için her ikisi de 6 denye inceliğinde polyester lifi ve içi boş polyester lifini kullanarak; %100 PES, %75 PES / %25 içi boş PES, %55 PES / %45 içi boş PES lifi olacak şekilde üç farklı kumaş üretmişlerdir. Bu yapılar 300, 400, 500 ve 600 g/m^2 gramajlarında, ısıl bağlama tekniği ile oluşturulmuştur. Ses yutumu, hava geçirgenliği, kalınlık faktörlerini regresyon denklemi ve korelasyon katsayısını kullanarak değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, en yüksek ses yutum değeri içi boş polyester liflerinin en yüksek olduğu yapıda, en düşük değer ise %100 polyester liflerinin olduğu yapıda kaydedilmiş, bunun sebebi olarak da hava boşluklarının miktarı gösterilmiştir. Aynı zamanda içi boş polyester liflerinin fazla olduğu yapılarda, aynı ağırlıkta bu liflerin kapladığı hacim yüksek miktarda olduğundan dolayı, hava geçirgenliği düşmüş, kumaş kalınlığı da artmıştır. En yüksek ses yutum değeri %55 PES / %45 içi boş PES lifi içeren ve gramajı en yüksek (600 g/m^2) olan yapı ile elde edilmiştir [47].

Kosuge vd. ses emici güç tutuşur kumaşları, geleneksel materyaller (cam yünü ve güç tutuşur polyester gibi) yerine para-aramid ve polyester liflerini kullanarak oluşturmuşlardır. Farklı gramajlardaki dokusuz yüzeyleri, %30 para-aramid, %50 PET ve %20 düşük erime noktalı PET liflerinin karışımını kullanarak iğneleme yöntemiyle elde etmişlerdir. Bu oluşturulan yapıların üzerine para-aramid lifi ile oluşturulan farklı geçirgenlikte kağıt inceliğindeki tabakalar eklenerek ses yutum kalitesini ve ses yayılım kaybını karşılaştırmışlardır. Ölçümlerinde empedans tüp metodunu kullanmışlardır. Sonuç olarak dokusuz yüzey / kağıt kombinasyonu yapı, geleneksel cam yününe göre mükemmel sonuçlar vermiş, geçirgenliği cam yününe göre azalırken, 2000 Hz üzerindeki frekanslarda ses yutumu daha iyi hale gelmiştir [48].

Liu vd. çalışmalarında çift katmanlı dokusuz yüzeylerde, genel ses yutum modeli olarak ilk önce C. Zwikker ve C.W. Kosten [12]' in gözenekli esnek ortamda ses yayılımı ve ses yayılımı sınır şartları teorisini, daha sonra dokusuz yüzeylerde etkili yapı

parametrelerinin değişimini detaylandıran model simulasyonunu kullanmışlardır. Dış tabakasında polyester lifi, iç tabakasında nylon lifi ile oluşturulmuş çift katmanlı dokusuz yüzeylerin, her bir tabakasının kalınlık ve gözeneklilik akustik parametrelerinin ses yutum katsayısına etkisi teorik olarak sırasıyla hesaplanmıştır. Bu çalışma, dokusuz yüzeylerden elde edilen çift katmanlı ses emici yapıların mükemmel ses yutumuna sahip olduğunu ve belirlenen frekans aralıklarında yeterli sonucu sağladığını göstermiştir [49].

Ersoy ve Küçük, endüstriyel atık olan çay yaprağı liflerinin ses izolasyonu özelliklerini araştırmışlardır. Üç farklı tabakadan oluşan atık çay yaprağı lifleri tek katlı bir dokuma kumaşla desteklenerek ve bu tabaka olmadan ses yutum testine tabi tutulmuştur. Çalışma sonunda 1 cm kalınlığındaki atık çay lifi yapısının dokuma kumaşla desteklendiği takdirde 6 katlı dokuma kumaşın ses yalıtım değerlerine eşit çıktığı görülmüştür. Çay yaprağı lifi (ÇYL)' nin yüksek frekanslardaki (500-6300 Hz) ses yutum özelliklerini empedans tüp metodu ile ölçmüşlerdir. Çıkan sonuçları pamuklu dokuma kumaş (PDK) ve otomotiv endüstrisinde ses izolasyonu amacı ile yaygın olarak kullanılan polyester / polipropilen lifleri içeren dokusuz yüzey (PDY) ile karşılaştırmışlardır. PDY ve ÇYL yapıların 10 mm, 20 mm ve 30 mm kalınlıklarındaki ses yutum özellikleri incelendikten sonra ÇYL yapılar PDK yapılar ile birleştirilerek tekrar ölçümleri alınmıştır. Sonuç olarak, birleştirilen yapıda 10 mm' lik tabaka için ses yutum değeri, üç kat artmış; 20 mm ve 30 mm' lik tabakalar için bu artış iki kat olmuştur. PDK ile birleştirilmiş 10 mm kalınlığındaki ÇYL, aynı incelikteki PDY' ye göre 4000-6300 Hz aralığında %75 daha yüksek ses yutum katsayısı göstermiştir. Aynı materyallerin 20 mm kalınlığındaki örnekleri incelendiğinde 500-3200 Hz aralığındaki ses yutum değerlerinin aynı çıktığını, 3200-6400 Hz aralığında ÇYL' nin PDY' e göre %30 daha az ses yutumu gösterdiğini, 30 mm' lik örneklerde 500-2400 Hz ses yutum değerlerinin yakın olduğunu, 2400 Hz üzerinde ise ÇYL' nin %40 değer kaybettiğini gözlemlemişlerdir [50].

Ramis vd. çalışmalarında yeni ses emici materyallerden olan doğal liflerden kenaf lifini incelemişlerdir. Bu lif için frekansa bağlı olarak deneysel bir model geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bilimsel model olarak mineral yünü, cam yünü ve taş yünü ile bağlantı kurarak, akış direnci, lif çapı ve yoğunluğuna bağlı olarak empedans ve yayılım

davranışlarının denklemi oluşturulmuştur. Ölçümlerini çift mikrofon empedans tüp yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında daha önce taş yünü ve cam yünü için yapılan modellemeleri göz önünde bulundurarak benzer bir modellemeyi kenaf lifi için gerçekleştirmişlerdir. Deneysel çalışmalarla beklenen değerlerin örtüştüğünü gözlemlemişlerdir [51].

Nick vd. araç içinde kullanılan yenilenebilir parçaların, düşük maliyetli ve mükemmel ses yutum kapasiteli olması istenildiğinden dolayı özellikle keçeler üzerinde çalışmışlardır. Keçeler polyester-mikrolif ve lyocell yapılardan oluşturularak standart keçe materyali ile ses yutum özellikleri karşılaştırılmıştır. Ölçümler aynı gramajda ve kalınlıkta olan numunelerle yankılanan alan yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, standart keçe 4000 Hz üzerindeki frekans aralığında çok iyi sonuç verirken, 1200-4000 Hz aralığında dalgalanmalar göstermiştir. Polyester-mikrolif keçe 1200-4000 Hz aralığında daha iyi sonuç verirken, 1200 Hz' den düşük değerlerde iyi sonuç vermemiştir. Lyocell liflerden oluşturulan keçe bütün frekans aralıklarında en iyi sonucu vermiştir. Özellikle dizel motorlar için çok önemli olan 1600 Hz altındaki ses yutumu oldukça yükselmiştir [52].

1.7.2. Kaplama ve Laminasyon İle İlgili Çalışmalar

Asker vd. ön ve arka yüzleri farklı özellik gösteren melez (hibrid) kumaş üretimini gerçekleştirmişlerdir. Kumaşın dış yüzeyini hidrofob ve leke göstermeyecek şekilde, iç yüzeyini ise hidrofil, antibakteriyel – antifungal özellik gösterecek şekilde tasarlamışlardır. Deneylerinde kullanılmak üzere, %100 pamuk ipliğinden, aynı dokuma ve örme yapılarında ancak farklı gramajlarda ikişer adet kumaş üretmişlerdir. Bu numunelere sırasıyla kasar, boya, kaplama ve fikse işlemleri uygulanmıştır. Bu işlemler sonrasında kumaşlar, fiziksel ve kimyasal testlere tabi tutulmuşlardır. Bütün numunelerde kasar sonrası dayanım değerlerinde azalma olmuş ancak dokunmuş kumaşların diğer üç basamakta kopma ve yırtılma dayanımlarında dikkate değer bir değişiklik olmazken, örgü kumaşların patlama mukavemeti değerinde her basamak sonrası düşme gözlemlenmiştir. Aşınma dayanımı değeri dokuma kumaşlar için bütün aşamalarda en iyi düzeyde olup, örme kumaşlar için ise boyama sonrasında düşme göstermiştir. Kaplama sonrası kumaşların ön yüzleri hidrofob, arka yüzleri hidrofil karakterde olduğundan bakteri çoğalması hidrofil kısımda gözlemlenmiştir [6].

Kadem ve Ergen, bezayağı örgü yapısı ile dokunmuş %100 polyester yağmurluk kumaşı üzerine farklı laminasyon uygulamalarıyla su iticilik, hava ve nem geçirgenliği özellikleri üzerinde çalışmışlardır. Deneylerinde PU, PES ve PTFE' ni laminasyon materyalleri olarak kullanmışlar, önce laminasyon sonra su iticilik işlemi ve önce su iticilik sonra laminasyon uygulayarak her materyalle iki farklı numune elde etmişlerdir. Sonuç olarak önce su iticilik sonra laminasyon uygulanan numunelerin değerleri diğer gruba göre düşük çıkmış olup, bu işlem sırasının uygun olmadığını tespit etmişlerdir. Gözeneklerin laminasyon ile kapanmasından dolayı hava ve nem geçirgenliği değerlerinin düştüğünü gözlemlemişlerdir [53].

Jiang vd. pamuk ve PES' den üretilen kumaş numuneleri üzerine kimyasal gümüş kaplaması yaparak tekstil endüstrisinde kullanılan kumaşların parlaklıklarını arttırmayı, dekoratif özellik kazandırmayı ve fonksiyonel hale getirmeyi amaçlamışlardır. Bu iki numunenin fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişim gözlemlenmiştir. Sonuç olarak gümüş partiküllerinden dolayı daha yüksek koruma ve iletkenlik özellikleri gösteren numuneler, UV ışınlarından koruma, ışık haslığı, antistatik ve antibakteriyellik özellikleri bakımından daha iyi hale getirilmiştir [54].

Laing vd. günlük hayatta kullanılan giysilerde önemli faktörler olan hava ve nem geçirgenliği, ıslak ve kuru termal dayanım, ısıl iletkenlik özelliklerini laminasyon işlemi ile oluşturulan kumaşlarda incelemişlerdir. Çalışmalarında üç katmandan oluşan örgü yapılar kullanılmıştır. İç katmanda %100 yün ve %100 polyesterden oluşan örgü yapısı, orta katmanda bu iki lifin farklı oranlardaki karışımlarından oluşturulmuş örgü yapısı, dış katmanı ise %100 yün ile oluşturulan örgü yapısı, PTFE (membran) ve dokuma kumaştan (bezayağı) oluşan tabakaları kullanmışlardır. Örgü yapıları olarak süprem, interlok ve kuşgözünü seçmişlerdir. Sonuç olarak ikinci katmanın eklenmesi üçüncü katmana göre özellikleri daha fazla etkilediğini, kumaşların tek kat halindeyken gösterdikleri farklılıkların ikinci katın eklenmesiyle azaldığını, laminasyonlu dış tabakanın yünlü tabakaya göre daha sert olduğunu, yünlü tabakanın ise ısı tutuculuk ve geçirgenlik özelliklerini olumlu yönde değiştirdiğini, ısıl iletkenlik bakımından dış tabakanın lamine edilmiş olmasının termal dayanımı yünlü yapıya göre arttığını gözlemlemişlerdir [55].

Bulut, kumaşların fonksiyonelliğini arttırmak amacıyla kullanılan kaplama yönteminde, gramajları birbirinden farklı %100 pamuktan elde edilmiş bezayağı kumaşlara, poliüretan ve poliüretan/silikondan oluşan iki farklı kaplama malzemesini, döner şablon ve bıçak kaplama teknikleriyle uygulamıştır. Oluşturulan bu yapıların fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Sonuç olarak kaplama sonrasında kumaşların gramajlarında artış olduğunu, kalınlık varyasyonlarında ve kalınlıkta azalma olduğunu, hava geçirgenliğinin düştüğünü, kopma mukavemeti, patlama mukavemeti, aşınma direnci, eğilme rijitliği değerlerini arttırdığını ve yırtılma mukavemeti değerlerini azalttığını gözlemlemiştir [8].

Armağan, aynı numarada %100 pamuk, viskon, bambu ve polyester (kesik elyaf) iplik üretmiş, bu ipliklerden de aynı örgü makinesini kullanarak dört farklı süprem kumaş oluşturmuştur. Bu kumaşların en sabitlemesini gerçekleştirip, polyester ve polieter bazlı poliüretan membran kullanarak lamine yapıyı meydana getirmiştir. İşlemleri tamamlanan kumaşlar fiziksel ve konfor özellikleri bakımından incelenmiştir. Lamine yapı ile birlikte kumaşın fiziksel özelliklerinden gramaj, kalınlık, patlama mukavemeti, aşınma dayanımı ve boncuklanma değerleri artmış; boyutsal değişim, may dönmesi, su, hava ve su buharı geçirgenlikleri azalmış; konfor özelliklerinden transfer ıslanma ve dikey kılcal ıslanma değerleri viskon ve bambuda pozitif yönde, pamuk ve polyesterde negatif yönde değişim göstermiş olup, dört lif için nem kazanım miktarları düşerken, kuruma süresinin arttığı sonucuna varmıştır [56].

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Gereç

Çalışmada kaplanacak materyal olarak yuvarlak kesitli liflerden üretilmiş %100 polyester perdelik kumaşlar, kaplama malzemesi olarak akrilik bazlı patlar kullanılmıştır. Her ikisi de yapay olarak üretilen sentetik yapılardır.

2.1.1. Zemin Kumaşı Özellikleri

Kumaş numuneleri, gramajlarına göre küçükten büyüğe doğru sıralanan numunelerin ilk üçünde, sıklık artırılarak ve tek katlı ipliklerin numaraları değiştirilerek gramajda farklılık sağlanmış, dördüncü numunede ise çift katlı iplik kullanılarak ayrı bir yapı oluşturulmuştur. Çalışmada polyester iplikleri kullanılarak üretilmiş dört farklı sıklık ve gramajdaki kumaş yapılarının teknik özellikleri Tablo 2.1' de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Kaplamada kullanılan kumaşların teknik özellikleri.

Teknik özellikler	**Kumaş 1**	**Kumaş 2**	**Kumaş 3**	**Kumaş 4**
Kumaş yapısı	Bezayağı (1/1)	Panama (2/2)	Bezayağı (1/1)	Bezayağı (1/1)
Gramaj (g/m^2)	109	154	171	240
Çözgü sıklığı	19	22	29	18
Atkı sıklığı	13	16	17	10
Çözgü iplik lineer yoğunluğu (Tex)	29.5	37	37	37 x 2 (Çift katlı)
Atkı iplik lineer yoğunluğu (Tex)	33	42	37	49 x 2 (Çift katlı)
Kumaş kalınlığı (mm)	0.33	0.69	1.3	1.36

Çalışmada kullanılan polyester lifinden elde edilen kumaşlar OBA PERDESAN – Gebze, Kocaeli firmasından temin edilmiştir.

2.1.2. Kaplama Malzemesinin Özellikleri

Çalışmada kullanılan akrilik içeren pattaki akrilik oranı yüzdesi, viskozitesi ve içerisindeki katı madde oranları Tablo 2.2' de gösterilmiştir. Patlar akrilik miktarları düşük olandan yüksek olana göre sıralanmış, bu artışla birlikte kumaş özelliklerindeki değişim gözlenmiştir.

Tablo 2.2. Akrilik içerikli patlarının özellikleri.

Teknik özellikler	**Pat 1**	**Pat 2**	**Pat 3**
Akrilik oranı (%)	34.4	40	61
Viskozite (cm^2/s)	60	60	60
Katı madde (%)	30	30	30

Üç farklı özellikteki kaplama patları Tablo 2.1' de özellikleri verilen 4 adet kumaş üzerine uygulanarak 12 adet farklı özellikte kaplama kumaş elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan akrilik içerikli kaplama patları OBA PERDESAN – Gebze, Kocaeli firmasından temin edilmiştir.

2.1.3. Kumaş Kodlarının Oluşturulması

Dört farklı kumaş ve üç farklı kaplama materyali kullanılarak oluşturulan 12 farklı yapı, sonraki bölümlerde işlemlerde kolaylık sağlaması açısından Tablo 2.3' deki şekilde kodlanmıştır. Tabloda yer alan kodlarda noktanın solundaki rakam kumaş cinsini, noktanın sağındaki rakam ise kaplamada kullanılan patın çeşidini ifade etmektedir. Örneğin "2.3" kodlu kumaşta "2" rakamı kumaş cinsini ifade ederken "3" rakamı pat cinsini ifade etmektedir. "2.0" kodlu kumaşta "2" kumaş cinsini ifade ederken "0" kumaşın kaplanmamış olduğunu göstermektedir.

Tablo 2.3. Kumaş kodları.

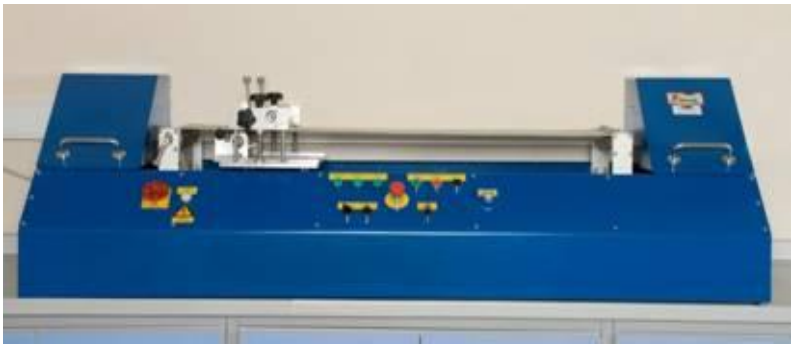
Numune / Kaplama	Ham	Pat 1	Pat 2	Pat 3
Kumaş 1	1.0	1.1	1.2	1.3
Kumaş 2	2.0	2.1	2.2	2.3
Kumaş 3	3.0	3.1	3.2	3.3
Kumaş 4	4.0	4.1	4.2	4.3

2.2. Yöntem

Çalışmada gereç olarak yukarıda özellikleri belirtilen polyester kumaşlara akrilik kaplama yapılmıştır. Stor olarak bilinen perdelerin üretilmesinde bu kaplama yöntemi kullanılmaktadır. Elde edilen kumaşların gramajları ölçüldükten sonra ses yutum, kopma mukavemeti, su geçirmezlik ve hava geçirgenliği testleri uygulanmıştır. Bunların yanı sıra kumaşların ham haldeki ve kaplama işlemi sonrasındaki SEM görüntüleri de verilmiştir. Söz konusu işlem ve testler aşağıda sırasıyla anlatılmaktadır.

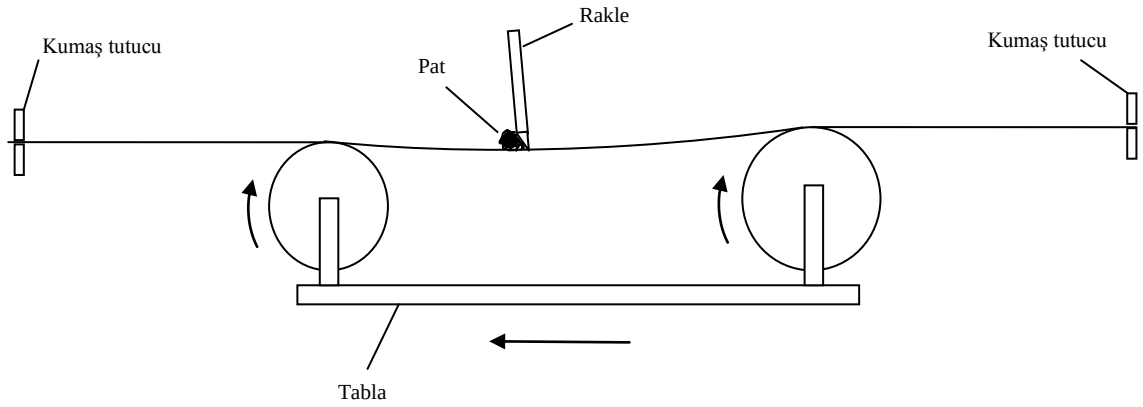
2.2.1. Kaplama İşlemi

Dört farklı kumaş numunesi, üç farklı akrilik oranına sahip kaplama patı ile Şekil 2.1' de görülen SDL ATLAS rakleli numune kaplama cihazında kaplanmıştır. 35x100 cm ebatlarında kesilmiş numuneler, kaplama cihazının uç kısmında bulunan yüzeyi dişli plakalar vasıtasıyla silindirlere tuttularak, kumaş üzerine kaplama patı direkt olarak uygulanmış ve rakle ile sıyırarak tüm kumaş eninde eşit bir yüzey oluşturacak şekilde kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonrasında cihazda ön kurutma işlemi yapıldıktan sonra kurutma ve fikse işlemleri uygulanmıştır.



Şekil 2.1. SDL Atlas rakle ile kaplama cihazı.

Kaplama işlemi Şekil 2.2' de gösterilen havada rakle ile kaplama yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Kaplama raklesi, gergin bir vaziyette duran kumaş üzerinde hareket ederek kaplama maddesini kumaş üzerine aktarmaktadır. İşlem sonunda kumaş kurutulmak üzere RAM' a gönderilmektedir. İşlem sırasında silindirler üzerine belirli bir gerginlik ile yerleştirilen kumaş sabit halde dururken, rakle ve silindirlerin bulunduğu sistem sağdan sola doğru hareket ettirilerek kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.2. Havada rakle ile kaplama.

