



**POLYESTER DOKUMA KUMAŞLARIN AKUSTİK ÖZELLİKLERİ İLE  
GÖZENEKLİLİK VE GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**DİLEK ALTINTAŞ AKAY**

**Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi  
Danışman: Prof. Dr. Levent ÖNAL  
2022**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**POLYESTER DOKUMA KUMAŞLARIN AKUSTİK ÖZELLİKLERİ İLE  
GÖZENEKLİLİK VE GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**DİLEK ALTINTAŞ AKAY**

**ORCID: 0000-0001-5642-0600**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Danışman: Prof. Dr. Levent ÖNAL**

**TEMMUZ-2022**  
**Her hakkı saklıdır.**

## ÖZET

# POLYESTER DOKUMA KUMAŞLARIN AKUSTİK ÖZELLİKLERİ İLE GÖZENEKLİLİK VE GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASI

Dilek ALTINTAŞ AKAY

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Levent ÖNAL

Bu çalışmada farklı lif enine kesit şekline sahip polyester (PET) filament iplikler kullanılarak farklı doku ve atkı sıklıklarında dokuma kumaşlar üretilmiştir. İplik lif enine kesit şekli, kumaş doku ve atkı sıklığındaki değişimin kumaşların yapısal (gramaj, sıklık, kalınlık, gözeneklilik), geçirgenlik ve akustik özelliklerine etkisi ile aralarındaki ilişki incelenmiştir. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilerek faktörler arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Bu amaçla; çalışma kapsamında aynı üretim teknolojisine ancak farklı lif enine kesit şekline sahip üç adet filament polyester iplik kullanılarak üç farklı doku ve iki farklı atkı sıklığı ile 18 adet kumaş numunesi üretilmiştir. Kumaş numunelerinin gramaj, kalınlık, kopma mukavemeti, hava geçirgenliği, ses yutum katsayısı, ses iletim kaybı özellikleri test edilmiştir. Kumaş gözeneklilik ve örtme faktörü değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca farklı yapıdaki dokuma kumaş numunelerinin yapısal ve mekanik özelliklerini incelemek için SiroFAST testleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve değerlendirilen bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki istatistiksel yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Sonuçlar iplik lif enine kesit şekli, dokuma kumaş doku tipi ve atkı sıklığı özelliklerindeki değişimin kumaş yapısal ve akustik özelliklerini etkilediğini ortaya koymuştur. Dokuma kumaş yapılarının akustik özellikleri dikkate alındığında, ölçüm frekansı arttıkça ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı değerlerinin de arttığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Lif Kesit, Ses Yutum Katsayısı, Ses İletim Kaybı, Hava Geçirgenliği, Gözeneklilik, SiroFAST.

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ACOUSTIC PROPERTIES AND POROSITY /PERMEABILITY PROPERTIES OF POLYESTER WOVEN FABRICS**

Dilek ALTINTAS AKAY

Department of Textile Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Levent ONAL

In this study, woven fabrics with different weaves and weft densities were produced by using polyester (PET) filament yarns with different fiber cross-sections. The effects of different yarn fiber cross-section, fabric weave and weft density on the structural (weight, density, thickness, porosity), permeability and acoustic properties of fabrics and the relationship between them were investigated. The results were evaluated statistically and the relationship between the factors was analyzed. For this purpose; 18 fabric samples were produced with three different weave types and two different weft densities, using three filament polyester yarns that were produced with the same production technology but in different fiber cross-sections within the scope of the study. The weight, thickness, tensile strength, air permeability, sound absorption coefficient and sound transmission loss properties of the fabric samples were tested. Fabric porosity and cover factor values were calculated. In addition, SiroFAST tests were carried out to examine the structural and mechanical properties of woven fabric samples of different structures. The relationship between the results and the evaluated dependent and independent variables were examined using statistical methods. The results revealed that the changes in yarn fiber cross-section type, fabric weave type and weft density properties affect fabric structural and acoustic properties. Considering the acoustic test results, it is found that the sound absorption coefficient and sound transmission loss values increased as the measurement frequency increased.

**Keywords:** Fiber Cross Section, Sound Absorption Coefficient, Sound Transmission Loss, Air Permeability, Porosity, SiroFAST.

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xv</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Literatür Özeti .....	3
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	47
<b>2. MATERYAL ve METOT</b> .....	<b>48</b>
2.1. Materyal .....	48
2.1.1. İplik Özellikleri .....	48
2.1.2. Kumaş Özellikleri .....	50
2.2. Metot .....	52
2.2.1. İplik Testleri .....	53
2.2.1.1. İplik Numara Testi .....	53
2.2.1.2. İplik Mukavemet Testi .....	54
2.2.2. Dokuma ve Ham Kumaş Kalite Kontrol İşlemi .....	54
2.2.3. Boya ve Apre İşlemleri .....	56
2.2.4. Mamul Kumaş Kalite Kontrol İşlemi .....	57
2.2.5. Ham ve Mamul Gramaj (Alansal Yoğunluk) Ölçümü .....	57
2.2.6. Ham ve Mamul Atkı ve Çözümlü Sıklık Ölçümü .....	58
2.2.7. Kumaş Kalınlık Ölçümü .....	59
2.2.8. Kumaş Kopma Mukavemeti Testi .....	60
2.2.9. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Stereo Mikroskop .....	61
2.2.10. Kumaş Gözeneklilik Hesaplaması .....	62
2.2.11. Kumaş Örtme Faktörü Hesaplaması .....	62
2.2.12. Hava Geçirgenliği Testi .....	63
2.2.13. Ses Yutum Katsayısı ve Ses İletim Kaybı Testi ve Test Cihazı .....	64

2.2.14.SiroFAST Ölçümleri .....	66
2.2.15.İstatiksel Analiz.....	70
2.2.15.1. Regresyon Analizi .....	70
2.2.15.2. Varyans Analizi (ANOVA).....	70
<b>3. BULGULAR .....</b>	<b>71</b>
3.1. İplik Numara ve Mukavemet Ölçüm Sonuçları .....	71
3.2. Ham ve Mamul Kumaş Gramaj ve Sıklık Ölçüm Sonuçları.....	72
3.2.1. Ham ve Mamul Kumaş Gramaj .....	72
3.2.2. Ham ve Mamul Kumaş Atkı ve Çözgü Sıklığı .....	72
3.3. Mamul Kumaş Kalınlık Ölçüm Sonuçları .....	73
3.4. Mamul Kumaş Kopma Mukavemeti Test Sonuçları.....	74
3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Stereo Mikroskop Görüntüleri.....	74
3.6. Kumaş Gözeneklilik Değerleri.....	77
3.7. Kumaş Örtme Faktörü Değerleri.....	78
3.8. Hava Geçirgenliği Test Sonuçları .....	79
3.9. Ses Yutum Katsayısı ve Ses İletim Kaybı Ölçüm Sonuçları .....	80
3.10.SiroFAST Ölçüm Değerleri .....	83
<b>4. DEĞERLENDİRMELER .....</b>	<b>84</b>
4.1. İplik Numara ve Mukavemet .....	84
4.2. Ham ve Mamul Kumaş Gramajı .....	86
4.3. Ham ve Mamul Kumaş Sıklıkları .....	87
4.4. Mamul Kumaş Kalınlık.....	87
4.5. Mamul Kumaş Kopma Mukavemeti.....	89
4.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Stereo Mikroskop .....	93
4.7. Gözeneklilik .....	93
4.8. Kumaş Örtme Faktörü.....	94
4.9. Hava Geçirgenliği .....	95
4.10.Ses Yutum Katsayısı ve Ses İletim Kaybı.....	101
4.10.1. Ses Yutum Katsayısı .....	101
4.10.2. Ses İletim Kaybı .....	110
4.11.SiroFAST .....	118
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>123</b>
5.1. Sonuçlar .....	123

5.2. Öneriler .....	126
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>128</b>



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünyada 1975-2020 yılları arası toplam ve kimyasal lif üretim miktarları ve oranları (Statista, 2021) .....	6
Çizelge 1.2. Oktav bantları (1/1 ve 1/3) frekans aralıkları .....	20
Çizelge 1.3. Frekans aralıklarına göre sesin algılanması (Özkal, 2019) .....	21
Çizelge 1.4. Gürültü şiddetinin insan vücuduna etkileri (Çakır, 2020).....	22
Çizelge 1.5. Bazı ses kaynaklarının desibel (dB) değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011) .....	23
Çizelge 1.6. Farklı yapı malzemelerinin ses yutum katsayıları (Küçükali, 2010).....	25
Çizelge 2.1. Tedarik edilen ipliklerin teknik özellikleri .....	48
Çizelge 2.2. Kumaş kodları ve tasarlanan yapısal özellikleri.....	50
Çizelge 2.3. Dokuma işlemi için kumaş konstrüksiyon özellikleri .....	54
Çizelge 2.4.Kontinü yıkama ve kurutma işlem özellikleri .....	57
Çizelge 3.1. İplik test değerleri.....	71
Çizelge 3.2. Kumaş örgüsü ve sıklık bazında ham ve mamul kumaş gramaj değerleri .....	72
Çizelge 3.3. Kumaşların tezgâha girilen, ham ve mamul olarak ölçülen çözgü ve atkı sıklık değerleri.....	73
Çizelge 3.4. Kumaş örgüsü bazında mamul kumaş kalınlık ölçüm değerleri .....	73
Çizelge 3.5. Atkı ve çözgü ortalama kopma mukavemeti ve uzaması test sonuçları.....	74
Çizelge 3.6. Hesaplanan kumaş yoğunluk ve gözeneklilik değerleri .....	78
Çizelge 3.7. Hesaplanan kumaş örtme faktörü değerleri.....	79
Çizelge 3.8. Hava geçirgenliği test sonuçları .....	80
Çizelge 3.9. 1/3 oktav bandında farklı frekanslarda yapılan ses yutum katsayısı ölçüm sonuçları .....	81
Çizelge 3.10. 1/3 oktav bandında farklı frekanslarda yapılan ses iletim kaybı ölçüm sonuçları .....	82
Çizelge 3.11. SiroFAST 1-2-3 ölçüm sonuçları .....	83
Çizelge 4.1. Kumaş kalınlığı ANOVA sonuçları .....	89



Çizelge 4.2. Örgü yapısına göre hava geçirgenliği ANOVA sonuçları .....	98
Çizelge 4.3. Atkı sıklığı ve lif enine kesit şekline göre hava geçirgenliği ANOVA sonuçları	99
Çizelge 4.4. Kumaş atkı örtme faktörüne göre hava geçirgenliği ANOVA sonuçları .....	101
Çizelge 4.5. Kumaş gözenekliliğine göre hava geçirgenliği ANOVA sonuçları .....	101
Çizelge 4.6. W-R lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses yutum katsayısı değişim oranları .....	105
Çizelge 4.7. W-H lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses yutum katsayısı değişim oranları .....	105
Çizelge 4.8. R-H lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses yutum katsayısı değişim oranları .....	106
Çizelge 4.9. Kumaş ses yutum katsayısı için genel doğrusal ANOVA tablosu .....	107
Çizelge 4.10. W-R lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses iletim kaybı değişim oranları .....	114
Çizelge 4.11. W-H lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses iletim kaybı değişim oranları .....	114
Çizelge 4.12. R-H lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses iletim kaybı değişim oranları .....	115
Çizelge 4.13. Kumaş ses iletim kaybı için genel doğrusal ANOVA tablosu .....	115

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Dünyada kişi başına düşen lif üretim miktarı (kg) (Textile Exchange, 2021) .....	3
Şekil 1.2. Yıllar bazında dünya lif üretim miktarlarının değişimi (Textile Exchange, 2021) ....	4
Şekil 1.3. 2020 yılı dünyada lif tipine göre lif üretim miktarları ve oranları (milyon ton + %) (Textile Exchange, 2021) .....	5
Şekil 1.4. Polyester erişiğinin elde edilmesi (Demiryürek, 2004) .....	7
Şekil 1.5. Eriyikten lif çekme yöntemi aşamaları (Bansal ve Ralchurkan, 2016).....	8
Şekil 1.6. Yuvarlak enine kesitli polyester lifinin (a)enine, (b)boyuna kesit görüntüsü (Uysaltürk, 2013).....	8
Şekil 1.7. Farklı lif enine kesit yapıları (Özkan, 2008) .....	9
Şekil 1.8. Farklı düze delik şekline sahip filament ipliklerin enine kesit SEM görüntüleri (Behara ve Singh, 2014).....	12
Şekil 1.9. Farklı enine kesit şekline sahip liflerin SEM görüntüleri (Omeroglu, Karaca ve Becerir, 2010).....	13
Şekil 1.10. Üretilen polyester ipliklerin enine kesit SEM görüntüleri (x1000 büyütme) (Toydemir ve Vatansever Bayramol, 2021) .....	14
Şekil 1.11. Ses iletimi (Süvari, 2021).....	18
Şekil 1.12. Dalga boyu (Çakır, 2020).....	18
Şekil 1.13. Basit harmonik ses dalgası (Baktır, 2018).....	18
Şekil 1.14. Oktav bandı, a) 1/1 Oktav filtreleme, b) 1/3 filtreleme (Taş, 2010) .....	20
Şekil 1.15. Ses yalıtımı ve ses yutumu (Kaya, 2016).....	24
Şekil 1.16. Ses enerjisinin dönüşümü (Özkal, 2019).....	25
Şekil 1.17. Yankılanma Odası (Koruk, 2021) .....	30
Şekil 1.18. a) Tek tüplü empedans tüpü kiti, b) İki tüplü empedans tüpü kiti (Uzundağ ve Tandoğan, 2013).....	30
Şekil 1.19. Empedans Tüpü Ses Yutum Ölçüm Düzeneği (Uzundağ ve Tandoğan, 2013) .....	31
Şekil 1.20. Empedans Tüplerinde Kullanılan Farklı Çaplardaki Tüpler (Uzundağ ve Tandoğan, 2013).....	31
Şekil 1.21. Empedans Tüpü Ses İletim Kaybı Ölçüm Düzeneği (Uzundağ ve Tandoğan, 2013) .....	31

Şekil 2.1. İplik enine kesitleri a) Beş kanallı-W(POLY-Cool®) kesit, b) Yuvarlak (R) kesit, c) Yuvarlak içi boş (H) kesit.....	49
Şekil 2.2. Kumaş armürleri-kumaş önyüz desenleri; (a1)-(a2) iki kat petek, (b1)-(b2) iki kat sepet, (c1)-(c2) üç kat bezayağı <sup>1</sup> .....	51
Şekil 2.3. Kumaş doku görselleri (a) iki kat petek, (b) iki kat sepet, (c) üç kat bezayağı.....	52
Şekil 2.4. Kumaş çalışma iş akış şeması .....	52
Şekil 2.5. Textest marka iplik numara çıkırığı .....	53
Şekil 2.6. a) Satorius marka hassas terazi, b) Mesdan-Lab numara analiz sistemi .....	53
Şekil 2.7. Uster Tensorapid 4 iplik mukavemet test cihazı .....	54
Şekil 2.8. Karl Mayer tamburlu numune çözgü çekme makinası.....	55
Şekil 2.9. Picanol Gamma kancalı dokuma makinası .....	55
Şekil 2.10. Ham kumaş ham kalite kontrol makinası .....	56
Şekil 2.11. Küsters kontinü yıkama makinası .....	56
Şekil 2.12. Monforts Montex ram makinası.....	57
Şekil 2.13. (a) Gramaj alma aleti, (b) Hassas terazi, (c) Gramaj kumaş numunesi.....	58
Şekil 2.14. Lup ile sıklık sayımı .....	59
Şekil 2.15. Hans Schmidt kumaş kalınlık ölçüm cihazı .....	59
Şekil 2.16. Tinius Olsen - Hounsfield H1KS kopma mukavemeti test cihazı, kontrol ünitesi ve QMAT yazılımı .....	60
Şekil 2.17. Kopma mukavemeti numune alma planı.....	61
Şekil 2.18. FEI QUANTUM FEG 250 marka taramalı elektron mikroskobu (SEM).....	61
Şekil 2.19. LEICA M50 stereo mikroskop .....	62
Şekil 2.20. Prowhite Airtest II hava geçirgenliği test cihazı .....	64
Şekil 2.21. Empedans tüpü ses yutum katsayısı ölçüm düzeneği.....	64
Şekil 2.22. Empedans tüpü ses iletim kaybı ölçüm düzeneği.....	65
Şekil 2.23. Empedans tüpü ses iletim kaybı test düzeneği .....	65
Şekil 2.24. SiroFAST kumaş mekanik özellik ölçüm aletleri serisi (AbouNassfi, 2015) .....	66
Şekil 2.25. SiroFAST-1 kumaş sıkıştırma/kalınlık ölçüm mekanizması (Üçgül, 2019) .....	67

Şekil 2.26. SiroFAST-2 kumaş eğilme uzunluğu ölçüm mekanizması (De Boos ve Tester, 1994)	67
Şekil 2.27. SiroFAST-3 kumaş uzama ölçüm mekanizması (Üçgül, 2019)	68
Şekil 2.28. SiroFAST kontrol tablosu	69
Şekil 3.1. PH45 kodlu kumaşın (a) x150 büyütme, (b) x250 büyütme, (c) x500 büyütme, (d) x1000 büyütme SEM görüntüleri	75
Şekil 3.2. SW45 kodlu kumaşın (a) x150 büyütme, (b) x250 büyütme, (c) x500 büyütme, (d) x1000 büyütme SEM görüntüleri	75
Şekil 3.3. BR45 kodlu kumaşın (a) x150 büyütme, (b) x250 büyütme, (c) x500 büyütme, (d) x1000 büyütme SEM görüntüleri	76
Şekil 3.4. PH45 kodlu kumaşın (a) x10 büyütme, (b) x25 büyütme, (c)40 büyütme ile PH38 kodlu kumaşın (d) x10 büyütme, (e) x25 büyütme, (f)40 büyütme yüzey görüntüleri	76
Şekil 3.5. SW45 kodlu kumaşın (a) x10 büyütme, (b) x25 büyütme, (c)40 büyütme ile SW38 kodlu kumaşın (d) x10 büyütme, (e) x25 büyütme, (f)40 büyütme yüzey görüntüleri	77
Şekil 3.6. BR45 kodlu kumaşın (a) x10 büyütme, (b) x25 büyütme, (c)40 büyütme ile BR38 kodlu kumaşın (d) x10 büyütme, (e) x25 büyütme, (f)40 büyütme yüzey görüntüleri	77
Şekil 4.1. İplik test sonuçları, iplik numara ve kopma kuvveti değişimi	84
Şekil 4.2. İplik test sonuçları, iplik kopma uzaması ve mukavemet değişimi	85
Şekil 4.3. Kumaş tipine göre ham kumaş gramaj değişimi	86
Şekil 4.4. Kumaş tipine göre mamul kumaş gramaj değişimi	87
Şekil 4.5. Kumaş kalınlık değerleri değişimi	88
Şekil 4.6. Lif enine kesit şekline bağlı kumaş çözgü kopma mukavemet değerleri değişimi	89
Şekil 4.7. Lif enine kesit şekline bağlı kumaş atkı kopma mukavemet değerleri değişimi	90
Şekil 4.8. Kumaş çözgü kopma kuvveti ile iplik kopma kuvveti arasındaki uygun çizgi grafiği	90
Şekil 4.9. Kumaş atkı kopma kuvveti ile iplik kopma kuvveti arasındaki uygun çizgi grafiği	91
Şekil 4.10. Lif enine kesit şekline bağlı kumaş çözgü ve atkı kopma uzaması değerleri değişimi	91
Şekil 4.11. Kumaş çözgü kopma uzaması ile iplik kopma uzaması arasındaki uygun çizgi grafiği	92
Şekil 4.12. Kumaş atkı kopma uzaması ile iplik kopma uzaması arasındaki uygun çizgi grafiği	92

Şekil 4.13. Farklı lif enine kesit şekillerinin SEM analizleri .....	93
Şekil 4.14. Kumaş gözeneklilik değerleri değişimi .....	94
Şekil 4.15. Kumaş atkı örtme faktörü değerleri değişimi.....	95
Şekil 4.16. Örgü yapısına göre hava geçirgenliği değerlerinin değişimi.....	95
Şekil 4.17. Kumaş ön yüzü hava geçirgenliğinin atkı sıklığı ve lif enine kesitine göre değişimi .....	96
Şekil 4.18. Kumaş arka yüzü hava geçirgenliğinin atkı sıklığı ve lif enine kesitine göre değişimi .....	97
Şekil 4.19. Hava geçirgenliği ana etkiler grafiği .....	98
Şekil 4.20. Kumaş hava geçirgenliği ile gözeneklilik oranı ve atkı örtme faktörü arasındaki ilişki .....	99
Şekil 4.21. Kumaş örgü yapısı bazında kumaş gözeneklilik ve hava geçirgenliği ilişkisi, (a) petek, (b) sepet, (c) bezayağı .....	100
Şekil 4.22. Lif enine kesit şekline göre ses yutum katsayısı değişimi, a) Petek örgü 45 atkı sıklığı, b) Petek örgü 38 atkı sıklığı, c) Sepet örgü 45 atkı sıklığı, d) Sepet örgü 38 atkı sıklığı, e) Bezayağı örgü 45 atkı sıklığı, f) Bezayağı örgü 38 atkı sıklığı.....	102
Şekil 4.23. Örgüye göre ses yutum katsayısı değişimi, a) W lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, b) W lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı, c) R lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, d) R lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı, e) H lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, f) H lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı .....	103
Şekil 4.24. Lif enine kesit şekli ve atkı sıklığına göre ses yutum katsayısı değişimi, a) W lif enine kesit şekli 45 ve 38 atkı sıklığı, b) R lif enine kesit şekli 45 ve 38 atkı sıklığı, c) H lif enine kesit şekli 45 ve 38 atkı sıklığı.....	104
Şekil 4.25. Farklı frekans değerlerinde ses yutum katsayısı ile hava geçirgenliği ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz .....	108
Şekil 4.26. Farklı frekans değerlerinde ses yutum katsayısı ile gözeneklilik ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz.....	109
Şekil 4.27. Farklı frekans değerlerinde ses yutum katsayısı ile atkı örtme faktörü ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz .....	109
Şekil 4.28. Örgüye göre ses iletim kaybı değişimi, a) W lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, b) W lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı, c) R lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, d) R lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı, e) H lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, f) H lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı .....	111

Şekil 4.29. Lif enine kesit şekline göre ses iletim kaybı değişimi, a) Petek örgü 45 atkı sıklığı, b) Petek örgü 38 atkı sıklığı, c) Sepet örgü 45 atkı sıklığı, d) Sepet örgü 38 atkı sıklığı, e) Bezayağı örgü 45 atkı sıklığı, f) Bezayağı örgü 38 atkı sıklığı .....	112
Şekil 4.30. Lif enine kesit şekli ve atkı sıklığına göre ses iletim kaybı değişimi, a) W lif enine kesit şekli 45 ve 38 atkı sıklığı, b) R lif enine kesit şekli 45 ve 38 atkı sıklığı, c) H lif enine kesit şekli 45 ve 38 atkı sıklığı .....	113
Şekil 4.31. Farklı frekans değerlerinde ses iletim kaybı ile hava geçirgenliği ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz.....	116
Şekil 4.32. Farklı frekans değerlerinde ses iletim kaybı ile gözeneklilik ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz .....	117
Şekil 4.33. Farklı frekans değerlerinde ses iletim kaybı ile atkı örtme faktörü ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz.....	118
Şekil 4.34. Kumaş atkı ve çözgü şekillendirilebilirlik değerleri karşılaştırması .....	119
Şekil 4.35. Kumaş atkı çözgü uzama değerleri karşılaştırması .....	120
Şekil 4.36. Kumaş çözgü atkı eğilme rijitliği değerleri karşılaştırması .....	120
Şekil 4.37. Kumaş kesme rijitliği değerleri karşılaştırması.....	121
Şekil 4.38. Kumaş kalınlık karşılaştırması .....	122

## SİMGELER DİZİNİ

Am	İncelenen malzemenin yüzey alanı, m <sup>2</sup>
AR	Alıcı odanın eşdeğer yutum alanıdır, m <sup>2</sup>
°C	Derece Celsius
cm	Santimetre (uzunluk birimi)
cm <sup>2</sup>	Alan ölçü birimi
cN	Kopma kuvveti birimi
cN/tex	Kopma kuvvetinin iplik numarasına (lineer yoğunluğuna) oranı birimi
CV	Coefficient of Variation (Varyasyon katsayısı)
dB	Desibel
E <sub>i</sub>	Toplam Ses Enerjisi
E <sub>r</sub>	Yansıyan Ses Enerjisi
E <sub>α</sub>	Yutulan Ses Enerjisi
E <sub>t</sub>	İletilen Ses Enerjisi
f	Frekans
g	Gram (kütle birimi)
g/cm	Uzama birimi
g/cm <sup>2</sup>	Alansal Ağırlık birimi
g/cm <sup>3</sup>	Alansal Yoğunluk birimi
Hz	Hertz
K <sub>1</sub>	Atkı örtme faktörü
K <sub>2</sub>	Çözümlü örtme faktörü
K <sub>c</sub>	Kumaş örtme faktörü
kg	Kilogram (kütle birimi)
kHz	Kilohertz
log	Logaritma
LR	Alıcı odasındaki ortalama ses basıncı düzeyi, (dB)
LS	Kaynak odasındaki ortalama ses basıncı düzeyi, (dB)
m <sup>2</sup>	Alan birimi
m/s	Hız birimi
mm	Milimetre (uzunluk birimi)
mm/dk	Hız birimi

mm/s	Hız birimi
Nec	İngiliz Pamuk Numaralandırma Sistemi
Nm	Number metric
N/m	Newton metre birimi
P	Basınç
Pa	Pascal
P0	Referans Basınç
T	Periyot
TL	Ses İletim Kaybı
v	Dalga Yayılma Hızı
%	Yüzde simgesi
$\Phi$	Kumaş Gözenekliliği
$\lambda$	Dalga Boyu
$\mu\text{Nm}$	Micronewton metre birimi
$\sigma$	Standart sapma
$\alpha$	Ses Yutum Katsayısı



## KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	American Society for Testing and Materials
AT	Air Textured
ATY	Air Textured Yarn
B	Bezayağı örgü
C	Eğilme uzunluğu
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
EN	European Norm
FBD	Fabric Bulk Density
H	Hollow (Yuvarlak içi boş enine kesit)
HXNBR	Hydrogenated carboxyl nitrile rubber
ISO	International Organization for Standardization
M	Kumaş gramajı
MDI	Modifiye Polimerik
NAC	Noise absorption coefficient
NRC	Noise Reduction Coefficient
P	Petek örgü
PES	Polyester
PET	Polietilen Tereftalat
POY	Partially Oriented Yarn
R	Round (yuvarlak enine kesit)
S	Sepet örgü
SEM	Scanning Electron Microscope
SHHPF	Single-hole hollow polyester fiber
SiroFAST	Fabric Assurance by Simple Testing
TS	Türk Standardı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
W	Beş kanallı
YM	Yarı Mat
3D	Üç boyutlu
4DG	Deep-grooved

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim sürecimde bana aldığım dersler, bilgi ve becerileriyle çok büyük katkıda bulunan, tez aşamasında araştırma konumun belirlenmesi, planlanması, çalışmaların yürütülmesi ve değerlendirmesinde daima yanımda olan ve bana yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Levent ÖNAL' a teşekkür ederim. Çalışmada kullanılan ipliklerin tedarikini, numune kumaşların üretimini ve çalışma kapsamında belirlenen testlerin yapılmasını sağlayan ve hiçbir konuda katkılarını esirgemeyen CAN TEKSTİL ENTEGRE TESİSLERİ VE TARIM ÜRÜNLERİ SAN. TİC. A.Ő. firma yetkililerine, verdikleri destek ve sağladıkları işbirliğinden dolayı tüm proje ekibi arkadaşlarıma, beni yüksek lisans eğitimi için teşvik eden ve tez çalışmamı tamamlamamda daima manevi destek olan çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmam sırasında mikroskop analizleri için yardımını esirgemeyen Kale İplik San. ve Dış Tic. A.Ő. firmasına, kumaş fiziksel özelliklerinin incelenmesi için SiroFAST analizlerini gerçekleştirdiğim Yünsa Yünlü Sanayi ve Ticaret A.Ő. firmasına teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimimde beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, her daim maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen ve anlayış gösteren eşim Şerif AKAY ve biricik oğlum Deniz AKAY' a candan teşekkür ederim.