2.2.2. Kurutma ve Fikse Makinesi (RAM)

Kaplama işlemi tamamlanan numuneler, Şekil 2.3' de görülen SDL ATLAS numune kurutma ve fikse makinesinde kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Kurutma işlemi 150 ^{o}C sıcaklık ve 75 saniye süreyle yapılan işlem sonrası pat kumaş yüzeyine fikse edilmiştir. Her bir numune, iki parçaya bölünmüş, bu parçalar da iki ucunda dişler bulunan plakaya tutturularak numunenin makine içindeki hava akımı sebebiyle oluşabilecek hareketi engellenmiş ve sabit bir gerginlik sağlanmıştır. Numuneler, istenilen sıcaklıktaki kabin içerisinde yapılan kurutma ve fikse işlemi sonrasında uygulanacak testler için kondisyonlama şartlarında (20 ^{o}C sıcaklık ve %65 nem) 24 saat bekletilmiştir.



Şekil 2.3. SDL Atlas numune kurutma ve fikse makinesi (RAM).

2.2.3. Gramaj Ölçümü

Kumaşın bir metrekaresinin gram cinsinden ağırlığı olarak tanımlanan gramaj, iplik numarası ve sıklık değerleri ile ilişkili olup, mukavemet ve geçirgenlik değerlerini doğrudan etkilemektedir. Gramaj ölçümü ile kaplamanın kumaş ağırlığında meydana getirdiği değişim gözlemlenmiştir. Ölçüm işlemi "TS 251" standardına göre yapılmıştır [57]. 100 $cm^{2'}$ lik dairesel alan için ayarlanmış yuvarlak kesici alet vasıtasıyla kesilen kumaş parçaları, hassas terazide tartılarak ağırlıkları ölçülmüştür.



Şekil 2.4. Hassas terazi.

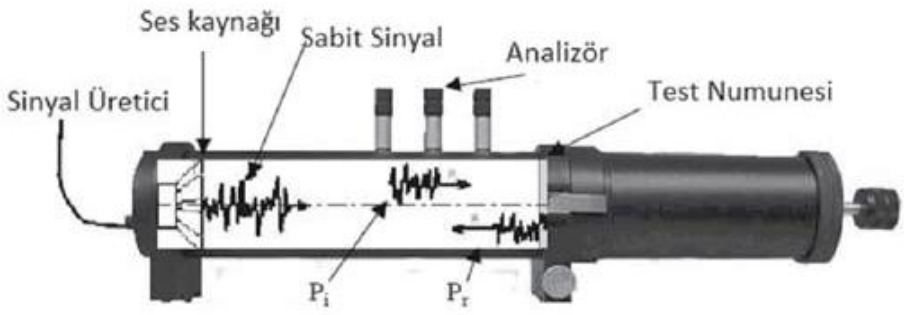
2.2.4. Ses Yutumu Ölçüm Cihazı

Deney çalışmasında kullanılan kumaşların ses yutum katsayısı değerini tespit etmek için; Şekil 2.5' de gösterilen, çift mikrofon empedans tüp cihazı kullanılmıştır. Ölçümler "ISO 10534-2" standardına göre gerçekleştirilmiştir [58]. Çift mikrofon empedans tüp metodu; empedans tüpüne takılmış iki mikrofon arasındaki ses basınç farkının ölçümüne dayanmaktadır.



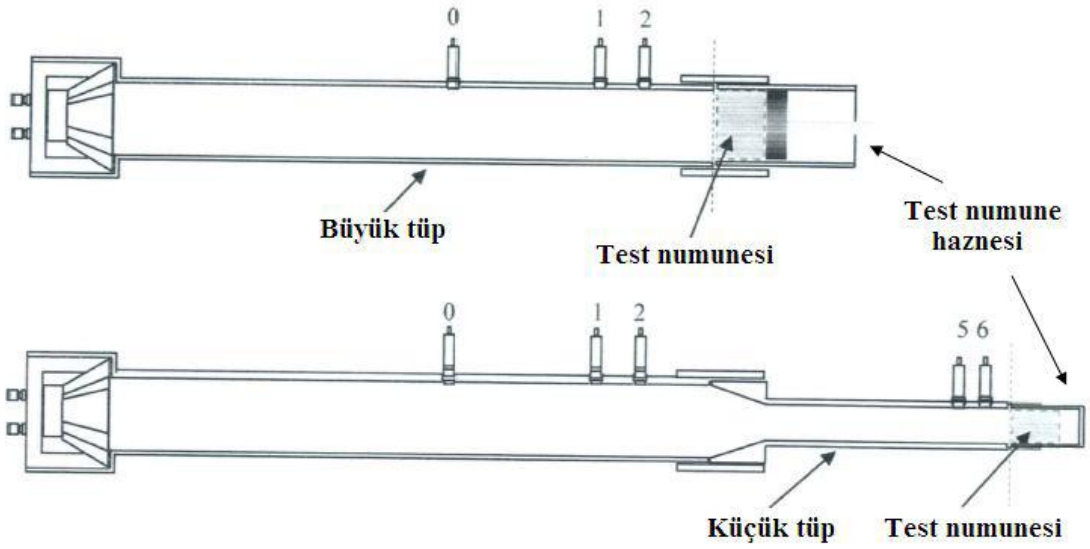
Şekil 2.5. Brüel-Kjaer çift mikrofon empedans tüp cihazı.

Şekil 2.6' da empedans tüp metodu ile ses yutum katsayısını belirlemek için kullanılan deney düzeneği, sinyal üretici ile oluşturulan sesin empedans tüpüne verilmesi, tüpün diğer ucunda bulunan numuneye sesin ulaşması ve yansıması, malzemenin gösterdiği davranışın analizör görevi gören mikrofonlar sayesinde ses basınç farkının ölçümlenmesi, bilgisayara gönderilen analiz verilerinin ve sinyal üreticinin frekans değerleriyle arasındaki farkın belirlenmesi şeklinde çalışmaktadır.



Şekil 2.6. Çift-mikrofon empedans tüp metodunun şematik gösterimi [33].

Empedans tüp yöntemi ile ölçümde 50 Hz ile 6400 Hz frekans aralığındaki değerler incelenebilmektedir. Şekil 2.7' de gösterilen büyük tüp, 50 Hz ile 1600 Hz frekans aralığındaki ölçümlerde kullanılmaktadır. Bu tüp için gerekli olan test numunesi çapı 100 mm' dir. Küçük tüp ise, 1600 Hz ile 6400 Hz aralığındaki ölçümlerde kullanılırken, test numunesi çapı 29 mm' dir.



Şekil 2.7. Empedans tüpü ile ölçümde kullanılan büyük tüp ve küçük tüpün şematik gösterimi [32].

Numuneler, küçük ve büyük tüp çaplarına göre numune kumaşın farklı kısımlarından kesilir. Tüpün içine hiç boşluk kalmayacak şekilde numune yerleştirilir. Çevrenin gürültüsü 40 desibel (dB)' in altında olmalıdır. Eğer 40 dB üzerinde ise gürültü azaltılmalıdır. Cihaz açılır. 94 dB' lik kalibrasyon aleti ile mikrofonlar kalibre edilir. Cihaz üzerinde iki adet mikrofon vardır, bunlar dış çevrenin sesini ölçer. Mikrofonlar arasındaki uzaklıktan dolayı her farklı kumaşta mikrofonların yerleri değiştirilerek ölçümün doğruluğu kontrol edilir. Bu işlemlerden sonra ölçüm yapılmaya başlanır. Büyük ve küçük tüp için aynı işlemler yapılır. Bu iki tüpten alınan eğriler kombine edilir. Elde edilen eğri ses yutum katsayısı eğrisidir.

Bina, uçak, gemi, otomobil vs. gibi araçlarda kullanılan tekstil ürünlerine ses yutum ve ses iletkenliği ölçüm testi yapılabilir.

2.2.5. Kopma Mukavemeti

Kopma mukavemeti testleri Şekil 2.8' de görülen Tinius Olsen kopma mukavemeti test cihazında yürütülmüştür. Standart atmosfer şartlarında kondisyonlanan kumaştan atkı ve çözgü yönlerinde iki takım deney parçası kesilir. Her takım üçer deney parçası içerirken, parçaların aynı çözgü ve atkıları içermemesi gerekir. Her deney parçasının eni 50 mm (saçaklar hariç) ve boyu 200 mm olması gerektiğinden dolayı numuneler 60 mm en ve 300 mm boy (çene payları ile beraber) olacak şekilde kesilir. Deney parçasının her iki kenarından iplikler sökülerek saçaklar oluşturulur ve eni 50 mm' ye ayarlanır. Böylece çeneye yerleştirilen bütün iplikler uygulanan kuvvete maruz kalır.



Şekil 2.8. Tinius Olsen kopma mukavemeti ölçüm cihazı.

Kopma mukavemeti ve kopma uzaması "TS EN ISO 13934-1" standardına göre tespit edilmiştir [59]. Kumaş gramajına göre, çeneler ön gerilmeli olarak ayarlanır. Ön gerilme değeri, kumaş gramajı 0-200 g/m^2 aralığındaki kumaşlar için 2 N, 200-500 g/m^2 aralığındaki kumaşlar için 5 N, 500 g/m^2 'den büyük ise 10 N olarak belirlenir. Ön gerilmeli olarak yerleştirildiğinde bu gerilmenin %2' den büyük bir boyca uzamaya

sebep olmamasına dikkat edilir. Deney çalışması 2 N ve 5 N değerleriyle ön gerilme değerleriyle gerçekleştirilmiştir. Ön gerilme ile deney parçası yerleştirildiğinde cihazın kuvvet göstergesi deneye başlamadan önce sıfırlanır. Sabit alt çene ve hareketli üst çene arasına yerleştirilen kumaş için çekme hızı 100 mm/s olarak uygulanır. Deney parçasında kopma meydana geldiğinde en büyük kuvvet (N cinsinden) ve en büyük kuvvet altında meydana gelen uzama miktarı (mm veya yüzde cinsinden) kayıt edilir. Çözgü ve atkı doğrultusundaki numunelerin gruplar halinde aritmetik ortalamaları alınarak sonuca ulaşılır [60].

2.2.6. Su Geçirmezlik Testi

Deney çalışmasında Şekil 2.9' da görülen SDL Atlas hidrostatik su geçirmezlik test cihazı kullanılmıştır. Numune kumaşların su geçirmezlik özellikleri hidrostatik basınç metodu "TS 257 EN 20811" standardına göre tayin edilmiştir [61]. Cihazda su basınç oranı 100 ± 5 cm-su olarak ayarlandıktan sonra, cihaz üzerinde bulunan su terazisi ile denge kontrolü yapılmaktadır.



Şekil 2.9. SDL Atlas su geçirmezlik test cihazı.

Alttan beslemeli bir sistemdir. Numune tutucu çapı 15 cm' dir. Alt kısma lastik konulur, numune yerleştirilir ve sıkıştırılır. Test numunesinin yerleştirileceği test başlığı alanı su

ile doldurulur ve su, numuneyi itmeyecek şekilde, test numunesinin yüzeyi su ile temas edecek şekilde test başlığına tutturulur. Testte kullanılan saf suyun sıcaklığı 20 ± 2 ^{o}C olarak ayarlandıktan sonra 140 mm çapındaki numune cihaza yerleştirilir.

Test sırasında numuneye artan su basıncı uygulanır. Kumaşın su geçirgenliği sürekli olarak gözlenir. Test numunesinden çıkan üçüncü su damlasının çıkış anındaki su basıncı kaydedilir. Kumaşta aynı noktadan çıkan damlalar ve şekillendikten sonra büyümeyen çok küçük damlalar dikkate alınmaz. Numuneler için ortaya çıkan cm-su seviyesi sonuçlarının aritmetik ortalaması belirlenir [62].

2.2.7. Hava Geçirgenliği Testi

Deney çalışmasında Şekil 2.10' da görülen SDL Atlas hava geçirgenliği test cihazı kullanılmıştır. Hava geçirgenliği, kumaşın belli bir yüzeyinden dikey yönde, belirli bir zaman aralığında, belirli bir basınç altında geçen havanın akış hızının ölçümü ile belirlenir. Hava geçirgenliği değeri, "TS 391 EN ISO 9237" standardına göre tayin edilmiştir [63].



Şekil 2.10. SDL Atlas hava geçirgenliği test cihazı.

Kumaşın gramaj, kalınlık ve gözeneklilik değerlerine bağlı olarak hava geçirgenlik değeri değişir. Kumaş gözenekliliği kumaş içindeki hava boşluğunun yüzde olarak gösterilmesidir. Özellikle çadır kumaşları, paraşüt kumaşları, yağmurluk ve giysilik kumaşlar, hava yastıklarında kullanılan kumaşlar, endüstriyel filtreler ve yelken kumaşları için önem taşımaktadır. Ayrıca giysilerin ısıl özellikleri ve vücut ile etkileşimleri göz önüne alındığında hava geçirgenliği etkisi olmaktadır [64].

Test için kullanılan yüzey alanı 5 cm^2, basınç değeri 200 Pa olarak ayarlanır. Kumaşın kırışık olmayan ve hatasız kısmından alınan numuneler, en az bir dakika veya kararlı hale ulaşıncaya kadar teste tabi tutulur. Çıkan sonuçların aritmetik ortalamasıyla hava geçirgenliği değeri elde edilir. Kumaşın hava geçirgenliği iki tarafında farklı olabileceğinden, deney raporunda deneye tâbi tutulan kumaş yüzü belirtilmelidir.

Deney parçasına doğru hava uygulamak için aspiratör veya başka araçlar devreye sokulur ve yukarıda önerildiği gibi kumaşın deneye tâbi tutulan bölümünde bir basınç düşmesi oluşana kadar hava akışı ayarlanır. En az 1 dakika veya kararlı hale ulaşıldıktan sonra hava akışı kaydedilir. Deney aynı şartlar altında, numunenin farklı yerlerinde en az 10 defa tekrarlanır. En son olarak test sonuçlarının aritmetik ortalaması alınıp hava geçirgenliği değeri hesaplanır.

Hava geçirgenliği (R), aşağıdaki eşitlik kullanılarak mm/s cinsinden hesaplanır [64].

$$R = \frac{\overline{q_v}}{A} X\ 167 \tag{2.1}$$

$\overline{q_v}$: hava akış hızının aritmetik ortalaması, dm^3/dakika (veya lt/dakika)

A : deneye tabi tutulan kumaş alanı (cm^2)

167 : dm^3/(dakika x cm^2) biriminden mm/s birimine geçiş için dönüştürme faktörü

Elde edilen sonuçlar dm^3/dk ($\overline{q_v}$) cinsinden verilmektedir. Ancak, bu değerleri cm^3/s cinsinden ifade edebilmek için bir önceki sonucu 167 katsayısı yerine 16,7 katsayısı ile çarpmak gerekmektedir.

2.2.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Deney çalışması Şekil 2.11' de görülen Jeol JSM-6510 Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) gerçekleştirilmiştir. Bu cihazda görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilir [34].



Şekil 2.11. Jeol JSM-6510 Taramalı Elektron Mikroskobu.

Görüntü oluşumu, iletkenliği yüksek yapılarda (metal vb.) kolaylıkla sağlanırken, iletkenliği düşük yapılarda (kumaş vb.) yeterince sağlanamamaktadır. Bu durumda iletkenliği düşük olan yapılar Şekil 2.12' de gösterilen Emitech Altın-Paladyum kaplama ünitesinde, yüzey iletkenliğini artırmak amacıyla 30 mA akım ve 150 saniye süreyle altın-paladyum kaplamaya tabi tutulur. Böylece SEM' de görüntü oluşumu için numune hazırlanmış olur.



Şekil 2.12. Emitech Altın-Paladyum kaplama ünitesi.

2.2.9. İstatistiksel Analiz

2.2.9.1. Tam Faktöriyel

Tam faktöriyelde her bir faktörün her seviyesi için eşit sayıda gözlem yapılarak, faktörlerin diğer faktörlerden bağımsızca ürün performansı üzerindeki etkileri belirlenmektedir. Bu özelliğe ortogonallik denir. Bu yöntem ile bir faktörün seviyesi sabit tutulup, diğer faktör seviyeleri değişken olduğunda değişkenliğin performansa olan etkisi gözlenebilmektedir [65].

Tam faktöriyel, performansa etki eden faktörlerin sayısının en az bir, en çok beş olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Tam faktöriyelde faktörlerin ürün/süreç performansına ayrı ayrı ve birlikte olan etkilerini görmek için gerekli deney sayısı [65];

$$n = a^k \tag{2.2}$$

Formülüyle hesaplanır. Burada,
a = Faktörün düzey sayısı,

k = İlgilenilen faktör sayısıdır.

2.2.9.2. Varyans Analizi (ANOVA)

Varyans analizi (Analysis of Variance – ANOVA) n bağımsız ya da n bağımlı gruptan elde edilen verilerin grup ortalamalarının ya da işlem ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan bir yöntemdir [66].

t testi iki grup ortalamalarının karşılaştırılmasında kullanılırken, ikiden fazla grubun ortalamalarının karşılaştırılmasında F dağılımına dayanılarak hazırlanan varyans analizlerinden yararlanılır.

Varyans analizinin özelliklerini özetleyecek olursak [67];

- Çeşitli popülasyonların ortalamaları arasındaki farkları tanımlamak için kullanılan istatistiksel metottur.
- Değişik davranışları temsil eden popülasyonların ortalamaları arasındaki farkları belirlemek için tasarlanmıştır.
- Birleşik bir testtir, çeşitli sayıda popülasyonun ortalamalarının eşitliği eş zamanlı olarak ya da birlikte test edilir.
- Çeşitli sayıda popülasyonun ortalamalarının eşit olup olmadığını popülasyon varyansının iki tahmincisine bakarak test eder.

Varyans analizi tablosundan önce temel istatistiksel kavramlardan bazıları aşağıda açıklanacaktır.

Bir gruptaki değerlerin ortalaması alınarak toplam değer sayısına bölünmesi ile elde edilen sonuç "*ortalama*" olarak bilinmektedir. $\overline{y}$ ile gösterilir.

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} \tag{2.3}$$

Burada;

$\overline{y}$: Örneklerin ortalaması

y_i : Örnek

n : Örnek sayısı

olarak ifade edilmektedir.

Gruptaki her bir değerin ortalama ile arasındaki farkın belirlenmesi ve grup içi değişkenliği ölçmek amacıyla "*standart sapma*" kullanılır. S ile gösterilir.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y})^2}{n-1} \tag{2.4}$$

Burada;

S : Standart sapma

y_i : Örnek

$\overline{y}$: Örneklerin ortalaması

n : Örnek sayısı

'dır.

Standart sapmanın ortalamaya bölünmesi ile ortaya çıkan değer "*varyans katsayısı*" olarak tanımlanmaktadır. CV ile gösterilir.

$$\text{CV} = \frac{S}{\overline{y}} \tag{2.5}$$

Yukarıda verilen temel istatistiksel bilgiler baz alınarak Tablo 2.4' de gösterilen varyans analizi tablosu oluşturulur.

Tablo 2.4. Varyans analizi tablosu [68].

Varyasyon kaynağı	**Kareler toplamı**	**Serbestlik derecesi**	**Kareler ortalaması**	**F değeri**	**p değeri**	**Anlamlılık**
Gruplar arası	GAKT	a – 1	GAKO	GAKO / HKO	<0.05	Anlamlı
Grup içi (hata)	HKT	N – a	HKO		>0.05	Anlamlı değil
Toplam	GKT	N – 1				

Varyans analizi tablosunda varyasyonu oluşturan unsurlar, gruplar arası varyasyon ve grup içi varyasyon olarak tanımlanabilir. Hataların kareleri toplamı (HKT), genel kareler toplamından (GKT) gruplar arası kareler toplamının (GAKT) çıkarılması ile elde edilir.

$$HKT = GKT - GAKT \tag{2.6}$$

$$GKT = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij} - \overline{y}..\right)^2 \tag{2.7}$$

$$GAKT = \sum_{i=1}^{a}(\overline{y_{i.}} - \overline{y}..) \tag{2.8}$$

Tablo 2.3' de serbestlik derecesi "a" grup sayısını ifade ederken, "N" ise tüm gruplarda bulunan toplam değer sayısını ifade etmektedir. Kareler ortalaması ise, kareler toplamının serbestlik derecesine bölünmesi ile elde edilir. Gruplar arası kareler ortalaması (GAKO), gruplar arası kareler toplamının (GAKT) serbestlik derecesine (a – 1) bölünmesi ile bulunur.

$$GAKO = \frac{GAKT}{a-1} \tag{2.9}$$

Hataların kareleri ortalaması (HKO) ise, hataların kareleri toplamının (HKT) serbestlik derecesine (N – a) bölünmesi ile bulunur.

$$HKO = \frac{HKT}{N-a} \tag{2.10}$$

Varyans analizi tablosundan elde edilmesi amaçlanan F değeri, gruplar arası kareler ortalamasının (GAKO) hataların kareler ortalamasına (HKO) bölünmesi ile hesaplanır.

$$F = \frac{GAKO}{HKO} \tag{2.11}$$

Buradan hesaplanan F değeri; birinci yol olarak gruplar arası serbestlik derecesi, hataların serbestlik derecesi ve güven aralığı dikkate alınarak F tablosundan elde edilen F değeri ile karşılaştırılabilir. İkinci yol olarak ise, istatistiksel hesaplamalarda kullanılan bir paket program vasıtasıyla F değeri elde edilebilir. Programdan veya tablodan bulunan "p değeri" %95 güven aralığında 0.05' den küçükse, grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak "anlamlı"; 0.05' den büyükse grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak "anlamlı değil" olarak sonuca varılır.

3. BÖLÜM

BULGULAR

Çalışmada polyester esaslı farklı konstrüksiyonlarda üretilmiş dokuma kumaşlar üzerine farklı oranlarda akrilik ihtiva eden kaplama maddelerinin havada rakle ile kaplanması sonucu elde edilen kumaşlara gramaj, ses yutum katsayısı, kopma mukavemeti, su geçirmezlik ve hava geçirgenliği testleri uygulanmıştır.

3.1. Gramaj Ölçümü Sonuçları

Tablo 3.1' de "TS 251" e göre elde edilen kumaş gramajı değerleri kumaş kodlarına göre verilmektedir.

Tablo 3.1. Kaplama ile oluşan gramaj değişimi.

Kumaş kodu	**Ortalama gramaj (g/m^2)**
1.0	109
1.1	240
1.2	236
1.3	210
2.0	154
2.1	298
2.2	290
2.3	240

Tablo 3.1. Kaplama ile oluşan gramaj değişimi (devamı).

Kumaş kodu	**Ortalama gramaj (g/m^2)**
3.0	171
3.1	227
3.2	230
3.3	212
4.0	240
4.1	332
4.2	315
4.3	310

3.2. Ses Yutum Katsayısı Ölçüm Sonuçları

"ISO 10534-2" standardına göre, her kumaşın ön ve arka yüzleri için 19 farklı frekansta yapılan ses yutum katsayısı ölçüm sonuçları Tablo 3.2' de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı ölçüm sonuçları.

Frekans (Hz)	1.0	1.1 ön	1.1 arka	1.2 ön	1.2 arka	1.3 ön	1.3 arka	2.0	2.1 ön	2.1 arka	2.2 ön	2.2 arka	2.3 ön	2.3 arka
100	0.010369	0.012458	0.01244	0.005888	0.011139	0.012017	0.007933	0.003835	0.009994	0.016566	0.012541	0.004596	0.012436	0.00718
125	0.010619	0.015371	0.008264	0.009347	0.008027	0.012619	0.008132	0.012113	0.012714	0.011683	0.009029	0.013073	0.009477	0.009204
160	0.010578	0.009057	0.003231	0.007325	0.004977	0.002227	0.006456	0.002741	0.001683	0.010059	0.000763	0.009598	0.014388	0.006842
200	0.007493	0.008722	0.008581	0.00971	0.011486	0.002981	0.013917	0.012129	0.010343	0.012015	0.012697	0.012208	0.008872	0.013184
250	0.011334	0.011832	0.01155	0.012415	0.011278	0.01199	0.01139	0.011242	0.012828	0.01131	0.010521	0.011655	0.01327	0.012204
315	0.01195	0.01175	0.010968	0.012237	0.013258	0.012796	0.011402	0.012852	0.012775	0.01129	0.01299	0.012848	0.011029	0.011755
400	0.012496	0.013283	0.013275	0.014621	0.014862	0.01576	0.01407	0.013968	0.014123	0.013755	0.015551	0.01436	0.01382	0.01393
500	0.014652	0.015203	0.015017	0.016533	0.016511	0.016156	0.015698	0.01508	0.015388	0.015489	0.016441	0.016694	0.015461	0.015682
630	0.019128	0.019735	0.019315	0.020352	0.0205	0.021016	0.020632	0.020771	0.019191	0.020022	0.01955	0.021355	0.019069	0.018864
800	0.022144	0.027609	0.02615	0.028348	0.028914	0.029265	0.028681	0.025848	0.024412	0.025037	0.027665	0.028527	0.023863	0.02496
1000	0.025126	0.033501	0.033425	0.037468	0.034575	0.039111	0.037241	0.033241	0.027411	0.029484	0.031299	0.032058	0.028119	0.028988
1250	0.03148	0.04927	0.047426	0.047695	0.045911	0.055171	0.049767	0.049428	0.03992	0.038009	0.042824	0.043859	0.035148	0.038126
1600	0.037403	0.075159	0.072113	0.061234	0.057062	0.070315	0.063018	0.073637	0.059302	0.044811	0.053956	0.052784	0.042793	0.044671
2000	0.033879	0.090592	0.077534	0.07377	0.068785	0.063052	0.063526	0.076981	0.073067	0.044517	0.063159	0.061168	0.052539	0.047536
2500	0.033488	0.12196	0.099028	0.10115	0.092639	0.063961	0.071291	0.089858	0.1081	0.052135	0.080953	0.079507	0.074308	0.058739
3150	0.041836	0.18426	0.13742	0.16102	0.14554	0.08885	0.089619	0.13191	0.17447	0.07893	0.12272	0.1159	0.098313	0.090514
4000	0.052957	0.31847	0.20999	0.2924	0.25262	0.125	0.12116	0.21429	0.33169	0.076104	0.20813	0.19647	0.14125	0.1368
5000	0.063259	0.56127	0.33716	0.52351	0.42709	0.17027	0.18461	0.33794	0.70918	0.079512	0.37849	0.35369	0.25245	0.24471
6300	0.062919	0.77096	0.68687	0.6765	0.56012	0.29491	0.34775	0.44922	0.73483	0.66155	0.63893	0.58403	0.41189	0.4773

Tablo 3.2. Farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı ölçüm sonuçları (devamı).

Frekans (Hz)	3.0	3.1 ön	3.1 arka	3.2 ön	3.2 arka	3.3 ön	3.3 arka	4.0	4.1 ön	4.1 arka	4.2 ön	4.2 arka	4.3 ön	4.3 arka
100	0.009397	0.01426	0.007691	0.006815	0.008049	0.01056	0.014931	0.010164	0.014566	0.010487	0.013234	0.010183	0.010745	0.011766
125	0.010509	0.012493	0.009205	0.008686	0.008727	0.013079	0.015679	0.00672	0.019791	0.007583	0.014425	0.009628	0.011584	0.01379
160	0.013222	0.008565	0.007775	0.012739	0.003238	0.006634	0.011924	0.008442	0.008377	0.003555	0.007709	0.006732	0.007956	0.00554
200	0.011534	0.006532	0.008884	0.00813	0.011022	0.008314	0.007993	0.010709	0.005935	0.008253	0.013339	0.009504	0.006689	0.009382
250	0.013527	0.014115	0.011968	0.01141	0.011572	0.01115	0.011636	0.011542	0.013388	0.011157	0.011163	0.010684	0.010982	0.012254
315	0.011796	0.014492	0.010424	0.012494	0.013788	0.010711	0.009552	0.013388	0.012658	0.012386	0.011742	0.011766	0.010697	0.011361
400	0.014473	0.015545	0.013015	0.014131	0.014685	0.013403	0.012493	0.013875	0.013336	0.013346	0.013954	0.013408	0.013276	0.012768
500	0.016167	0.016617	0.015067	0.016103	0.016384	0.014287	0.014173	0.01577	0.01479	0.014617	0.015182	0.014514	0.014696	0.014917
630	0.019372	0.020272	0.015469	0.019714	0.020275	0.017301	0.017035	0.021249	0.017914	0.019574	0.019365	0.019363	0.017622	0.016634
800	0.027683	0.028432	0.015956	0.028276	0.029771	0.023012	0.025302	0.030382	0.025279	0.024301	0.025448	0.025883	0.022783	0.023796
1000	0.035209	0.034141	0.01845	0.036235	0.039362	0.025405	0.026991	0.039079	0.029408	0.029374	0.031498	0.032643	0.027621	0.024794
1250	0.046849	0.0455	0.018814	0.048532	0.051238	0.034312	0.036696	0.056573	0.043885	0.039947	0.045399	0.048142	0.036586	0.034664
1600	0.059194	0.065466	0.017662	0.067805	0.070983	0.045452	0.049929	0.080138	0.063027	0.064013	0.071968	0.07796	0.055227	0.047468
2000	0.067719	0.064827	0.015681	0.07776	0.088362	0.050391	0.058354	0.087948	0.072526	0.071409	0.087958	0.1024	0.064558	0.050023
2500	0.08519	0.077001	0.002096	0.1025	0.10675	0.063979	0.07895	0.10408	0.083156	0.093468	0.12039	0.13411	0.092768	0.068301
3150	0.12669	0.11444	0.01574	0.16385	0.16758	0.086888	0.14069	0.15023	0.12627	0.14986	0.19887	0.23271	0.1933	0.11377
4000	0.20399	0.19262	0.024498	0.29871	0.31483	0.1541	0.29267	0.23391	0.22598	0.23583	0.31036	0.41166	0.34584	0.19635
5000	0.34332	0.4314	0.4235	0.56549	0.57813	0.3365	0.43191	0.37761	0.46412	0.65889	0.66977	0.57738	0.80188	0.45648
6300	0.48313	0.66052	0.077338	0.57647	0.53797	0.58384	0.1723	0.51203	0.57252	0.29767	0.60982	0.62572	0.48996	0.93045

3.3. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

"TS EN ISO 13934-1" standardına göre yapılan kopma mukavemeti ve kopma uzaması test sonuçları, çözgü ve atkı yönleri için Tablo 3.3 ve Tablo 3.4' de sırasıyla gösterilmektedir.

Tablo 3.3. Çözgü yönündeki kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçüm sonuçları.

Kumaş kodu	Kopma mukavemeti (N)						Kopma uzaması (% U)					
	Deney tekrarı			Değerler			Deney tekrarı			Değerler		
	1	2	3	Ort.	Standart sapma	CV%	1	2	3	Ort.	Standart sapma	CV%
1.0	758	791	785	778	14.35	1.84	13	13.1	12.8	13	0.11	0.86
1.1	842	811	588	747	113.14	15.15	16.3	14.6	13.2	14.7	1.28	8.76
1.2	894	766	746	802	65.56	8.18	15	15.8	15.2	15.4	0.35	2.29
1.3	762	512	654	642.67	102.38	15.93	17.9	13.8	15.7	15.8	1.68	10.60
2.0	1100	1046	1029	1058.3	30.27	2.86	14.5	14.1	13.3	13.9	0.50	3.62
2.1	837	877	851	855	16.57	1.94	16.7	15.6	14.8	15.7	0.78	4.95
2.2	933	1110	874	972.33	100.28	10.31	17.8	16.8	16	16.8	0.72	4.31
2.3	585	868	855	769.33	130.45	16.96	10.8	13.8	13.8	12.8	1.40	10.95
3.0	1780	1782	1854	1805.3	34.42	1.91	39.2	39.5	42.1	40.3	1.33	3.29
3.1	1706	1664	1600	1656.7	43.58	2.63	34.8	34.8	35.1	34.9	0.15	0.43
3.2	1598	1732	1744	1691.3	66.18	3.91	36.9	40.5	40.7	39.3	1.72	4.38
3.3	1190	1404	1425	1339.7	106.18	7.93	30.4	35.7	37.2	34.5	2.91	8.44
4.0	2198	2220	2133	2183.7	36.94	1.69	33	30.9	32.7	32.2	0.95	2.94
4.1	2093	2398	2340	2277	132.24	5.81	26.4	34.1	31.1	30.5	3.18	10.42
4.2	1610	1750	1474	1611.3	112.68	6.99	33.9	32.1	33.5	33.2	0.76	2.30
4.3	1606	1798	1916	1773.3	127.75	7.20	32.7	25.4	27.3	28.5	3.10	10.91

Tablo 3.4. Atkı yönündeki kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçüm sonuçları.

Kumaş kodu	Kopma mukavemeti (N)						Kopma uzaması (% U)					
	Deney tekrarı			Değerler			Deney tekrarı			Değerler		
	1	2	3	Ort.	Standart sapma	CV%	1	2	3	Ort.	Standart sapma	CV%
1.0	470	457	464	463.5	5.31	1.15	15.7	15.8	15.8	15.74	0.03	0.18
1.1	554	545	410	502.83	66.10	13.15	22	21.6	16.4	19.97	2.56	12.80
1.2	557	465	324	448.37	95.97	21.40	22.9	20.6	15.8	19.74	2.96	14.99
1.3	420	412	347	392.77	32.69	8.32	22.1	22.2	19.4	21.23	1.30	6.11
2.0	581	570	582	577.67	5.44	0.94	15.1	14.9	16.1	15.37	0.52	3.42
2.1	710	731	796	745.67	36.61	4.91	19.5	19.7	19.8	19.69	0.12	0.62
2.2	344	554	525	474.33	92.92	19.59	14.6	21.9	20.7	19.05	3.19	16.73
2.3	476	516	442	477.67	30.45	6.38	20.2	19.4	16	18.54	1.79	9.67
3.0	800	1013	874	895.67	88.30	9.86	19.1	24.8	18.8	20.9	2.75	13.17
3.1	1039	981	1171	1063.67	79.50	7.47	25.2	26.1	31.2	27.49	2.62	9.54
3.2	725	775	702	734	30.47	4.15	16.8	17.6	15.7	16.69	0.76	4.56
3.3	1078	1034	912	1008	70.22	6.97	26	25.2	22.1	24.4	1.69	6.92
4.0	1284	1404	1391	1359.67	53.77	3.95	26.2	25.7	23.1	24.99	1.33	5.31
4.1	1692	1646	2000	1779.33	157.16	8.83	30.8	29	33.5	31.06	1.87	6.01
4.2	1500	1188	1088	1258.67	175.46	13.94	26.6	21.6	20.7	22.95	2.58	11.24
4.3	1506	1171	1500	1392.33	156.53	11.24	25.8	19.4	25.1	23.44	2.88	12.27

3.4. Su Geçirmezlik Test Sonuçları

"TS 257 EN 20811" standardına göre tespit edilen su geçirmezlik testi sonuçları Tablo 3.5' de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Su geçirmezlik test sonuçları.

Kumaş kodu	Deney tekrarı (Birim : cm-su)		Değerler		
	1	2	Ort. (cm-su)	Standart sapma	CV%
1.0	0	0	0	0	-
1.1	23	21	22	0.82	3.71
1.2	24	23	23.5	0.41	1.74
1.3	15	17	16	0.82	5.10
2.0	0	0	0	0	-
2.1	19	19	19	0	0
2.2	22	24	23	0.82	3.55
2.3	19	20	19.5	0.41	2.09
3.0	0	0	0	0	-
3.1	50	42	46	3.27	7.10
3.2	53	46	49.5	2.86	5.77
3.3	43	40	41.5	1.22	2.95
4.0	0	0	0	0	-
4.1	32	31	31.5	0.41	1.30
4.2	32	27	29.5	2.04	6.92
4.3	23	24	23.5	0.41	1.74

Su basınç artış oranı 100 ± 5 cm-su ile test gerçekleştirilmiştir.

3.5. Hava Geçirgenliği Test Sonuçları

"TS 391 EN ISO 9237" standardına göre tayin edilen hava geçirgenliği değerleri Tablo 3.6' de verilmiştir.

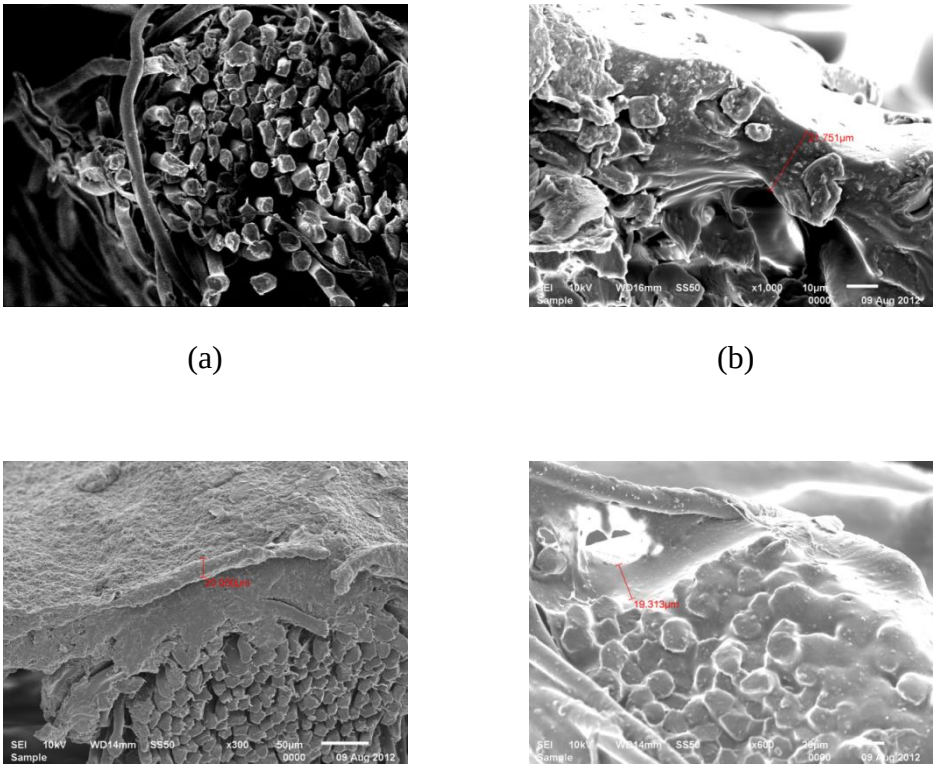
Tablo 3.6. Hava geçirgenliği test sonuçları.

Kumaş kodu	Deney tekrarı (Birim : l / dk)										Değerler					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.	Standart sapma	CV%	R (cm^3/cm^2s)	R (mm/s)	R (m/s)
1.0*	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	0	0	83.25	835.00	0.84
1.1	0.15	1.2	0.15	0.2	1.15	0.15	0.15	0.45	0.2	0.15	0.395	0.40	101.18	1.32	13.19	0.01
1.2	0.55	0.5	0.15	0.6	0.15	0.5	0.65	0.15	0.65	0.95	0.485	0.25	51.56	1.62	16.20	0.02
1.3	3	10	7	6	5.5	5	5.5	2	4.5	5	5.35	2.06	38.55	17.82	178.69	0.18
2.0*	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	0	0	83.25	835.00	0.84
2.1	0.85	0.35	1.05	0.95	0.5	0.55	0.45	0.55	0.7	0.35	0.63	0.23	37.26	2.10	21.04	0.02
2.2	0.25	0.25	0.15	0.1	0.5	0.25	0.2	0.15	0.55	0.25	0.265	0.14	52.73	0.88	8.85	0.01
2.3	5	6.5	1.2	5	1.5	3.5	5	4	3	5	3.97	1.60	40.29	13.22	132.60	0.13
3.0	1	1.05	1.2	1.15	1.1	1.15	1.2	1.2	1.2	1.2	1.145	0.07	6.00	3.81	38.24	0.04
3.1	0.2	0.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.25	0.2	0.2	0.21	0.02	9.52	0.70	7.01	0.01
3.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15	0.1	0.15	0.15	0.1	0.12	0.02	20.41	0.40	4.01	0.00
3.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0.33	3.34	0.00
4.0	2.5	2	2	2	2	2	2.5	2	2	2	2.1	0.20	9.52	6.99	70.14	0.07
4.1	0.45	0.4	0.4	0.4	0.45	0.5	0.35	0.25	0.25	0.25	0.37	0.09	23.56	1.23	12.36	0.01
4.2	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.25	0.25	0.2	0.2	0.195	0.04	17.95	0.65	6.51	0.01
4.3	0.1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.145	0.02	10.34	0.48	4.84	0.00

* : Numuneler maksimum değer olan 25 l / dk değerine sahiptir. Bu numunelerin geçirgenlikleri yüksek olup değerleri 835 mm/s' den daha fazladır.

3.6. SEM Görüntüleri

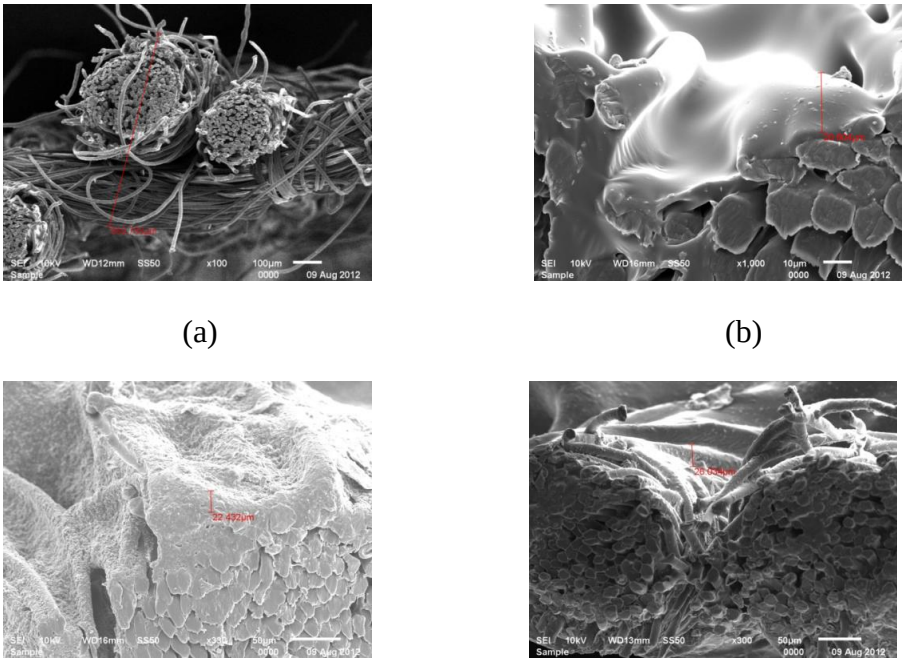
Kumaş numunelerinin ham haldeki ve kaplama sonrasındaki görüntüleri taramalı elektron mikroskobuyla elde edilmiş, kumaş türlerine göre numuneler üzerindeki değişim aşağıda gösterilmiştir. Uygulanan kaplama kalınlığı ortalama 20 µm olarak tespit edilmiştir.



(a) (b)

(c) (d)

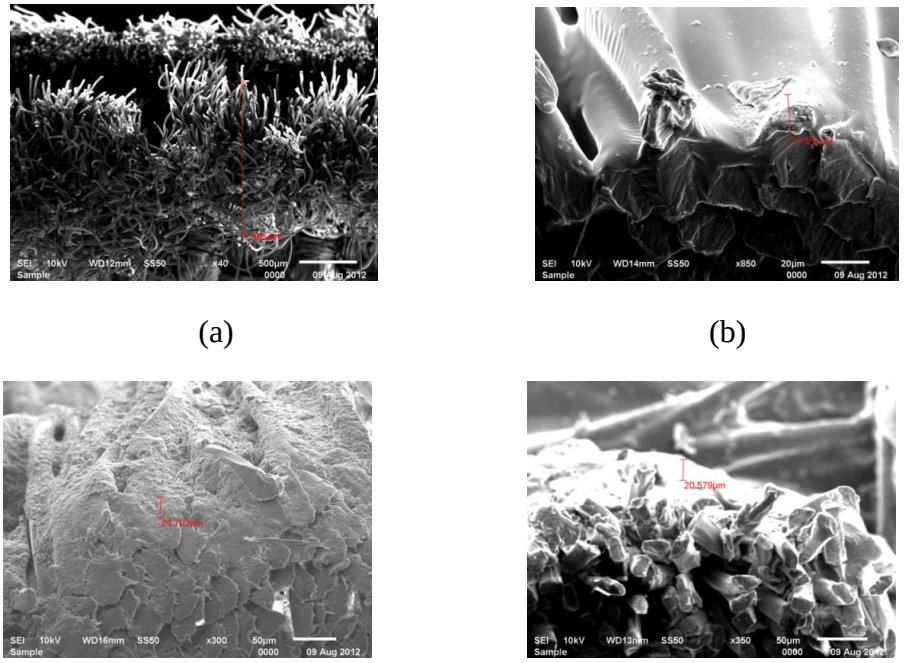
Şekil 3.1. Birinci kumaş tipi için ham haldeki (a) (x300 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x1000), (c) (x300) ve (d) (x1000) görüntüleri.