Dilek ALTINTAŞ AKAY

Tekstil Mühendisi

## 1. GİRİŞ

Hayatımızın her alanına giren tekstil ürünleri, ortam akustiğinin sağlanmasında da önemli bir yere sahiptir. Günlük yaşamımız sırasında teknolojinin gelişimi, sanayileşme, nüfus sayısının artması gibi sebeplerle birçok sese maruz kalırız. Yüksek sesli ortamlar ise insana rahatsızlık verici gürültünün kaynağıdır. Gürültünün meydana geldiği ortamdan diğer ortamlara geçişi sırasında şiddetini ve iletimini azaltmak adına farklı yapı ve özellikte akustik tekstil yüzeylerinin tasarımı ve kullanımı giderek artmaktadır. Gürültü seviyesinin azaltılmasında kullanılan malzemelerin en önemli özelliği gözenekli bir yapıya sahip olmalarıdır. Bu tür malzemeler yapılarındaki gözenek büyüklüğü, sayısı ile tipine bağlı olarak ses dalgalarını belli oranda yutmaktadır (Gelen, 2016). Akustik malzemelerde ses dalgalarının yutulması, gelen ses dalgasının malzeme yüzeyine teması ve yüzeyindeki hareketi ile malzeme içerisindeki hava boşluklarında gerçekleşmekte, gelen ses dalgaları sürtünmeye maruz kalmakta ve bu sebeple ses enerjisi ısı enerjisine dönüşmektedir (Aydemir, 2013). Buna bağlı olarak gelen ses dalgalarının enerjileri azalmaktadır. Gözenekli yapıları sebebiyle genellikle en iyi ses yutma özelliğine sahip olan malzemeler havlı, lifli, gözenekli/odacıklı veya yumuşak kauçuk malzemelerdir. Tekstil sektöründe mevcut ve/veya geliştirilen yüksek gözenekli yapıdaki köpük ile cam lifi, taş yünü gibi elyaf ve türevleri, iplik, kumaş (dokusuz yüzey, keçe, örme, dokuma), mikro fiber yapılar ve çok katmanlı kompozit ürünler ses yutma özelliklerinden dolayı akustikte önemli rol oynamaktadır (Devi, 2014; Li vd., 2019). Bir malzemenin ses yutum performansı kullanılan malzemenin gramajı, kalınlığı, hava geçirgenliği, yapısı, malzemeyi oluşturan iplik ve liflerin inceliği, kesiti, dağılımı, ham maddesi gibi birçok parametreye bağlıdır (Suvari ve Dulek, 2019). Ses yutum özelliği olan bir tekstil malzemesini seçerken, görünümü, akustik performansı, çevre ve fiyat şartları göz önünde bulundurulmalıdır. Akustik kumaşlar gerek dekoratif, estetik görünümleri ve rahat kullanımları gerekse gözenekli yapıları sebebiyle köpük, keçe, dokusuz yüzey gibi yalıtım ürünlerinin kaplanmasında, döşemelik ürünlerde, perde, otomotiv sektöründe yalıtım ve kaplama malzemesi olarak farklı alanlarda kullanılabilirlerdir.

Akustik tekstil yüzeyi olarak gözenekli bir yapıya sahip olmaları ve maliyet etkisi sebebiyle ağırlıklı non-woven/dokusuz yüzey kumaşlar tercih edilmektedir (Palak ve Karagüzel Kayaoğlu, 2019). Dokuma kumaşların kullanımı ise özellikle maliyeti nedeniyle daha sınırlıdır. Ancak dokuma kumaş yapılarının göz ardı edilemeyecek avantajları vardır (Mankodi ve Mistry, 2014):

- Çok çeşitli özelliklere sahip farklı ağırlık, hafiflik, gevşeklik ve yoğunlukta kumaşlar yapmak için farklı dokumalar ve yöntemler (armür, jakar, vb.) kullanılması,
- Dokuma makinelerinde doğaldan sentetiğe her türlü ipliğin dokunmasının mümkün olması,
- İyi gelişmiş bir yöntem olması,
- Kumaşlara kir tutmaz, su itici, güç tutuşur, vb. farklı özel apreler verilebilmesi.

Dünyada nüfusun hızla artması ve doğal kaynakların sınırlı olması sebebiyle tekstil sektöründe doğal lifler yerine sentetik liflerin üretimi ve kullanımı giderek artmış ve artmaya devam etmektedir. Sentetik liflerin üretimi sırasında lifin nihai kullanım amacına yönelik olarak lif enine kesit yapısı, inceliği, parlaklığı, hacimliliği gibi yapısal özelliklerinde değişiklikler yapılarak liflere farklı fonksiyonel özellikler kazandırılmaktadır. Sentetik lifler içerisinde üretim süreci ve maliyeti açısından tüketimi en fazla olan lif polietilen tereftalat (polyester) lifidir.

Bu çalışma kapsamında; farklı lif enine kesit (yuvarlak içi boş, yuvarlak, beş kanallı-W) yapısına sahip %100 filament polyester (PET) iplikler ile farklı örgü ve atkı sıklıklarında dokuma kumaş yapıları tasarlanmıştır. Böylece üç farklı lif enine kesitine sahip ipliklerden üç farklı örgü ve iki farklı atkı sıklığı ile on sekiz adet farklı özelliğe sahip kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. Aynı şartlar altında ve aynı bitim işlemleri uygulanarak üretilmiş mamul kumaşların yapısal özellikleri (gramaj, sıklık, kalınlık, kopma mukavemeti, gözeneklilik), hava geçirgenliği ile ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı değerleri ölçülmüştür. Kumaşlara SiroFAST testleri uygulanmıştır. Elde edilen değerler doğrultusunda farklı konstrüksiyonlarda dokunan kumaşların akustik özellikleri ile gözeneklilik ve geçirgenlik özellikleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

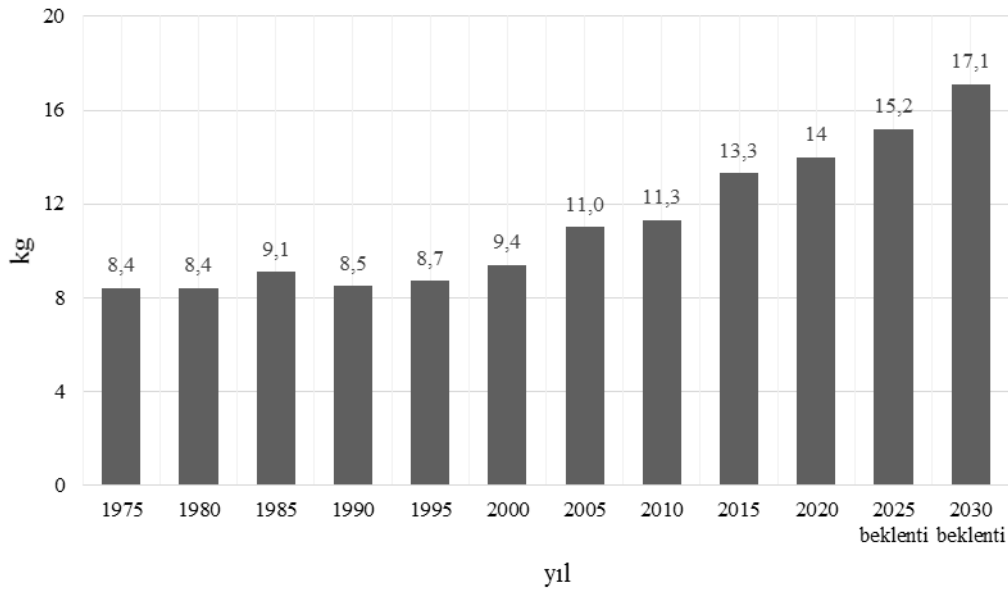
Yapılan analizler neticesinde lif enine kesit şeklinin, kumaş örgü yapısının ve kumaş sıklığının kumaş yapısal ve fonksiyonel özellikleri ile ses yutum özelliklerini etkilediği ortaya konmuştur. Geliştirilen dokuma kumaş yapılarının hava geçirgenliği değerleri ile ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı değerleri arasında ters bir ilişki olduğu, hava geçirgenliğinin artması ile ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Kumaşların 4000Hz ve üzeri yüksek frekanslarda ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı performansının arttığı tespit edilmiştir. Üretilen 2 ve 3 katlı dokuma kumaş yapıları yüksek ses

yutumu gerektiren farklı sektörlerde (sinema, tiyatro, ofis gibi iç mekânlar, otomotiv, vb.) mineral yünler ve köpük gibi yalıtım malzemelerinin üzerine kaplama veya döşeme kumaşı olarak kullanılabilir. Böylelikle tekstil sektörüne ses yutum özelliği olan farklı dokuma kumaş alternatifleri kazandırılmıştır.

### 1.1. Literatür Özeti

Lifler tekstil yüzeylerinin temelini oluşturan yapı taşlarıdır. Liflerin en genel sınıflandırması elde edildikleri kaynağa göre doğal ve yapay lifler şeklinde iki gruba ayrılarak yapılmaktadır (Yeşilbağ, 2011, MEB, 2019; Aydemir, 2013). Tekstilde ilk kullanılan lifler doğal kaynaklardan elde edilen (pamuk, keten, kenevir, yün) liflerdir. Dünyada insan nüfusunun artması, insanların refah ve kültür seviyelerinin yükselmesine bağlı olarak daha konforlu, kaliteli ve çeşitli yaşama, giyinme ihtiyaçlarının da artması sebebiyle kişi başına düşen lif tüketiminde çok hızlı bir artış olmuş ve doğal kaynaklar yetersiz kalmaya başlamıştır (Topal, 2006).

Şekil 1.1' de 1975-2020 yılları arasında dünyada kişi başına toplam lif üretim miktarları verilmiştir. Şekilde aynı zamanda 2025 ve 2030 yılı lif üretim beklentileri de görülmektedir.

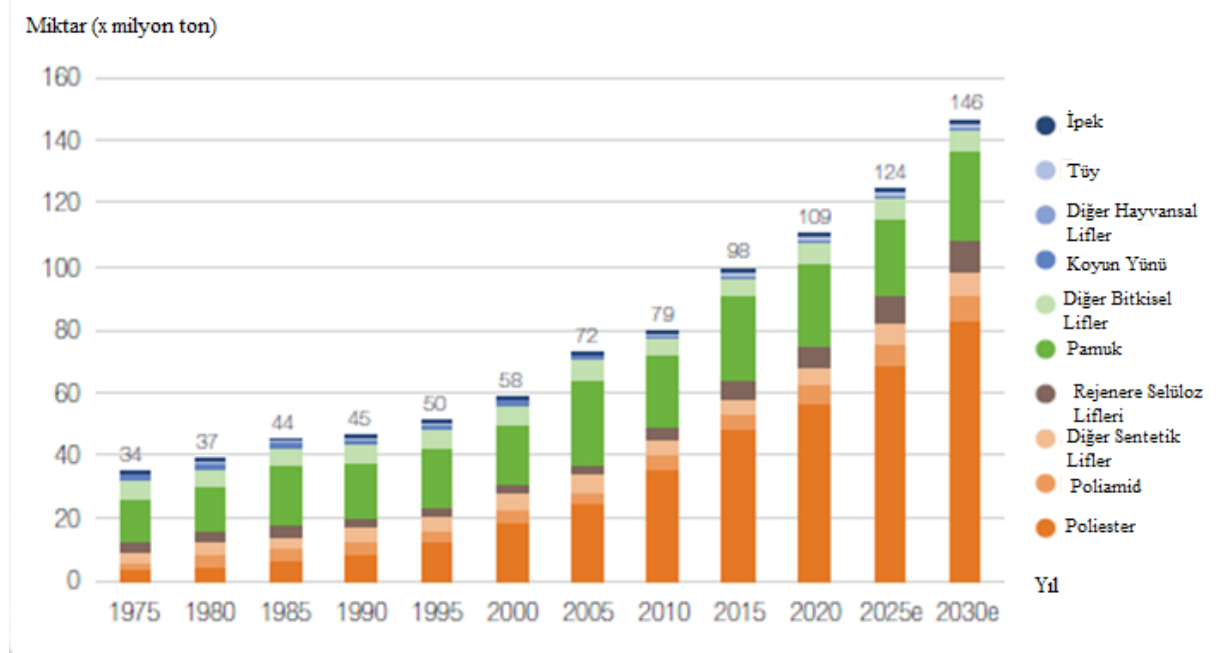


Şekil 1.1. Dünyada kişi başına düşen lif üretim miktarı (kg) (Textile Exchange, 2021)

1975 yılında dünya nüfusu 4.079.480 kişi ve kişi başına düşen lif üretim miktarı 8,4kg olarak gerçekleşmiştir. 25 yıl sonra 2000 yılına gelindiğinde dünya nüfusu %50,60 büyümeye ile

6.143.494 kişi iken kişi başına lif üretim miktarı %13,3 oranında bir artış ile 9,4kg olmuştur. 20 yıl gibi daha kısa bir süre sonra 2020 yılında dünya nüfusu %26,88 büyüme ile 7.794.799 kişiye yükselirken kişi başına lif üretim miktarı %48,9 oranında ciddi bir artış göstererek 14,0kg olarak gerçekleşmiştir. 2030 yılı beklentileri kişi başına düşen toplam lif üretim miktarındaki artışın devam edeceğini göstermektedir (Statista, 2021 United Nations ve Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019).

Doğal kaynaklardan elde edilen liflerin sınırlı kalması, insanların tüketim taleplerindeki artışı karşılayamaması gibi sebeplerle yapay liflerin üretimi artış göstermiştir. Yapay lifler; doğal polimerlerden fiziksel ve kimyasal yöntemlerle elde edilen rejenere lifler (viskon, cupra, asetat, kazein, kauçuk), hammaddesi sentez kaynaklı polimerlerden elde edilen sentetik lifler (polyamid, polyester, polyüretan) ve anorganik/yarı organik hammaddelerden elde edilen lifler (cam, metal, karbon) olarak üç gruba ayrılmaktadır (Aydemir, 2013).

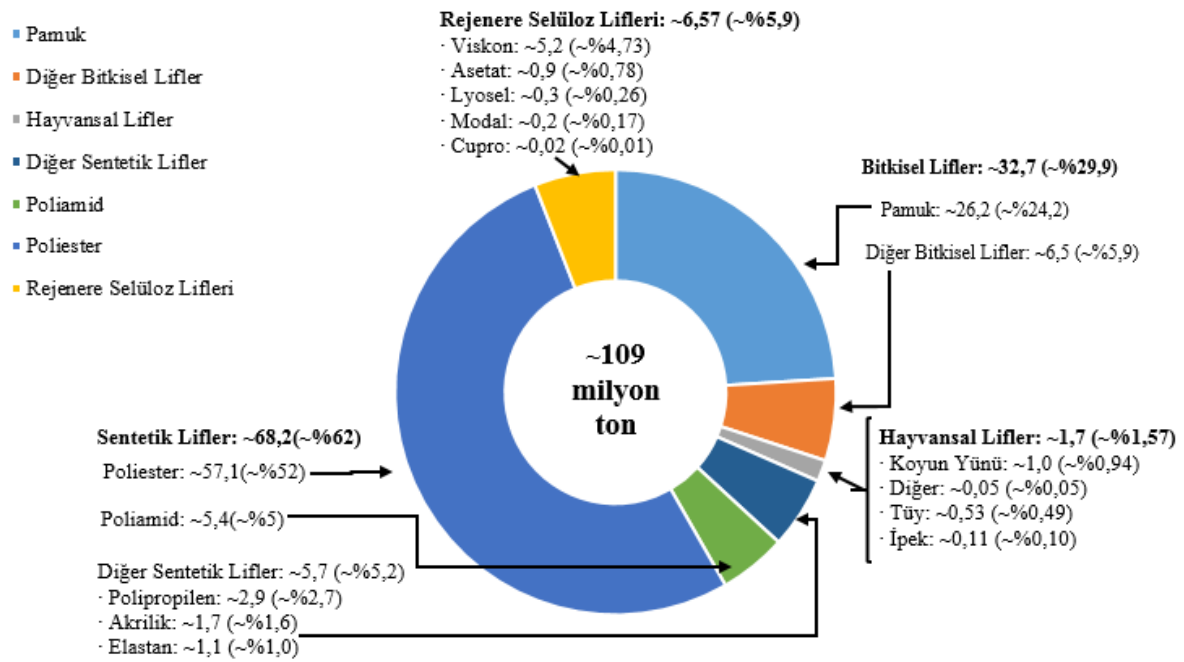


Şekil 1.2. Yıllar bazında dünya lif üretim miktarlarının değişimi (Textile Exchange, 2021)

Şekil 1.2' de elyaf tipi bazında yıllar içerisinde dünya lif üretim miktarındaki değişim verilmektedir. Toplam lif üretim miktarı 2000 yılında 58 milyon ton iken son 20 yılda %87,9 oranında artarak 2020 yılında 109 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2030 yılı beklentileri lif üretiminin %34 artış ile 146 milyon ton olacağı yönündedir. Şekil 1.2' de yapay liflerin, özellikle de sentetik lif grubunda yer alan polyester elyafının, üretiminde ciddi artış olduğu görülmektedir. 1991 yılına kadar doğal lif üretimi yapay lif üretimine göre daha fazla iken 1991

yılında bu oran eşitlenmiş ve sonraki yıllarda sentetik lif üretimi artarak doğal lifler grubunda yer alan pamuk elyafının liderliğini elinden almıştır.

2020 yılında sentetik lif üretimi 68,2 milyon ton olarak gerçekleşerek dünya lif üretiminin yaklaşık %62' sini oluştururken doğal lif üretimi 32,7 milyon ton üretim miktarı ile dünya lif üretiminin yaklaşık %29,9'unu oluşturmuştur (Şekil 1.3). Sentetik lifler içerisinde polyester lifi 57 milyon ton üretim ile toplam dünya lif üretiminin %52' sini oluşturarak liderliği elinde bulundurmaktadır. Doğal lif olan pamuk lifi ise 26,2 milyon ton üretim miktarı ve %24' lük üretim oranı ile ikinci sırada yer almaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. 2020 yılı dünyada lif tipine göre lif üretim miktarları ve oranları (milyon ton + %) (Textile Exchange, 2021)

Yukarıdaki istatistikler göstermektedir ki dünya nüfusu arttıkça lif üretimi ve tüketimi de artmaktadır. Pamuk lifine talep artışı beklenirken arzda yaşanan kısıtlamalar sebebiyle sentetik lifler bu boşluğu doldurmuş ve tekstil endüstrisinde tercih edilen bir malzeme olarak hızla yükselişe geçmiştir. Sentetik liflerdeki maliyet rekabet gücü de tekstil endüstrisinde artan kullanımına katkıda bulunmuştur. Sentetik tekstil ürünleri ve giysiler, insanların geleneksel tekstillere karşı tutumları değiştikçe ve kabul edilebilirlikleri arttıkça daha fazla kullanılabilir hale gelmiştir. Termoplastik yapay liflerin sonsuz geri dönüştürülebilirliği, küresel anlamda tüketicileri sürdürülebilirliğe ve döngüsellığe katkı sağlamaya da yönlendirmiştir. Sentetik liflerin spor giyim, günlük giyim, kadın elbiseleri, ev tekstili, otomobiller, halılar ve diğer

endüstriyel sektörler gibi birçok farklı son kullanım kategorilerindeki uyarlanabilirliği, sentetik liflerin sektör içi kullanımını artırmaktadır.

Çizelge 1.1’ de 1975 ve 2020 yılları arasında dünyada toplam lif üretim miktarı, bu miktar içerisindeki kimyasal lif miktarı ve oranı verilmiş olup yıllar içerisinde kimyasal lif üretiminin ciddi oranda arttığı görülmektedir.

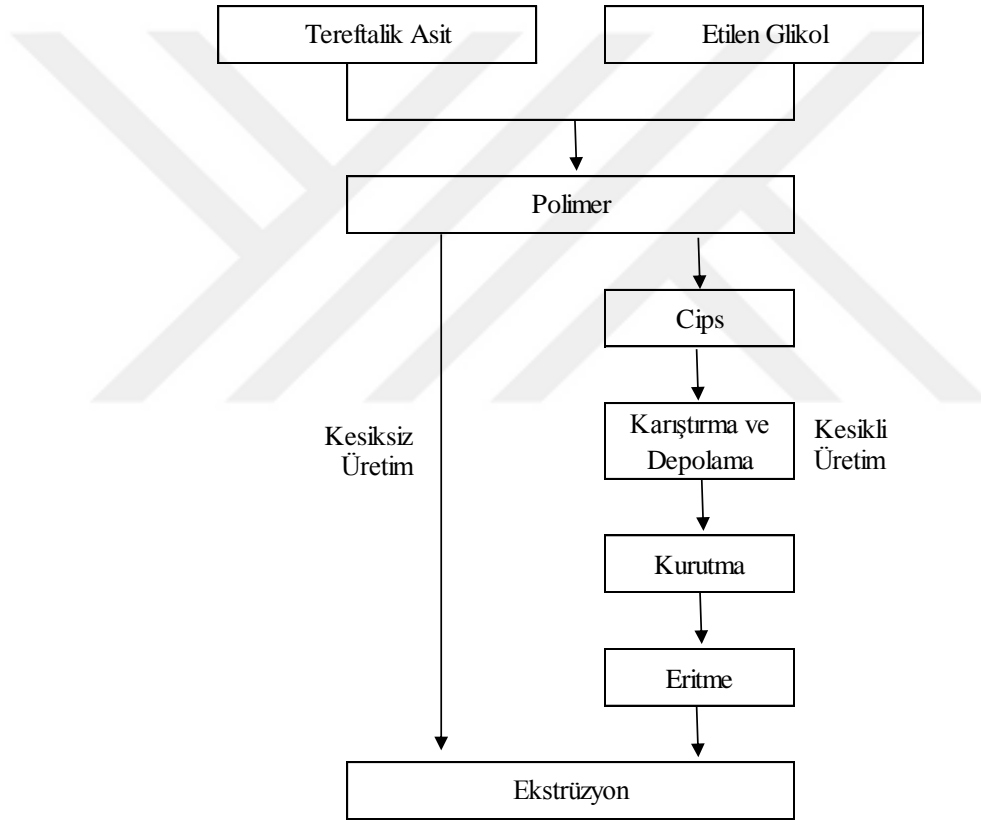
Çizelge 1.1. Dünyada 1975-2020 yılları arası toplam ve kimyasal lif üretim miktarları ve oranları (Statista, 2021)

Yıl	Toplam Lif Üretim Miktarı (x10 <sup>3</sup> kg)	Kimyasal Lif Üretim Miktarı (x10 <sup>3</sup> kg)	Kimyasal Lif Üretim Miktarının Toplam Üretim Miktarına Oranı (%)
1975	23.940	10.640	44
1980	29.630	14.190	48
1985	35.460	16.340	46
1990	39.450	18.520	47
1995	43.650	22.200	51
2000	51.440	31.040	60
2005	63.700	38.200	60
2007	70.600	44.100	62
2008	67.300	41.800	62
2009	68.100	43.600	64
2010	76.000	49.600	65
2011	81.000	52.700	65
2012	83.000	56.000	67
2013	86.600	60.300	70
2014	90.800	63.300	70
2015	89.900	66.800	74
2016	95.100	71.200	75
2017	98.500	71.600	73
2018	105.600	73.400	70
2019	107.500	80.500	75
2020	108.300	80.300	74

Tüm lif grupları içerisinde en yüksek üretim oranına sahip olan polyester elyafı tekstil endüstrisinde ilk kez 1941 yılında bilim insanları Dickson ve Whinfield’in polietilen tereftalat polimerinden lif çekimi yaptıkları çalışma ile yerini almıştır. İkinci Dünya Savaşı sonrasında ticari önemi giderek artmaya devam etmiş ve İngiltere ile Amerika polyester lifinin üretimi için yeni yöntemler geliştirerek polyester lifinin üretimindeki artışta büyük rol oynamıştır.