(a) (b)

(c) (d)

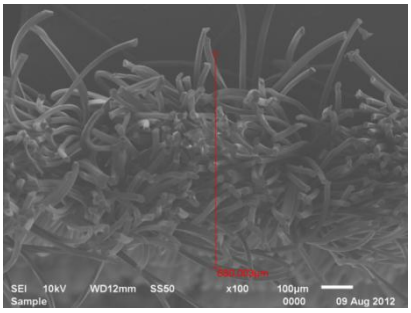
Şekil 3.2. İkinci kumaş tipi için ham haldeki (a) (x100 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x1000), (c) (x300) ve (d) (x300) görüntüleri.



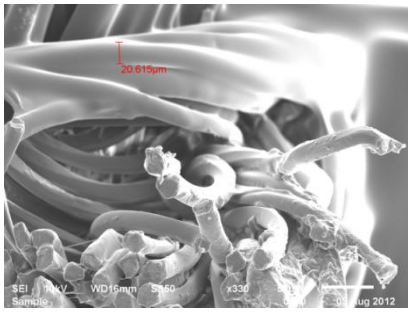
(a) (b)

(c) (d)

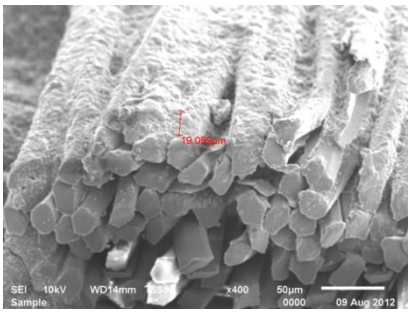
Şekil 3.3. Üçüncü kumaş tipi için ham haldeki (a) (x40 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x850), (c) (x300) ve (d) (x350) görüntüleri.



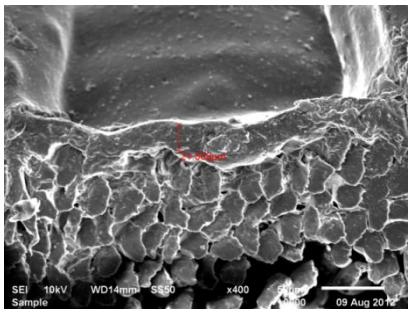
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.4. Dördüncü kumaş tipi için ham haldeki (a) (x100 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x330), (c) (x400) ve (d) (x400) görüntüleri.

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma

Bu bölümde tez kapsamında üretilen kumaşların ses yalıtım özellikleri, kopma mukavemeti, su geçirmezlik ve hava geçirgenliği istatistiksel analiz teknikleri kullanılarak irdelenmiştir. İstatistiksel çalışma için Design Expert 6.0.1 paket programı kullanılmıştır.

Her bir test için Design Expert paket programı ile elde edilen Varyans Analizi tablosu (ANOVA – Analysis of Variance) tablosu, istatistiksel değerler, regresyon eşitlikleri, yapılan testin kumaş cinsine ve kullanılan kaplama materyaline bağlı olarak oluşturulan regresyon eğrileri verilmiştir.

4.1.1. Ses Yutum Katsayısı

Her bir kumaş tipi için ham haldeki ve kaplama sonrasındaki ses yutum katsayıları, kumaşın hem ön yüzü hem de arka yüzü için incelenmiştir.

4.1.1.1. Kumaş Ön Yüzleri İçin Ses Yutum Katsayıları

Kumaşın kaplandığı taraf olan ön yüzlerindeki ses yutum katsayıları için yapılan istatistiksel analiz sonucunda ortaya çıkan bazı istatistiki veriler Tablo 4.1' de özetlenmektedir. Buradan $R^2 = 0.91$ olarak bulunduğu görülmektedir. Bu ise geliştirilen modelin kumaş ön yüzleri için elde edilen ses yutum katsayısı değerini %91 oranında açıkladığını göstermektedir.

Tablo 4.1. Kumaş ön yüzlerinin ses yutum katsayıları için bazı istatistiksel değerler.

Standart sapma	0.047738
Ortalama	0.092948
C.V.	51.35995
R^2	0.917565
Ayarlanmış R^2	0.909501

Tablo 4.2' de ise kumaş ön yüzlerinin ses yutum katsayısı değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu görülmektedir. Burada "A" harfi frekansı, "B" harfi akrilik oranı yüzdesini, "C" harfi ise kumaş tipini temsil etmektedir. %95' lik güvenirlik seviyesinde "p" değeri 0.05' in altında olan terimlerin modele katkısı "anlamlı" olarak kabul edilmiştir. İstatistiksel analiz için kübik model geliştirilmiş olup model içerisindeki terimlerin lineer, kuadratik ve kübik etkileri incelenmiştir. Tabloya göre model, frekans, akrilik oranı yüzdesi ve kumaş tipi anlamlı olup, frekansın modele lineer katkısı %76.85 olarak bulunmuştur. Akrilik oranı yüzdesinin lineer katkısı %0.11, kumaş tipinin lineer katkısı ise %0.36 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Kumaş ön yüzlerinin ses yutum katsayısı değerleri için ANOVA tablosu.

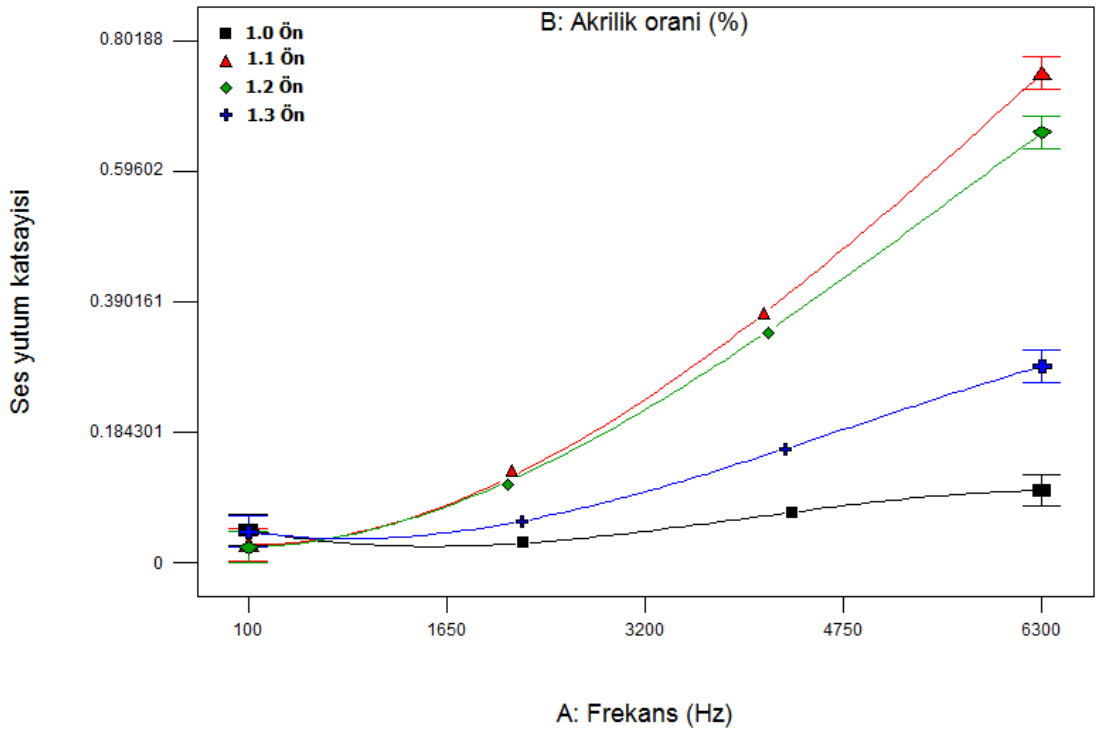
Kaynak	**Kareler toplamı**	**Katkı oranı (%)**	**S.D.**	**Kareler ortalaması**	**F değeri**	**p değeri**	**Anlamlılık**
Model	7.001145	91.75655	27	0.259302	113.7819	<0.0001	Anlamlı
A	5.863923	76.85219	1	5.863923	2573.098	<0.0001	Anlamlı
B	0.008933	0.117069	1	0.008933	3.919598	0.0487	Anlamlı
C	0.027882	0.365418	3	0.009294	4.078205	0.0074	Anlamlı
A^2	0.456619	5.984424	1	0.456619	200.3653	<0.0001	Anlamlı
B^2	0.077239	1.012294	1	0.077239	33.89273	<0.0001	Anlamlı
AB	0.045684	0.598733	1	0.045684	20.04626	<0.0001	Anlamlı
AC	0.085591	1.121753	3	0.02853	12.51919	<0.0001	Anlamlı
BC	0.018804	0.246445	3	0.006268	2.750416	0.0431	Anlamlı
A^3	0.01543	0.202229	1	0.01543	6.770843	0.0098	Anlamlı
B^3	0.000002	2.62118	1	0.0000024	0.001058	0.9741	Anlamlı değil
A^2B	0.008358	0.10954	1	0.008358	3.667512	0.0565	Anlamlı değil
A^2C	0.013457	0.176369	3	0.004486	1.968345	0.1190	Anlamlı değil
AB^2	0.280257	3.67326	1	0.280257	122.977	<0.0001	Anlamlı
B^2C	0.0529	0.693301	3	0.017633	7.7375	<0.0001	Anlamlı
ABC	0.046065	0.603723	3	0.015355	6.737779	0.0002	Anlamlı
Kalan	0.628986	8.24345	276	0.002279			
Düzeltilmiş toplam	7.630131	100	303				

Tablo 4.3' de ise kumaş tipine göre frekans ve akrilik oranı yüzdesinin, kumaş ön yüzlerinin ses yutum katsayısına bağlı olarak bulunan eşitlikler gösterilmektedir.

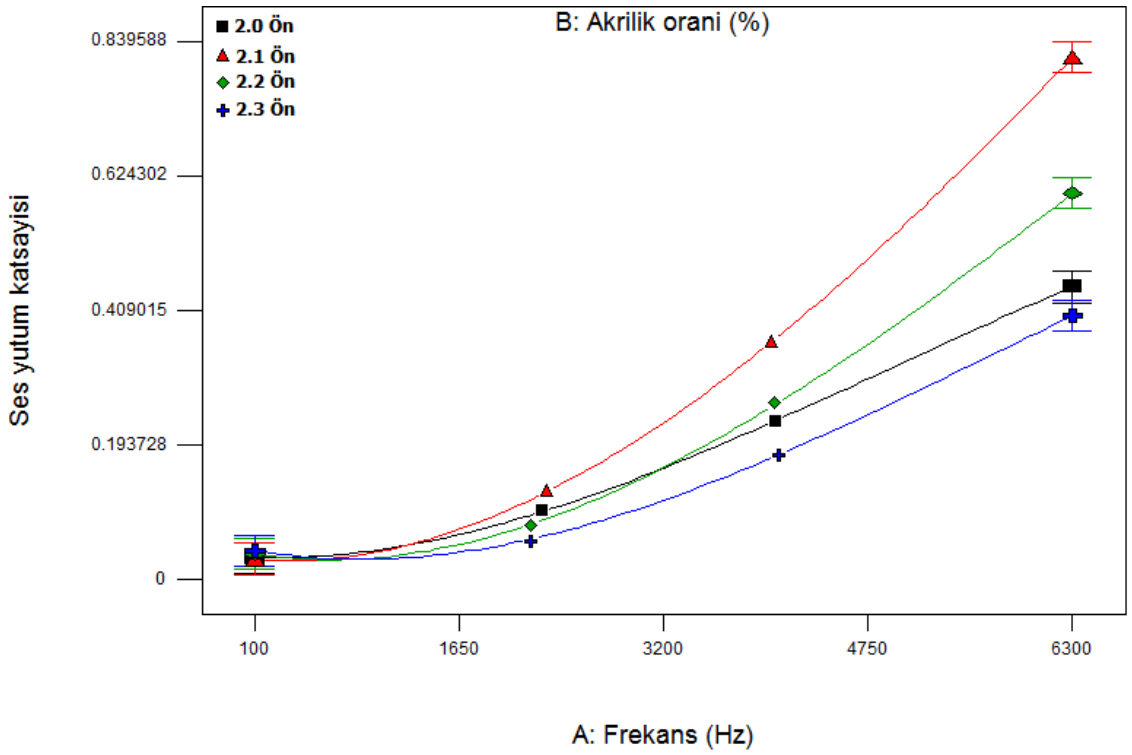
Tablo 4.3. Kumaş ön yüzlerinin ses yutum katsayısı değerleri için regresyon eşitlikleri.

Kumaş tipi (C)	**Ses yutum katsayısı**
1	=+0.018203-4.31058*A+1.05474*B+2.05423*A^2-2.39869*B^2 +2.57519*A*B+5.17050*B^3+7.91687*A^2*B-3.94871*A*B^2
2	=+0.019537-2.30127*A-8.48515*B+2.47290*A^2+1.55905*B^2 +1.74575*A*B+5.17050*B^3+7.91687*A^2*B-3.94871*A*B^2
3	= -3.89845E-005*A-2.12582*B+2.60982*A^2+3.40474*B^2 +2.00411* A*B+5.17050*B^3+7.91687*A^2*B-3.94871*A*B^2
4	=+0.033839-1.64139*A-3.73003*B+2.19175*A^2+5.91974*B^2 +2.34837*A*B+5.17050A*B^3+7.91687*A^2*B-3.94871*A*B^2

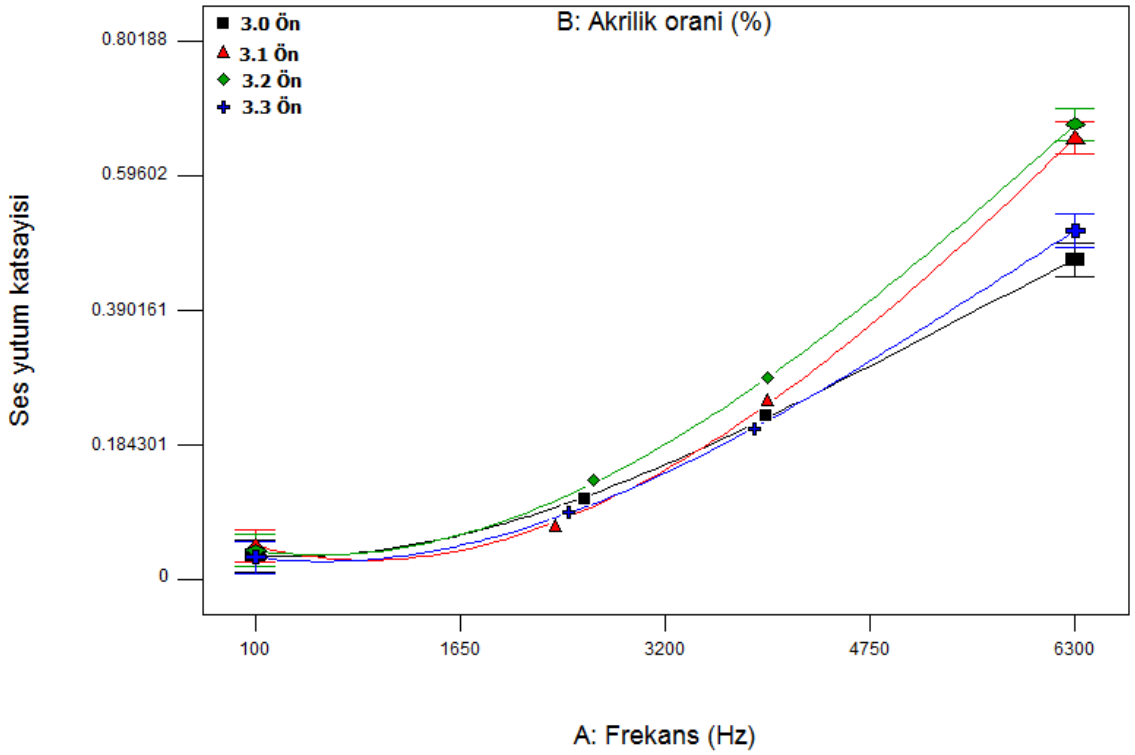
Tablo 4.3' de verilen regresyon eşitlikleri dikkate alınarak ortaya çıkan regresyon eğrileri birinci kumaş için Şekil 4.1' de, ikinci kumaş için Şekil 4.2' de, üçüncü kumaş için Şekil 4.3' de ve dördüncü kumaş için Şekil 4.4' de verilmiştir.



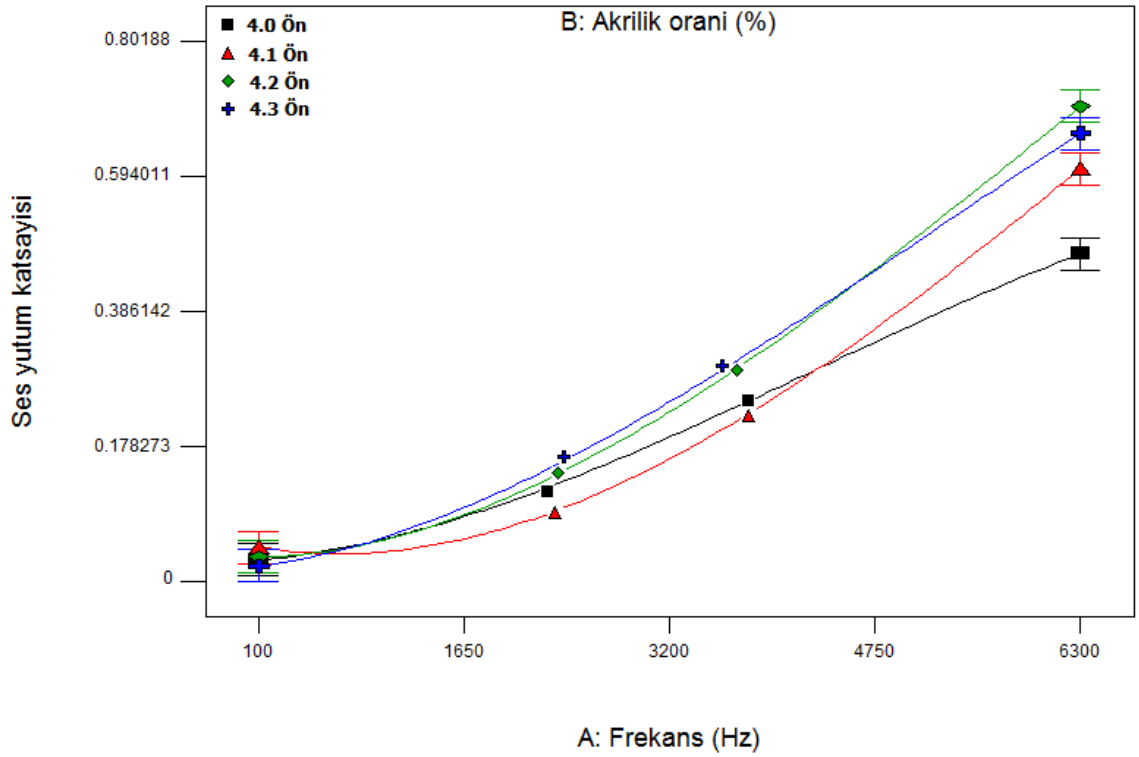
Şekil 4.1. Birinci kumaşın ön yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.



Şekil 4.2. İkinci kumaşın ön yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.



Şekil 4.3. Üçüncü kumaşın ön yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.

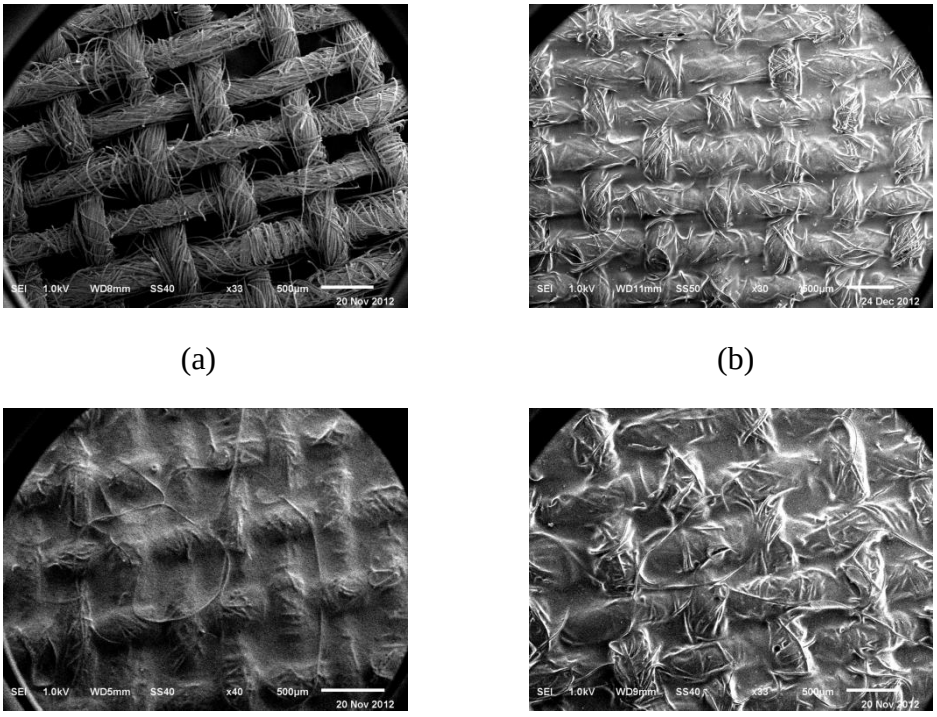


Şekil 4.4. Dördüncü kumaşın ön yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.

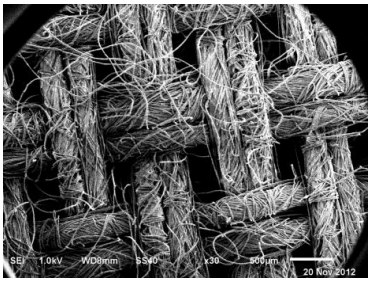
Tüm kumaşlar için akrilik oranı arttırıldığında kumaş ön yüzleri için ses yutum katsayısı, kaplanmamış ham kumaşa göre artmıştır. Kumaş gözeneklerini dolduran akrilik kaplama malzemesinin oluşturduğu "viyol" yapı (Bkz. sayfa 37) sesin düzensiz olarak dağılmasını sağladığı için sesin geri yansımasını azaltmaktadır. Dolayısıyla ses yutumunun kumaş yapısından kaynaklanan nedenlerle arttığı belirlenmiştir. Her bir kumaş tipi için kumaşta kaplama sonrasında oluşan viyol yapı, SEM cihazıyla görüntülenmiş olup sırasıyla Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8' de gösterilmektedir. Tablo 4.2' de görüldüğü üzere kumaş ön yüzlerinin ses yutum katsayısı değerlerinde lineer etkisi en fazla olan frekansdır. Frekans değeri 100 Hz ile 6300 Hz arasında değiştirildiğinde, akrilik oranı yüzdesinin artmasıyla kumaşın ses yansıtma özelliği arttığından ses yutum katsayısı azalmaktadır. Ses yutum katsayısı değerleri büyükten küçüğe doğru incelendiğinde ortaya çıkan akrilik oranı yüzdesinin, dört kumaşın bütün değerlerinin ortalamasına göre sıralaması %34.4, %40, %61 ve %0 şeklindedir. Bu durum akrilik oranının artmasına bağlı olarak gözeneklerin kapandığını ve sesi yansıtma özelliklerinin arttığını göstermektedir. Kumaşa uygulanan akrilik oranı belli bir seviyeye kadar ses yutumunu arttırırken bu oranın %61' e çıkarılmasıyla kumaş sesi yutmaktan ziyade

yansıttığından dolayı ses yutum oranı düşmektedir. Dolayısıyla iç mekanlarda kullanılacak olan perdelik kumaşlar için genel olarak akrilik miktarının %34.4 veya %40 seçilmesinin ses yutumu için uygun olacağı değerlendirilmektedir.

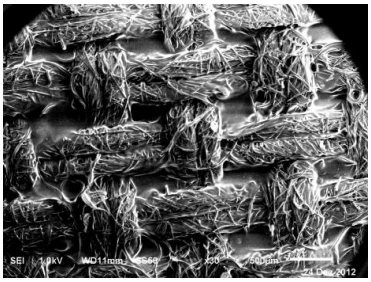
SEM görüntülerinden de görüleceği üzere, birinci ve ikinci kumaş konstrüksiyonu, üçüncü ve dördüncü kumaşa göre daha gevşek bir yapıdadır. (Bkz. Tablo 2.1) Şekillerde birinci ve ikinci kumaş için ham haldeki ve kaplanmış haldeki ses yutum katsayıları daha geniş bir aralıkta yer alırken, üçüncü ve dördüncü kumaşta daha dar bir aralıkta değişkenlik göstermektedir. Bu duruma kumaş konstrüksiyonlarının neden olduğu düşünülmektedir. Daha gevşek yapıdaki kumaşlarda kaplama malzemesi ses yutumu için daha etkili olurken daha sıkı yapılarda kaplama malzemesinin ses yutumu için önemi azalmaktadır. Kumaş konstrüksiyonu ön plana çıkmaktadır.



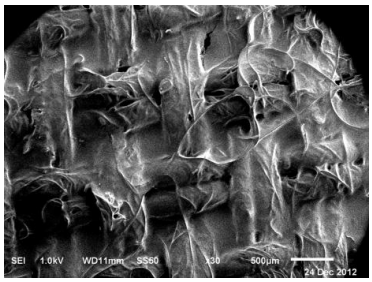
Şekil 4.5. Birinci kumaş tipinin ön yüzü için ham haldeki (a) (x33 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x30), (c) (x40) ve (d) (x33) görüntüleri.



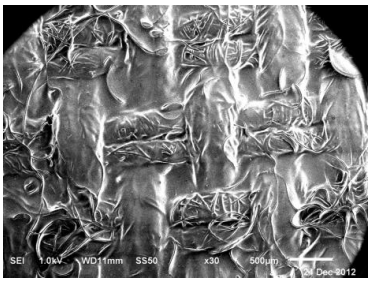
(a)



(b)

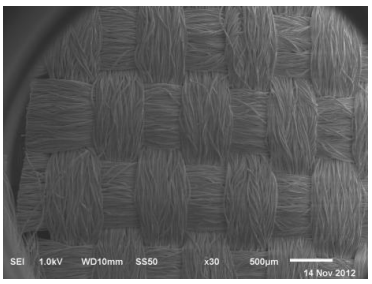


(c)

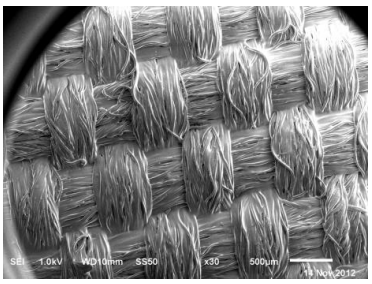


(d)

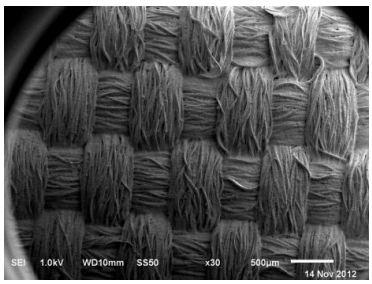
Şekil 4.6. İkinci kumaş tipinin ön yüzü için ham haldeki (a) (x30 büyütme) ve sırasıyla 1, 2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x30), (c) (x30) ve (d) (x30) görüntüleri.



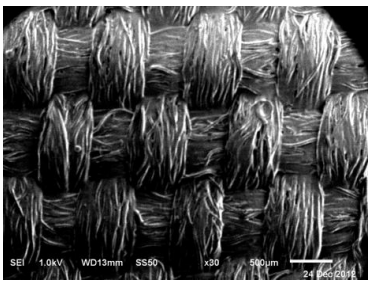
(a)



(b)

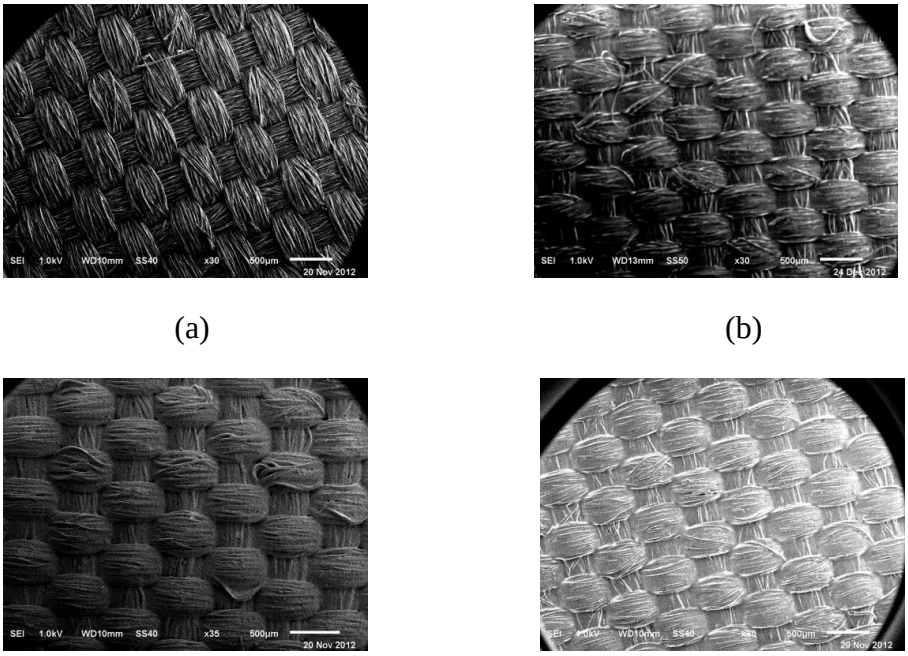


(c)



(d)

Şekil 4.7. Üçüncü kumaş tipinin ön yüzü için ham haldeki (a) (x30 büyütme) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x30), (c) (x30) ve (d) (x30) görüntüleri.



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 4.8. Dördüncü kumaş tipinin ön yüzü için ham haldeki (a) (x30) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b) (x30), (c) (x35) ve (d) (x30) görüntüleri.

Çalışma kapsamında kullanılan ve kaplama yapılan kumaşların ses yutum etkinliği frekans arttıkça artmaktadır. Yüksek frekanslı sesler, birinci bölümde anlatıldığı üzere gürültülü olarak da isimlendirilebilecek olan seslerdir (uçak, iş makinesi, yoğun trafik, gürültülü sokak gibi). Çalışmada üretimi gerçekleştirilen kaplama kumaşlar perdelik olarak değerlendirildiğinden dışarıdan gelebilecek olan yüksek frekanslı seslerin yalıtımı için uygun olabilecektir. Kumaş ön yüzleri için ses yutum katsayılarında yüksek değişimlerin görüldüğü, regresyon eğrilerindeki değişimlerin net biçimde gözlenebildiği seçilmiş dört frekans değerinde kumaş tipi ve akrilik oranına bağlı olarak elde edilen ses yutum katsayıları Tablo 4.4' de verilmektedir.

Tablo 4.4. Kumaş ön yüzleri için seçilmiş dört frekans değerinde kumaş tipi ve akrilik oranına bağlı olarak elde edilen ses yutum katsayıları.

Kumaş tipi	**Akrilik oranı (%)**	**Frekanslar (Hz)**			
		1000	**1600**	**4000**	**6300**
1	0	0.025126	0.037403	0.052957	0.062919
1	34.4	0.033501	0.075159	0.31847	0.77096
1	40	0.037468	0.061234	0.2924	0.6765
1	61	0.039111	0.070315	0.125	0.29491

Tablo 4.4. Kumaş ön yüzleri için seçilmiş dört frekans değerinde kumaş tipi ve akrilik oranına bağlı olarak elde edilen ses yutum katsayıları (devamı).

Kumaş tipi	**Akrilik oranı (%)**	**Frekanslar (Hz)**			
		1000	**1600**	**4000**	**6300**
2	0	0.033241	0.073637	0.21429	0.44922
2	34.4	0.027411	0.059302	0.33169	0.73483
2	40	0.031299	0.053956	0.20813	0.63893
2	61	0.028119	0.042793	0.14125	0.41189
3	0	0.035209	0.059194	0.20399	0.48313
3	34.4	0.034141	0.065466	0.19262	0.66052
3	40	0.036235	0.067805	0.29871	0.57647
3	61	0.025405	0.045452	0.1541	0.58384
4	0	0.039079	0.080138	0.23391	0.51203
4	34.4	0.029408	0.063027	0.22598	0.57252
4	40	0.031498	0.071968	0.31036	0.60982
4	61	0.027621	0.055227	0.34584	0.48996

4.1.1.2. Kumaş Arka Yüzleri İçin Ses Yutum Katsayıları

Kumaşın kaplama yapılmayan arka yüzlerindeki ses yutum katsayıları için yapılan istatistiksel analiz sonucunda ortaya çıkan bazı istatistiki veriler Tablo 4.5' de özetlenmektedir. Buradan $R^2 = 0.84$ olarak bulunduğu görülmektedir. Bu ise geliştirilen modelin kumaş arka yüzleri için elde edilen ses yutum katsayısı değerini %84 oranında açıkladığını göstermektedir.

Tablo 4.5. Kumaş arka yüzlerinin ses yutum katsayıları için bazı istatistiksel değerler.

Standart sapma	0.058823
Ortalama	0.082131
C.V.	71.62053
R^2	0.845535
Ayarlanmış R^2	0.830424

Tablo 4.6' da ise kumaş arka yüzlerinin ses yutum katsayısı değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu görülmektedir. Burada "A" harfi frekansı, "B" harfi akrilik oranı

yüzdesini, “C” harfi ise kumaş tipini temsil etmektedir. %95’ lik güvenirlik seviyesinde “p” değeri 0.05’ in altında olan terimlerin modele katkısı “anlamlı” olarak kabul edilmiştir. İstatistiksel analiz için kübik model geliştirilmiş olup model içerisindeki terimlerin lineer, kuadratik ve kübik etkileri incelenmiştir. Tabloya göre model, frekans ve kumaş tipi anlamlı olup, akrilik oranı yüzdesi anlamlı değildir. Frekansın modele lineer katkısı %70.3 olarak bulunmuştur. Kumaş tipinin lineer katkısı ise %0.89 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.6. Kumaş arka yüzlerinin ses yutum katsayısı değerleri için ANOVA tablosu.

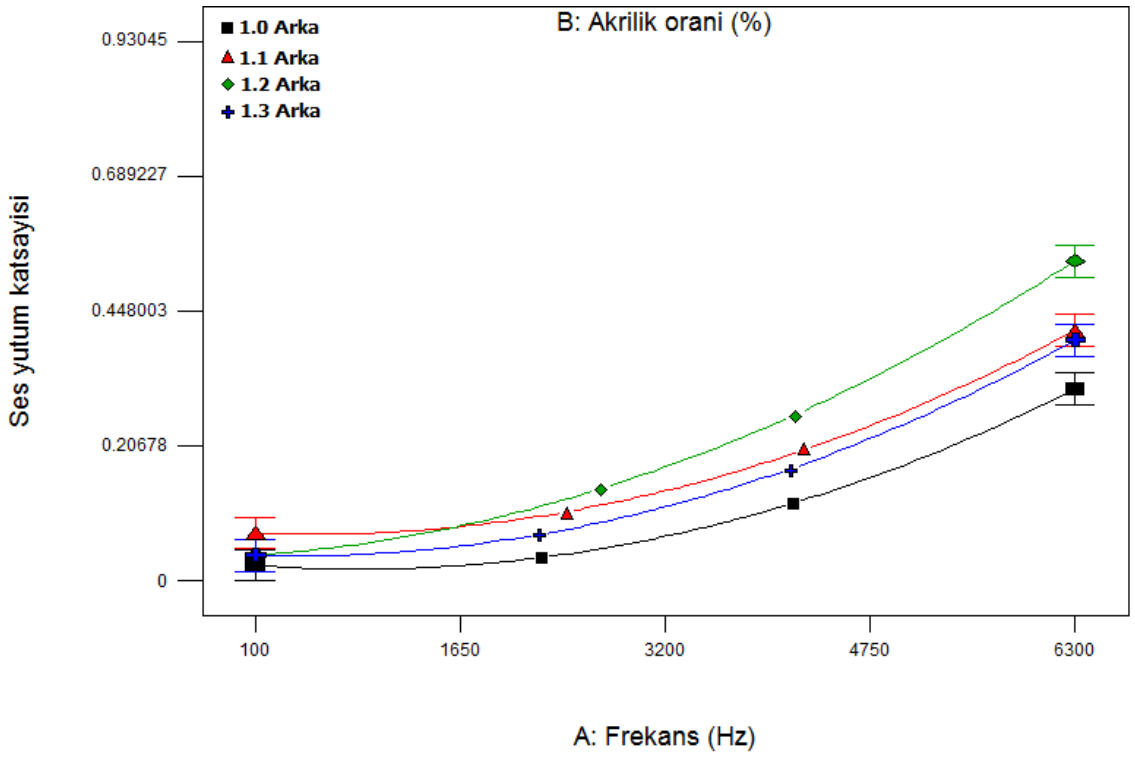
Kaynak	**Kareler toplamı**	**Katkı oranı (%)**	**S.D.**	**Kareler ortalaması**	**F değeri**	**p değeri**	**Anlamlılık**
Model	5.227615	84.55347	27	0.193615	55.95586	<0.0001	Anlamlı
A	4.346764	70.30624	1	4.346764	1256.237	<0.0001	Anlamlı
B	0.005361	0.08671	1	0.005361	1.549343	0.2143	Anlamlı değil
C	0.055046	0.890339	3	0.018349	5.302885	0.0014	Anlamlı
A^2	0.335783	5.431088	1	0.335783	97.04311	<0.0001	Anlamlı
B^2	0.009772	0.158049	1	0.009772	2.82404	0.0940	Anlamlı değil
AB	0.033581	0.543155	1	0.033581	9.705138	0.0020	Anlamlı
AC	0.178567	2.888211	3	0.059522	17.20226	<0.0001	Anlamlı
BC	0.018861	0.305065	3	0.006287	1.816973	0.1443	Anlamlı değil
A^3	0.004463	0.072192	1	0.004463	1.289939	0.2570	Anlamlı değil
B^3	0.038069	0.61575	1	0.038069	11.00227	0.0010	Anlamlı
A^2B	0.012613	0.204007	1	0.012613	3.645215	0.0573	Anlamlı değil
A^2C	0.046251	0.748075	3	0.015417	4.455556	0.0045	Anlamlı
AB^2	0.036523	0.590742	1	0.036523	10.55542	0.0013	Anlamlı
B^2C	0.035249	0.570125	3	0.01175	3.395679	0.0184	Anlamlı
ABC	0.070712	1.143724	3	0.023571	6.812048	0.0002	Anlamlı
Kalan	0.955	15.44654	276	0.00346			
Düzeltilmiş toplam	6.182615	100	303				

Tablo 4.7’ de kumaş tipine göre frekans ve akrilik oranı yüzdesinin, kumaş arka yüzlerinin ses yutum katsayısına bağlı olarak bulunan eşitlikler gösterilmektedir.

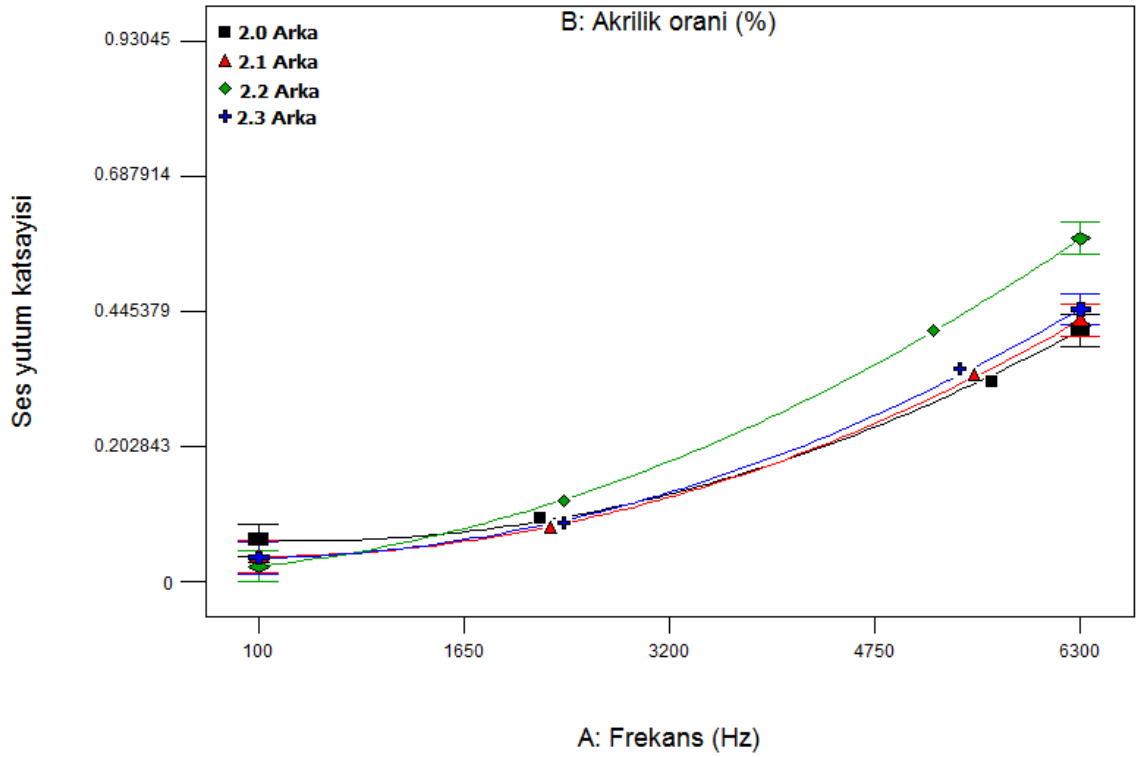
Tablo 4.7. Kumaş arka yüzlerinin ses yutum katsayısı değerleri için regresyon eşitlikleri.

Kumaş tipi (C)	Ses yutum katsayısı
1	= +0.012796-2.50623*A-0.012892*B+1.33818*A^2+6.03160*B^2 +1.01890*A*B-6.49745*B^3+9.72546*A^2*B-1.42548*A*B^2
2	=+0.028562-2.19013*A-0.015634*B+1.95699*A^2+6.56735*B^2 +2.03532*A*B-6.49745*B^3+9.72546*A^2*B-1.42548*A*B^2
3	= -2.99410+3.55037*A-0.015999*B+8.85749*A^2+6.67498*B^2 +1.33529*A*B-6.49745*B^3+9.72546*A^2*B-1.42548*A*B^2
4	=+0.026864-6.62283*A-0.015966*B+1.73598*A^2+6.52687*B^2 +8.76002*A*B-6.49745*B^3+9.72546*A^2*B-1.42548*A*B^2

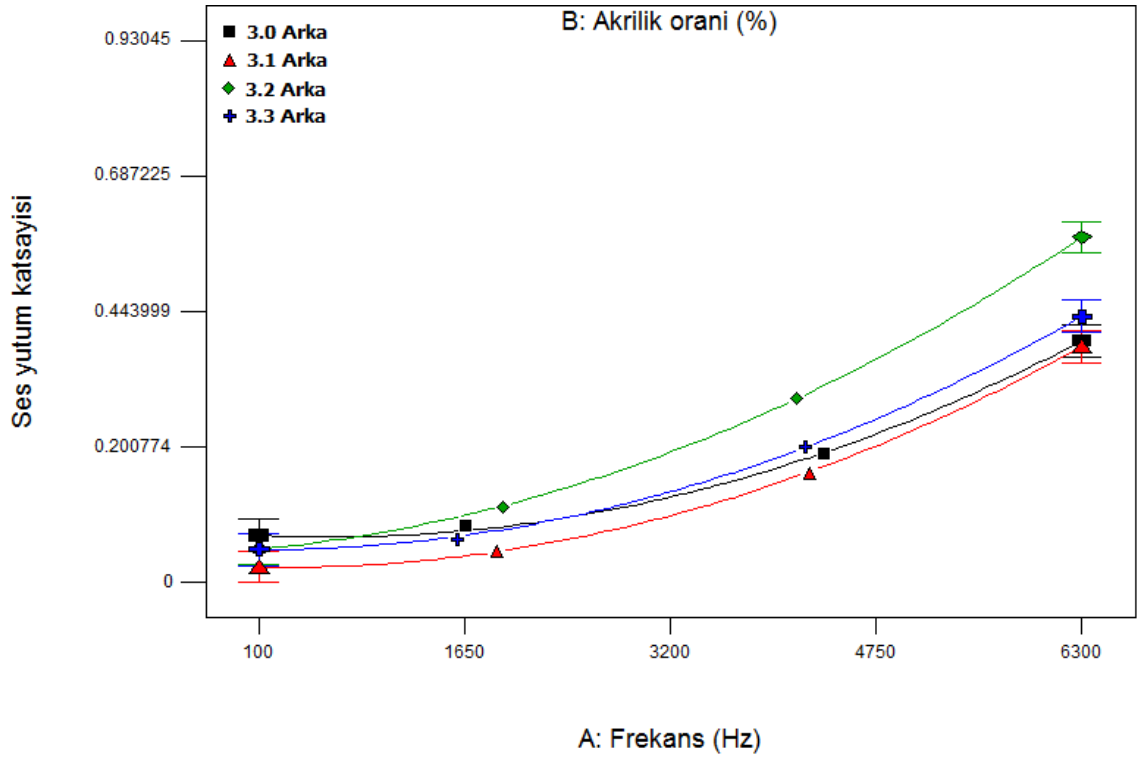
Tablo 4.7' de verilen regresyon eşitlikleri dikkate alınarak ortaya çıkan regresyon eğrileri birinci kumaş için Şekil 4.9' da, ikinci kumaş için Şekil 4.10' da, üçüncü kumaş için Şekil 4.11' de, dördüncü kumaş için Şekil 4.12' de verilmiştir.