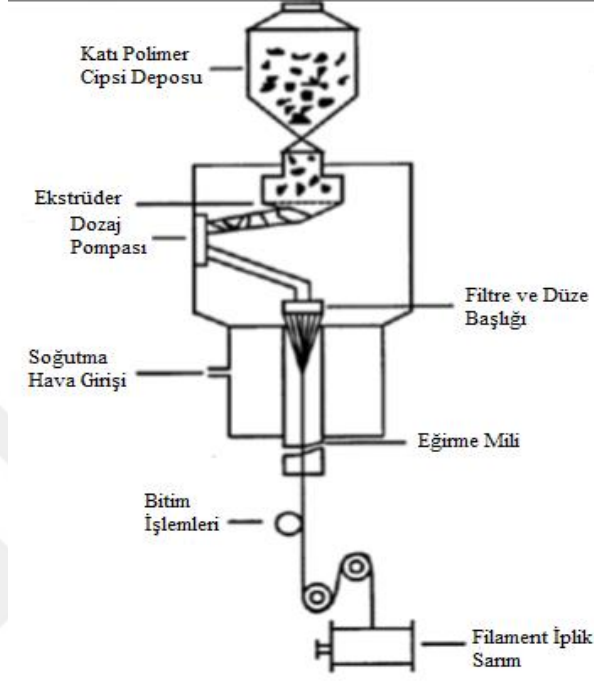
Polyester lifi organik bir asit ile bir alkolün polikondenzasyon reaksiyonu ile elde edilmektedir. Bugün polyester lif ailesinde ilk elde edilen ve en fazla kullanılan lif polietilentereftalat (PET) lifidir. PET üretiminde en yaygın kullanılan yöntem eriyikten lif çekim yöntemidir. Bu yöntemin esasında; tereftalik asit ile etilen glikolün reaksiyonu sonucu ortaya çıkan granül (cips) halindeki polimerler erime noktası üzerindeki sıcaklığa ısıtılarak eritilip sıvı hale getirilir ve sonrasında filtrelenip bir dozaj pompası yardımıyla eşit basınç altında düzelerden püskürtülür. Düzelerden çıkan filament halindeki lifler hava ile soğutulur ve kullanım amacına göre bitim işlemlerine tabii tutularak filament iplik veya kesik (stapel) elyaf olarak üretimi tamamlanır (Kara, 2011; Aydemir, 2013; Demiryürek 2004). Şekil 1.4' de ana hatlarıyla polyester eriyiğinin elde edilme aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Polyester eriyiğinin elde edilmesi (Demiryürek, 2004)

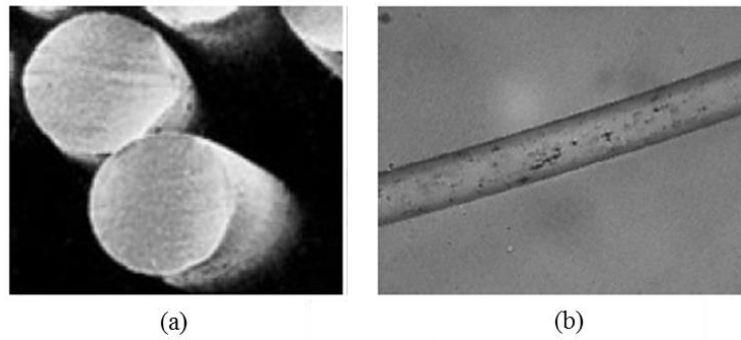
Ekstrüder kullanılarak eriyikten lif çekme ünitesinin görünümü Şekil 1.5' de verilmiştir. Depodaki katı haldeki polyester cipsleri ekstrüdere beslenir. Ekstrüder içerisinde cipsler ısıtılarak eriyik hale getirilir ve belirli bir ön basınç ile dozaj pompasına iletilir. Dozaj pompasında polyester eriyiğine daha fazla basınç kazandırılır ve eriyik içindeki safsızlıklardan arındırılmak için filtreden geçirilir. Eriyik halindeki basınç kazandırılmış polyester eriyiği filament biçiminde akmasını sağlayan çok küçük deliklerin olduğu düze başlığından geçirilir.

Düzeden çıkışta hava ile soğutularak filament halinde iplik formuna getirilir. Statik elektriklenmeyi engellemek, ipliğe düzgünlük vermek için bağlayıcı kimyasalları ve farklı bitim işlemleri uygulandıktan sonra çıkan filament iplik bobinlere sarılır (Bansal ve Ralchurkan, 2016).



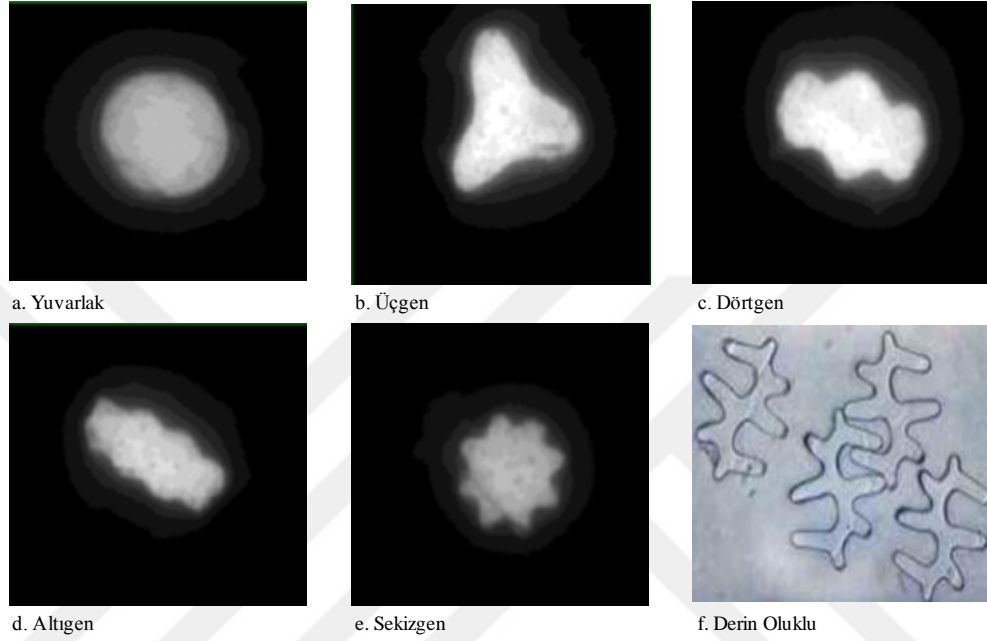
Şekil 1.5. Eriyikten lif çekme yöntemi aşamaları (Bansal ve Ralchurkan, 2016)

Üretilen polyester lifinin boyuna kesiti düz pürüzsüz ve çubuğa benzer bir yapı göstermektedir (Şekil 1.6). Lifin enine kesiti ise eriyikten lif çekimi sırasında kullanılan düze üzerinde yer alan deliklerin şekline göre yuvarlak (round), üçgen (trilobal), beşgen (pentagonal), sekizgen (octagonal), içi boş (hollow) ve delik sayısına göre monofilament, multifilament, şerit gibi farklı özellikler gösterebilmektedir.



Şekil 1.6. Yuvarlak enine kesitli polyester lifinin (a)enine, (b)boyuna kesit görüntüsü (Uysaltürk, 2013)

Lif kesitinin iplik üretimi ve üretilen ipliğin kalitesinin yanı sıra ipliğin ve bu iplikten üretilmiş ürünün gösterdiği fiziksel ve fonksiyonel özellikler üzerinde etkisi büyüktür. En fazla bilinen ve kullanılan düze deliği (tip) profili yuvarlak (Round) olmasına rağmen günümüzde istenilen iplik ve kumaş özellikleri doğrultusunda birçok farklı lif kesit şekilleri ortaya çıkmıştır (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Farklı lif enine kesit yapıları (Özkan, 2008)

Filament polyester iplik üretimi sırasında farklı lif enine kesit şekillerinin kullanılmasının ipliğin ve dolayısıyla bu iplikten üretilen kumaşın fiziksel, yapısal, fonksiyonel özelliklerini ve performansını etkilediği için tekstil sektöründe kullanımı hızla artmaktadır. Polyester iplikler; giyim, ev tekstili, perdeler, döşemelik kumaş, battaniye, özel dikiş iplikleri, kürk imitasyonları gibi çok çeşitli alanlarda kullanıldığı gibi teknik tekstil alanında koruyucu kumaşlar, tenteler, brandalar, filtre, keçe, yelken bezi üretimi gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Uysaltürk, 2013). Araştırmacılar lif enine kesit yapısındaki değişimin kumaş yapısal ve fonksiyonel özelliklerine etkileri üzerine birçok geniş kapsamlı çalışmalar yürütmüştür.

Karaca ve Ozcelik (2007) lif kesit şeklinin polyester elyafının yapısı ve özellikleri üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Çalışma sırasında aynı üretim şartlarında, aynı iplik numarası ve filament sayısına (Dtex 167/48 filament) sahip sadece dört farklı lif kesitinde (yuvarlak, içi boş-yuvarlak, üçgen ve içi boş-üçgen) tamamen çekilmiş (FDY) polyester

ipliklerin maksimum gerilme, maksimum gerinim, modül, akma gerilmesi, kaynar suda büzülme, düzgünsüzlük ve kristalinite değerlerini kıyaslamışlardır. Liflerin enine kesit şekillerindeki farklılığın ipliğin modül, maksimum gerilme, akma gerilmesi ve kaynar suda büzülmesini etkilerken kristalinitesi ve maksimum stresi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını, tüm içi boş liflerin daha yüksek amorf yönelime, içi boş yuvarlak kesite sahip ipliğin ise en yüksek düzgünsüzlük değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

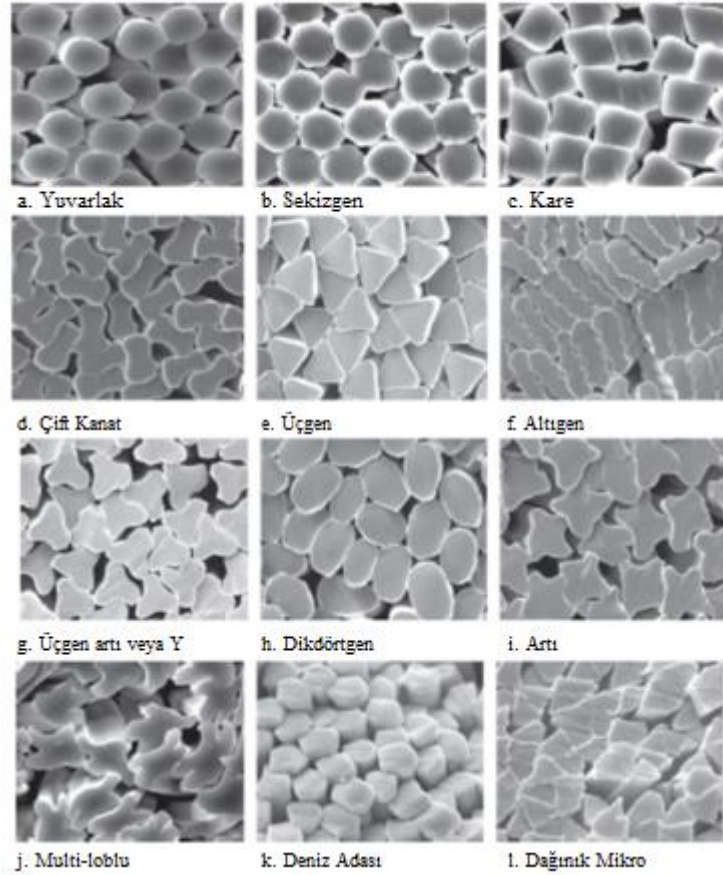
zkan (2008) alışmasında filament iplik oluşumunda kullanılan iplik lineer yoğunluğu, filament kesit şekli ve tek bir sürekli multi-filament ipliği oluşturan filament sayısı parametrelerindeki farklılaşmanın üretilen kısmen oryante olmuş iplik (POY) ve tekstüre iplik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma sırasında farklı iplik parametreleri olarak 133 dtex ve 283 dtex lineer yoğunluklarını, 24, 34, 47, 68, 100 olmak üzere beş farklı filament sayısını ve yuvarlak, üçgen, dört kanallı, altı kanallı, sekiz kanallı olmak üzere beş farklı kesit şeklini ele almıştir. Yapılan testler sonucunda elde edilen veriler lif kesit şekli, iplik lineer yoğunluğu ve filament sayısı değişkenlerin POY ve tekstüre iplik özelliklerine etkisi olduğunu tespit etmiştir. POY sürekli filament iplik kesit şekilleri incelendiğinde, iplik filament sayısının artmasının filamentlerin daha fazla temas yüzeyine sahip olmalarını sağladığını göstermiştir. Ayrıca gen, dört, altı ve sekiz kanallı kesit şekillerinin lob denilen yüzey şekillerine sahip olmalarından dolayı bu yüzey şekillerinin yer yer, i içe geçmeleri ile daha fazla temas yüzeyi oluşturduklarını gözlemlemiştir. Filament sayısındaki artışı % düzgünsüzlük değerini arttırırken aynı zamanda mukavemet ve uzama değerlerini de arttırdığını göstermiştir. En iyi düzgün iplik yapısını yuvarlak kesit şeklinin sağladığını, kesit şeklindeki lob ve kanal yüzeylerinin beraberinde daha dzgnsz bir iplik yapısı oluşturduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada en yüksek mukavemet değeri yine yuvarlak kesit şeklinde gözlemlemiştir. Lineer yoğunluk farklılığının etkilerinin incelediğinde; 283 dtex lineer yoğunluğa sahip ipliğin aynı özelliklerdeki 133 dtex lineer yoğunluğa sahip ipliğe göre daha düşük mukavemet ve uzama değerine sahip olduğunu, lineer yoğunluktaki düşüşün mukavemetin artması, iplik inceliğine, POY retimi sırasında kristalin bölge oranının fazlalığı ile ilişkilendirmiştir. İplik lineer yoğunluğu arttıka, % düzgünsüzlük değerinin azalırken % düzgünsüzlük, mukavemet-uzama gibi değerleri kesit şekillerine göre sıraladığında, gerek aynı ipliğin kalın numarasında gerekse ince numarasında benzerlik gösterdiğini grmştir. Tekstüre işlemi sonrası ipliklerin tüm kesit şekillerinin orijinal biçimlerini değiştirdiği, yuvarlak kesit şekli yuvarlaklığını koruyamazken, bu işlemin diğer loblu ve kanallı kesit şekillerinde de aynı etkiyi gösterdiğini tespit etmiştir.

Tekstüre işleminin sonucu ipliklere verilen çekim ile iplik yapısındaki kristalin bölge oranının artmasına bağlı olarak tekstüre ipliğin mukavemet değerlerinin POY mukavemet değerlerine göre arttığını tespit etmiştir. Tekstüre iplik ile POY ipliğin uzama değerleri kıyaslandığında ise tekstüre edilen ipliklerdeki uzama değerinin düştüğü ancak POY uzama değerlerinin ise istenilen değerlere göre çok yüksek olduğu görülmüştür. Tekstüre ipliklerde kıvrılma özelliğinin, ipliğin hacimliliği ile ilişkili olduğunu ve kıvrım oranı değeri ile iplik hacimliliğinin doğru orantılı olarak değiştiğini ortaya koymuştur. Bu veriler doğrultusunda filament sayısı faktörünün etkisi incelendiğinde en fazla hacimliliğe sahip ipliğin aynı numarada diğer dört ipliğe göre en az filament içeren iplik olduğu görülmüştür. Çalışmada yer alan kesit şekilleri arasında en yüksek hacimlilik değerine daima yuvarlak kesit şeklinin sahip olduğu görülmüştür. Yuvarlak, üçgen, dört, altı ve sekiz kanallı kesit şekline sahip tekstüre iplik mukavemetlerini kıyaslandığında, tüm kesitler arasında en yüksek mukavemet değerine yine yuvarlak kesit şeklinin sahip olduğunu tespit etmiştir.

Karaca, Omeroglu, Becerir (2015) yaptıkları çalışmada lif enine kesit şeklinin polyester dokuma kumaşların çekme ve yırtılma özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu kapsamda içi dolu ve içi boş yuvarlak ve üçgen enine kesite sahip polyester liflerden dokunmuş iki tip (bezayağı ve dimi) kumaşın kopma kuvveti, kopma uzaması ve yırtılma kuvveti testlerini yapmışlardır. İçi dolu liflerden üretilmiş kumaşların içi boş liflerden üretilmiş kumaşlara göre daha yüksek kopma uzaması ve yırtılma kuvveti değerleri gösterirken, kopma kuvveti değerlerinin genellikle daha düşük olduğunu ortaya koymuşlardır. En yüksek kopma kuvveti değerinin içi boş dairesel filamentlerden dokunmuş dimi kumaşta iken en yüksek yırtılma kuvveti değerinin içi dolu dairesel kesite sahip filamentlerden dokunmuş dimi kumaşta olduğunu tespit etmişlerdir. Dairesel kesitli filamentlerden dokunmuş olan kumaşların ise en yüksek kopma uzamasına sahip olduğunu görmüşlerdir. Bu da onlara lif kesitinin kopma mukavemeti ile yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisinin birbirinden farklı olduğunu göstermiştir.

Behara ve Singh (2014) yaptıkları çalışmada polyester multi-filament kumaşlardan üretilmiş giysinin rahatlığını etkileyen ve fonksiyonel performansına karar vermede önemli bir faktör olan hava, nem ve termal iletim özelliklerinin lif enine kesit yapısı değişken, düzensiz bir yapıya sahip olan filament ipliklerde bu yapıya bağlı olarak nasıl değişkenlik gösterdiğini incelemiştir. Çalışmaları sırasında her birinin doğrusal yoğunluğu aynı ancak 12 farklı enine kesit şekline (Şekil 1.8) ve farklı yapıya sahip multi-filament ipliklerden dokunan kumaşlarda,

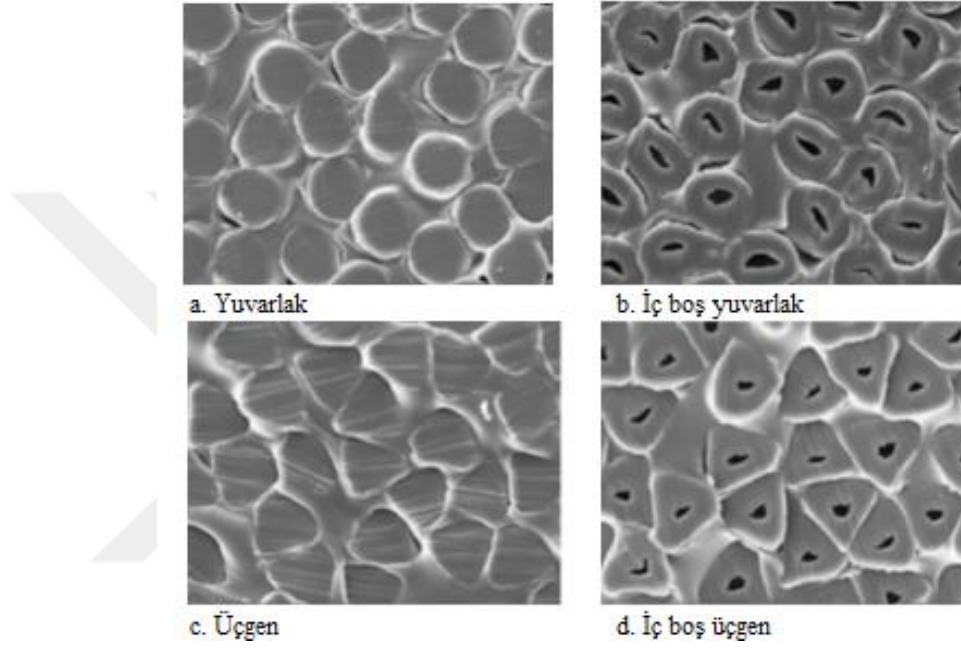
lif enine kesit yapısındaki düzgünsüzlüğün artmasıyla bağıl nem buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliğinin azaldığını tespit etmişlerdir. Bir filamentin enine kesit yapısındaki düzgünsüzlüğünün artmasıyla su emiliminin arttığını ortaya tespit etmişlerdir. Bunun lif enine kesit yapısının düzgün bir şekilde olmamasının; kumaş gövdesi içinde sıkışan hava miktarını ve mevcut belirli yüzey alanını değiştirdiğini, bu da ısı yalıtımı, ısı emilimi ve sıcak serinlik hissinde değişikliğe sebep olacağını ortaya koymuşlardır. Elde ettikleri sonuçlar neticesinde; daha yüksek konfor indeksine sahip kumaşlar geliştirmek için çok loblu, altı loblu ve artı gibi farklı düzgünsüz yapıdaki şekilleri yeni enine kesit şekillerinin bir parçası haline getirmişlerdir.



Şekil 1.8. Farklı düze delik şekline sahip filament ipliklerin enine kesit SEM görüntüleri (Behara ve Singh, 2014)

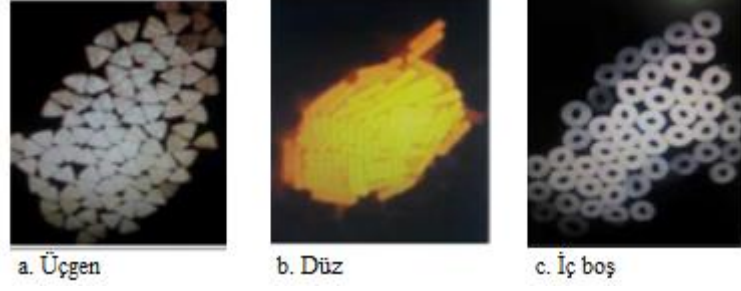
Omeroglu, Karaca ve Becerir (2010) iplik numarası ve büküm, iplik yoğunluğu ve kumaş deseni gibi aynı kumaş yapısal parametreleri altında içi dolu ve boş, yuvarlak ve trilobal kesite sahip elyaftan (Şekil 1.9) üretilen bezayağı ve dimi dokuma polyester kumaşların bükülme, dökümlülük ve kırışma dayanımı davranışlarını incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar; içi boş liflerden üretilen kumaşların eğilme rijitliklerinin, içi dolu liflerden üretilen

kumaşların eğilme rijitliklerinden daha yüksek olduğunu, bükülme rijitliklerinin içi boş yuvarlak liflerden üretilen kumaşlarda en yüksek olduğunu gösterirken benzer kesit şekillerine sahip liflerden üretilen kumaşların eğilme rijitlikleri ve dökümlülüklerinin birbirleriyle yakın ilişki içinde olduğunu göstermiştir. En yüksek döküm katsayılarını içi boş yuvarlak liflerden üretilen kumaşlarda elde etmişlerdir. İçi dolu liflerden üretilen kumaşların ise içi boş liflerden üretilenlere göre daha yüksek dökümlülüğe ve kırışık geri kazanım açlarına sahip olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 1.9. Farklı enine kesit şekline sahip liflerin SEM görüntüleri (Omeroglu, Karaca ve Becerir, 2010)

Toydemir ve Vatansever Bayramol (2021) yaptıkları çalışmada aynı iplik numarasına fakat farklı lif enine kesit şekillerine (üçgen, yassı ve içi boş) (Şekil 1.10) sahip polyester filamentlerin çekme mukavemeti, uzama, kopma yükü, düzgünlük vb. özelliklerini incelemişler ve enine kesit şekillerine göre test sonuçlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Filamentlerin enine kesit şekillerinin iplik özelliklerini doğrudan etkilediğini ve üçgen kesitli filament içeren polyester ipliğinin, içi boş ve yassı düz enine kesitli filamentleri içeren ipliklere göre en yüksek gerilme mukavemeti gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Bu sebeple kopmadan önce daha yüksek kuvvete ihtiyaç duyulduğunu belirterek bunu üçgen kesitli filamentlerin iplik yapısında yassı ve içi boş filamentlere göre daha iyi tutunma kabiliyeti ile ilişkilendirmişlerdir. Yassı enine kesit şekline sahip ipliğin diğer ikisine kıyasla en yüksek düzgünlük ve çekme değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 1.10. Üretilen polyester ipliklerin enine kesit SEM görüntüleri (x1000 büyütme) (Toydemir ve Vatansever Bayramol, 2021)

Kumaş; geometrik olarak örtme özelliği olan bir yüzey, mekanik olarak ise esneme özelliği olan bir malzemedir. Dokuma; tarihi M.Ö. 5000’li yıllara dayanan en eski tekstilde yüzey oluşturma tekniklerinden biridir. Dokuma kumaş üretimi boyuna yönde çözgü, enine yönde atkı adı verilen iki iplik grubunun örgü adı verilen bir düzen içinde birbirleriyle dik açı oluşturarak bağlanmalarıyla gerçekleşmektedir. Bir kumaş hangi amaç ile kullanılmak isteniyorsa o amacın gerektirdiği nitelikleri sağlıyor olmalıdır. Örneğin; giysilik kumaşlarda dökümlülük, tül perdelik kumaşlarda hafiflik, döşeme ve çadır kumaşlarında dayanıklılık, paraşüt, yelken, spor giysi, filtre kumaşlarında hava geçirgenliği, vb. Kumaşın kullanım amacınının gerektirdiği niteliklerin sağlanmasını etkileyen en önemli faktör kumaşın yapısal özellikleridir. Kumaş yapısal özellikleri birçok faktöre bağlıdır (Ak, 2006):

- Hammadde (lif tipi, doğrusal yoğunluğu, uzunluğu, kesiti); başta dayanıklılık, tuşe, geçirgenlik ve koruyuculuk olmak üzere kumaşta aranan temel özellikler üzerine önemli etkisi vardır.
- İplik (üretim teknolojisi, doğrusal yoğunluğu, büküm yönü, büküm sayısı, mukavemeti, elastikiyeti, düzgünsüzlüğü, tüylülüğü); kumaşın mukavemetini, tuşesini, görünümünü ve ekonomikliliğini etkileyen en önemli özelliklerin başında gelmektedir.
- Kumaş atkı ve çözgü sıklığı; birim uzunluktaki iplik sayısı olarak ifade edilmektedir. Atkı sıklığı (atkı/cm): çözgü boyunca bir cm içinde yan yana bulunan atkı ipliği sayısı, çözgü sıklığı (çözgü/cm): atkı boyunca bir cm uzunluk içinde bulunan çözgü ipliği sayısı şeklinde tanımlanmaktadır. Kumaş sıklığı arttıkça kumaşın gramajı artmakta ve kumaş daha sert tutum ve mukavemet kazanmaktadır. Kumaş içinde iplik



kaymaları ve kumaş gözeneklilik oranı dolayısıyla kumaş hava geçirgenliği azalmaktadır (Sungur, 2020).

- Kumaş gramajı; bir metrekare kumaşın ağırlığı şeklinde ifade edilir. Kumaşın tutumunu (yumuşak/sert), görünümünü, mukavemetini, hava ve su geçirgenliğini, kalınlığını etkilemektedir.
- Kumaş eni; atkı boyunca kumaş genişliği olarak ifade edilir ve kumaşın kullanım amacına göre belirlenir.
- Kumaş dokusu; atkı ve çözgü ipliklerinin kesişme düzenini gösterir. Kumaşın mukavemeti, tutumu, görünümü, gözenekliliği, kalınlığını ve daha birçok özelliğini etkilemektedir.
- Kumaş kalınlığı; kumaşın geçirgenlik, dayanıklılık, dökümlülük gibi özelliklerini etkilemekte, ipliğin numarasına, bükümüne, üretim teknolojisinin yanı sıra kumaşın örgü türü ve sıklığına da bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.
- Kumaş örtme faktörü; dokunmuş bir kumaş yüzeyinin ne kadarının iplikler tarafından örtüldüğünü ifade eder ve kumaşın sıklık değerleri ile iplik numarasına göre değişkenlik göstermektedir. Bir kumaşın çözgü ve atkısı için ayrı ayrı hesaplanmakta ve bu değerler esas alınarak toplam kumaş örtme faktörü belirlenmektedir. Kumaşın tutumuna, gözenekliliğine ve hava geçirgenliğine etki etmektedir. Kumaş örtme faktörü ile hava geçirgenliği arasında ters bir orantı vardır. Kumaş örtme faktörü arttıkça hava geçirgenliği azalmaktadır (Sarıduman, 2005; Suvari, 2020).

Dokuma kumaşlar gözenekli bir yapıya sahiptir ve bu gözenekli yapı ısı, ışık, ses gibi enerjilerin iletilmesini ve sıvı, gaz, hava gibi maddelerin geçişini sağlayarak kumaşların giyim, ev tekstili, otomotiv ve teknik tekstiller gibi birçok farklı alanda kullanımını mümkün kılmaktadır. Gözeneklilik; kumaşta bulunan boşlukların hacminin kumaş toplam hacmine oranı olarak tanımlanmakta ve gözeneğin enine kesit alanı, derinliği, birim alandaki gözenek sayısı, birim alandaki çözgü ve atkı ipliklerinin sayısı ile kumaş kalınlığı bir kumaşın gözenekliliğine etki etmektedir (Ogulata, 2006). Üç boyutlu bir yapıya sahip bir dokuma kumaşın gözenekli yapısı incelendiğinde, kumaşı oluşturan çözgü ve atkı iplikleri arasında makro gözenek adı

verilen, ipliklerdeki lifler arasında ve liflerde boşluklar (gözenekler) yer almaktadır. Dokuma kumaşlarda gözenekliliği belirlemek için optik yöntemler veya sıvı nüfusu, absorpsiyon, filtrasyon, hava akışı vb. çeşitli yöntemler geliştirilmiş ancak bu yöntemler hem kumaş üretildikten sonra uygulanabilecek yöntemler hem de pahalı laboratuvar cihazları ile ölçüm gerektirdiği için geometrik yöntemler geliştirilmiştir (Dubrovski, 2000).

Kumaş gözenekliliği geometrik olarak; kumaş gramajı, kalınlığı ve kullanılan lifin yoğunluğu esas alınarak kumaş yoğunluğunun lif yoğunluğuna bölünmesiyle aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Akgün, 2011; Özbahar, 2021):

$$\text{Kumaş Yoğunluğu (FBD)}(\text{g/cm}^3) = \text{Kumaş gramajı (g/cm}^2) \div \text{Kumaş kalınlığı (cm)} \quad (1.1)$$

$$\text{Kumaş Gözenekliliği } (\Phi) = 1 - (\text{Kumaş yoğunluğu} \div \text{Lif yoğunluğu}) \quad (1.2)$$

Çıkan değer 0 ile 1 arasında ölçü birimi olmayan bir sayı olarak değişmektedir ve değer 0' a yakın olması kumaşta gözenekliliğin az olduğunu, 1'e yakın olması ise kumaş gözenekliliğin fazla olduğunu ifade etmektedir. Çıkan sonuçlar 100 ile çarpılarak (%) olarak da ifade edilebilmektedir.

Kumaş yapısal özellikleri (örgü/doku tipi, kumaş gramajı, kalınlığı, atkı ve çözgü sıklıkları, ipliklerdeki büküm miktarı, ipliklerin boyutu ve iplik üretim teknolojisi, lif türü, lif özellikleri) kumaş gözenekliliğini yakından etkilerken kumaş gözenekliliği de kumaş fonksiyonel performans özellikleri içinde yer alan geçirgenlik özelliğini doğrudan etkilemektedir (Ogulata, 2006). Bir kumaştan istenen geçirgenlik özelliği kullanım amacı göz önünde bulundurularak hava, su, su buharı ve ısı geçirgenliği olarak gruplandırılabilir.

Çalışma kapsamında dokuma kumaşların hava geçirgenliği özelliği üzerinde durulmuştur. Hava geçirgenliği TSE (1999) tarafından; deney alanı, basınç düşmesi ve zaman gibi şartları belirlenmiş bir deney parçasından düşey yönde geçen havanın hızı şeklinde tanımlanmaktadır ve prensip olarak dikey hava akış hızının kumaşta ölçümü verilen bir alanından verilen bir zaman aralığında kumaşın deney alanı içindeki basınç farkı ile yapılmaktadır. Kumaşın hava geçirgenliği havanın gözenekli bir yapı olan lif, iplik ve kumaş içerisinde geçebilme yeteneğini göstermektedir.

Kumaşların gözeneklilik ve geçirgenlik özelliklerinin giysi konforu ve fonksiyonel tekstillerin performans özellikleri üzerine doğrudan etkisi olduğundan daha tasarım aşamasında

ürünün kullanım amacına yönelik olarak dikkate alınması gereken parametrelerdir. Örneğin; paraşüt, yelken, hava yastığı, endüstriyel filtre kumaşları, akustik, gürültü azaltıcı ve ses yalıtımı sağlayan tekstil ürünleri ile çadır ve spor, yağmurluk, üniforma kıyafetleri gibi hem rüzgârdan koruyucu hem de nefes alabilme özelliği gerektiren ürünlerin üretiminde kullanılan kumaşların tasarımı gibi (Turan ve Okur, 2008). Kumaş içerisinde yer alan gözeneklerin ebadı küçüldükçe hava kumaş içerisinde geçerken daha fazla sürtünmeye maruz kalacaktır. Bu doğrultuda kumaş gözenekliliği ve gözenek ebadı yüksek ise kumaş hava geçirgen bir kumaş sayılırken kumaş sıfır gözenekliliğe sahip ise sıfır hava geçirgenliğine sahip olarak kabul edilmektedir. Kumaşın birim uzunluktaki atkı ve çözgü ipliği sayısı arttıkça kumaşın hava geçirgenliği de azalacaktır (Ogulata, 2006). Sıkı dokuma kumaş yapılarında gözeneklilik ile hava geçirgenliği arasında kuvvetli bir ilişki varken seyrek dokulu kumaş yapılarında bu ilişkinin zayıf olduğu gözlenmiştir (Atmaca ve Özkaya, 2017).

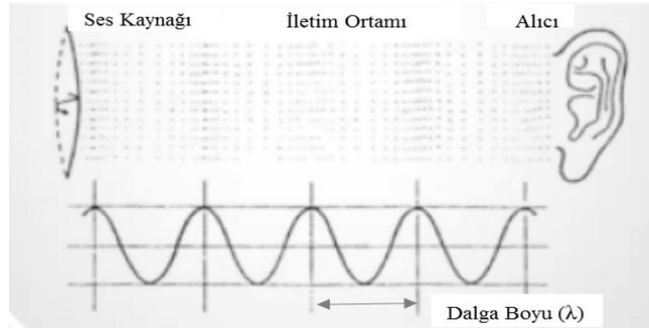
Tekstil ürünlerinin yapısal özellikleri ile gözeneklilik ve geçirgenlik performansları incelenerek ve geliştirilerek tekstil sektöründe birçok farklı alanda kullanımı hızla artmaktadır. Tekstil ürünlerinin kullanıldığı alanlardan biri de akustik sektördür.

Konuşurken, birbirimizle iletişim kurarken, müzik dinlerken, çalışırken, araç kullanırken, haberleşirken, doğada yürüyüş, piknik yaparken, herhangi bir tehlike durumunda birçok farklı sese maruz kalırız ancak son yıllarda nüfus yoğunluğunun artması ve endüstrileşmenin etkisiyle bu seslerin şiddeti ve yoğunluğu giderek artmış ve bu da gürültü kirliliği kavramını ortaya çıkarmıştır. Gürültünün bastırılması, önlenmesi için gözenekli ve geçirgen özelliklere sahip tekstil yüzeylerinin geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen ürünler “Akustik Tekstiller” olarak isimlendirilmektedir.

Akustik; sesin oluşumu, üretilmesi, yayılması ve algılanmasına kadar geçen tüm süreçlerle ilgilenen bilim dalıdır. Akustik aynı zamanda çağımızın problemi haline gelen gürültü kirliliğini azaltmak için yoğun ses tempolarının meydana geldiği alanlarda ses gücünün azaltılması üzerine de çalışılmaktadır (Doğru, 2020).

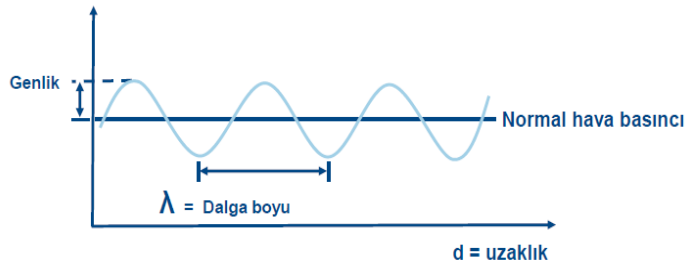
Günlük hayatımızın vazgeçilmesi olan ses dalgalar halinde yayılan bir enerji biçimi olup kulağımızın algılayabileceği en düşük ve zarar görebileceği en yüksek değerler arasında fark edilebilen, su, hava ya da benzeri ortamlardaki basınç değişimleri olarak tanımlanabilir (Özkal, 2019). Ses basınç değişimiyle titreşen parçacıkların enerjilerini yanlarındaki parçacıklara aktarmasıyla iletilir. Sesten bahsedebilmek için birbirinden bağımsız üç kavramın;

kaynak, ortam ve alıcı olması gerekmektedir. Bu üç kavram birbirine dalga hareketi ile bağlıdır (Şekil 1.11).



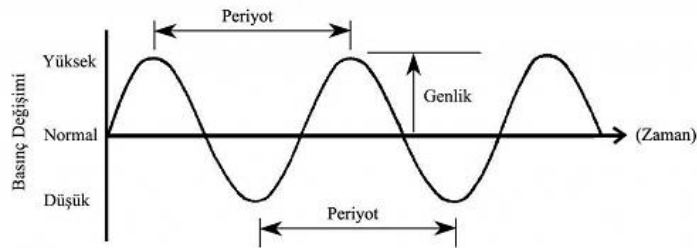
Şekil 1.11. Ses iletimi (Süvari, 2021)

Dalga boyu; bir dalga örüntüsünün tekrarlanan birimleri arasındaki mesafe (Şekil 1.12) ya da herhangi aynı konumdaki iki noktanın birbirine olan mesafesidir (Baktır, 2018).



Şekil 1.12. Dalga boyu (Çakır, 2020)

Titreşen bir nesnenin veya sistemin örüntüsünün tekrarlanan birimleri arasındaki süre periyot, basınç değişimindeki en yüksek veya en düşük nokta genlik (Şekil 1.13) olarak tanımlanmaktadır. Frekans; titreşimin birim zaman içindeki sayısı olup titreşimin hangi sıklıkla, kaç defa tekrar ettiğini göstermektedir ve sesin yüksekliğini belirleyen faktördür. Frekans ölçü birim Hertz(Hz)' dir (Günel,2020).



Şekil 1.13. Basit harmonik ses dalgası (Baktır, 2018)

Dalga boyu ( $\lambda$ ), dalganın yayılma hızı ( $v$ ) ile doğru, dalganın frekansı ( $f$ ) ile ters orantılıdır ve

$$\lambda = v \div f \quad (1.3)$$

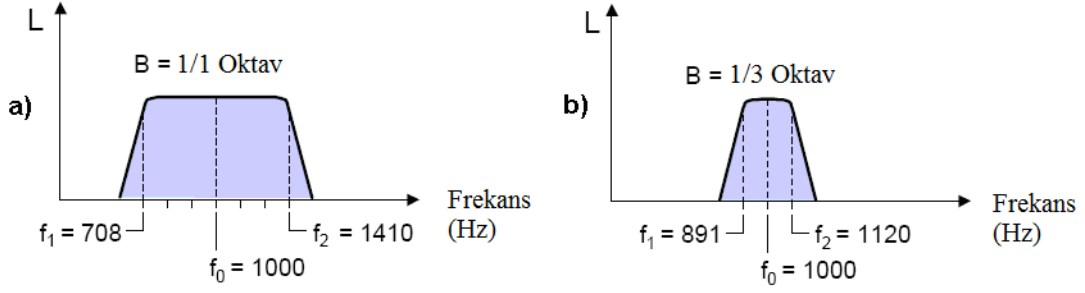
şeklinde ifade edilmektedir. Ses frekansı( $f$ ) ile dalga boyu ( $\lambda$ ) ve periyot ( $T$ ) arasındaki ilişkisi aşağıda verilmiştir.

$$f = v \div \lambda \quad (1.4)$$

$$T = 1 / f \quad (1.5)$$

Farklı ses kaynakları farklı frekans aralıklarına sahiptir ve bütün titreşimler kulak tarafından duyulmaz. Sağlıklı bir insan kulağı 20 Hz ile 20.000 Hz arasındaki ses frekansları duyabilir ve kulağın en duyarlı olduğu ses frekans aralığı ise 1.000 ile 4.000 Hz' dir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011). Bunun yanında 1 ile 20 Hz arasındaki sesler infrases, 20000 ile 40000 Hz arasındaki sesler ise ultrases olarak tanımlanmakta ve bu sesler de diğer duyu organlarımızca algılanabilmekte ve rahatsızlığa sebep olabilmektedir (Çakır, 2020).

Gürültü kontrolü için insan kulağının duyarlı olduğu tüm frekansların incelenmesi gerekir ancak burada alt sınır olan 20 Hz ile üst sınır olan 20000 Hz frekans aralığı çok geniş bir aralık olduğu için tüm frekansların incelenmesi çok uzun zaman alacaktır. Bunu kolaylaştırmak adına ses analizleri sırasında incelenecek olan frekans aralıkları oktav bandı olarak aralıklara bölünmektedir (Taş, 2010). Bir oktav bandının üst sınır değeri alt sınır değerinin iki katı şeklindedir ve bir oktav bandının üst sınır değeri diğer oktav bandının alt sınır değerini göstermektedir. Oktav bandı merkez frekansı; alt ve üst sınır değerlerinin geometrik ortalamasıdır ve bant genişliği merkez frekansın % 70'ine eşittir. Ses ölçümlerinde en yaygın 1/3 oktav bandı kullanılmaktadır. 1/3 oktav bandı; her oktav bandının 3'e bölünmesi ile daha detaylı analizlere olanak veren ve bant genişliği merkez frekansın %23'üne eşit olan frekans bandını ifade etmektedir (Şekil 1.14, Çizelge 1.2) .



Şekil 1.14. Oktav bandı, a) 1/1 Oktav filtreleme, b) 1/3 filtreleme (Taş, 2010)

Çizelge 1.2. Oktav bantları (1/1 ve 1/3) frekans aralıkları

Frekans (Hz)					
1/1 Oktav bandı			1/3 Oktav bandı		
Alt bant değeri (Hz)	Merkez bant değeri (Hz)	Üst bant değeri (Hz)	Alt bant değeri (Hz)	Merkez bant değeri (Hz)	Üst bant değeri (Hz)
11	16	22	14	16	18
			18	20	22
			22	25	28
22	32	44	28	32	36
			36	40	45
			45	50	56
44	63	88	56	63	71
			71	80	89
			89	100	112
88	125	177	112	125	141
			141	160	178
			178	200	224
177	250	355	224	250	282
			282	315	355
			355	400	447
355	500	710	447	500	562
			562	530	708
			708	800	891
710	1000	1420	891	1000	1122
			1122	1250	1413
			1413	1600	1776
	2000	2840	1776	2000	2239
1420			2239	2500	2818
			2818	3150	3548
2840	4000	5680	3548	4000	4468
			4468	5000	5623
			5623	6300	7079
5680	8000	11360	7079	8000	8913
			8913	10000	11220
			11220	12500	14130
11360	16000	22720	14130	16000	17780
			17780	20000	22390

Sesin yayılma hızı ortamın yapısına bağlı olarak değişiklik gösterirken frekanstan etkilememekte, tüm frekanslarda aynı kalmaktadır. Ses su, hava gibi birçok farklı ortamda yayılabilmektedir ancak en çok kullanılan ortam havadır ve hava sıcaklığının 21°C olduğu

ortamda sesin havada yayılma hızı 344 m/s olarak hesaplanmıştır (Küçükali, 2010). Yapılan çalışmalarda havanın kullanılmasının sebebi ise insan kulağının sesi hava aracılığı ile almasıdır. Ses yayılma hızının sabit olduğu bir ortamda düşük frekanslı sesler uzun, yüksek frekanslı sesler ise kısa dalga boyuna sahip olmaktadır (Günel, 2020). Kulak; ses frekansı arttıkça sesi daha ince, frekans azaldıkça daha kalın algılamaktadır ve belirli frekans aralıklarına göre sesleri kalın, orta ve ince (Çizelge 1.3) olarak sınıflandırmak mümkündür (Özkal, 2019).

Çizelge 1.3. Frekans aralıklarına göre sesin algılanması (Özkal, 2019)

Frekans aralığı (Hz)	Sesin algılanması
16-100	Çok kalın
100-400	Kalın
400-1600	Orta kalın
1600-3150	İnce
3150-18000	Çok ince

Ses basıncı; atmosferik basınca göre alt veya üst değer gösteren basınç değişimleri şeklinde ifade edilmekte ve paskal (Pa) birimi ile ifade edilmektedir. Desibel (dB); iki büyüklüğün oranının logaritmasınının 10 katı şeklinde tanımlanmaktadır ve ses basınç düzeyini belirtmekte olup P değerindeki bir basıncın P<sub>0</sub> referans değerine göre düzeyi;

$$\text{Düzyey (dB)} = 10 \log \frac{P}{P_0} \quad (1.6)$$

olarak tanımlanır. Formülde P ses basıncının ortalama değerinin karekökünü (rms değeri), P<sub>0</sub> ise uluslararası referans basıncı olan 20 mikropaskal değerini ifade etmektedir. 20 mikropaskal sabitinin kullanılma nedeni ise ortalama genç sağlıklı yetişkin bir insanın, 1000 Hz frekans değerine sahip bir ses dalgasını işitebilmesi için en az 20x10<sup>-6</sup> Pa büyüklüğünde bir basınç oluşması gerekesidir. Bu sebeple duyma eşiği için 1000 Hz frekans değeri referans alınmıştır. Bir ses kaynağının yarattığı ses basıncı seviyesi değeri önemlidir. Ses basınç düzeyi cihazlar yardımıyla rahatça ölçülebilmektedir. Ses kaynağına yaklaşıp uzaklaştıkça ses basınç düzeyi değişmektedir. Ayrıca bir ortamda bulunan engeller, havanın yutuculuk özelliği ve diğer etkenler de ses basınç düzeyi üzerinde etki etmektedir.

Hoşa gitmeyen, istenmeyen, rahatsız edici sesler gürültü olarak tanımlanmaktadır. Bir sesin gürültü olarak nitelendirilip nitelendirilmeyeceği kişiye bağlı olarak değişebilir. Bu sebeple gürültü öznel bir kavramdır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011). Günümüzde gürültü sağlıksız kabul edilir ve varlığı yaşam kalitemizi olumsuz etkiler. Teknolojinin de gelişmesi ile

çevresel gürültüler artmış ve buna bağlı olarak gürültü kirliliği toplumlardaki en büyük sorunlardan biri haline gelmiştir. Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri vardır:

- Psikolojik Etkileri: duygu ve duyuların açıklanmasıyla belirlenebilen sinir sisteminin bozulması, aşırı tepki verme, hoşnutsuzluk, yorgunluk ve tedirginlik duygusu, depresyon.
- Fizyolojik Etkileri: çeşitli ölçme metotlarıyla belirlenebilen vücut, kalp atışı, metabolizma, uyku bozukluğu, işitme kaybı ve kesilme.
- Performans Etkileri: iş veriminin düşmesi, yoğunlaşma bozukluğu, hareketlerin yavaşlaması. (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011).

Gürültü şiddeti değerleri esas alınarak seviyeleri ve insan sağlığı üzerindeki etkilerine göre yapılan çalışmalar neticesinde Çizelge 1.4' deki gibi gruplandırılmıştır.

Çizelge 1.4. Gürültü şiddetinin insan vücuduna etkileri (Çakır, 2020)

Gürültü Şiddeti (dB)	Düzeyi	Etkisi
30-65	I. derecedeki gürültüler	Konforsuzluk ve rahatsızlık
		Sıkılma duygusu
		Kızgınlık
		Konsantrasyon
65-90	II. derecedeki gürültüler	Uyku bozukluğu
		Fizyolojik gürültü
		Kalp atışının değişimi
		Solunumun hızlanması
90-120	III. derecedeki gürültüler	Beyindeki basıncın artması
		Fizyolojik gürültü
120-140	IV. derecedeki gürültüler	Baş ağrısı
		Fizyolojik gürültü
> 140	IV. derecedeki gürültüler	Şiddetli baş ağrısı
		Kulak zarının patlaması



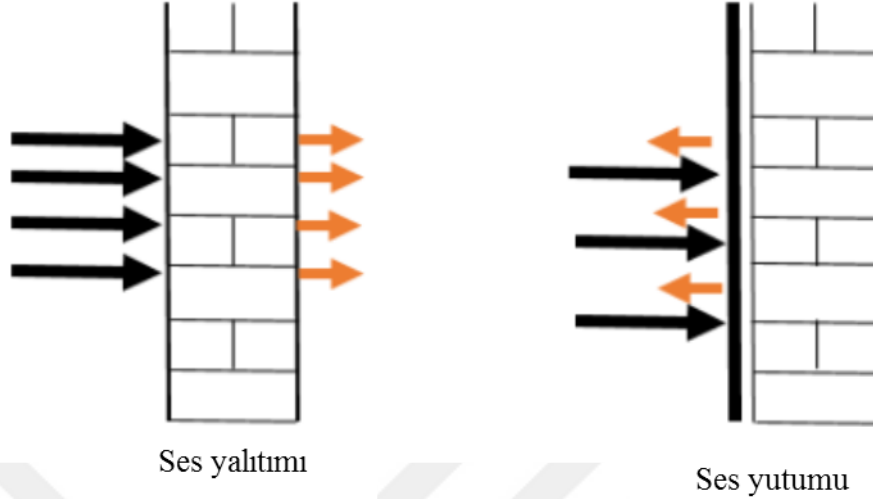
Çizelge 1.5' de bazı ses kaynaklarının desibel (dB) ses düzeyi değerleri, ses kaynakları ve insanlar tarafından nasıl değerlendirildiği verilmiştir.