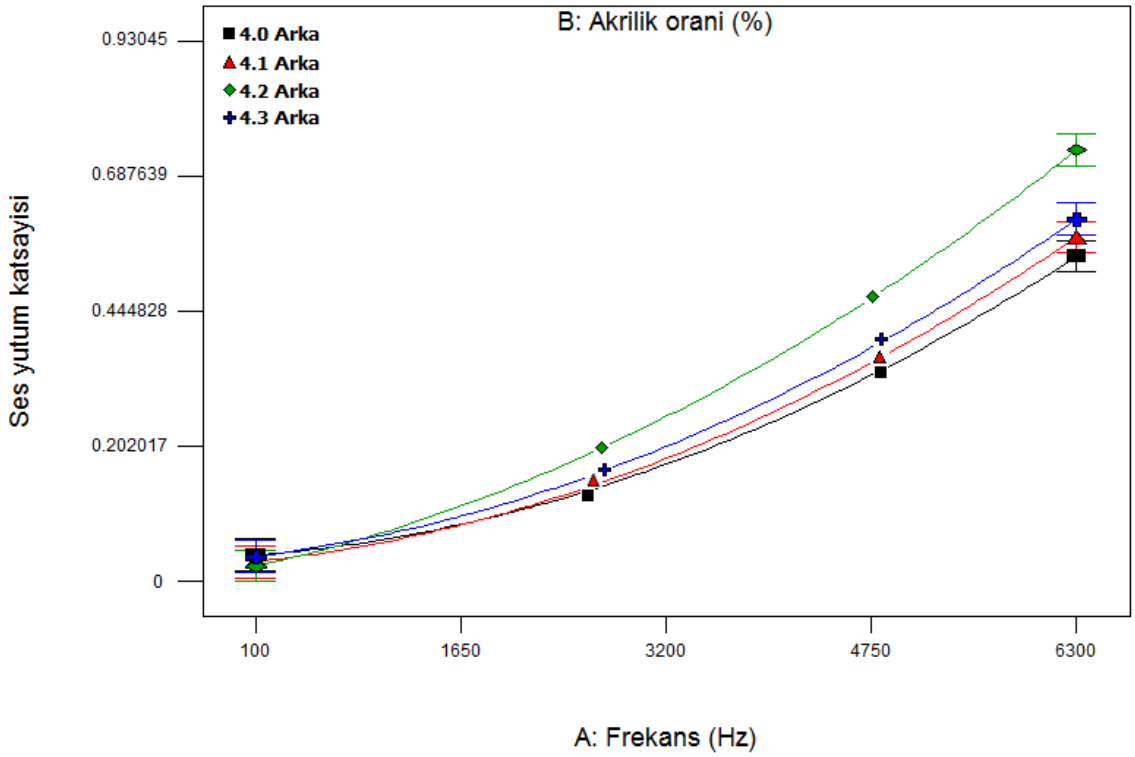
Şekil 4.9. Birinci kumaşın arka yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.



Şekil 4.10. İkinci kumaşın arka yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.

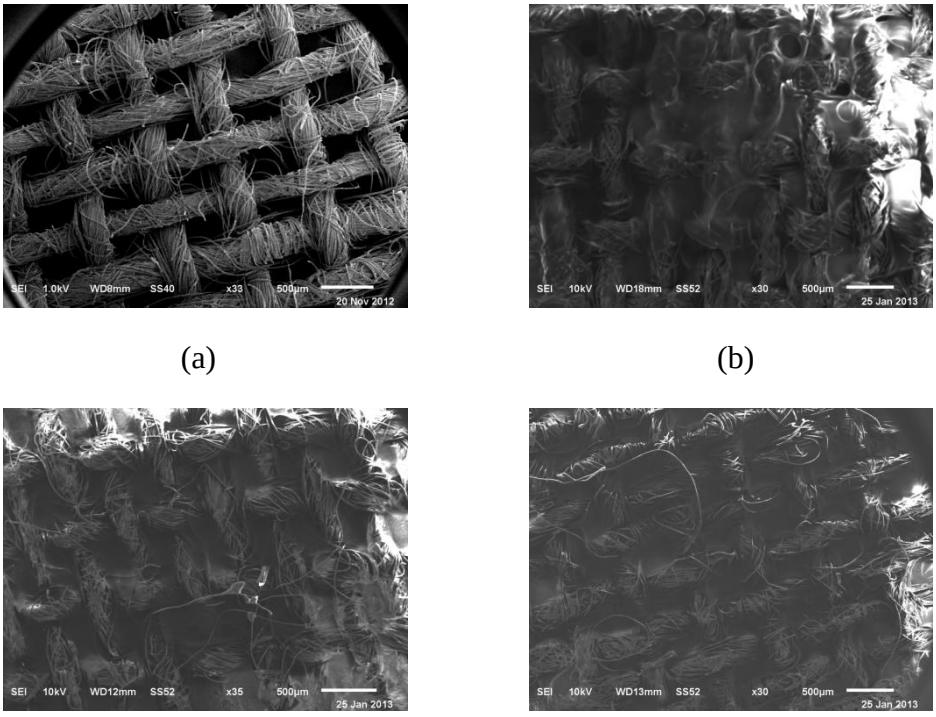


Şekil 4.11. Üçüncü kumaşın arka yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.

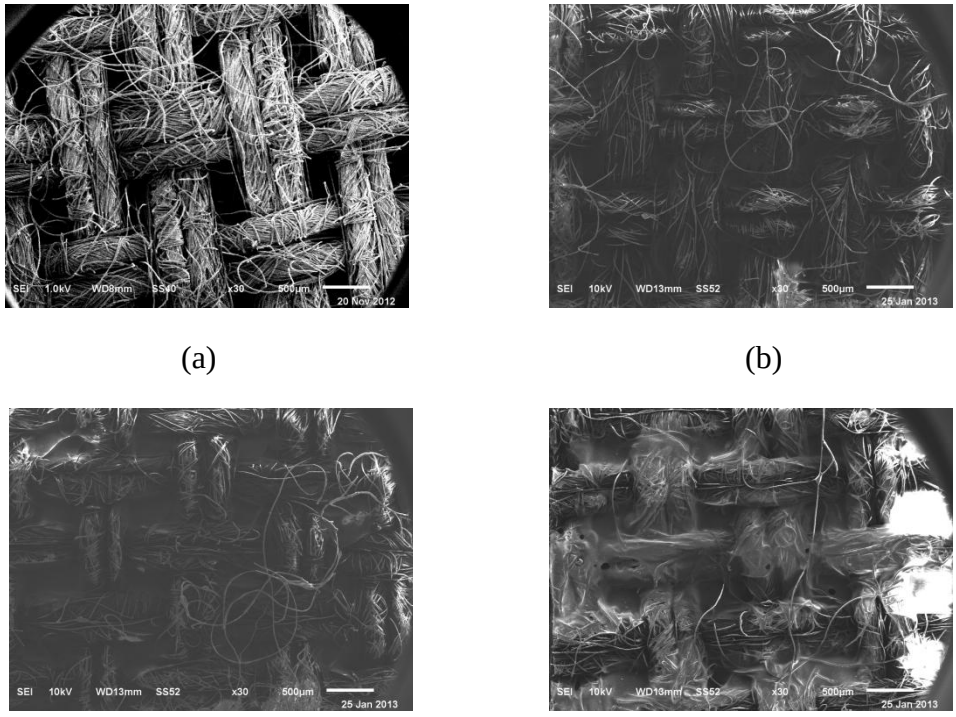


Şekil 4.12. Dördüncü kumaşın arka yüzü için ses yutum katsayısının frekans ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.

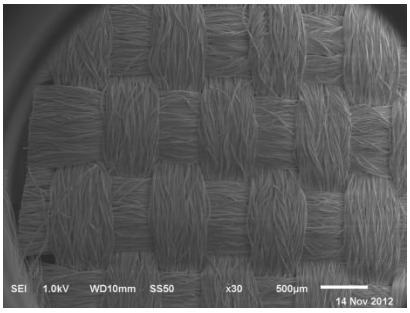
Kumaşın ön yüzünde elde edilen ses yutum katsayısı değerlerinin, kumaşın arka yüzünde elde edilen değerlere göre daha yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Bu durum kumaşın ön yüzüne kaplama yapılmasından kaynaklanmaktadır. Bir başka ifade ile akrilik kaplama malzemesi kumaşın arka tarafında dolaylı olarak ses emicilik özelliği gösterdiğinden kumaşın arka yüzünde ses yutum değerleri azalmıştır. Ses yutum katsayısı değerleri büyükten küçüğe doğru incelendiğinde ortaya çıkan akrilik oranı yüzdesinin, dört kumaşın bütün değerlerinin ortalamasına göre sıralaması %40, %61, %34.4 ve %0 şeklindedir. Bu durum doğrudan akrilik kaplama materyali ile temas etmeyen sesin büyük bir kısmının geri yansıdığını, yansımanın artması için akrilik oranının artırılması gerektiğini göstermektedir. Kumaşların hem ön yüzlerinden hem de arka yüzlerinden alınan değerler göz önünde bulundurulduğunda %40 akrilik oranına sahip yapının, yutum ve yansıtma özelliklerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca kumaş konstrüksiyonu sıkılaştıkça (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12) gevşek yapılara göre (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10) daha iyi ses yutum değerleri elde edilmektedir. Her bir kumaş tipinin arka yüzleri için kumaşta kaplama sonrasında oluşan yapı, SEM cihazıyla görüntülenmiş olup sırasıyla Şekil 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16' da gösterilmektedir.



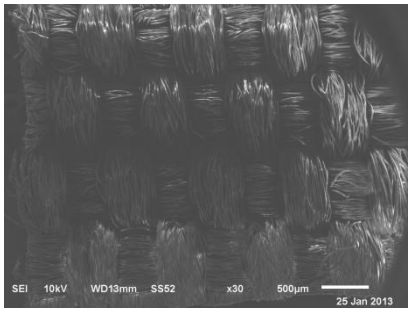
Şekil 4.13. Birinci kumaş tipinin arka yüzü için ham haldeki (a) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b), (c) ve (d) görüntüleri.



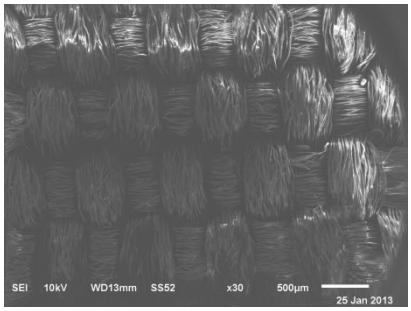
Şekil 4.14. İkinci kumaş tipinin arka yüzü için ham haldeki (a) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b), (c) ve (d) görüntüleri.



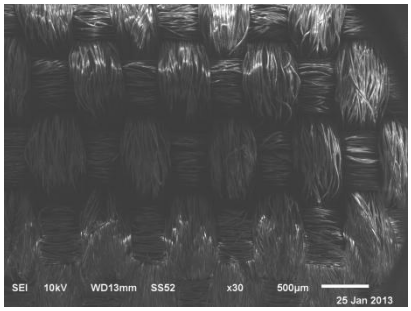
(a)



(b)

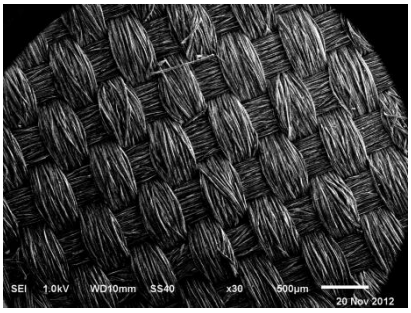


(c)

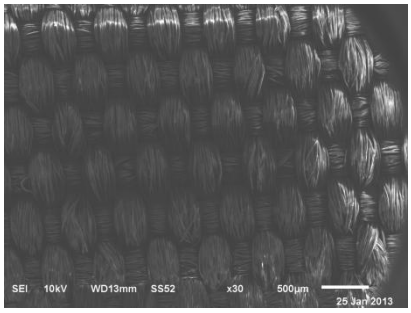


(d)

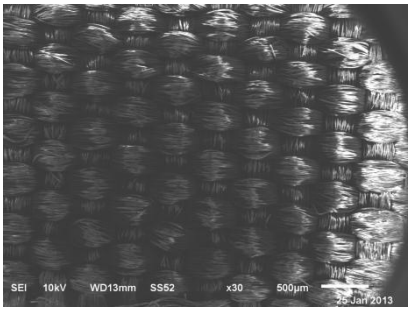
Şekil 4.15. Üçüncü kumaş tipinin arka yüzü için ham haldeki (a) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b), (c) ve (d) görüntüleri.



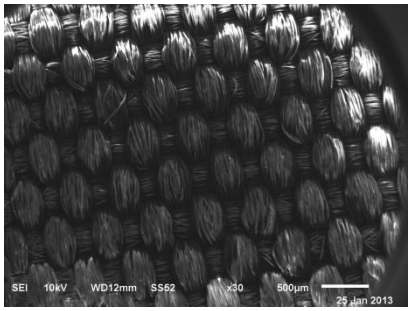
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.16. Dördüncü kumaş tipinin arka yüzü için ham haldeki (a) ve sırasıyla 1,2 ve 3 kaplama materyalleri sonrasında oluşan (b), (c) ve (d) görüntüleri.

Tüm kumaşlar için akrilik oranı arttırıldığında kumaş arka yüzleri için ses yutum katsayısı, kaplanmamış ham kumaşa göre artmıştır. Kumaş ön yüzleri için kumaş gözeneklerini dolduran akrilik kaplama malzemesinin oluşturduğu "viyol" yapı (Bkz. sayfa 37) sesin düzensiz olarak dağılmasını sağladığı için sesin geri yansımasını azaltırken, kumaşın kaplanmayan arka yüzünde bu etki azalmış ve ses yutum katsayısı ön yüzden alınan katsayılara göre düşüş göstermiştir. Arka yüzden alınan ses yutum katsayıları daha çok kumaş yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterirken, ham kumaşın ses yutum katsayısı değerlerine yaklaşmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan ve kaplama yapılan kumaşların ses yutum etkinliği frekans arttıkça artmaktadır. Kumaş arka yüzleri için ses yutum katsayılarında yüksek değişimlerin görüldüğü, regresyon eğrilerindeki değişimlerin net biçimde gözlenebildiği seçilmiş dört frekans değerinde kumaş tipi ve akrilik oranına bağlı olarak elde edilen ses yutum katsayıları Tablo 4.8' de verilmektedir.

Tablo 4.8. Kumaş arka yüzleri için seçilmiş dört frekans değerinde kumaş tipi ve akrilik oranına bağlı olarak elde edilen ses yutum katsayıları.

Kumaş tipi	**Akrilik oranı (%)**	**Frekanslar (Hz)**			
		1000	**1600**	**4000**	**6300**
1	0	0.025126	0.037403	0.052957	0.062919
1	34.4	0.033425	0.072113	0.20999	0.68687
1	40	0.034575	0.057062	0.25262	0.56012
1	61	0.037241	0.063018	0.12116	0.34775
2	0	0.033241	0.073637	0.21429	0.44922
2	34.4	0.029484	0.044811	0.076104	0.66155
2	40	0.032058	0.052784	0.19647	0.58403
2	61	0.028988	0.044671	0.1368	0.4773
3	0	0.035209	0.059194	0.20399	0.48313
3	34.4	0.01845	0.017662	0.024498	0.077338
3	40	0.039362	0.070983	0.31483	0.53797
3	61	0.026991	0.049929	0.29267	0.1723
4	0	0.039079	0.080138	0.23391	0.51203
4	34.4	0.029374	0.064013	0.23583	0.29767
4	40	0.032643	0.07796	0.41166	0.62572
4	61	0.024794	0.047468	0.19635	0.93045

4.1.2. Kopma Mukavemeti

Ham ve kaplanmış kumaş numunelerinin çözgü yönündeki ve atkı yönündeki kopma mukavemeti test sonuçları aşağıda sırasıyla incelenmiştir.

4.1.2.1. Çözgü Yönündeki Kopma Mukavemeti

Kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri için yapılan istatistiksel analiz sonucunda ortaya çıkan bazı istatistiki veriler Tablo 4.9' da özetlenmektedir. Buradan R^2 = 0.95 olarak bulunduğu görülmektedir. Bu ise geliştirilen modelin çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerini %95 oranında açıkladığını göstermektedir.

Tablo 4.9. Çözgü yönünde kopma mukavemeti için bazı istatistiksel değerler.

Standart sapma	177.2712
Ortalama	1310.183
C.V.	13.53026
R^2	0.951071
Ayarlanmış R^2	0.895151

Tablo 4.10' da ise çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu görülmektedir. Burada "A" harfi kumaş tipini, "B" harfi ise akrilik oranı yüzdesini temsil etmektedir. %95' lik güvenirlik seviyesinde "p" değeri 0.05' in altında olan terimlerin modele katkısı "anlamlı" olarak kabul edilmiştir. İstatistiksel analiz için kuadratik model geliştirilmiş olup model içerisindeki terimlerin lineer ve kuadratik etkileri incelenmiştir. Tabloya göre model, kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesi anlamlı olup, kumaş tipinin modele lineer katkısı %89.11 olarak bulunmuştur. Akrilik oranının lineer katkısı ise %4.65 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.10. Çözgü yönünde kopma mukavemeti değerleri için ANOVA tablosu.

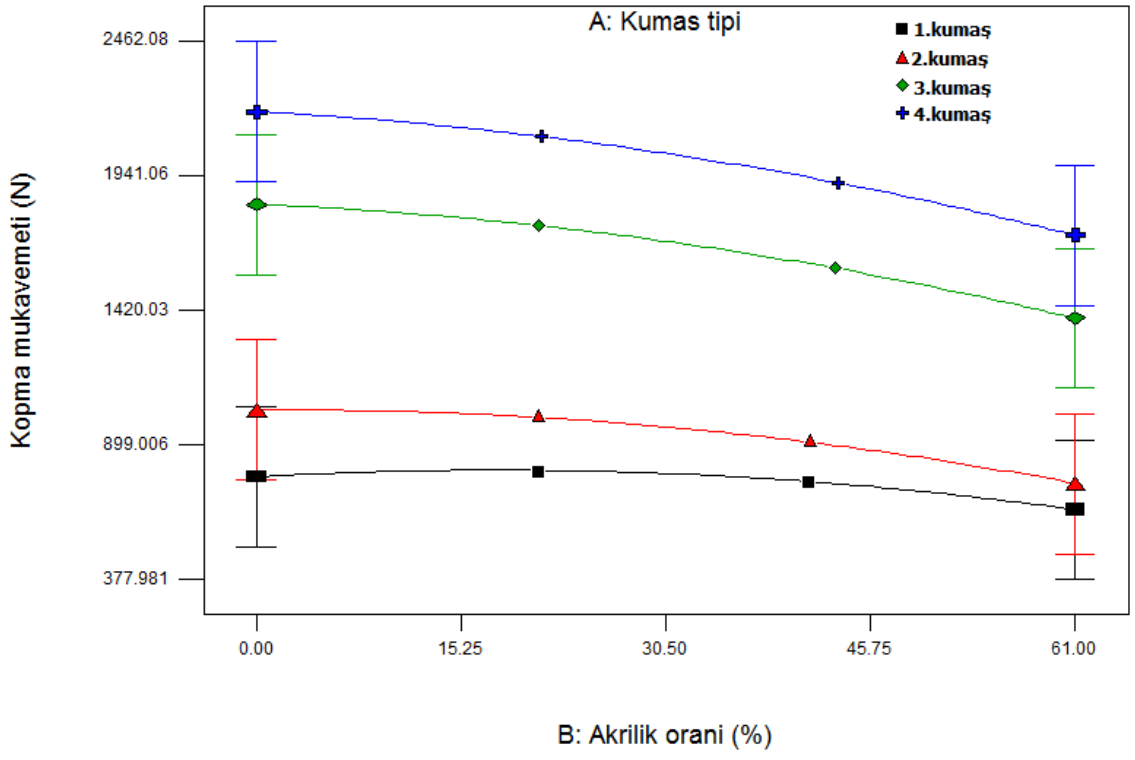
Kaynak	Kareler toplamı	Katkı oranı (%)	S.D.	Kareler ortalaması	F değeri	p değeri	Anlamlılık
Model	4275797	95.11	8	534474.7	17.00791	0.0006	Anlamlı
A	4006086	89.11	3	1335362	42.49353	< 0.0001	Anlamlı
B	208893.5	4.65	1	208893.5	6.647352	0.0366	Anlamlı
B^2	20755.32	0.46	1	20755.32	0.66047	0.4432	Anlamlı değil
AB	40062.2	0.89	3	13354.07	0.424949	0.7413	Anlamlı değil
Kalan	219975.5	4.89	7	31425.07			
Düz. toplam	4495773	100.00	15				

Tablo 4.11' de ise kumaş tipine göre akrilik oranının, kumaş çözgü yönünde kopma mukavemetine bağlı olarak bulunan eşitlikler gösterilmektedir.