Çizelge 1.5. Bazı ses kaynaklarının desibel (dB) değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011)

Ses Basınç Düzeyi (dB)	Örnekler	Subjektif Değerlendirme
140	Jet motoruna yakın	Hasar verici
130	Ağrının başlangıcı	Hasar verici
105	Kuvvetli rock müzik	Hasar verici
100	3 m uzaklıkta otomobil korna sesi	Çok yüksek
90	Şehir cadde gürültüsü	Çok yüksek
82	Fabrika gürültüsü	Çok yüksek
80	Akustik yalıtım yapılmamış okul, kantin gürültüsü	Yüksek
62	Açık trafikli yol	Yüksek
62	Talî bir yolun gürültüsü	Orta
50	Büro gürültüsü	Orta
40	Konutta düşük düzeyde çalınan müzik	Düşük
20	Fısıltı	Çok düşük
8	İnsanın nefes alışverişi	Çok düşük
0	İşitmenin başlangıcı	Çok düşük

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak veya ortadan kaldırmak için gürültüyü kontrol altına almak gerekir. Yapılacak çalışmalar; sesi oluşum kaynağında azaltmak, yayılma alanında azaltmak ve algılandığı yerde önlem almak şeklinde üç başlık altında incelenebilir (Özdil, Özçelik Kayseri ve Süpüren Mengüç, 2020). Bu çalışmaların temeli ses yalıtımı ve ses yutumuna (absorpsiyon, emilim) dayanmaktadır ve bu iki tabir sıkça karıştırılmaktadır. Ses yalıtımında; ses dalgaları içinde yol aldıkları ortamdan farklı yoğunluk veya esneklikte bir engelle karşılaşırsa enerjinin bir bölümü yansıtılır, bir kısmı da ısı enerjisine dönüşerek soğurulur, kalan kısım da geçişini tamamlar (Şekil 1.15). Ses yalıtımı dış ortamda meydana gelen gürültünün içeriye veya iç ortamdaki gürültünün diğer ortamlara geçmesinin önlenmesi şeklinde ifade edilebilir ve bir ortamın ses yalıtımı ses kaynağının yer aldığı ortamı alıcı ortamdaki ayıran bir akustik malzeme ile sağlanır. Ses yutumunda, hava parçacıkları,

yalıtım malzemesi içinde sürtünerek sesin bir kısmını ısı enerjisine dönüştürürler; böylece sesin enerjisi azalır. Bu da ses kaynağından çıkan sesin ne kadarının kaynağın bulunduğu ortamda yutulduğunu ifade eder (Kaya, 2016).



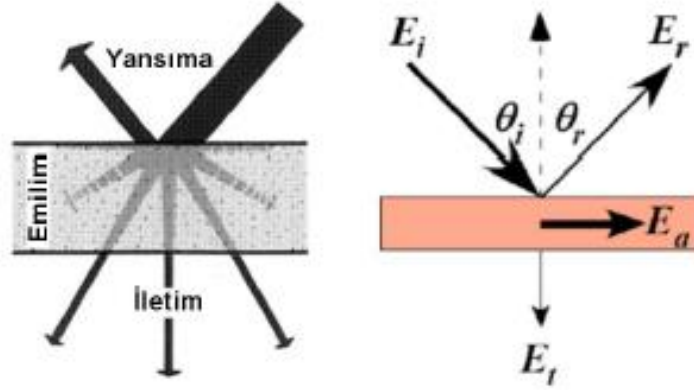
Şekil 1.15. Ses yalıtımı ve ses yutumu (Kaya, 2016)

Ses tekstil yüzeyi gibi gözenekli bir malzemeye girdiğinde hava molekülleri ses basıncı sebebiyle ses dalgasının frekansı ile gözenekli malzemenin boşluklarına dağılır ve bu sürtünme kayıplarına neden olur. Gözeneklerdeki hava molekülleri sesin hareketi ile birlikte periyodik olarak sıkıştırılması ve gevşemesiyle birlikte sıcaklık dalgalanmaları oluşur. Ses bu sebeple ses emici malzemelerden geçerken akustik enerji kaybına uğramaktadır. Bir malzeme ne kadar yumuşak, lifli ve gözenekli ise ses yutumu o kadar fazla olurken daha sert ve yoğun malzemelerde ise ses yutumu o kadar az olmaktadır (Gnal, 2020). Akustik malzemelerin ses yutum özellikleri frekansa göre önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Genelde düşük frekanslı seslerin uzun dalga boylarından dolayı emilimi çok zor olmaktadır. Ses dalgaları gözenekli ses emici malzemelere çarptığında, ses enerjisinde yansıma ( $E_r$ ), emilim ( $E_\alpha$ ) ve iletim ( $E_t$ ) olmak üzere üç farklı enerji dönüşümünün ortaya çıktığı (Şekil 1. 16) ve bu üç farklı enerjinin toplamının ise toplam ses enerjisi ( $E_i$ ) oluşturduğu söylenebilir (zkal, 2019).

Ses yutumu için kullanılan eşitlik:

$$E_i = E_r + E_\alpha + E_t \quad (1.7)$$

Burada;  $E_i$ ; ortamdaki ses enerjisi,  $E_r$ ; yansıyan enerji,  $E_\alpha$ : yutulan enerji,  $E_t$  iletilen ses enerjisi



Şekil 1.16. Ses enerjisinin dönüşümü (Özkal, 2019)

Bir malzemenin akustik performans etkinliği, ses yutum katsayısı ( $\alpha$ ) ve ses iletim kaybı (TL) ile ifade edilir ve her ikisi de frekansa bağlı olarak değişim gösterir.

Ses yutum katsayısı ( $\alpha$ ), malzemenin emdiği ses enerjisinin gelen ses enerjisine oranıdır (Günel, 2020). Teorik olarak 0 ile 1 arasında değişen bir değerdir. Bu değer ne kadar 1'e yakın ise o malzeme ses yutucu malzeme olarak sınıflandırılabilir. Ses yutum katsayısı  $\alpha=0.99$  olduğu zaman ses tamamen yutulur, ses yutum katsayısı  $\alpha=0.01$  olduğu zaman ise ses yutumu önemsizdir (Özkal, 2019).

Ses yutum katsayısı için kullanılan eşitlik:

$$\alpha = 1 - \frac{E_r + E_t}{E_i} = \frac{E_a}{E_i} \quad (1.8)$$

Kullanılan farklı yapı malzemelerinin 125Hz ile 4000Hz arasındaki altı oktav bandı olarak ses yutum katsayıları Çizelge 1.6' da verilmiştir.

Çizelge 1.6. Farklı yapı malzemelerinin ses yutum katsayıları (Küçükali, 2010)

Malzeme	Oktav Bandı Merkez Frekansı(Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<b>Alçıpan Tavan (12 mm kalınlıkta)</b>	0,29	0,1	0,06	0,05	0,04	0,04
<b>Beton Blok(pürüzlü)</b>	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
<b>Beton Blok(boyalı)</b>	0,1	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
<b>Beton Oda Zemini</b>	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
<b>Beton Üzerinde Plastik Yer Karosu Zemini</b>	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02

Çizelge 1.6. Farklı yapı malzemelerinin ses yutum katsayıları (Küçükali, 2010) (devamı)

Malzeme	Oktav Bandı Merkez Frekansı(Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Cam(Pencere Camı)	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Cam(Kalın Plaka)	0,18	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02
Cam Yünü Levha (4 cm kalınlıkta)	0,86	0,91	0,8	0,89	0,62	0,47
Halı (kauçuk köpük üzerinde)	0,08	0,24	0,57	0,69	0,71	0,73
Kontrplak Levha (1 cm kalınlıkta)	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,11
Mermer Yer Karosu	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Parke Oda Zemini	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Sıva(kaba)	0,14	0,1	0,06	0,05	0,04	0,03
Sıva	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Tahta Kapı	0,1	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04
Tahta Tavan Kaplaması (geçmeli)	0,24	0,19	0,14	0,08	0,13	0,1
Tahta Zemin	0,15	0,11	0,1	0,07	0,06	0,07
Tuğla	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Tuğla (boyalı)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03

Havadaki ses dalgaları gözenekli malzemeye çarparak titreşim sonucunda ses kaynağının olduğu ortamdan alıcı ortama geçerken malzemedan iletilen sesin enerjisi azalmaktadır. Malzemeye gelen ses enerjisinin malzemedan iletilen ses enerjisine oranı ses iletim kaybı (TL) olarak tanımlanmakta ve desibel (dB) olarak ölçülmektedir (Günel, 2020).

Ses iletim kaybı için kullanılan eşitlik:

$$\text{Ses iletim kaybı (TL)} = L_s - L_r + 10 \log \left( \frac{A_m}{A_r} \right) \quad (1.9)$$

$L_s$ : kaynak odasındaki ortalama ses basıncı düzeyi, (dB)

$L_r$ : alıcı odasındaki ortalama ses basıncı düzeyi, (dB)

$A_m$ : incelenen malzemenin yüzey alanı,  $m^2$

$A_r$ : Alıcı odanın eşdeğer yutum alanıdır,  $m^2$ .

Akustik bir malzemede ses iletim kaybının yüksek olması sağladığı ses yalıtımının da o derecede yüksek olduğunu göstermektedir.

Gürültü kirliliğinin önlenmesine dair artan yönetmelikler, kişilerin artan konfor istekleri ve insan sağlığı için sesin kontrol edilmesi gerekliliği ile ses yutucu malzemelerin kullanımı artmaktadır. Gerek gözenekli ve geçirgen yapıları gerekse hafiflik, kolay şekil alma ve daha ekonomik üretim süreçleri nedeniyle dokusuz yüzey, dokuma ve örme tekstil yüzeylerinin ses yutum malzemesi olarak kullanımı önem kazanmaktadır (Li vd, 2019). İlk pamuk ve rami gibi doğal liflerin kullanımı ile üretimine başlanan ses yutum malzemeleri kimyasal liflerin gelişimi ile mineral ve cam yünü gibi kimyasal liflerden dokusuz yüzey teknolojisi ile liflerin birbirine bağlanarak hacimli gözenekli yüzeylerin geliştirilmesi ile birçok farklı alanda kullanılmaya başlanmıştır. Tekstil sektöründe iç mekânlarda ses yutucu malzeme olarak köpükten imal edilen yumurta kabı formundaki malzemeler ve piramit şekilli süngerler en çok tercih edilmektedir. Bu malzemeler havanın içlerinde parçacıklar halinde yayılmasını engellerken dalgalı yüzey yapıları sebebiyle ses düzensiz olarak dağılır ve geri yansımadan sönümlenir. Bu gibi yapılar ses stüdyoları, kalorifer, eğlence yerleri, sinema salonları, fabrikalar, jeneratörler, otomotiv ve inşaat endüstrisi gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Yaşadığımız ortamlarda hem estetiklik kazandırmak hem de ses yutumunun arttırılması adına akustik tekstillerde dokuma ve örme yüzeylerin kullanımı artmaktadır (Mankodi ve Mistry, 2014). Dokuma ve örme ses yutucu malzemeler perde, halı döşemelik gibi ev tekstillerinde, tiyatro ve sinemalarda, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tekstil yüzeylerinin gözeneklilik ve geçirgenlik özellikleri dolayısıyla yapısal özelliklerinin ürünün ses yutumu, ses iletim kaybı performansı üzerindeki etkileri göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir. Ürünün akustik özellikleri üzerine etki eden faktörler aşağıda özetlenmiştir:

**Gözeneklilik:** Ses enerjisi; ses yutum özelliği olan tekstil yüzeylerini oluşturan gözenekli yapıdaki liflerin arasından geçerken sürtünmeden dolayı ısı enerjisine dönüşerek şiddetini kaybetmektedir (Özkal, 2019). Gözenekli malzemelerin ve liflerin gözenek sayısı, yapısı ve boyutu, içyapılarında bulundukları hava boşlukları ses yutum katsayısına etki etmektedir (Aydemir,2021). Gözenekli malzemelerin düşük frekanslardaki ses yutum katsayısı zayıf iken orta ve yüksek frekanslarda yüksektir (Doğru ve Pulat, 2020). Tekstil yüzeylerinde gözenek boyutunun küçülmesine bağlı olarak hava geçirgenliği azalırken ses dalgaları küçük boyuttaki gözenekler arasından geçerken sürtünmesi artacağı için enerjisi azalacak, ses yutum katsayısı artacaktır. Bu da bir malzemenin gözenekliliği ne kadar yüksek ve gözenek boyutu ne kadar küçük ise ses yutum katsayısının o kadar yüksek olacağını göstermektedir (Li vd., 2019).

Hava Geçirgenliği: En basit şekilde bir malzemeden havanın geçişi olarak tanımlanabilir ve bir yüzeyin kalınlığına, yapısına, ağırlığına, gözenekliliğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Hava geçirgenliği ile ses yutum katsayısı arasında ters bir ilişki vardır. Hava geçirgenliği düşük olan tekstil yüzeylerinin ses iletimi de düşük ancak ses yutum katsayıları yüksektir (Aydemir, 2021). Ses yutum katsayısı belli bir hava geçirgenliği değerine kadar artar, o noktada en yüksek seviyesine ulaşır ve daha sonra düşmeye başlamaktadır (Kang, Lee, Lee, Cho, Shin, 2019).

Lif inceliği: Sabit hacimli bir tekstil yüzeyini oluşturan liflerin çapı ne kadar az, dolayısıyla lif ne kadar ince ise o hacimde yer alan lif miktarı o kadar fazla olacaktır. Dolayısıyla lifler arası boşluklar azalacak ve hava bu boşluklar arasından geçerken daha fazla sürtünmeye maruz kalacak ve hava akış direnci artacağından daha iyi ses yutum özelliği gösterecektir (Aydemir, 2021).

Lif enine kesit şekli: Bir tekstil yüzeyini oluşturan liflerin çapı çok küçük ise liflerin enine kesit yapılarının farklı olmasının yüzeyin ses yutum özellikleri üzerinde çok büyük bir etkisi yoktur ancak lif çapı kalınlaştıkça lif kesitinin etkisi artmaktadır. Farklı ve düzensiz enine kesit şekillerine sahip lifler farklı yüzey alanları oluşturur. Bir lifin enine kesit şekli ne kadar düzensiz ise hava lifler arasından geçerken daha fazla sürtünmeye maruz kalacaktır ve dolayısıyla ses yutum katsayısı artacaktır (Küçükali, 2010). Örneğin üçgen ve yuvarlak enine kesit şekline sahip liflerin ses yutum özellikleri incelenmiş ve derin girintilere sahip liflerin daha fazla yüzey alanına sahip olduğu için ses yutum katsayılarının daha fazla olduğu gözlenmiştir.

İplik Üretim Teknikleri: Farklı iplik üretim teknolojileri ile üretilmiş ipliklerden üretilmiş kumaşlar farklı ses yutum özelliği göstermektedir. Bunun en büyük sebebi farklı iplik üretim sistemlerinde iplik birim hacminde yer alan liflerin dağılımının ve yerleşiminin farklı olmasıdır. Open-End iplik üretim sisteminde lifler bir rotor içinde dönüş etkisiyle iplik içerisinde daha dağınık ve hacimli bir yapıya sahip olacak, sabit bir büküm değeri olmayacaktır. Ring iplik üretim teknolojisi ile üretilen iplikler daha az hacimli bir yapıya sahip olacak ve lifler daha düzgün bir dağılıma sahip olacaktır. Kompakt iplik üretiminde lifler aerodinamik kuvvetler sebebiyle birbirine paralel ve daha az tüylü bir yapıya sahip olacaktır. Tüm bu etkiler neticesinde Open-End ipliklerden üretilmiş kumaşların ses yutum katsayısı kompakt ve ring ipliklerden üretilmiş kumaşlarınkine göre daha olacaktır. (Soltani ve Zarrebini, 2013). İplik

üretimi sırasında iplik büküm değerlerinin artırılmasının ipliği daha karmaşık bir hale getirdiği tespit edilmiştir. Daha yüksek büküm değeri olan ipliklerden üretilmiş kumaşların örtücülüğünün ve ses yutum katsayısının azaldığı gözlenmiştir.

**Yoğunluk:** Kumaş yoğunluğu arttıkça birim alan başına düşen lif sayısı da artacak ve dolayısıyla hava kumaş içinden geçerken lifler arasından daha fazla sürtünmeye maruz kalacaktır. Bu doğrultuda sönmelenen ses enerjisi ve ses yutum katsayısı da artacaktır. Yapılan çalışmalarda yoğunluğu yüksek olan yüzeylerin orta ve yüksek frekans bandında daha iyi ses yutumu sağladığı gözlenmiştir. (Taşcan, 2008).

**Kalınlık:** Özellikle düşük frekans bandında yüzey kalınlığındaki artış ile ses yutum katsayısındaki artışın doğru orantılı olduğu, yüksek frekanslarda ise önemli bir değişim olmadığı gözlenmiştir (Witczak, Jasinska, Lao, Krawczynska, Kaminska, 2021). Kumaş kalınlığı gözenekliliği de etkilemektedir.

**Örgü/Doku:** Daha sık ve katmanlı kumaş örgüleri daha iyi akustik özellik göstermektedir. Örneğin yapılan çalışmalarda çift kat ve Bezayağı örgülerin sıkı yapıları sebebiyle daha gevşek olan saten örgüye göre ses yutum katsayısının daha iyi olduğu gözlenmiştir. (Alcaraz vd., 2019; Soltani ve Zerrebini, 2012).

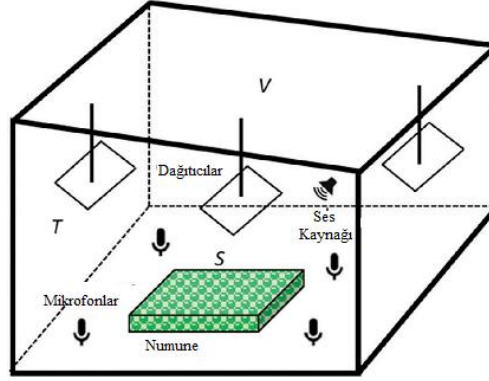
**Örtme Faktörü:** Kumaş örtücülüğünü ifade etmektedir. Kumaş atkı ve çözgü sıklığı ile kumaşın dokunmasında kullanılan atkı ve çözgü iplik numarası kullanılarak hesap edilmektedir. Kumaş sıklığı ile doğru, iplik numarasının karekökü ile ters orantılıdır. Kumaş sıklığı arttıkça kumaş örtücülüğü de artacak, iplik numarası inceldikçe kumaş örtücülüğü azalacaktır. Kumaş gözenekliliği ve hava geçirgenliği ve dolayısıyla kumaşın akustik özelliği ile ilişkilidir.

Bir tekstil ürünün ses yutum katsayısı ölçümü için iki farklı yöntem vardır:

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

Yankılanma odası (Şekil 1.17) ile ölçüm yönteminde; testler uluslararası standarda göre (ASTM C423) göre yapılmaktadır. Bu sebeple bu testler diğer ölçüm yöntemlerine göre daha güvenilir sayılabilir ancak bu odaların kurulumu için çok büyük alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Titreşim ve gürültülerden etkilenmemesi gerekir. Odanın kalibre edilmesi zahmetlidir ve uzman kişiler tarafından yapılmadığı takdirde test sonuçları başka yankılanma odalarında yapılan

testlerin sonuçlarına göre oldukça farklılık gösterebilir. ASTM C423 standardına göre numune ebadı çok büyüktür (en az 6,69 m<sup>2</sup>) ve ISO 10140 standardına göre 10m<sup>2</sup> ve üzerindedir (Özkal, 2019). Uzun test süreleri ve yüksek ilk kurulum maliyetleri sebebiyle tercih edilmezler.



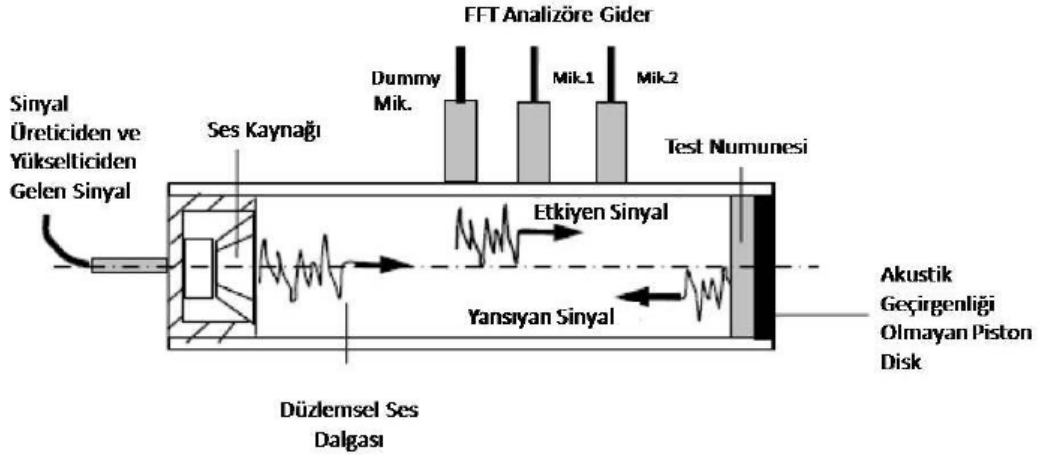
Şekil 1.17. Yankılanma Odası (Koruk, 2021)

Empedans tüpü ile ölçüm yöntemi; malzemelerin akustik ses yutum katsayısını belirlemek için en sık kullanılan yöntemdir. Ses yutum katsayısı, numune üzerine gelen ve yansıyan ses dalgalarının ölçülmesine dayalı yüzey empedansının hesaplanmasıyla elde edilmektedir. Tüpün bir ucunda ses kaynağı, diğer ucunda test numunesi bulunmaktadır ve geniş bir frekans aralığında test numunesine dikey olarak ses dalgaları gönderilir. İki sabit noktada ses basıncının ölçülmesiyle ses yutum katsayısı hesaplanmaktadır (Uzundağ ve Tandoğan, 2013). Şekil 1.18 'de tek ve iki tüplü empedans tüplerinin genel görünümü ile Şekil 1.19' da ses yutum katsayısı ölçüm düzeneği verilmiştir. Empedans tüpü yöntemi ile malzemelerin 50 Hz ile 6400 Hz gibi geniş bir frekans aralığında ses yutum katsayıları ölçülebilmektedir. 50 Hz ile 1600 Hz frekans aralığındaki düşük frekanslı seslerin ölçümü için büyük, 1600 Hz ile 6400 Hz frekans aralığındaki yüksek frekanslı seslerin ölçümü için ise küçük çaplı tüp kullanılmaktadır (Aydemir, 2021). Şekil 1.20 'de farklı çaplardaki empedans tüpleri görülmektedir.



Şekil 1.18. a) Tek tüplü empedans tüpü kiti, b) İki tüplü empedans tüpü kiti (Uzundağ ve Tandoğan, 2013)



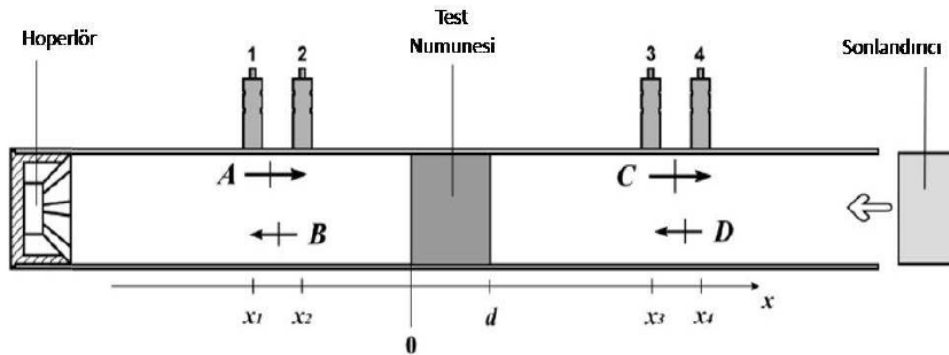


Şekil 1.19. Empedans Tüpü Ses Yutum Ölçüm Düzeneği (Uzundağ ve Tandoğan, 2013)



Şekil 1.20. Empedans Tüplerinde Kullanılan Farklı Çaplardaki Tüpler (Uzundağ ve Tandoğan, 2013)

Empedans tüpüne ek aparatlar takılarak ses iletim kaybı (dB) de ölçülebilmektedir ancak çok katmanlı numunelerin ses iletim kaybı değerleri ölçümleri doğru değerler vermeyebilmektedir. Şekil 1.21' de ses iletim kaybı ölçüm düzeneği verilmiştir



Şekil 1.21. Empedans Tüpü Ses İletim Kaybı Ölçüm Düzeneği (Uzundağ ve Tandoğan, 2013)

Numunelerin üretimi sırasında deforme olması veya tüpün içerisine düzgün yerleştirilmemesi gibi durumlarda yapılan testler doğru değeri verememektedir. Bu sebeple gerek üretim gerekse test aşamasında numunelerin doğru ve düzgün olmasına dikkat edilmelidir.

Empedans tüpü ile ses yutum katsayısının belirlenmesi için uluslararası standartlar vardır. Bunlar; ISO 10534-1 Duran Dalga Oranını Metodu ve ISO 10534-2 Aktarım Fonksiyon Metodu' dur. Ses iletim kaybı katsayısı hesabı için ise daha önce belirtildiği gibi belirli bir standart bulunmamaktadır. Ses yutum katsayısının yankılanma odası yöntemi yerine empedans tüpü yöntemi ile belirlenmesinin avantajları; testin daha hızlı sonuçlanabilmesi, tekrarlanabilir sonuçlar elde edilebilmesi, numune ebadının çok küçük olması ve test cihazının rahat kullanımınıdır (Aydemir, 2021).

Kumaşların gözeneklilik ve geçirgenlik özellikleri ile akustik özellikleri arasındaki ilişkinin araştırılması başlıklı tez çalışmamıza yol göstermesi adına gerek yurt içi gerekse uluslararası alanda yayınlanmış makale, tez, ve kitaplar incelenerek literatür çalışması tamamlanmıştır.

Peruhan, Aytaş, Yörük, Yıldırım (2017) iplik doğrusal yoğunluğu ve birim alan ağırlıklarını farklı ancak doku yapıları aynı tutarak açıklık ve makro açıklık özelliklerini farklılaştırdıkları iki stor perde kumaşı üretmişler. Bu kumaşların ASTM E2611 standardına göre ses iletim kaybı, TS EN ISO 10534-2 (Türk Standardı, 2003) standardına göre de ses yutum katsayılarını ölçerek bu parametrelerin kumaş yapısına göre değişimi incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda özellikle ses iletim kaybı değerleri kumaşta boşluk oranı azaldıkça artış göstermiştir. Testler sırasında frekans değeri yükseldikçe hem ses iletim kaybı hem de ses yutum katsayısı artmış ancak her iki kumaş da tek kat ve çok ince olduğu için ses yutum katsayısı o kadar düşük ölçülmüştür ki bu kumaşların yalıtım için uygun olmayacağı sonucuna varmışlardır.

Mankodi ve Mistry (2014) çalışmalarında duvar kaplaması olarak kullanılacak farklı on adet dokuma kumaşın ses yutum davranışını incelemek için bu kumaşları destek malzemesi olarak üç farklı yapıdaki dokusuz yüzey kumaşlar ile birleştirmişler ve aynı zamanda ortaya çıkan bu farklı özellikteki yapıların ses yutumu üzerindeki etkilerini de incelemişlerdir. Yapılan deneyler neticesinde; akustik kumaşın ses yutum kapasitesinin, kumaşın doğası, hava geçirgenliği, kalınlık, ağırlık, mesafe ve ses seviyesi gibi bir dizi karmaşık değişkenin bir işlevi

olduğu ortaya çıkmıştır. Kaplama dokuma kumaşı ve dokusuz yzzey kumaşı birleşimi ile ortaya çıkan yapıların hava geğirgenliği ses yutma kapasitesini olumsuz etkilerken kaplama dokuma kumaşların ses yutma ozellikleri ve hava geğirgenliği, yapının kompaktlığına, kumaşların tasarımına ve kumaş bitim işlemlerine bağlı olarak değişkenlik gostermiştir. Dokusuz yzzey kumaşlarda ses yutumundaki değişimi, ağırlık ve kalınlık değerleri dikkate alarak değerlendirmişler ve dokusuz yzzey kumaşların ağırlığının ve kalınlığının ses yutum ozelliklerini etkilediğini, ağırlık ve kalığın artması durumunda ses yutumunun da arttığını gızlemlemişlerdir. Kumaş ile ses kaynağı arasındaki mesafeyi değiştirerek yaptıkları deneyde mesafenin artması ile numunedeki ses azaltımının arttığını, 20cm mesafede ise maksimum ses azaltma değerine ulaştığını ancak kumaş ile ses alıcısı arasındaki mesafenin numunelerin ses yutumu üzerinde önemli bir etki yapmadığını tespit etmişlerdir. Farklı yapıya sahip bu tür malzemelerin, iyi ses yutumu ve yalıtım ozellikleri nedeniyle ev iç mekânları, ofis iç mekânları ve otomobil iç mekânları için kullanımının uygun olacağını ortaya koymuşlardır.

Memon vd. (2015) ęalıřmalarında farklı konstrüksiyondaki dđrt farklı kumaş türü ile bu kumaşlara uygulanan kaplama işlemi sonrası ortaya çıkan dđrt farklı kumaşın gramajı, kalınlığı ve hava geğirgenliği açısından ses yalıtımını etkileyen parametreleri analiz etmişlerdir. Hem kaplanmış hem de kaplanmamış kumaşların tümü için kumaşın gramajı ile genel ses yalıtım indeksi arasında doğrusal ilişki, kumaş kalınlığı için ise doğrusal olmayan ilişki olduğunu gızlemlemişlerdir. Ayrıca, hava geğirgenliği ile genel ses yalıtım indeksi arasında ters bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlar ve sonuç olarak; herhangi bir kumaşın ses yalıtımının, kumaş parametrelerine göre değiştiğini gostermişlerdir.

Hassan, Rus (2013) bitkisel yağ bazlı biyo-monomerin ticari Polimetan Polifenil İzosiyanat (Modifiye Polimerik-MDI) ile reaksiyona sokulmasıyla biyopolimer kđpük hazırlayarak bu biyopolimer kđpük ile polyester, pamuk dokuma kumaşlar ile tek yatak jarse örme kumaşı ASTM E1050 test standardına göre empedans tüpünde biyopolimer kđpüğün akustik ozelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak; orta frekans seviyesinde kumaş ne kadar kalın olursa ses yutma katsayısının ( $\alpha$ ) o kadar yüksek olduğunu, kumaşın katman sayısı veya kalınlığı ne kadar yüksek olursa, kumaştan ses emilimi orta frekansta arttığını, ancak maksimumdan sonra neredeyse değişmeden kaldığını ortaya koymuşlardır. Üç kat pamuklu kumaşta, yaklaşık 1'e eşit maksimum  $\alpha$  değerini 1.104mm kalınlıkta ve 3000-3500 Hz frekans seviyesinde verirken tek örme jarse kumaş 4 katlı ve 2200-2700 Hz'de maksimum  $\alpha$  değerini vermiştir. Polyester kumaş ile lamine edilmiş 0,668mm kalınlığındaki biyopolimer kđpüğün  $\alpha'$

sı ise 2000-3000 Hz'lik daha düşük frekans seviyesinde yaklaşık 1'e eşit bulmuşlardır. En düşük kalınlığa sahip polyester kumaş, kumaşın yapısı nedeniyle daha düşük frekans seviyesinde daha iyi  $\alpha$  değeri vermiştir. Elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda lif yoğunluğu, lif çapı ve lifli malzeme tabakası gibi lif özellikleri arasındaki ilişkilerin ses yutma özelliğini etkileyen faktörler olduğunu ortaya koymuşlardır.

Segura-Alcaraz, Montava, Bonet-Aracil (2018) çalışmalarında 15, 20 ve 30 tel/cm çözgü ve 15, 20 ve 30 tel/cm atkı sıklığındaki kumaşları polyester elyaftan yapılmış farklı kalınlıklardaki (15, 30, 45 mm) dokusuz yüzey üzerinde dirençli bir tabaka oluşturacak şekilde ekledikten sonra akustik yutumu katsayısı ölçmüşlerdir. Çalışma esnasında ses yutumu katsayısı 400 ile 4000 Hz arasında ölçülmüştür. Empedans tüpü yöntemi ile ses yutum katsayısı ölçümleri yapılmış ve veriler, bu kumaşların dokusuz yüzey kumaşın akustik emilimini değiştirmek için verimli bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Elde edilen sonuçlar; uygun çözgü ve atkı sıklığı kombinasyonuna sahip bir kumaş seçerek, farklı frekanslarda 1 değerlerine yakın ses emme katsayıları elde etmek için basit bir dokusuz yüzey kumaşın akustik özelliklerini iyileştirmenin nasıl mümkün olduğuna açıklık getirmiştir. Bu da gözeneklerin kütle etkisinin, bir dokusuz yüzey kumaşa bir kumaş katmanı eklenmesi ile daha düşük frekanslarda emilimi artırdığı yönündeki ifadenin uygunluğunu göstermektedir. Çalışmada kullandıkları kumaşlar farklı boyut ve şekillerde gözeneklere sahip olduğu için farklı termal ve viskoz etkilerle ses yayılımını farklı şekillerde etkileyerek setin emilimini değiştirdiğini gözlemlemişlerdir. Sonuçlar, dokusuz yüzey malzeme ile kumaş arasındaki bir etkileşim olduğunu, bu da dokusuz yüzey malzemenin termal etkilerinin ve kumaşın rezonant etkilerinin avantajlı bir kombinasyonunu ortaya çıkarmıştır ki bu etkiler, incelenen dokusuz yüzey kumaşın üç farklı kalınlığı için de incelenmiştir. Dokuma kumaşlarda başka bir yapı olmadan kullanıldıklarında, ses yutma katsayısında önemli bir varyasyon olmadığı, sadece küçük bir varyasyon olduğu görülmüştür. Ancak bu kumaşlar dokusuz yüzey kumaşlar ile kombine edildiğinde aynı eğilimi gösterirken elde edilen katsayı daha yüksek olmuştur. Maksimum çözgü ve atkı yoğunluklarında daha yüksek absorpsiyonlar gözlemlemişler ki bunu da çözgü atkı yoğunluğu arttığında kumaşın yoğunluğunun da artacağına ancak öte yandan kumaştaki gözeneklerin boyutunun ve sayısının azalacağına bağlamışlardır. Bu her iki nedenin de ses yutum katsayısındaki farklılığa yol açabileceğini belirtmişlerdir.

Segura-Alcaraz, vd. (2019) yaptıkları diğer farklı bir çalışmada çözgü sıklığında tek sıklık olarak 60 tel/cm ve atkı sıklığında ise 15, 30, 45 ve 60 tel/cm olarak dört farklı sıklıkta

bezayağı örgü yapısında çok katmanlı beş farklı kumaş dokumuşlar. Bu kumaşları dirençli bir katman oluşturmak için polyester bir dokusuz yüzey üzerine ekledikten sonra akustik ses yutum katsayılarını ölçerek bu birleşimin akustik ses yutumu olarak kumaş yapısına etkisini incelemişlerdir. Ses yutma katsayısı üzerindeki atkı sıklığı ve dokusuz yüzey kumaşının kalınlığı olarak iki üretim faktörünün etkisini analiz etmek için deney tasarımı ve veri analizi yapmışlar. Dokusuz yüzey kumaş ile kombinasyon halinde çok sayıda kumaş yapısından oluşan katmanlı bir malzemenin akustik ses yutumunda kumaşın uzamsal yapısının etkisini incelenmişlerdir. Bazı frekanslarda yüksek seviyede ses emilimi sağlanmışlardır. Ses yutum katsayısının değişmesine neden olan ana faktörleri tespit etmişler ve bu faktörlerin her frekansta ve her kumaş yapısı için farklı etkileri olduğunu göstermişlerdir. Yaptıkları deneylerin optimizasyonu ile beş farklı kumaş yapısını ve bunların katmanlı malzemenin ses emme katsayısı üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlar ve çift bez yapılarında daha düşük atkı sıklığı ve daha az kalınlıktaki dokusuz yüzey kumaşlarda daha yüksek ses yutum katsayısı elde etmişlerdir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, ses yutum eğrilerin önceki gözlemleriyle örtüşürken, aynı kumaş yoğunluğu için katman sayısı azalırken, ses yutum katsayısı artmıştır. Bunu iplikler arası gözenek boyutundaki azalma ve buna bağlı olarak da sürtünmedeki artışa bağlamışlardır.

Jie, Sheng, Xiong (2017), bir dizi tek delikli içi boş polyester elyaf (SHHPF) ile güçlendirilmiş hidrojene karboksil nitril kauçuk (HXNBR) kompoziti üreterek HXNBR / SHHPF kompozitinin ses yutum özelliğini bir empedans tüpünde test ettirmişlerdir. Ayrıca kompozit morfolojisini taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile karakterize ederken çekme mekanik özelliğini de mukavemet test cihazı ile ölçmüşlerdir. Elde edilen sonuçlar; SHHPF içeriğini %0'den %40'a çıkardıklarında ses yutumunda dikkate değer bir değişiklik olduğunu, 1 mm kalınlıkta %40 SHHPF içeren kompozitte ses yutma katsayısının 2.500 Hz'de 0.671; 0,2'den büyük ses absorpsiyon katsayısı için etkin bant genişliğinin 1.800–2.500 Hz olduğunu göstermiştir. SHHPF içeriği 1 mm kalınlıkta %50'ye çıkınca kompozitin ses yutma özelliğinde bozulma olduğu, %20 SHHPF oranı ile kompozitlerin kalınlığını 1'den 5 mm'ye çıkararak ses yutma özelliğinin iyileştirilebildiğini gözlemlemişlerdir. Malzemenin çekme mekanik özelliğini aynı kalınlıktaki normal HXNBR ile karşılaştırdıklarında SHHPF oranı arttıkça kompozitin özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği ortaya konulmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında mükemmel ses emme özelliğine sahip hafif bir kompozit olarak

HXNBR / SHHPF kompozitinin mühendislik alanlarında potansiyel pratik uygulama değerine sahip olduğu söylenebilir.

Saffari, Dolatabadi, Rashidi (2020) çalışmalarında örme kumaşlarda kullanılan lif kesitinin, gözenekliliğinin, numunelerin kalınlığının ve kumaş yüzeyinin tüylendirilmiş olmasının kumaş ses yutum katsayı üzerine etkilerini ortaya koymayı hedeflemişler ve bu doğrultuda üç farklı elyaf kesitine (yuvarlak, eliptik ve artı şekilli) sahip ipliklerle üç farklı ilmek sıklığına sahip kumaşlar örmüşlerdir. Elde ettikleri kumaşların ses yutum katsayısını bir empedans tüpü kullanılarak farklı elyaf kesitleri ve yapısal parametreler açısından incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar ile kesit şekli, gözeneklilik, kalınlık ve birim alandaki kütlelerin numunelerin ses yutum katsayısı için belirleyici faktörler olduğunu göstermişlerdir. Buna göre liflerin kesit şekli ses yutuculuğuna doğrudan etki etmektedir ve artı kesitin, dairesel ve oval kesite kıyasla en yüksek ses yutum katsayısına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca kalınlığın artması, ses yutma katsayısının artmasına yol açmış ve ses yutma katsayısı ile gözenekliliğin ters bir ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiş, böylece gözenekliliği azaltarak, kütle ve kalınlığı artırarak kumaş numunelerin ses yutum katsayısı artırılmıştır. Aynı zamanda kumaş yüzeyini tüylendirmenin ses yutumuna etkisini incelemek için beş tabakalı numune kumaşın yüzeyini tüylendirmişler ve 4.000-6.300 Hz frekanslarda beş tabakalı havlı kumaşın havsız kumaşa göre ses yutum katsayısı %20.73 daha yüksek çıktığını belirlemişlerdir. Tek katmanlı numunede kumaş yüzeyini havlandırdıklarında, havlı kumaş numunesinin ses yutum katsayısında ihmal edilebilir bir fark olduğunu görmüşlerdir.

Süvari (2020) yaptığı çalışmada farklı atkı sıklığı ve iplik numaralarından oluşan dokuma kumaşların örtme faktörü ve gözeneklilik parametreleri ile ses yutuculuk davranışları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu amaçla öncelikle üç farklı atkı sıklığı ve dört farklı numarada atkı ipliği kullanılarak dokuma kumaşlar üretmiş ve bu kumaşların gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, gözenek oranı ve ses yutuculuk katsayılarını ölçmüştür. Kalın iplik kullanılan ve sıklığı arttırılan kumaşlarda gözenek oranı ve hava geçirgenlik değerleri düşerken ses yutum katsayısı değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Ses yutum katsayısındaki artışın sebebinin de atkı sıklığı ve iplik numarası değişimi ile elde edilen daha küçük gözeneklere sahip kumaşlarda daha fazla sürtünme sonucu ses enerjisinin azalması olduğu öne sürülmüştür. Kumaş sıklığı ve iplik numarası parametrelerini tek bir değişkene indirgemek adına faydalı olabilecek örtme faktörü değerlerini de hesaplamıştır. Çalışmada örtme faktörü yüksek kumaşların daha küçük gözeneklere sahip olduğu ve hava geçirgenliklerinin daha düşük olduğu ve daha iyi ses

yutuculuk performansı gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışma; farklı sıklık ve iplik numarasına sahip dokuma kumaşların ses yutuculuk performansları ile ilgili bir öngörüye ihtiyaç duyulduğunda ses yutuculuk, gözenek oranı ya da hava geçirgenliği ölçümlerine gerek duyulmadan, kolayca hesaplanabilen örtme faktörü değerlerine bakarak tahminde bulunulabileceğini ortaya koymuştur.

Küçükali Öztürk, Uygun Nergis, Candan (2010) otomotiv endüstrisinde araç içerisinde oluşan sesi azaltmak için araç döşemesi, tavan ve diğer iç parçalarda örme tekstil ürünlerinin geliştirilmesi amacıyla yola çıkmışlardır. Bunun için katlı pamuk ipliği kullanarak akustik özellikleri gelişmiş örme (boşluklu) spacer kumaşlar tasarlamışlar ve bu kumaşları 7 fayn Shima Seiki V-yataklı düz örme makinesinde örmüşler ve çift mikrofonlu empedans tüp metodu ile kumaşların ses yutum katsayılarını ölçmüşlerdir. Ölçümler sırasında 4 kHz' den daha yüksek frekanslarda daha iyi ses yutum özelliği elde edilmiştir. Sonuçları değerlendirdiklerinde; kumaş ses yutum katsayısının kumaş yüzeyleri arasındaki hava boşluğunun ve/veya yüzey kumaş kalınlığının artmasıyla artış gösterdiğini tespit etmişler ve bu doğrultuda bu tip örme kumaş yapılarının otomotiv sektöründe tavan döşemesi, koltuklar ve kapı panelleri gibi otomobil iç parçalarında ses yutucu malzeme olarak kullanılabilceğini öngörmüşlerdir.

Zenong, Xiaoling, Bin, Tuo (2019) çalışmalarını dokuma kumaşların ses yutum etkisini optimize etmek için ses yutum katsayısını tahminlemede yeni ve güvenilir bir metod geliştirilmesi üzerine yoğunlaştırmışlardır. Bir dizi desen örnekleri için ayrıntılı 3D geometrik modeller oluşturmuşlardır. Geometrik kıvrımlılık, akış direnci ve gözeneklilik, sonlu elemanlar analizinden sayısal olarak elde edilen parametrelerdir. Üzerinde çalıştıkları yeni yöntemle, bir çözgü ipliği üzerinde yüzen atkı ipliklerinin sayısı (adımlar), iplik çapı, iplik aralığı gibi geometrik parametrelerin ses yutumu üzerindeki etkilerini incelemişler ve elde ettikleri sayısal tahminlerle empedans tüp testinin sonuçları uyum göstermiştir. Bu sonuçlara dayanarak, iyi ses yutumu etkisine sahip dokuma kumaş üretilebileceğini öngörmüşlerdir ve bu noktada özellikle iyi tasarlanmış ince hafif kumaşların geleneksel olarak ses emiliminde kullanılan hacimli gözenekli malzemelerin yerini alması üzerinde durmuşlardır. Geliştirdikleri yöntem ile geometrik yapıların ses yutumu performansı üzerindeki etkisi araştırarak dokuma kumaşın ses yutum performansının, limitli adım sayısı ile etkilendiğini; aynı durumda, adım sayısı ne kadar küçükse, o kadar iyi ses yutma özelliği gösterdiğini tespit etmişlerdir. Burada daha küçük iplik çaplarında iplik aralıklarının artırılması ses emilimi üzerinde daha küçük yan etkiye sahip

olduğunu varsayımı ile ses emiliminde iyi performansa sahip bir tür optimize edilmiş dokuma kumaş üretmişlerdir. Üretilen yeni kumaş, geleneksel kumaşlara göre çok daha geniş bant genişliğine ve geleneksel perde malzemesine göre daha hafif ve daha küçük kalınlığa sahip olduğu için dinlenme salonları veya ev ofisi akustik tasarımlarında kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Özdil, Özçelik Kayseri, Süpüren Meriç (2020) yaptıkları çalışmada öncelikle tekstil malzemelerinin akustik özelliklerinin ölçüm yöntemleri üzerinde durmuş sonrasında hem geleneksel hem de geri dönüştürülmüş polyester ve polipropilen lifleri kullanılarak üretilmiş dokusuz yüzey kumaşların ses yutum özellikleri karşılaştırmışlardır. Dokusuz yüzeyler ses yutumu malzemesi olarak en yaygın kullanılan tekstil ürünü haline gelmiş ve bu malzemeler ses emiciler, ses yayıcılar, gürültü bariyerleri ve ses reflektörleri olarak tüm sektörlerde kullanılmaktadır. Bunun yanında tekstil endüstrisinin sürdürülebilir gelişimi için yıllardır hem atıkları azaltmak hem de gürültüyü azaltmak amacıyla iyi ses emme özellikleri nedeniyle, geri dönüştürülmüş malzemeler, pratik amaçlar için geleneksel malzemelere alternatif olarak ortaya konulmuştur. Yapı inşaatı, otomotiv ve makine sektörleriyle gibi farklı sektörlerde bu tarz yüksek performanslı ürünlerin kullanımı teknik özellikleri açısından artarken günümüz rekabet koşullarında maliyet açısından rekabet edebilen ürünler piyasada daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. İşte geri dönüştürülmüş ürünler bu noktada önem kazanmaktadır. Fiyat avantajının yanı sıra, tamamen çevreci ve sürdürülebilirlik sağlayan bir üretim olan atık malzemeler geri dönüşüm ile kullanılabilir ürünlere dönüştürülmektedir. Bu çalışmada piyasada yaygın olarak kullanılan geleneksel polyester ve polipropilen dokusuz yüzey yalıtım malzemeleri ile geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilenler karşılaştırılmıştır. Test sonuçları incelendiğinde, ses yalıtımı alanında kullanılan geri dönüştürülmüş malzemelerin yeterli kalınlık değerlerinde üretildiklerinde çok başarılı rekabet performansına sahip olduğu görülmüştür. Hammadde fiyatları olarak bakıldığında da ekonomi kapsamında geri dönüşüm malzemelerinin hem üreticiler hem de tüketiciler için önemli bir avantaj sağlayacaktır.

Barburski, Blaszcak, Pawliczak (2018) akustik özelliklerini incelemek için dördü 3D tasarımı petek örgü olmak üzere 10 farklı yapıdaki kumaşı test etmişler ve bu çalışmalarında farklı yapıdaki dokuma kumaşların aeroakustik yankısız odada yapılan akustik testlerinin sonuçlarını sunmuşlardır. Testleri düşük ve orta olarak iki farklı akustik frekans bölgelerinde gerçekleştirmişlerdir. Genel olarak; test edilen tüm kumaşların düşük frekanslarda düşük ses emme özelliğine sahip olduğunu göstermişlerdir. Çalışmada yer alan bal peteği dokumalı tüm



kumaşların diğer kumaşlara göre çok daha az akustik azalma göstermiştir. Bunun sebebinin de santimetre başına daha az sayıda ipliğe sahip kumaşlara benzerliklerinden kaynaklanabileceği, bu da daha yüksek kalınlıklarda daha az yoğun yapılar olması olabileceği vurgulanmıştır. Diğer dokuma kumaşların daha kompakt ve çok daha ince yapıda olmaları onlara daha iyi ses emme özelliği kazandırmıştır. Yapılan çalışmaya göre; en iyi ses emme özelliklerinin saten, çift kumaş ve arka atkı dokumalarında olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada kullanılan malzeme kalınlaştıkça yutulması en zor olan düşük frekanslarda ses yutumunda önemli bir artış olurken daha yüksek frekanslarda ses emilimi üzerinde kumaş kalınlığının önemsiz bir etkisi olduğu görülmüştür. Araştırmacıların sundukları sonuçlar tiyatro ve sinema salonları gibi alanlarda iç mimarlar ve mimarlar için faydalı olacaktır. Çalışma esnasında kumaşın hangi parametrelerinin yalıtım veya ses geçirgenliği üzerinde etkilendiğini göstererek ses emilimi açısından farklı desenlere sahip dokuma kumaşlarda en iyi örnekler belirlemeye çalışmışlardır.

Lolaki, Shanbe (2018) yaptıkları çalışmada gözenekli dokuma kumaşların gürültü azaltma katsayısı (NRC) ve gürültü emme katsayısını (NAC) esas alarak akustik özellikleri üzerinde durmuşlardır. Bu kapsamda atkı sıklığı ve gözenekli iplik türü, yani içi boş ve mikro gözenekli iplikler ve ayrıca içi boş ipliklerin farklı frekanslarda delik boyutunun etkilerini incelemişlerdir. Elde ettikleri farklı özellikteki kumaş numunelerinin akustik özellikleri arasındaki farkı istatistiksel olarak değerlendirmek için varyans analizi ve %95 güven düzeyinde Duncan testi yapmışlar ve atkı yoğunluğu ve iplik tipinin dokuma kumaşların akustik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Atkı sıklığının 30 tel/cm'den 40tel/cm'ye çıkarılmasıyla, içi boş ipliklerle dokunmuş kumaşların NRC' sinin arttığını, ancak atkı sıklığının 50tel/cm'ye yükseltilmesiyle NRC' nin azaldığını gözlemlemişlerdir. %100 pamuk ve mikro gözenekli ipliklerle dokunan kumaşlarda atkı sıklığı arttırıldığında NRC' de de artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Ses dalgası frekansını arttırarak, numunelerin NRC değerlerini düşürmüşler, ancak en düşük NRC değerlerini, 1000 Hz frekansında elde etmişlerdir. İçi boş ipliklerin delik boyutunun, dokuma kumaşların NRC'si üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki gösterdiği görülmüştür. Çalışma sonucunda; akustik özelliklerine yoğunlaşılacak bir dokuma kumaş tasarlanırken, atkı sıklığı, iplik çapı ve yapısının zıt etkilerinin dikkate alınması gerektiği, mikro gözenekli ipliklerle dokunan kumaşların daha iyi gürültü azaltma özelliği gösterdiği ortaya konulmuştur.