Tablo 4.11. Çözgü yönünde kopma mukavemeti değerleri için regresyon eşitlikleri.

Kumaş tipi (A)	Kopma mukavemeti (N)
1	$=+76.78673+2.96411* B-0.082840*B^2$
2	$=+1035.19635+0.39138*B-0.082840*B^2$
3	$=+1831.71237-2.17896*B-0.082840*B^2$
4	$=+2190.71044-2.79707*B-0.082840*B^2$

Tablo 4.11' de verilen regresyon eşitlikleri dikkate alınarak ortaya çıkan regresyon eğrileri Şekil 4.17' de verilmiştir.



Şekil 4.17. Çözgü yönündeki kopma mukavemetinin kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.

Şekilde tüm kumaşlar için akrilik oranı arttırıldığında çözgü yönündeki kopma mukavemetinin azaldığı görülmektedir.

Bu durum akrilik kaplama malzemesinin iplikler arasına nüfuz etmesinden dolayı kumaş çekilmeye maruz kaldığında çözgü ve atkı iplikleri arasındaki iplik – iplik sürtünmesi azalacağından kopma mukavemeti değerlerinin düşmesi ile açıklanabilir. Ancak kumaş tipi Tablo 4.10' dan da görüleceği üzere istatistiksel olarak akrilik kaplamadan daha fazla öneme sahiptir. Şekil 4.17' de kumaş çözgü yönü mukavemet değerleri, kumaş koduna göre büyükten küçüğe 4-3-2-1 şeklinde sıralanmıştır. Tablo 2.1 incelendiğinde atkı ve çözgü lineer yoğunluğu, kumaş kalınlığı ve gramajı dikkate alındığında bu durumun oluşması beklenen bir sonuçtur.

4.1.2.2. Atkı Yönündeki Kopma Mukavemeti

Kumaşların atkı yönündeki kopma mukavemeti değerleri için yapılan istatistiksel analiz sonucunda ortaya çıkan bazı istatistiki veriler Tablo 4.12' de özetlenmektedir. Buradan R^2 = 0.9 olarak bulunduğu görülmektedir. Bu ise geliştirilen modelin atkı yönündeki kopma mukavemeti değerini %90 oranında açıkladığını göstermektedir.

Tablo 4.12. Atkı yönünde kopma mukavemeti için bazı istatistiksel değerler.

Standart sapma	187.0432
Ortalama	848.3844
C.V.	22.04699
R^2	0.908476
Ayarlanmış R^2	0.803877

Tablo 4.13' de ise atkı yönündeki kopma mukavemeti değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu görülmektedir. Burada "A" harfi kumaş tipini, "B" harfi ise akrilik oranı yüzdesini temsil etmektedir. %95' lik güvenirlik seviyesinde "p" değeri 0.05' in altında olan terimlerin modele katkısı "anlamlı" olarak kabul edilmiştir. İstatistiksel analiz için kuadratik model geliştirilmiş olup model içerisindeki terimlerin lineer ve kuadratik etkileri incelenmiştir. Tabloya göre model ve kumaş tipi anlamlı, akrilik oranı yüzdesi anlamlı değildir. Kumaş tipinin modele lineer katkısı %89.7 olarak bulunmuştur. Tablo 4.14' de ise kumaş tipine göre akrilik oranının, kumaş atkı yönünde kopma mukavemetine bağlı olarak bulunan eşitlikler gösterilmektedir.

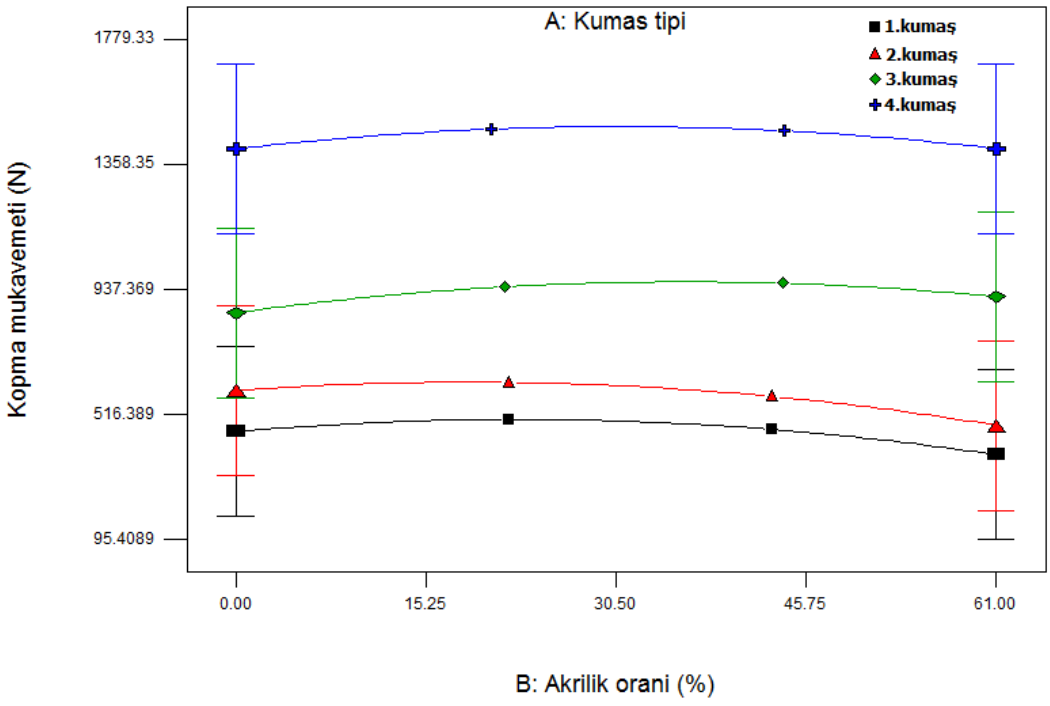
Tablo 4.13. Atkı yönünde kopma mukavemeti değerleri için ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler toplamı	Katkı oranı (%)	S.D.	Kareler ortalaması	F değeri	p değeri	Anlamlılık
Model	2430855	90.8476	8	303856.8	8.685307	0.0050	Anlamlı
A	2400938	89.72952	3	800312.6	22.87577	0.0005	Anlamlı
B	883.5168	0.033019	1	883.5168	0.025254	0.8782	Anlamlı değil
B^2	19796.41	0.739845	1	19796.41	0.565852	0.4764	Anlamlı değil
AB	9237.053	0.345214	3	3079.018	0.088009	0.9644	Anlamlı değil
Kalan	244896.1	9.152429	7	34985.16			
Düzeltilmiş toplam	2675751	100	15				

Tablo 4.14. Atkı yönünde kopma mukavemeti değerleri için regresyon eşitlikleri.

Kumaş tipi (A)	Kopma mukavemeti (N)
1	= +459.54739+3.65956*B-0.080903*B^2
2	=+598.82941+3.00034*B-0.080903* B^2
3	=+860.07306+5.81441*B-0.080903* B^2
4	=+1411.33825+4.95473*B-0.080903* B^2

Tablo 4.14' de verilen regresyon eşitlikleri dikkate alınarak ortaya çıkan regresyon eğrileri Şekil 4.18' de verilmiştir.



Şekil 4.18. Atkı yönündeki kopma mukavemetinin kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.

Tüm kumaşlar için akrilik oranı arttırıldığında atkı yönündeki kopma mukavemetini biraz artırdıktan sonra düştüğü görülmektedir. Ancak kumaş tipi Tablo 4.13' den de görüleceği üzere istatistiksel olarak modele etkisi açısından yüksek öneme sahiptir. Şekil 4.18' de kumaş atkı yönü mukavemet değerleri, kumaş koduna göre büyükten küçüğe 4-3-2-1 şeklinde sıralanmıştır. Bu durum daha sıkı kumaş konstrüksiyonlarının yüksek mukavemetli olmasından kaynaklanmaktadır. Tablo 2.1 incelendiğinde atkı ve çözgü lineer yoğunluğu, kumaş kalınlığı ve gramajı dikkate alındığında bu durumun oluşması beklenen bir sonuçtur.

4.1.3. Su Geçirmezlik

Kumaşların su geçirmezlik değerleri için yapılan istatistiksel analiz sonucunda ortaya çıkan bazı istatistiki veriler Tablo 4.15' de özetlenmektedir. Buradan R^2 = 0.97 olarak bulunduğu görülmektedir. Bu ise geliştirilen modelin su geçirmezlik testi sonuç değerini %97 oranında açıkladığını göstermektedir.

Tablo 4.15. Su geçirmezlik test sonuçları için bazı istatistiksel değerler.

Standart sapma	3.873597
Ortalama	21.53125
C.V.	17.99058
R^2	0.972706
Ayarlanmış R^2	0.941513

Tablo 4.16' da ise su geçirmezlik testi sonuç değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu görülmektedir. Burada "A" harfi kumaş tipini, "B" harfi ise akrilik oranı yüzdesini temsil etmektedir. %95' lik güvenirlik seviyesinde "p" değeri 0.05' in altında olan terimlerin modele katkısı "anlamlı" olarak kabul edilmiştir. İstatistiksel analiz için kuadratik model geliştirilmiş olup model içerisindeki terimlerin lineer ve kuadratik etkileri incelenmiştir. Tabloya göre model, kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesi anlamlı olup, akrilik oranı yüzdesinin modele lineer katkısı %42.99 olarak bulunmuştur. Kumaş tipinin lineer katkısı ise %24.71 olarak belirlenmiştir. Tablo 4.17' de ise kumaş tipine göre akrilik oranının, su geçirmezlik testi sonuç değerlerine bağlı olarak bulunan eşitlikler gösterilmektedir.

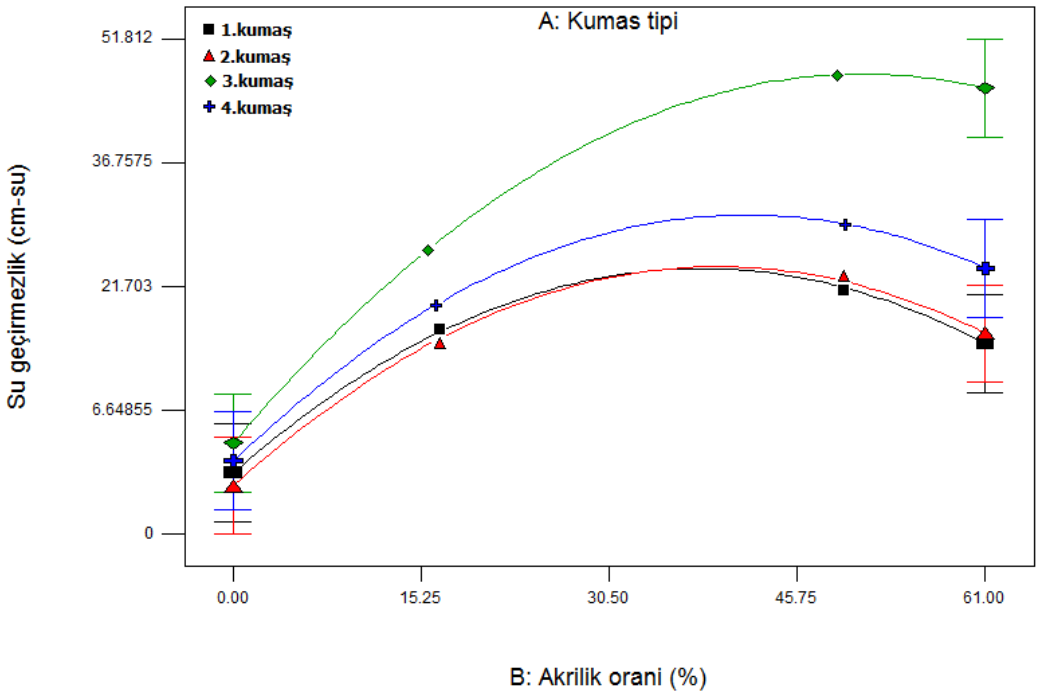
Tablo 4.16. Su geçirmezlik testi sonuç değerleri için ANOVA tablosu.

Kaynak	Kareler toplamı	Katkı oranı (%)	S.D.	Kareler ortalaması	F değeri	p değeri	Anlamlılık
Model	3743.201	97.27062	8	467.9001	31.18346	<0.0001	Anlamlı
A	950.9219	24.7106	3	316.974	21.1249	0.0007	Anlamlı
B	1654.459	42.99268	1	1654.459	110.2623	<0.0001	Anlamlı
B^2	900.1289	23.3907	1	900.1289	59.98958	0.0001	Anlamlı
AB	237.6915	6.176639	3	79.23051	5.280361	0.0324	Anlamlı
Kalan	105.0333	2.729389	7	15.00475			
Düzeltilmiş toplam	3848.234	100	15				

Tablo 4.17. Su geçirmezlik testi sonuç değerleri için regresyon eşitlikleri.

Kumaş tipi (A)	Su geçirmezlik (cm-su)
1	= -0.88500+1.30908*B-0.017251*B^2
2	= -2.47612+1.35609*B-0.017251*B^2
3	=+2.74087+1.75957*B-0.017251*B^2
4	=+0.53479+1.43700*B-0.017251*B^2

Tablo 4.17' de verilen regresyon eşitlikleri dikkate alınarak ortaya çıkan regresyon eğrileri Şekil 4.19' da verilmiştir.



Şekil 4.19. Su geçirmezlik testi değerlerinin kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.

Akrilik kaplama Tablo 4.16' dan da görüleceği üzere istatistiksel olarak kumaş tipinden daha fazla öneme sahiptir. Şekil 4.19' da su geçirmezlik testi sonuç değerleri, Tablo 2.1' de belirtilen çözgü – atkı sıklıkları ve iplik numarası değerleri incelendiğinde kumaşlar büyükten küçüğe 3-4-1-2 kumaş kodlarıyla sıkı yapılıdan gevşek yapılıya doğru sıralanmıştır. Tüm kumaşlar için akrilik oranı yüzdesi bir sınıra kadar su geçirmezlik değerleri artış gösterirken, bu sınırdan sonra düşme göstermiştir. Bu durum akrilik kaplama materyalinin iplikler arasına nüfuz etmesinden dolayı bir düzeye kadar yüzeydeki gözenekleri kapattığını, bu düzeyden sonra akrilik miktarının artmasına rağmen yapının daha rijit ve kırılgan bir şekle dönüşmesinden dolayı su basıncına dayanımının azalması ile açıklanabilir.

4.1.4. Hava Geçirgenliği

Kumaşların hava geçirgenliği değerleri için yapılan istatistiksel analiz sonucunda ortaya çıkan bazı istatistiki veriler Tablo 4.18' de özetlenmektedir. Buradan R^2 = 0.99 olarak bulunduğu görülmektedir. Bu ise geliştirilen modelin hava geçirgenliği testi sonuç değerini %99 oranında açıkladığını göstermektedir.

Tablo 4.18. Hava geçirgenliği test sonuçları için bazı istatistiksel değerler.

Standart sapma	10.14583
Ortalama	136.6888
C.V.	7.422579
R^2	0.999732
Ayarlanmış R^2	0.99866

Tablo 4.19' da hava geçirgenliği testi sonuç değerleri için oluşturulan ANOVA tablosu görülmektedir. Burada "A" harfi kumaş tipini, "B" harfi ise akrilik oranı yüzdesini temsil etmektedir. %95' lik güvenirlik seviyesinde "p" değeri 0.05' in altında olan terimlerin modele katkısı "anlamlı" olarak kabul edilmiştir. İstatistiksel analiz için kübik model geliştirilmiş olup model içerisindeki terimlerin lineer, kuadratik ve kübik etkileri incelenmiştir. Tabloya göre model, kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesi anlamlı olup, akrilik oranı yüzdesinin modele lineer katkısı %29.68 olarak bulunmuştur. Kumaş tipinin lineer katkısı ise %19.49 olarak belirlenmiştir. Tablo 4.20' de ise kumaş tipine

göre akrilik oranının, hava geçirgenliği testi sonuç değerlerine bağlı olarak bulunan eşitlikler gösterilmektedir.

Tablo 4.19. Hava geçirgenliği testi sonuç değerleri için ANOVA tablosu.

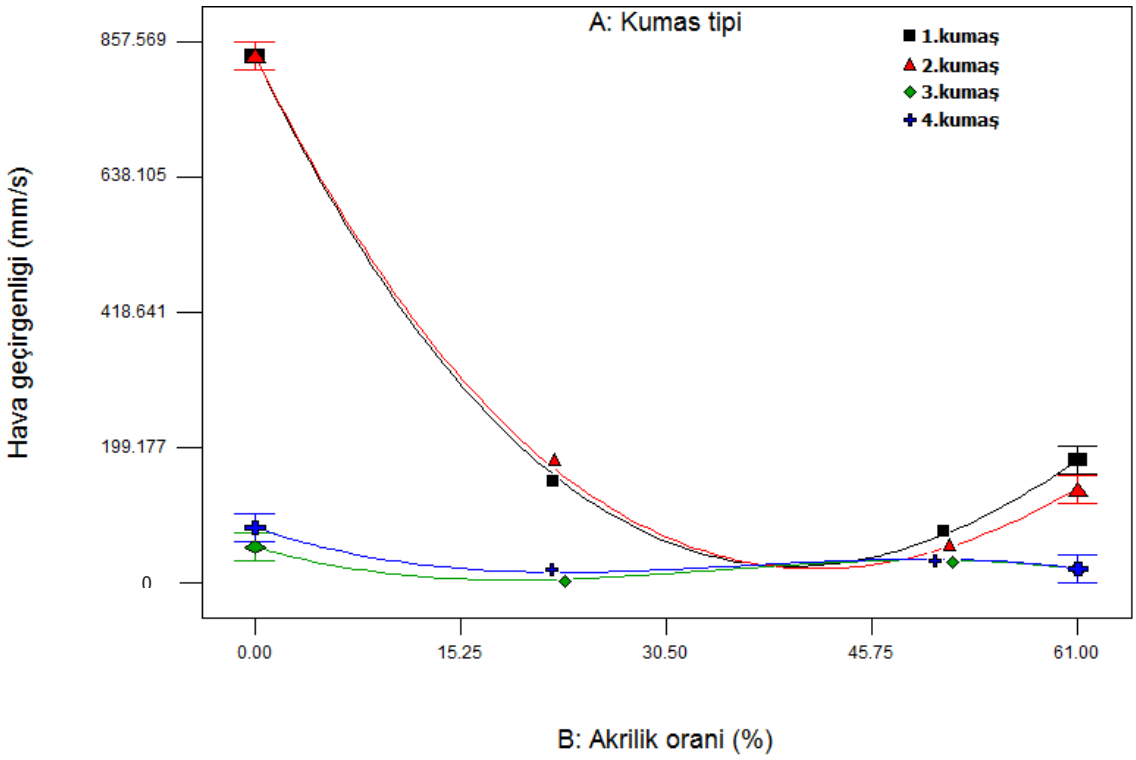
Kaynak	Kareler toplamı	Katkı oranı (%)	S.D.	Kareler ortalaması	F değeri	p değeri	Anlamlılık
Model	1152347	99.97322	12	96028.94	932.8826	<0.0001	Anlamlı
A	224703.2	19.49438	3	74901.05	727.6336	<0.0001	Anlamlı
B	342161	29.68457	1	342161	3323.956	<0.0001	Anlamlı
B^2	175871	15.25789	1	175871	1708.516	<0.0001	Anlamlı
AB	258799.7	22.45246	3	86266.55	838.0449	<0.0001	Anlamlı
B^3	235.6622	0.020445	1	235.6622	2.289363	0.2275	Anlamlı değil
AB^2	150576.9	13.06347	3	50192.28	487.5979	0.0002	Anlamlı
Kalan	308.8136	0.026791	3	102.9379			
Düzeltilmiş toplam	1152656	100	15				

Tablo 4.20. Hava geçirgenliği testi sonuç değerleri için regresyon eşitlikleri.

Kumaş tipi (A)	Hava geçirgenliği (mm/s)
1	$=+834.52708-45.03349*B+0.69824*B^2-2.22831*B^3$
2	$=+834.77330-43.80025*B+0.66541*B^2-2.22831*B^3$
3	$=+38.57733-6.38398*B+0.23089*B^2-2.22831*B^3$
4	$=+70.50229-7.53649*B+0.24159*B^2-2.22831*B^3$

Tablo 4.20’ de verilen regresyon eşitlikleri dikkate alınarak ortaya çıkan regresyon eğrileri Şekil 4.20’ de verilmiştir. Akrilik kaplama Tablo 4.23’ den de görüleceği üzere istatistiksel olarak kumaş tipinden daha fazla öneme sahiptir. Şekil 4.20’ de hava geçirgenliği testi sonuç değerleri, Tablo 2.1’ de belirtilen çözgü – atkı sıklıkları ve iplik numarasına göre büyükten küçüğe 1-2-3-4 kumaş kodlarıyla sıralanmıştır. Hava geçirgenliği değeri, 1 ve 2 kodlu kumaşlarda iplikler arası boşluk fazla olduğundan akrilik yüzdesinin artmasıyla bir sınırdan sonra artış göstermiş, 3 ve 4 kodlu kumaşlarda ham yapısının kapalı olmasından dolayı artış göstermemiştir. Bu durum akrilik kaplama materyalinin iplikler arasına nüfuz etmesinden dolayı bir düzeye kadar yüzeydeki gözenekleri kapattığını, bu düzeyden sonra akrilik miktarının artmasına rağmen yapının daha rijit ve kırılgan bir şekle dönüşmesinden dolayı hava basıncına dayanımının

azalması ile açıklanabilir. 3 ve 4 nolu kumaşlar sıkı konstrüksiyona sahip olduğundan kaplama malzemesinin hava geçirgenliğine olan etkisi azdır. Ancak gevşek yapıdaki 1 ve 2 nolu kumaşlarda kaplama malzemesindeki akrilik oranı önem kazanmaktadır. Akrilik oranı arttıkça hava geçirgenliği artmaktadır. Hava geçirgenlik ve su geçirmezlik özellikleri dikkate alındığında kaplama malzemesindeki akrilik oranı artışıyla kaplamanın hava ve su basıncına dayanıksız hale geldiği görülmektedir.



Şekil 4.20. Hava geçirgenliği değerlerinin kumaş tipi ve akrilik oranı yüzdesine göre değişimi.