Kino, Ueno (2008) yuvarlak, içi boş, düz üçgen olmak üzere farklı enine kesitlere sahip dört farklı polyester elyafından dört farklı lifli malzeme numunesi hazırlamışlar ve bu

numunelerin yüzey empedansı ve akustik olmayan parametrelerini ölçmüşlerdir. Elyaf kesitindeki farklılığın polyester elyafın akustik özellikleri ve akustik olmayan parametreleri üzerindeki etkisi incelendiğinde yuvarlak ve içi boş kesitli numunelerin etkileri hemen hemen aynı olurken düz ve üçgen kesitli numunelerdeki ölçülen akış direncinde yuvarlak kesitli numuneye göre farklı etkiler gözlemlenmiştir. Ayrıca dairesel olmayan enine kesitlerden yapılan malzemelerin lif eşdeğer çapları üzerinde de durmuşlardır. Elyaf enine kesit şeklinin polyester elyafı ile üretilmiş ses emici malzemelerin akustik özelliklerini ve akustik olmayan parametrelerini kontrol edebildiğini göstermişlerdir. Çalışmada ses soğurma katsayısında nispeten küçük bir fark ortaya çıkarken akış direnci ve iki karakteristik uzunlukta ölçülebilir bir fark olduğu gözlenmiştir. 0.22 tex' lik düz ve üçgen kesitli elyafın, 0.175 tex' lik yuvarlak kesitli elyafa neredeyse eşdeğer olduğunu bulmuşlardır.

Tang, Kong, Yan (2018) çalışmalarında fiziksel parametrelerin dokuma kumaşların akustik yutum özelliklerine etkilerini incelemek için farklı yapısal parametrelere sahip 24 çeşit dokuma kumaşın akustik yutum özelliklerini ölçmüş ve analiz etmişlerdir. Akustik davranış ile çeşitli fiziksel parametreler arasındaki ilişkiyi karakterize etmek için çoklu doğrusal regresyon modelleri oluşturmuşlardır. Akustik soğurma özelliklerinin perforasyon oranı ve hava geçirgenliğine bağlı olarak değiştiğini bulmuşlardır. Perforasyon oranı ve hava geçirgenliğindeki azalmanın, dokuma kumaşların akustik yutum özelliklerinin artmasına neden olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, önerilen çoklu regresyon modellerini doğrulamak için üç dokuma kumaş kullanmışlardır. Yerleşik modeller, korelasyon katsayısının sırasıyla 1, 2 ve 3 cm hava boşluklarıyla 0.77'den yüksek olduğu dokuma kumaşların akustik yutum özelliklerini iyi tahmin edebilmektedir. Bu elde edilen sonuçların dokuma kumaş tek başına kullanıldığında geçerli olduğu, ancak dokuma kumaş gözenekli malzemelerle birleştirildiğinde uygun olmadığı vurgulanmıştır.

Mahmoud, El-Shenawy, Ramadan (2012) araştırmalarında gürültünün yolcu bölmesine ulaşmasını önlemek ve böylece otomobilin iç kısmında konfor sağlamak için otomobilin iç bileşenlerinde (baş kaplamaları, kapılar, yan paneller ve bagaj kaplamaları) kullanılmak üzere her ikisi de 6 Denye incelikte olan Polyester ve içi boş Polyester elyaf ile %100 Polyester, %75 Polyester-%25 içi boş Polyester ve %55 Polyester-%45 içi boş Polyester oranlarında üç farklı karışımda ve 300-400-500-600 g/m<sup>2</sup> olarak dört farklı kumaş gramajında dokusuz yüzey kumaşlar üretmişlerdir. Tüm numuneleri termal bağlama dokusuz yüzey üretim teknolojisi ile üretmişlerdir. Elde edilen kumaş numuneleri test edildiğinde yüksek içi boş elyaf oranı ile

üretilen numunelerde en yüksek ses yutum oranları kaydedilirken, %100 Polyester elyafla üretilen numunelerde en düşük ses yutum oranı kaydedilmiştir. Ayrıca kumaş gramajı ile ses emme etkinliği arasında doğrudan bir ilişki olduğu da görülmüştür. %55 Polyester-%45 içi boş Polyester karışımı ve 600 g/m<sup>2</sup> ağırlığında üretilen numuneler en iyi ses yutum özelliği olduğu görülmüştür.

Soltani, Zarrabeni (2013) kumaş yapısal parametreleri ve hava geçirgenliği ile ilişkili olarak dokuma kumaşların akustik özelliklerinin incelemiştir. Araştırmanın amaçlarına ulaşmak için dokuma kumaş örneklerinin ses yutma katsayısı empedans tüp yöntemi ile ölçmüştür. Kumaş numunesi olarak farklı atkı sıklığı ve iplik bükümü ile üretilmiş numuneler kullanmışlardır. Kumaş kalınlığının etkisini incelerken üç ve altı katmanlı test numuneleri kullanmışlardır. Test sonuçlarına bakıldığında; tüm örnekler için minimum ses absorpsiyon değerleri 250 ve 2000 Hz frekans bantlarında gözlenirken, maksimum ses absorpsiyonunun 1000 Hz frekansında gerçekleştiğini göstermişlerdir. Sonuçlar ayrıca 30 iplik/cm' lik atkı sıklığında dokunan kumaşların diğer atkı yoğunluklarında dokunan kumaşlara göre daha yüksek ses emilimi sergilediğini de göstermiştir. Düşük atkı yoğunluklarında dokunan üç ve altı katlı kumaş numunelerinin gürültü azaltma katsayısının, yüksek atkı yoğunluklarında dokunanlara göre önemli artışlar gösterdiğini ortaya çıkarmışlardır. Daha düşük atkı ipliği bükümü ile dokunan numunelerin ses dalgasını daha verimli absorbe ettiğini de tespit etmişlerdir. Kumaşların hava geçirgenliğinin, dokuma kumaşların ses emme davranışının bir kriteri olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Süvari, Dülek (2019) dokuma kumaşlarda kumaş yüzeyindeki tüylerin yükseltilmesiyle kumaş kalınlığının ve hacminin artırılması için şardonlama işlemi uygulanması durumunda bu işlemin kumaşın ses yutum özelliği üzerine etkilerini incelemiştir. Şardon işlemi için dört adet rips ve sepet örgü desenli dokuma kumaş yapıları üretmişler ve bir takım rips ve sepet dokuma kumaşlarında mikro elyaf esaslı polyester atkı iplikleri, diğer takımda ise normal polyester elyaftan oluşan atkı ipliklerini kullanmışlardır. Kumaşlara şardonlama işlemi yapmadan önce boyamışlar ve ısıyla sertleştirme işlemi uygulamışlardır. Daha sonra kumaş yüzeyinde farklı hacim özelliklerine ve farklı miktarlarda elyaf uçlarına sahip kumaşlar elde etmek için kumaşları şardon ünitesinden bir ila üç kez geçirmişler. Kumaşların birim alan başına kütle, kalınlık, hava geçirgenliği ve ses yutma katsayısını ölçerek kumaşların yüzey görüntülerini almışlar. Kumaşların katı hacim oranı ve hava akımı direnci, birinci ve ikinci pasaj şardon sonrasında önemli ölçüde azalma göstermiştir. Şardon pasajlarının sayısının iki

geçişe kadar arttırılması, daha düşük frekanslar pahasına yüksek frekanslarda daha yüksek ses emilimine (5 kHz' de ortalama %20 artış) neden olurken ikinci pasaj sonrasında ses emilimi değişikliğinde değişiklik gözlemlenmemişler. Bu çalışmada daha düşük bir katı hacim fraksiyonuna ve hava akışı direncine sahip şardonlu kumaşların, daha yüksek frekans bölgesinde daha iyi akustik özelliklere sahip olduğu ortaya konmuştur.

Soltani, Zerrebini (2012) araştırmalarının temel amacını dokuma kumaşların akustik ve ses yutum özellikleri üzerine yapılan araştırma ve çalışmaların dokusuz yüzey kumaşlara göre çok sınırlı sayıda olması şeklinde belirtmişlerdir. Bu çalışmada dokuma kumaşların farklı dokuma tipi, atkı ipliği doğrusal yoğunluğu ve kumaş katmanlarının oluşturduğu kalınlık, iplik eğirme sistemi ve numunelerin arkasındaki hava boşluğu derinliği gibi çeşitli yapısal özelliklerinin akustik ve ses yutum özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ses yutum katsayılarını empedans tüp yöntemi ile ölçerek belirlemişler ve standartlarla birlikte kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre çoğu örnek için ses yutma katsayısının maksimum değeri 1000 Hz frekansta meydana gelirken, minimum değer 250 ve 2000 Hz frekanslarda gözlenmiştir. Dokuma kumaşların ses emme katsayısının, kumaşların hem yoğunluğundan hem de gözenekliliğinden etkilendiği ortaya konulmuştur. Bezayağı kumaşın diğer örgü türlerine göre ses dalgasını daha fazla absorbe ettiği bulunmuştur. Sonuçlara göre ses yutum katsayısı düz, 2/1 dimi, 3/1 dimi, 2/2 dimi, rips ve saten kumaşlarda belirtilen sırayla azalma eğilimi göstermiştir. Belirli bir atkı yoğunluğu için, 24,5 tex' lik iplik doğrusal yoğunluğu, sadece kumaş tarafından ses emiliminin maksimize edilmesine yol açmakla kalmamış, aynı zamanda bu iplik numarası etrafındaki varyasyon, kumaş tarafından ses emiliminin azalmasına neden olmuştur. 14.8 tex' lik atkı ipliği ile dokunan altı tabakalı numunenin, 59 tex' lik atkı ipliği ile dokunan benzer kumaşlara göre daha yüksek bir NRC' ye sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Rotor iplikleri, önemli yapısal hacimleri ve sargı lifleri olması sebebiyle eşdeğer ring ve kompakt iplik teknolojileri ile eğrilmiş ipliklere göre daha yüksek ses yutum özelliği göstermiştir.

Tascan, Vaughn (2008) dokusuz yüzey kumaşların yapısı içindeki lif geometrisi ve lif düzenlemesinin kumaş akustik yalıtımı ve soğurma özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Liflerin farklı yapılarının dokusuz yüzey kumaşlarda farklı toplam yüzey alanları oluşumuna neden olmaktadır. Dokusuz yüzey kumaşın yüzey alanı, kumaştaki liflerin denyesi ve enine kesit şekli ile doğrudan ilişkilidir. Daha küçük denyeler, malzemenin birim ağırlığı başına daha fazla lif, daha yüksek toplam lif yüzey alanı ve bir ses dalgasının kumaş yapısındaki liflerle

etkileşime girmesi için daha fazla olasılık sağlar. Elyaf denyesi, elyaf şekli ve kumaş yoğunluğunun basınçla kalıplanmış, dikey olarak serilmiş dokusuz yüzey kumaşlar üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Normalde kumaş malzemelerinin akustik özelliklerini ölçmek için empedans tüpü ve yankılanma odası yöntemi kullanılırken bu çalışmada akustik yalıtımı ölçmek için Clemson Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Okulu'nda tasarlanan ve üretilen doğrudan karşılaştırmalı bir akustik özellikleri ölçüm cihazı kullanılmışlardır. Ölçüm sonuçları; 3 denye elyaftan üç farklı elyaf şekli (yuvarlak, trilobal ve 4DG) ile üretilen kumaşların 15 denye elyaftan yapılanlardan daha iyi ses yalıtma özelliği gösterdiğini ispatlamıştır. Bu daha ince denyelerden üretilen malzemelerde birim ağırlığı başına daha fazla lif kullanılması nedeniyle daha yüksek toplam lif yüzey alanı ve bir ses dalgasının yapıdaki liflerle etkileşime girme olasılığının daha yüksek olmasına bağlıdır. 15den yuvarlak, trilobal ve 4DG şekilli liflerden yapılan dokusuz yüzey kumaşlar için akustik yalıtım karşılaştırmasını genişletilmiş yüzey alanının etkisini incelemek için kullanılmışlardır. 4DG ve trilobal liflerden yapılan dikey olarak katlanmış dokunmamış kumaşlar, yuvarlak liflerden yapılmış dokunmamış kumaşlara göre daha iyi ses yalıtım sonuçları vermiştir. Bunun nedeni kumaştaki yüzey alanının etkisine dayandırılmıştır. Çalışmada kullanılan 4DG kesitli liflerin yüzey alanı, yuvarlak kesitli liflere göre yaklaşık üç kat daha fazla ölçülmüştür. Dokusuz yüzey bir kumaşta daha yüksek yüzey alanı, liflerle ses dalgası etkileşimi olasılığını artırır ve daha etkili ses yalıtımı ile sonuçlanır.

Arenas (2016) çalışmasında ulaşım endüstrisinde araçlardaki ses/gürültü kaynaklarını ve bu doğrultuda akustik tekstillerin kullanımını araştırmıştır ve akustik tekstillerin ulaşım endüstrisinde iç gürültüyü ve titreşimi azaltmak ve araçların sürüş konforu hissini iyileştirmek için vazgeçilmez malzemeler olduğunu ortaya koymuştur. Dünyada her yıl üretilen araba sayısının diğer ulaşım araçlarının toplam sayısının kat kat fazla olması sebebiyle akustik tekstillerin kullanımı ve geliştirilmesi, esas olarak ekonomik nedenlerle otomobil endüstrisinde daha önemli bir yere sahip olmaktadır. Araştırmada temel olarak farklı taşıma araçlarında ses yalıtımı ve ses emilimi sağlamak için kullanılan tekstil gelişmeleri üzerinde durulmuş ve daha sonra arabalarda ana kaynakların gürültü kontrolü için akustik tekstillerin kullanımı incelenmiştir. Araştırmada normal yuvarlak kesitli polyester elyaf ve beşgen(pentalobal) enine kesitli liflerin akustik özellikleri karşılaştırıldığında karışık kesitli yapıların hava ve lifler arası sürtünmeyi daha büyük ölçüde arttıracığından yuvarlak kesitli liflere göre daha iyi ses yutumu özelliği göstereceği vurgulanmıştır. Daha önce Japonya'da araç ön panel susturucusunda

modifiye edilmiş üç kanatlı enine kesit şekline sahip polyester elyafı kullanıldığında 300-1000 Hz. frekans aralığında ses yutum performansında iyileşme olduğu gözlenmiştir.

Marmaralı, Ertekin, Çay (2014) yuvarlak örme makinelerinde sandviç kumaş üretim tekniği kullanarak yaptıkları çalışmada ön ve arka yüzeyi için pamuk, polyester ve polipropilen iplikleri, bağlantı ipliği olarak monofilament polyester ipliği kullanılarak her iki yüzeyi kapalı veya bir yüzeyi açık bir yüzeyi kapalı kumaşlar üretmişlerdir. Örme makinası üzerinde kapak yüksekliği ayarını değiştirerek kumaşlarda üç farklı kalınlık değeri elde etmişlerdir. Elde edilen kumaşların ses yutum özelliklerini incelemişlerdir. Kumaş kalınlığı arttıkça (kapak yüksekliği 3,0 mm'den 3,5 mm'ye çıktığında) ses yutum değerlerinin arttığını ve bu farklılığın yüksek frekanslarda daha belirginleşirken belirli bir değerden sonra (kapak yüksekliği 3,5 mm'den 4 mm'ye çıkarıldığında) ses yutum değerinin değişmediğini ortaya koymuşlardır. Kumaş yüzey yapısı açısından; bir yüzeyi açık bir yüzeyi kapalı olan kumaşların ses yutum katsayılarının, her iki yüzeyi de kapalı kumaşa göre daha yüksek olduğunu görmüşlerdir. Malzeme cinsi açısından; yuvarlak örme sandviç kumaşlarda her iki yüzeyde aynı malzeme kullanıldığında ses yutumuna etkisi olmadığını görmüşlerdir. Kumaşların iki yüzünde farklı malzemenin kullanıldığı durumda; genel olarak yüzeylerin birisinde pamuk, diğerinde sentetik lif içeren kumaşların en yüksek ses yutum katsayılarına sahip olduğu ve özellikle pamuk tarafının üst yüzeyde (ses dalgaları ile temas eden yüzey) olduğu durumda en iyi ses yutum performansının sağlandığını tespit etmişlerdir. Bu çalışma yuvarlak örme sandviç kumaşların ses yutum özelliklerinde kumaş kalınlığı, yüzey yapısı ve malzeme tipinin etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğunu ortaya konmuştur.

Kang, Lee, Lee, Choi, Shin (2019) kesikli ve tekstüre iplikler ile dokuma kumaşlar tasarlayarak ses yutum özelliklerini analiz etmişlerdir. Atkı ve çözümlerde, iki farklı kalınlıktaki kalın ştapel iplik ve ince tekstüre filament iplikler kullanarak hazırladıkları kumaşları yoğunluklarına ve hava geçirgenliklerine göre gözenekli, orta ve yoğun olarak sınıflandırmışlar ve ses yutma katsayılarının hava geçirgenliği ile doğrusal olarak ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Empedans tüp yöntemi ile belirlenen ses yutma katsayısının, yüksek frekans bölgesinde yoğun kumaşlara göre gözenekli kumaşlarda daha yüksek olduğu görülmüştür. Yankılanan alan yöntemiyle yapılan deneylerde; tüm kumaşlar için ses yutma katsayılarını, düşük frekans bölgesinde en yüksek olarak ölçmüşlerdir. Gözenekli kumaşlar, iyi ses emme özelliklerinden dolayı yoğun kumaşlara göre daha kısa bir yankılama süresi ve daha yüksek ses emme katsayısı sergilemişlerdir.

Samuel, Barburski, Witczak, Jasinska (2021) çalışmalarında üç farklı özelliğe (tekstüre, kesik elyaf ve bükümlü) sahip polyester iplikler kullanmışlar. Bu ipliklerin her birinden dört farklı dokuma yapısında (bezayağı, çözgü ripsi, saten ve dimi) olmak üzere toplamda 12 adet kumaş dokumuşlar ve bu kumaşların empedans tüpünde 80-5000 Hz frekans aralığında ses yutuculuk özelliklerini değerlendirmişlerdir. Ses yutum katsayısı ölçümleri sırasında üç farklı ölçüm tekniği kullanmışlardır. Empedans tüpü içerisindeki sabit plaka önüne; ilk yöntemde sadece dokuma kumaş, ikinci yöntemde dokuma kumaş ve 30mm kalınlığındaki dokusuz yüzeyin birlikte oluşturdukları numune ve üçüncü yöntemde dokuma kumaş ve arada 30mm hava boşluğu şeklinde numune yerleşimi yaparak ölçümlerini yapmışlardır. Çalışma sırasında kumaş numunelerinin pürüzlülük ve gözeneklilik değerlerini de ölçerek bu değerlerin gürültü azaltmadaki etkinliği analiz etmişlerdir. Bezayağı kumaşın ses yutum katsayısı diğer örgülere göre daha düşük frekanslarda daha yüksek çıkarken diğer dokuma yapılarda frekans aralığı arttıkça gürültü azaltma verimliliği de artmıştır. Bezayağı kumaşın ses yutum verimliliği, kumaş katmanlarının sayısı arttıkça azalmıştır. Dokuma kumaş ve dokusuz yüzeyin birlikte kullanıldığı numunelerin ses yutum katsayısının dokuma kumaş ve hava boşluğu olan numunelere göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Kumaş numunelerinde yüzey pürüzlülüğünün düşük, gözenekliliğin fazla olmasının gürültü azaltma katsayısını (NRC) artırarak gürültü kirliliğinin önlenmesinde etkin olduğunu göstermişlerdir.

Atienzar-Navarro, Bonet-Aracil, Gisbert-Paya, Rey, Pico (2021) çalışmalarında iki farklı kimyasal lifin (akrilik ve polyester) üç farklı yapısal özelliğini (incelik, uzunluk ve enine kesit(içi dolu ve içi boş)) ve bu yapısal özelliklerin ses yutum katsayısını ne seviyede etkilediğini incelemişlerdir. Üç adet farklı incelik veya kalınlıktaki içi dolu akrilik elyaf numunesi ile aynı incelik ve kalınlıkta fakat farklı lif enine kesitinde (içi boş-on delikli, içi boş-bir delikli, içi dolu) polyester elyaf numunesinin empedans tüpünde ses yutum katsayılarını ölçmüşlerdir. Akrilik lifler için elde ettikleri sonuçlarla lif inceliğinin, lif uzunluğuna göre ses yutum katsayısı üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. Polyester liflerde ise içi boş lifler içi dolu liflere göre daha iyi bir akustik davranış sergilerken içi boş liflerin (on delikli ve bir delikli) delik kesit alanlarının yakın olmasından dolayı kendi içinde ses yutum katsayılarında ciddi bir farklılık olmadığı görmüşlerdir.

Liu, Jiang, Tang, Han, Wang, Deng (2021) çalışmaları sırasında içi boş kesite sahip polyester çözgü ve atkı iplikleri kullanarak farklı örgü tekrarlı ve çözgü sıklığında petek dokuma kumaşlar hazırlamışlardır. Numunelerin empedans tüpü ile 100-6300 Hz frekans

aralığında ses yutum katsayılarını ölçerek dokuma tekrarı, çözgü sıklığı gibi yapısal özellikleri ve arka hava boşluğu gibi gözeneklilik özellikleri ile ölçüm değerleri arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar; dokuma tekrarı ve çözgü sıklığının petek hücre alanı, kalınlık ve kumaş yoğunluğu dâhil yapısal parametreler ve ortalama gözenek çapı ve gözeneklilik dâhil olmak üzere iç gözenek parametreleri üzerinde etkisi olduğunu ve bunun kumaşların ses yutum özelliklerini de etkilediğini göstermiştir. Çalışmada kullanılan petek örgü ve oluşan arka hava boşluğu kombinasyonun kumaşların ses yutumunu iyileştirebileceği ve arka hava boşlukları arttıkça düşük frekanstaki ses emilimi daha da artacağı görülmüştür.

Lee, Park (2021) araçlarda sürüş sırasında yolcunun konforu için gürültünün kabin odasına girmesini önlemenin önemli olduğunu vurgulamışlardır. Gürültünün önlenmesi için üretilen köpük ve cam yünü yerine ekonomiklik ve kolay şekil alabilirlik gibi avantajları sebebiyle PET keçe daha çok tercih edilmektedir. Buradan yola çıkarak bu çalışmada PET keçenin gürültü azaltma performansını etkileyen ağırlığı, lif kalınlığı, ince bez türü ve iğneleme işlemi özellikleri haricinde enine kesit şeklinin ses yutumu ve ses yalıtımı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. PET lifinin kesit şeklinin değiştirilmesi ile lifin belirli yüzey alanı da değişecektir. Lifin belirli yüzey alanının değişmesiyle ses dalgalarının bu gözenekli malzemenin orta yüzeyi ile sürtünmesi ve dolayısıyla ısı enerjisine dönüşmesi de değişecek ve ses yutumunu etkileyecektir. Çalışmada beş farklı enine kesit şekline ve belirli yüzey alanına sahip polyester lifinin ses yutum performansı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Ses yutum performansı, belirli yüzey alanı ile benzer bir sırayla farklılık göstermiştir. Belirli yüzey alanının ses yalıtım performansı üzerinde etkisinin sınırlı olduğu, ses yalıtım performansının esas olarak numunenin ağırlığı ve sertliğinden etkilendiği sonucuna varmışlardır.

Li, Zhang, Fan, Gong, Zhang, Zhao (2019) dokuma kumaşların yapısal özelliklerinin akustik ses yutumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Aynı çözgü sıklığı ile üç farklı örgüde (bezayağı, dimi ve petek örgü) kumaş numuneleri dokumuşlar ve bu kumaşların empedans tüpünde akustik ses yutum katsayılarını ölçmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre kumaş ses yutum performansı ile kumaş kalınlığı, yüzey yoğunluğu ve gözeneklilik arasında önemli bir korelasyon çıkmamıştır. Bu da onlara dokuma kumaşların akustik ses yutum mekanizmasının, keçeler ve dokusuz yüzey kumaşlar gibi diğer lif kümelerindekinden farklı olabileceğini göstermiştir. Kumaşların gözenekliliğinin yanı sıra gözeneklerin boyutu ve şeklinin de dokuma kumaşların ses yutum performansı üzerinde önemli bir rolü olduğunu göstermişlerdir.



## 1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Artan dünya nüfusu, gelişen teknoloji ve büyüyen sanayileşmenin olumsuz yan etkilerinden biri de yaşamımızın her anında maruz kaldığımız gürültü kirliliğidir. Gürültünün insanlığın gerek fiziksel gerekse ruhsal sağlığı üzerindeki etkilerini azaltmak adına birçok farklı çalışma yapılmaktadır. Tekstil sektörü de tekstil yüzeylerinin farklı gözenekli yapıları, kolay şekil alabilirlikleri, hafiflikleri ve estetik dokunuş katmaları gibi özelliklerinden dolayı gürültü önleyici, azaltıcı, emici malzemelerin geliştirilmesi noktasında önemli bir yere sahiptir.