4.2. Sonuçlar

Çalışma Kocaeli Gebze'de bulunan OBA PERDESAN işletmesinde, yuvarlak kesitli polyester iplik kullanılarak çözgü ve atkı sıklıkları, çözgü ve atkı lineer iplik yoğunlukları ile kalınlıkları birbirinden farklı dört bezayağı ve türevi perdelik kumaşların üretilmesi ile başlamıştır. Bu kumaşlar, akrilik bazlı patlar kullanılarak kaplanmıştır. Kaplama patları, eşit viskoziteye ve eşit katı madde oranına sahip olup akrilik oranları değiştirilerek oluşturulmuştur. İTKİB İTA Eğitim Araştırma ve Danışmanlık Merkezi' nde, kumaşlar ve patlar kullanılarak, laboratuar şartlarında

havada rakle ile kaplama yöntemiyle dört farklı kumaş ve üç farklı kaplama maddesinin eşleştirilmiş, toplam 12 adet kaplanmış numune elde edilmiştir. Kaplama sonrasında numuneler fikse ve kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kondisyonlama şartlarında bekletilen ham kumaş ve kaplanmış kumaş numunelerinin sırasıyla ses yutum katsayısı, kopma mukavemeti, su geçirmezlik ve hava geçirgenliği değerleri ölçümlenmiştir. Ölçüm sonuçları, Design Expert paket programı ile istatistiksel açıdan incelenmiş, ANOVA tablosu ve regresyon eşitlikleri bulunarak hangi faktörlerin test değerlerini etkilediği tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra ham ve kaplama sonrası oluşan yüzeyler Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile görüntülenmiştir. Test sonuçları ve yüzey görüntülerinden yola çıkılarak numunelerde akrilik oranının değişimi ile kumaş özelliklerinde meydana gelen varyasyonlar gözlemlenmiştir. Aşağıda sırasıyla yapılan testler ile elde edilen değerler hakkında sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.2.1. Ses Yutum Katsayısı

Ham ve kaplanmış numunelerin ses yutum katsayısı değerleri kumaşların hem kaplanmış ön yüzlerinden hem de kaplanmamış arka yüzlerinden ölçümlenmiştir. Ses yutum katsayısı ölçümünde kullanılan yankılanma odası ile ölçüm metodu yüksek maliyetli ve tekrarlanabilir sonuçlar çıkmadığından tercih edilmemiş; empedans tüp ile ölçüm metodu kullanılmıştır. Bu metod da ölçüm tüpü genişliğinde ayarlanan kumaş, tüpün bir ucuna yerleştirilerek diğer ucundan ses dalgalarının gönderilmesi ve geri yansıyan ses dalgalarının ölçümlenmesi ile sonuç elde edilir. Bu yöntemle 100 Hz ile 1600 Hz frekans aralığındaki ses yutum katsayısı değerleri incelenmiştir. Ses yutum katsayısı ile ilgili değerlendirmeler şunlardır;

- Kaplanmış kumaşların ses yutum katsayısı kaplanmamış durumlarına göre artış göstermektedir.
- Akrilik kaplama materyalinin kumaş yüzeyine uygulanması sonucunda oluşan viyol yapı sesin düzensiz olarak dağılmasına ve yutum özelliğinin artmasına sebep olmaktadır.
- Kaplama materyali içindeki akrilik oranı artırıldığında, ses yutum katsayısı bir sınıra kadar artış göstermiş, bu sınırdan sonra değerlerin düştüğü gözlenmiştir. Bu durum, akrilik kaplama materyalinin bir sınırdan sonra yüzeyinin rijitleşmesi ve yüzeyi

daha pürüzsüz, düz hale getirmesiyle sesi yutmaktan ziyade yansıtmaya başladığını göstermektedir.

- Kumaş konstrüksiyonun daha sıkı olduğu yapılarda, uygulanan kaplama malzemesinin ses yutum değerlerine etkisi daha az iken, kumaş yapısının gevşek olduğu yapılarda etkinin daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.
- Kumaş ön yüzleri kaplama yapılmasından dolayı arka yüzlerine göre daha yüksek ses yutum değeri göstermekte, bu da akrilik malzemesinin ses yutumuna katkı sağladığını göstermektedir.
- Perdelik kumaşların, yutum özelliğinin yüksek olmasından dolayı iç mekanlarda kullanımının avantaj sağlayacağı düşünülmekte, yutum özelliğinin düşük yansıtma özelliğinin yüksek olduğu kumaşların dış mekanlarda kullanılabileceği söylenebilmektedir. Kumaşların kullanımında, kaplama yönü sesin geldiği tarafa bakacak şekilde düzenlenmelidir.
- Kaplama yapılan kumaşların ses yutum etkinliği frekans arttıkça artış gösterdiğinden, bu yapıların gürültü düzeyi yüksek ortamlarda kullanılması önerilmektedir.

4.2.2. Kopma Mukavemeti

Ham ve kaplanmış numunelerin çözgü yönündeki ve atkı yönündeki kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde kaplama malzemesinin kopma mukavemetini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Kopma mukavemeti ile ilgili değerlendirmeler şunlardır;

- Kumaş yapıları dikkate alındığında daha sıkı kumaş yapısına sahip olanların daha yüksek kopma mukavemetine sahip olduğu görülmektedir.
- İplik sıklığının yüksek olduğu çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri, sıklığın daha düşük olduğu atkı yönündeki kopma mukavemeti değerlerine göre kaplama sonrası daha fazla düşüş göstermektedir.
- Kaplama malzemesi kopma mukavemeti değerlerinin azalmasına sebep olmuştur. Kaplama yapılan tüm kumaşların değerleri ham kumaş değerlerinin altında seyretmektedir. Kaplama malzemesindeki akrilik oranı yükseldikçe kopma mukavemeti değerleri düşme göstermektedir.
- Akrilik kaplama malzemesinin iplikler arasına girmesi ile çözgü ve atkı iplikleri arasındaki iplik – iplik sürtünmesinin azalması sebebiyle kopma mukavemeti

değerlerinin düştüğü söylenebilmektedir. (Bu durum kopma mukavemeti ile ilgili literatür kaynaklarıyla desteklenmiştir.)

4.2.3. Su Geçirmezlik

Ham kumaşların yapısı dikkate alındığında daha kapalı ve sık konstrüksiyonlu olanların su geçirmezlik değeri, daha gevşek konstrüksiyonlu olanlardan daha yüksek çıkmıştır. Kaplama malzemesindeki akrilik oranı artırıldığında bir sınıra kadar su geçirmezlik değerlerinde artış görülürken, bu sınırdan sonra azalma gözlenmektedir. Bu da akrilik malzemesi düşük miktarlarda iken boşlukları doldurarak su geçirmezlik değerini artırmasına rağmen yüksek miktarlara çıktığında kaplama malzemesinin yapısının rijit ve kırılgan hale gelmesinden dolayı su basıncına dayanımının düşmesi ile açıklanabilmektedir.

4.2.4. Hava Geçirgenliği

Kumaşlar ham halde iken hava geçirgenliği değerleri incelendiğinde daha sıkı yapılı olanların daha gevşek yapılılara göre daha düşük hava geçirgenliği değerine sahip olduğu görülmektedir. Kumaş yüzeyine kaplama yapılmasından sonra gevşek yapılı olan numunelerin hava geçirgenliği değerinde çok fazla düşme gözlenirken, daha sıkı yapıda olanların değerleri önemli bir değişim göstermemiştir. Bu durum, yapısında boşluk olan numunelerin gözeneklerinin akrilik materyali ile kapanması sonucu belirli bir sınıra kadar hava geçirgenliği değerlerinin düşme göstermesi, bu sınırdan sonra rijit ve kırılgan hale gelen akrilik kaplamanın hava basıncına dayanımının düşmesi ile yapıdaki gözeneklerin açılması ile açıklanabilmektedir.

4.3. Öneriler

Bu çalışma temel alınarak gelecekte yapılabilecek çalışmalar için aşağıdaki öneriler sırasıyla sunulmaktadır.

- Çalışmada kullanılan zemin kumaşları bezayağı ve türevlerinden elde edilmiştir. Perdelik kumaşların bir bölümünü oluşturan bu tür yapılar yerine saten ve türevleri, bunun yanında jakar sistemiyle üretilmiş farklı kumaşlar kullanılabilir.
- Çalışmada dairesel yapıya sahip polyester lifi kullanılarak kumaşlar üretilmiştir. Lif kesiti farklı, pamuk ve keten lifleri kullanılarak üretilmiş kumaşların yanında

polyester – viskon gibi karışımlardan yararlanılarak farklı konstrüksiyonlardaki yapılar oluşturulabilir.

- Çalışma kapsamında üretilen kumaşların lineer iplik yoğunlukları, sıklıkları ve kalınlıkları farklılaştırılarak yeni yapılar elde edilebilir.
- Kaplama materyali olarak endüstriyel alanda sıklıkla kullanılan akrilik maddesi seçilmiştir. Poliüretan ve polivinilklorür gibi farklı endüstriyel kaplama maddeleri seçilerek yeni yapılar oluşturulabilir.
- Kaplamada kullanılan akrilik oranı üç farklı miktarda tercih edilmiştir. Bu oranların farklılaştırılması, viskozite ve katı madde oranı gibi değerlerin değiştirilmesi ile farklı yapılara sahip kaplama malzemeleri üretilebilir.
- Kaplama yöntemi olarak havada rakle sistemi kullanılmıştır. Silindir üstü, blanket üstü gibi rakle kullanılan metodların yanında; sıcak eriyik ile kaplama ve kalandır ile kaplama yöntemleri, modern kaplama metodlarından sol-jel ile kaplama ve plazma ile kaplama yöntemleri de tercih edilebilir.
- Çalışmadaki kumaşlar sadece bir yüzü kaplanarak oluşturulmuştur. Kaplama kalınlıkları değiştirilerek ve her iki yüzü de kaplanarak farklı yapılar meydana getirilebilir.
- Çalışmada ses yutumu ölçümünde frekans aralıkları orta ve yüksek düzeyde seçilmiştir. Frekans aralıkları bu düzeyin altında ve üstünde seçilerek farklı gürültü seviyeleri için yalıtım özellikleri incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Karahan, N., Mangut, M., 2011. Tekstil Lifleri, Ekin Basım-Yayın-Dağıtım, Bursa, 309 s.

2. Saurer AG, 2010. The Fiber Year 2009/2010, A World Survey on Textile and Nonwovens Industry, Issue 10.

3. Demiryürek, O., 2009. Polyester/Viskon Karışımlı Open-End Rotor İplik Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları ve İstatistiksel Modeller Kurularak Tahmin Edilmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimlri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 243 s.

4. Tiyek, İ., Bozdoğan, F., 2008. Poliakrilonitril lif üretiminde koagülasyon banyo sıcaklığının lif içyapısına etkisinin geniş açı X-ışınları difraksiyonu ile incelenmesi, **Tekstil ve Konfeksiyon, 2/2008**, 114-120.

5. Bulut, Y., Sülar, V., 2008. Kaplama veya laminasyon teknikleri ile üretilen kumaşların genel özellikleri ve performans testleri, **Tekstil ve Mühendis, 15** (70-71): 5-16.

6. Asker, Ğ., Balcı, O., Topçal, F., 2011. Kaplama ve emdirme aplikasyon yöntemlerinin kombinasyonu ile üretilen melez kumaşların performans özelliklerinin incelenmesi, **Tekstil ve Mühendis, 18** (82): 6-18.

7. Öner, E., 2009. Tekstilde kaplama. http://www.uzaktanegitimplatformu.com.

8. Bulut, Y., 2010. Kaplamalı Giysilik Kumaşların Mekanik Özellikleri, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 110 s.

9. Balcı, O., Çaylan, Ö., Can, N., 2011. Silindir üstü bıçak yöntemi kullanılarak yapılan tek yüz kaplama işlemini etkileyen proses parametrelerinin incelenmesi, **Tekstil ve Mühendis, 18** (84): 15-22.

10. Havada rakle, http://www.com2-c.de/en/product-development/why-coatings /coating-methods/doctor-blade.

11. Çinçik, E., 2012. Kaplama ve laminasyon teknolojisi ders notları, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

12. Gravür kaplama, http://www.tciinc.com/Capabilities.aspx.

13. Extrusion coating, http://www.idspackaging.com/common/paper/Paper_312/ Peelable%20Sealant%20Technology.htm.

14. Powder coating, http://www.rapidcoat.com/carpet-backing-process.php.

15. Iqbal, K., 2010. Study of Rheological Behaviour of Coating Paste Containing Conductive Polymer Complex, The University of Boras, Master Thesis in Textile Technology, Sweden, 73 p.

16. Transfer coating, http://packaging-technology.org/66-coating-equipment.html.

17. Celep, Ş., 2007. Nanoteknoloji ve Tekstilde Uygulama Alanları, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 182 s.

18. Küçükali, M., 2010. Akustik Özellikleri Geliştirilmiş Örme Kumaşlar, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 118 s.

19. URSA Insulation, 2011. Ses Yalıtımının Temelleri, Madrid.

20. Yumşak, M., 2010. Farklı Fiziksel Özelliklere Sahip Dokusuz Kumaşların Ses Yutum Kabiliyetlerinin İncelenmesi, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 81 s.

21. Li, J., 2007. A study on the relationship between the thickness of nonwoven and its sound absorption capability, **Modern Applied Science, 1** (4): 74-76.

22. Viyol yapılı ses yalıtım ürünleri, http://foamyalitim.com/urunler/akustik-ses-yalitimi-urunleri.html.

23. Piramit yapılı ses yalıtım ürünleri, http://www.akustiksesyalitimi.net/piramit-ses yalitim-sungerleri.html.

24. Akustik yalıtım ürünleri, http://akustiksessistemleri.com/akustik-yumurtasunger. html.

25. Honarvar, M. G., Jeddi, A. A. A., Tehran, M.A.,2010. Noise absorption modeling of rib knitted fabrics, **Textile Research Journal, 80** (14): 1392-1404.

26. Tascan, M., Vaughn E. A., 2008. Effects of total surface area and fabric density on the acoustical behavior of needlepunched nonwoven fabrics, **Textile Research Journal, 78** (4): 289-296.

27. Jayaraman, K., 2005. Acoustical Absorptive Properties Nonwovens, North Carolina State University, Textile Management And Technology, MSc Thesis, U.S.A..

28. Tascan, M., Vaughn, E. A., 2008. Effects of fiber denier, fiber cross-sectional shape and fabric density on acoustical behavior of vertically lapped nonwoven fabrics, **Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 3** (2): 32-38.

29. Yılmaz, D. N., 2009. Acoustic Properties Of Biodegrable Nonwovens, North Carolina State University, Textile Management And Technology, PhD Thesis, U.S.A., 314 p.

30. Seddeq, H. S., 2009. Factors influencing acoustic performance of sound absorptive materials, **Australian Journal of Basic and Applied Science, 3**(4): 4610-4617.

31. Coates, M., Kierzkowski, M., 2002. Acoustic textiles – lighter, thinner and more absorbent, Technical-Textiles-International.

32. Aydın, İ., 2008. Otomobillerde Kullanılan İzolasyon Malzemelerinin Emme Katsayılarının Ölçülmesi ve Uygun Malzeme Kalınlığının Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 70 s.

33. Öztürk, M. K., Nergis, B. U., Candan, C., 2010. Akustik özellikleri geliştirilmiş örme kumaş tasarımı, **Tekstil ve Mühendis, 17** (78): 15-19.

34. Kahriman, R., 2011. Elektron taramalı mikroskop, http://www2.aku.edu.tr/~hitit/DERSLER/BAHAR/MALZEME%20KARAKTERIZASYON%20TEKNIKLERI/TARAMALI%20ELEKTRON%20MIKROSKOBU[6].pdf.

35. Anonim, Elektron taramalı mikroskop, http://tr.scribd.com/doc/76074407/ELEKTRON-TARAMALIM%C4%B0KRO SKOP-SEM.

36. Büyükakıncı, Y., Sökmen, N., Küçük, H., 2011. Doğal elyaf karışımlı poliüretan kompozitlerin ses ve ısı yalıtım özelliklerinin incelenmesi, **Tekstil ve Konfeksiyon, 2/2011**: 124-132.

37. Moholkar, V. S., Warmoeskerken, M. C. G., 2003. Acoustical characteristics of textile materials, **Textile Research Journal, 73** (9): 827-837.

38. Yang, S., Yu, W., Pan, N., 2011. Investigation of the sound absorbing behaviour of fiber assemblies, **Textile Research Journal, 81** (7): 673-682.

39. Parikh, D. V., Chen, Y., Sun, L., 2007. Reducing automotive interior noise with natural fiber nonwoven floor covering systems, **Textile Research Journal, 76** (11): 813-820.

40. Shoshani, Y., Yakubov, Y., 1999. A model for calculating the noise absorption capacity of nonwoven fiber webs, **Textile Research Journal, 69** (7): 519-526.

41. Zwikker, C., and Kosten, C. W., 1949. Sound Absorbing Materials, Elsevier Pub. Comp., NY.

42. Liu, Y., Hu, H., 2010. Sound absorption behavior of knitted spacer fabrics, **Textile Research Journal**, 80 (18): 1949-1957.

43. Yang, S., Yu, W., Pan, N., 2010. Fractal approach to sound absorption behavior in nonwoven, International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, pp. 260-264.

44. Garai, M., Pompoli, F., 2005. A simple empirical model of polyester fibre materials for acoustical applications, **Applied Acoustics, 66** (2005): 1383-1398.

45. Mirjalili, S. A., Shahi, M. M., 2012. Investigation on the acoustic characteristics of multi-layer nonwoven structures. Part 1: multi-layer nonwoven structures with the simple configuration, **Fibres and Textiles in Eastern Europe, 3** (92): 73-77.

46. Shoshani, Y. K., 1991. Noise absorption by a combination of woven and nonwoven fabrics, **Journal of The Textile Institute, 82** (4): 500-503.

47. Mahmoud, A. A., Mahmoud G. E. I. E. R., 2011. Using nonwoven hollow fibers to improve cars interior acoustic properties, **Life Science Journal, 8** (1): 344-351.

48. Kosuge, K., Takayasu, A., Hori, T., 2005. Recyclable flame retardant nonwoven for sound absorption, **Journal of Materials Science, 40** (2005): 5399-5405.

49. Liu, X., Liu, J., Su, X., 2012. Simulation model for the absorption coefficients of double layered nonwovens, **Fibers and Textiles in Eastern Europe, 4** (93): 102-107.

50. Ersoy, S., Küçük, H., 2007. Investigation of industrial tea-leaf-fibre waste material for its sound absorption properties, **Applied Acoustics, 70** (2009): 215-220.

51. Ramis, J., Alba, J., Rey R. D., Escuder, E., Sanchis, V.J., 2009. New absorbent material acoustic based on kenaf's fibre, **Materiales de Construccion, 6** (299): 133-143.

52. Nick, A., Becker, U., Thoma, W., 2002. Improved acoustic behavior of interior parts of renewable resources in the automotive industry, **Journal of Polymers and the Environment, 10** (3): 115-118.

53. Kadem, F. D., Ergen, A., 2011. Investigation of some comfort properties of fabrics laminated with different types of membranes, **Tekstil ve Konfeksiyon, 4/2011**: 323-327.

54. Jiang, S. Q., Newton, E., Yuen, C.W.M., Kan, C. W., 2006. Chemical silver plating on cotton and polyester fabrics and its application on fabric design, **Textile Research Journal, 76** (1): 57-65.

55. Laing, R. M., MacRae, B. A., Wilson, C. A., Niven, B. E., 2011. Layering of fabrics in laboratory tests to reflect combinations as outdoor apparel, **Textile Research Journal, 81** (17): 1828-1842.

56. Armağan, O. G., 2007. Farklı Lif Tipleriyle Üretilen Lamine Kumaşların Performansının İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 108 s.

57. TS 251, Dokunmuş Kumaşlar – Birim Uzunluk ve Birim Alan Kütlesinin Tayini, www.tse.org.tr.

58. ISO 10534-2, 1998. Acoustics-Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-Part2: Transfer Function Method, www.iso.org.tr.

59. TS EN ISO 13934-1, Tekstil-Kumaşların Gerilme Özellikleri-Bölüm 1: En Büyük Kuvvetin ve En Büyük Kuvvet Altında Boyca Uzamanın Tayini-Şerit Metodu, www.tse.org.tr.

60. Kumaşlarda Kopma Mukavemetinin Tespiti, www.e-tex-lab.com.

61. TS 257 EN 20811, Tekstil Kumaşları-Su Geçirmezlik Tayini Hidrostatik Basınç Deneyi, www.tse.org.tr.

62. Kumaşlarda Su Geçirmezliğin Ölçülmesi (Hidrostatik Basınç Metoduyla), www.e-tex-lab.com.

63. TS 391 EN ISO 9237, Tekstil-Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini, www.tse.org.tr.

64. Tekstil Mamullerinde Hava Geçiregenliğinin Ölçülmesi, www.e-tex-lab.com.

65. Taylan, D., 2009. Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 75 s.

66. Anonim, Analysis of Variance/Multiple ANOVA, Ege Üniversitesi.

67. Anonim, Analysis of Variance, Yaşar Üniversitesi.

68. Montgomery, D. C., 2001. Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, 5 th Edition, United States of America, 697 p.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hüsnü AYDEMİR

Doğum Yeri : Merkez / DENİZLİ

Doğum Tarihi : 18/09/1982

Medeni Durumu : Evli

Adres : Bingöl Üniversitesi TBMYO Tekstil Tekn. Prg. BİNGÖL

E-Mail : (husnuaydemir@gmail.com) / (haydemir@bingol.edu.tr)

Tel : 0 505 801 80 35

EĞİTİM

1997-2000 Denizli Cumhuriyet Lisesi

2000-2004 Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fak. Tekstil Mühendisliği Bölümü

2010--- Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans

İŞ TECRÜBELERİ

2004-2006 Küçüker Tekstil A.Ş. Üretim Planlama Sorumlusu / DENİZLİ

2006-2008 Kımıl Tekstil A.Ş. Üretim Planlama Müdürü / DENİZLİ

2008-2009 Altınbaşak Tekstil A.Ş. Üretim ve Kalite Güvence Şefi / DENİZLİ

2009--- Bingöl Üniversitesi TBMYO Tekstil Teknolojisi Prg. Öğretim Görevlisi

YABANCI DİL

İngilizce