Çalışma kapsamında gürültü önleyici/azaltıcı, ses yutumu/yalıtımı konusunda yapılan akademik çalışmalar incelenmiştir. Çalışmaların büyük çoğunluğunun sünger veya dokusuz yüzey gibi kalın katmanlı ve hacimli tekstil yüzeyleri üzerine olduğu tespit edilmiştir. Dokuma kumaş alanındaki çalışmaların ise daha çok bezayağı, dimi gibi temel dokular kullanılarak yapıldığı, birden fazla iki ve/veya üç katmanlı kumaş yapılarının kullanımının ve farklı lif enine kesit şekillerinden üretilmiş ipliklerin de bu tarz katmanlı kumaşlarda yapısal ve akustik performanslarının incelenmesi üzerine çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda çalışma kapsamında üç farklı lif enine kesit şekline sahip %100 polyester filament ipliklerle farklı atkı sıklıklarında iki katmanlı petek ve sepet örgüler ile üç katmanlı bezayağı örgü tasarımları yapılmış ve üretimleri gerçekleştirilmiştir. Tedarik edilen ipliklerin ve elde edilen kumaş numunelerinin yapısal, fiziksel, performans ve akustik özellikleri ölçülerek bu özelliklerin birbirleri üzerine etkileri analiz edilmiştir.

Elde edilen kumaş numunelerinin ses yutum özelliklerinin yüksek frekanslarda daha iyi olduğu tespit edilmiş ve bu kumaşların yüksek ses düzeylerinin olduğu ortamlarda kaplama veya döşeme kumaşı olarak kullanımı önerilerek tekstil sektörüne farklı dokuma kumaş yapıları kazandırılması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada aynı iplik numarasına fakat farklı lif enine kesit (yuvarlak iç boş, yuvarlak, beş kanallı-W) şekline sahip filament üretim teknolojisi ile üretilmiş ve hava tekstüre (AT) işlemi uygulanmış %100 Polyester (PET) iplikler tedarik edilmiştir. Bu üç farklı iplik kullanılarak üç farklı doku ve iki farklı atkı sıklığında toplam on sekiz adet ham dokuma kumaş yapısı elde edilmiştir. Çalışma kapsamında ipliklerin farklı lif enine kesit yapısının elde edilen kumaşların yapısal, gözeneklilik, geçirgenlik ve akustik özellikleri üzerine etkilerinin analiz edilmesi hedeflenmiştir. Bu sebeple ham kumaşlar üzerine uygulanacak herhangi bir boyama ve/veya apre işleminin lif enine kesit özelliklerine etki etme riskini ortadan kaldırmak adına ham kumaşlara hiçbir boyama ve apre işlemi uygulanmamıştır. On sekiz adet ham kumaşa sadece yıkama ve kurutma işlemi yapılarak mamul hale getirilmiştir.

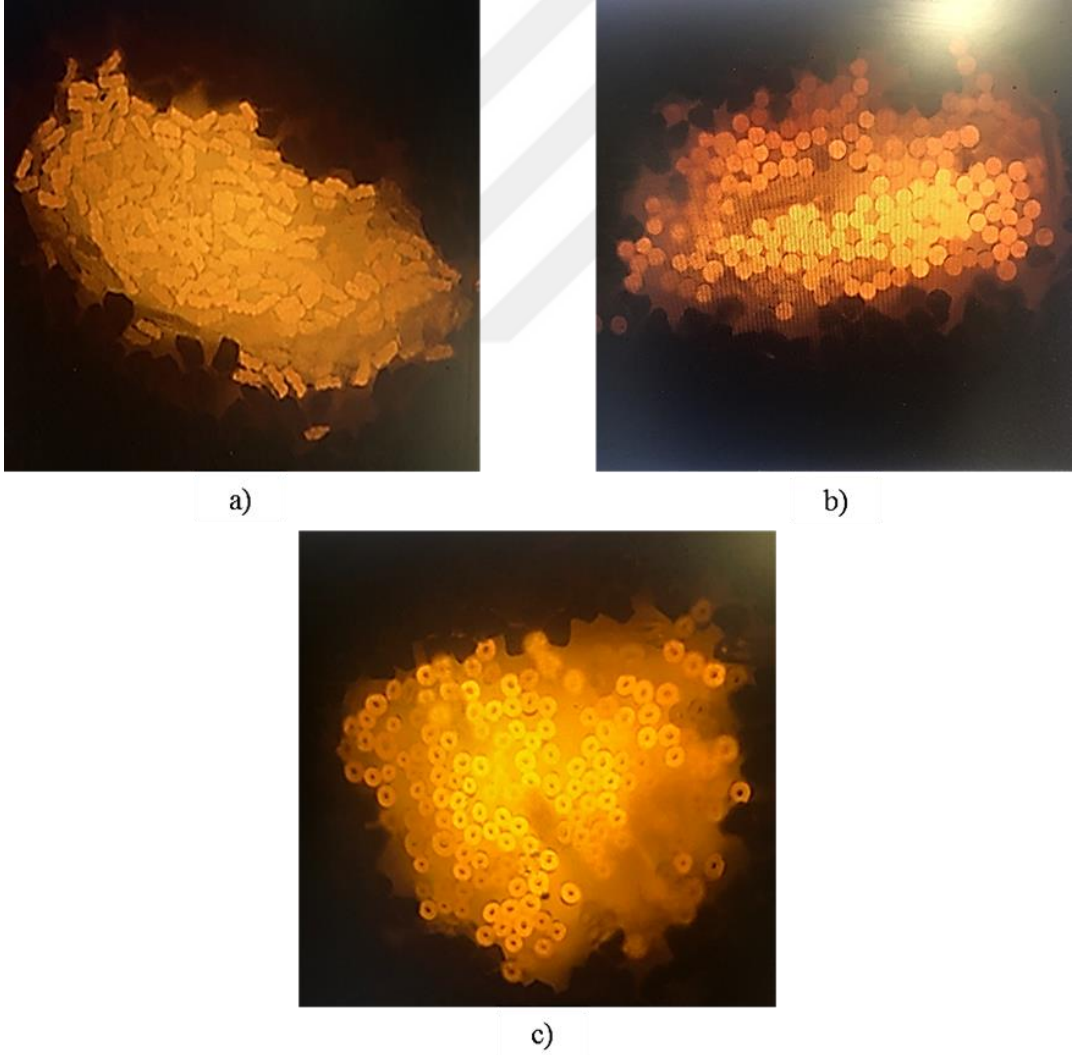
#### 2.1.1. İplik Özellikleri

Çalışma için üç farklı iplik tedarik edilmiş olup iplik özellikleri Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Tedarik edilen ipliklerin teknik özellikleri

İplik Özelliği	İplik 1	İplik 2	İplik 3
İplik Tanımı	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	300/192 Pes ATY YM Round	300/192 Pes ATY YM Hollow
Harman	%100 Polyester	%100 Polyester	%100 Polyester
Üretim Teknolojisi	Eriyikten Lif Çekim	Eriyikten Lif Çekim	Eriyikten Lif Çekim
Numara	300 Denye	300 Denye	300 Denye
Filament Sayısı	192	192	192
Enine Lif Kesiti	Beş kanallı-W (POLY-cool®)	Yuvarlak-R	Yuvarlak içi boş-H
Parlaklık	Yarı Mat	Yarı Mat	Yarı Mat
Tekstüre İşlemi	AT-Hava tekstüre	AT-Hava tekstüre	AT-Hava tekstüre

Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi ipliklerin üretim teknolojileri aynıdır. İplikler eriyikten lif çekim yöntemi ile 300 denye inceliğinde üretilmiştir. Üç ipliğin de düze delik sayısı 192 olarak ayarlanmıştır ancak düze delik yapıları beş kanallı, yuvarlak ve yuvarlak içi boş olarak seçilmiştir. Bu sebeple her bir ipliğin lif enine kesiti farklıdır. Beş kanallı ve yuvarlak kesitli liflerin içi tamamen dolu, yuvarlak içi boş kesitli liflerin içinde %15 hava boşluğu bulunmaktadır. Diğer yapısal özellikleri tamamen aynıdır. Eriyikten lif çekimi sonrası tüm ipliklere hava tekstüre işlemi uygulanmıştır. İçi boşluklu olan dairesel lifler yapısı gereği, eğilme rijitliği daha düşük olduğu olduğu için aynı şartlarda yapılan tekstüre işlemi sonucunda daha yüksek örtücülüğe, hacimliliğe ve yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğu görülmüştür. İpliği oluşturan filament liflerin mikroskop altında x20 büyütme ile çekilen enine kesit görüntüleri Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. İplik enine kesitleri a) Beş kanallı-W(POLY-Cool®) kesit, b) Yuvarlak (R) kesit, c) Yuvarlak içi boş (H) kesit

## 2.1.2. Kumaş Özellikleri

Bu çalışma kapsamında lif enine kesit yapısı dışında aynı yapısal özelliklere sahip üç PES filament ipliğin hem atkı hem de çözgüde kullanımı ile iki ve üç katmanlı üç farklı örgü ve iki farklı atkı sıklığında kumaş yapılarının dokunması tasarlanmıştır. Bu doğrultuda; her bir iplik için altı, toplamda on sekiz adet farklı kumaş yapısı tasarlanmıştır. Sonraki bölümlerde takip açısından kolaylık sağlaması adına farklı yapıdaki her bir kumaşa farklı kod verilmiştir. Tasarlanan kumaşların kodları ile birlikte yapısal özellikleri Çizelge 2.2’ de verilmiştir.

Kumaş kodları oluşturulurken çalışmanın sonuçlarını belirleyici özellik olarak kumaş örgü yapısı, iplik lif enine kesiti ve kumaş atkı sıklığı esas alınmıştır. Çizelge 2.2’ deki “Kumaş Kodu” sütununda yer alan kodlama sisteminde en soldaki harf kumaş örgü yapısını, ortadaki harf iplik lif enine kesitini, en sağdaki iki basamaklı sayı tasarlanan kumaş atkı sıklığını ifade etmektedir. Kumaş örgü yapısı olarak; farklı örgüleri ifade etmek adına “P” petek örgü, “S” sepet örgü, “B” bezayağı örgü şeklinde bir adlandırma yapılmıştır. İplik lif enine kesitinde; “W” beş kanallı, “R” yuvarlak/round, “H” yuvarlak içi boş/hollow olduğunu göstermektedir. Atkı sıklığında; “45” ve “38” olarak iki farklı atkı sıklığı ile çalışılmıştır.

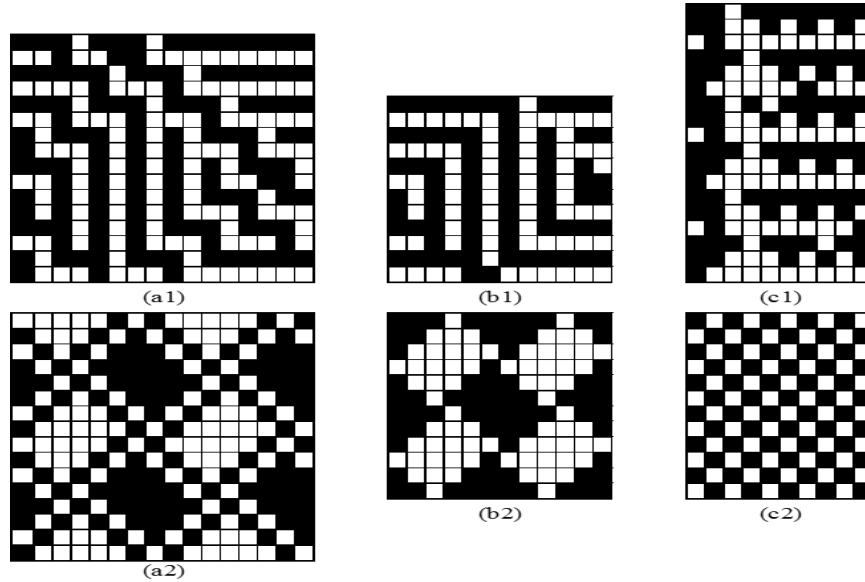
Çizelge 2.2. Kumaş kodları ve tasarlanan yapısal özellikleri

Kumaş Kodu	Çözgü İpliği	Atkı İpliği	Çözgü Sıklığı	Atkı Sıklığı	Örgü
PW45	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	40	45	2 Katlı Petek
PR45	300/192 Pes ATY YM Round	300/192 Pes ATY YM Round	40	45	2 Katlı Petek
PH45	300/192 Pes ATY YM Hollow	300/192 Pes ATY YM Hollow	40	45	2 Katlı Petek
PW38	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	40	38	2 Katlı Petek
PR38	300/192 Pes ATY YM Round	300/192 Pes ATY YM Round	40	38	2 Katlı Petek
PH38	300/192 Pes ATY YM Hollow	300/192 Pes ATY YM Hollow	40	38	2 Katlı Petek
SW45	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	40	45	2 Katlı Sepet
SR45	300/192 Pes ATY YM Round	300/192 Pes ATY YM Round	40	45	2 Katlı Sepet
SH45	300/192 Pes ATY YM Hollow	300/192 Pes ATY YM Hollow	40	45	2 Katlı Sepet
SW38	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	40	38	2 Katlı Sepet
SR38	300/192 Pes ATY YM Round	300/192 Pes ATY YM Round	40	38	2 Katlı Sepet

Çizelge 2.2. Kumaş kodları ve tasarlanan yapısal özellikleri (devamı)

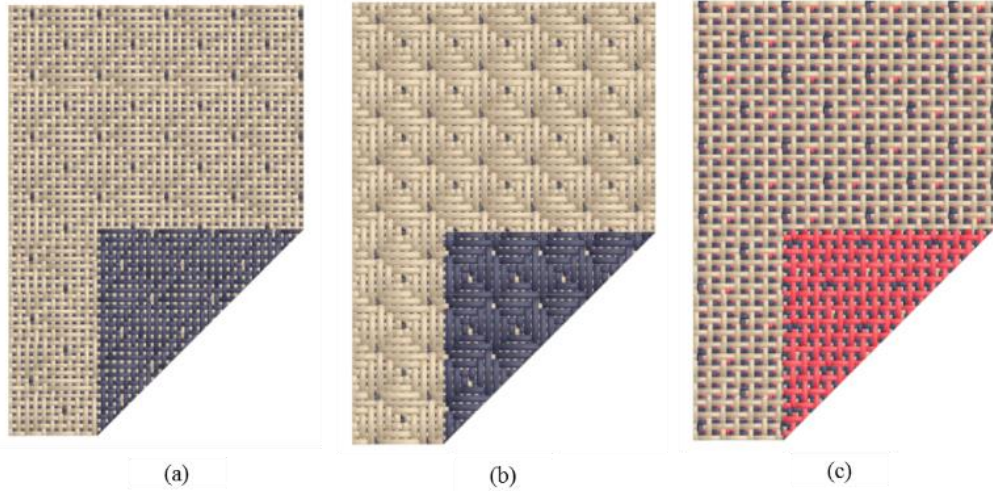
Kumaş Kodu	Çözü İpliği	Atkı İpliği	Çözü Sıklığı	Atkı Sıklığı	Örgü
<b>SH38</b>	300/192 Pes ATY YM Hollow	300/192 Pes ATY YM Hollow	40	38	2 Katlı Sepet
<b>BW45</b>	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	40	45	3 Katlı Bezayağı
<b>BR45</b>	300/192 Pes ATY YM Round	300/192 Pes ATY YM Round	40	45	3 Katlı Bezayağı
<b>BH45</b>	300/192 Pes ATY YM Hollow	300/192 Pes ATY YM Hollow	40	45	3 Katlı Bezayağı
<b>BW38</b>	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	300/192 Pes ATY YM Poly Cool	40	38	3 Katlı Bezayağı
<b>BR38</b>	300/192 Pes ATY YM Round	300/192 Pes ATY YM Round	40	38	3 Katlı Bezayağı
<b>BH38</b>	300/192 Pes ATY YM Hollow	300/192 Pes ATY YM Hollow	40	38	3 Katlı Bezayağı

Kumaşlarda gözenekli bir yapı elde ederek hava geçirgenliği ve akustik özellik sağlamak amacıyla iki ve üç katlı örgüler tasarlanmıştır. Bu örgülerden iki katlı olarak kullanılmasına karar verilen rips esaslı kauçuk dokudan tasarlanan doku “petek”, panama esaslı dokudan tasarlanan doku ise “sepet” olarak adlandırılmıştır. Üç katlı doku olarak; “bezayağı” kullanılmıştır. Bu üç farklı desendeki kumaş numunelerini dokumak için tasarlanan armürler ile bu armürler kullanılarak dokunacak iki ve üç katlı kumaşların önyüz desenleri Şekil 2.2 ‘de, CAD sistemi kullanılarak oluşturulan kumaş doku görselleri ise Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Kumaş armürleri-kumaş önyüz desenleri; (a1)-(a2) iki kat petek, (b1)-(b2) iki kat sepet, (c1)-(c2) üç kat bezayağı<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Koyu renkli kutucuklar çözgü ipliğinin üstte olduğunu, açık renkli kutucuklar atkı ipliğinin üstte olduğunu ifade etmektedir.

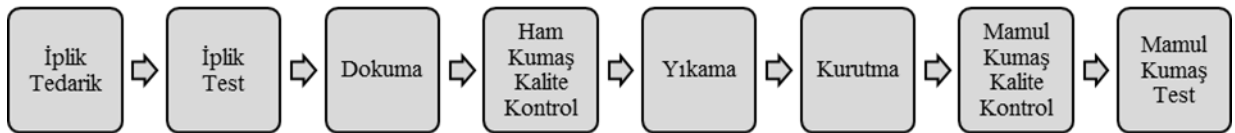


Şekil 2.3. Kumaş doku görselleri (a) iki kat petek, (b) iki kat sepet, (c) üç kat bezayağı

## 2.2. Metot

Çalışmada materyal olarak kullanılacak Çizelge 2.1 'de tanımlanmış iplikler tedarik edilmiştir. Bu iplikler dokuma işlemine alınmadan önce iplik numara ve kopma kuvveti, kopma uzaması ve mukavemet değerleri test edilmiştir. Çizelge 2.2'de tasarlanan ve kod numarası verilen kumaş yapıları dokuma işletmesinde dokunduktan sonra ham kumaş atkı ve çözgü sıklığı ile gramaj kontrolleri yapılmıştır. Ham kumaşlara boya ve apre işletmesinde herhangi bir renge boyama işlemi yapılmadan sadece yıkama ve kurutma işlemi uygulanarak kumaşlar mamul hale getirilmiştir. Elde edilen mamul kumaşların atkı ve çözgü sıklığı ile gramaj kontrolleri yapıldıktan sonra kalınlık, mukavemet, hava geçirgenliği, ses yutum katsayısı ile ses iletim kaybı, SiroFAST basma, eğilme rijitliği ve uzama testleri yapılmış, kumaş gözenekliliği ile örtme faktörü değerleri hesaplanmıştır. Kumaş yapıları SEM ve ışık mikroskobu ile analiz edilmiştir.

Çalışma kapsamında yürütülmüş işlemlerin şematik görünümü Şekil 2.4' te verilmiştir.



Şekil 2.4. Kumaş çalışma iş akış şeması

## 2.2.1. İplik Testleri

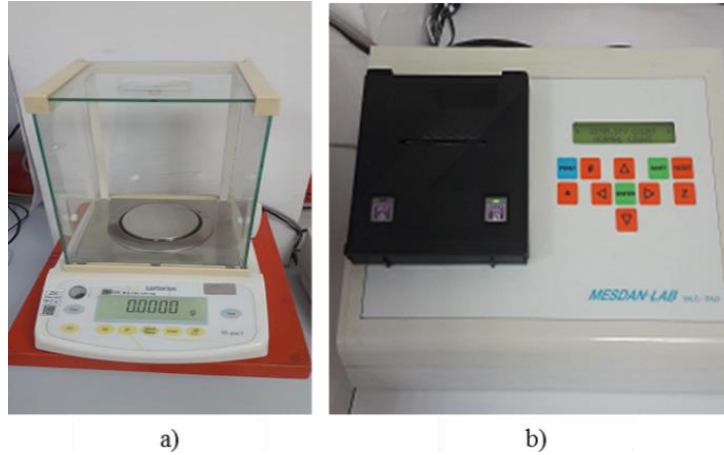
### 2.2.1.1. İplik Numara Testi

Çalışmada kullanılmak üzere tedarik edilen ipliklerin numara tayini TS 244 standardı esas alınarak yapılmıştır. Test için Textest marka iplik numara çıkırığı ile (Şekil 2.5) her bir iplikten üçer adet 80 tur-120 yarda-110 metre uzunluğunda çileler sarılmıştır.



Şekil 2.5. Textest marka iplik numara çıkırığı

Hazırlanmış olan çileler Sartorius marka hassas terazi (Şekil 2.6) tartım haznesine tek tek sıra ile konarak kütle tespiti yapılmıştır. Ağırlıkları tartılan her bir numunenin ardından Mesdan marka (Şekil 2.6) MESDAN-LAB numara analiz sistemi ve yazıcısı üzerinde referans değerleri ve istenen (Nm, Ne<sub>c</sub>, Dtex, Denye, Tex) iplik numara birimi girilmiştir.



Şekil 2.6. a) Sartorius marka hassas terazi, b) Mesdan-Lab numara analiz sistemi

Çalışmada iplik numara tayini genellikle polyester gibi sentetik olan filament iplik ve liflerin numaralandırılmasında kullanılan denye iplik numara birimi ile yapılmıştır. Denye; 9000 metre uzunluğundaki iplik ve lifin gram olarak ağırlığını ifade etmektedir.

### 2.2.1.2. İplik Mukavemet Testi

Tedarik edilen ipliklerin her birinden üç adet bobin ve her bir bobinden on adet numune alınarak TS EN ISO 2062 test standardı doğrultusunda Uster Tensorapid 4 cihazında kopma kuvveti, uzaması ve mukavemeti testleri yapılmıştır. Uster Tensorapid 4 cihazı (Şekil 2.7) kesikli lif, filament ve katlı ipliklerin mukavemet testleri için kullanılmaktadır.



Şekil 2.7. Uster Tensorapid 4 iplik mukavemet test cihazı

### 2.2.2. Dokuma ve Ham Kumaş Kalite Kontrol İşlemi

Tasarım aşamasında belirlenen yapısal ve teknik özellikler (Çizelge 2.3) doğrultusunda on sekiz adet kumaş numunesinin çözgüleri Karl Mayer marka tamburlu numune çözgü makinasında (Şekil 2.8) hazırlanıp sarıldıktan sonra tahar planı doğrultusunda çözgü ipliklerinin taharı yapılmıştır. Dokuma işlemi; kancalı atkı atım sistemine sahip iki adet Picanol Gamma marka dokuma makinasında (Şekil 2.9) yapılmıştır. Kumaşların yapısal özelliklerinde üretim prosesi kaynaklı farklılık olma ihtimali göz önünde bulundurularak aynı kancalı atkı atma sistemine sahip dokuma makinalarında dokunmasına özen gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Dokuma işlemi için kumaş konstrüksiyon özellikleri

Kumaş Kodu	Çözgü İpliği	Atkı İpliği	Toplam Çözgü Tel Sayısı	Tarak Numarası	Tarak Eni	Atkı Sıklığı	Armür Çerçeve Adedi	Örgü
PW45	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	8640	100/4	216	45	16	2 Katlı Petek
PR45	300/192 Pes ATYYM Round	300/192 Pes ATYYM Round	8640	100/4	216	45	16	2 Katlı Petek
PH45	300/192 Pes ATYYM Hollow	300/192 Pes ATYYM Hollow	8640	100/4	216	45	16	2 Katlı Petek
PW38	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	8640	100/4	216	38	16	2 Katlı Petek
PR38	300/192 Pes ATYYM Round	300/192 Pes ATYYM Round	8640	100/4	216	38	16	2 Katlı Petek



Çizelge 2.3. Dokuma işlemi için kumaş konstrüksiyon özellikleri (devamı)

Kumaş Kodu	Çözü İpliği	Atkı İpliği	Toplam Çözü Tel Sayısı	Tarak Numarası	Tarak Eni	Atkı Sıklığı	Armür Çerçeve Adedi	Örgü
SW45	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	8640	100/4	216	45	12	2 Katlı Sepet
SR45	300/192 Pes ATYYM Round	300/192 Pes ATYYM Round	8640	100/4	216	45	12	2 Katlı Sepet
SH45	300/192 Pes ATYYM Hollow	300/192 Pes ATYYM Hollow	8640	100/4	216	45	12	2 Katlı Sepet
SW38	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	8640	100/4	216	38	12	2 Katlı Sepet
SR38	300/192 Pes ATYYM Round	300/192 Pes ATYYM Round	8640	100/4	216	38	12	2 Katlı Sepet
SH38	300/192 Pes ATYYM Hollow	300/192 Pes ATYYM Hollow	8640	100/4	216	38	12	2 Katlı Sepet
BW45	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	8640	100/4	216	45	10	3 Katlı Bezayağı
BR45	300/192 Pes ATYYM Round	300/192 Pes ATYYM Round	8640	100/4	216	45	10	3 Katlı Bezayağı
BH45	300/192 Pes ATYYM Hollow	300/192 Pes ATYYM Hollow	8640	100/4	216	45	10	3 Katlı Bezayağı
BW38	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	300/192 Pes ATYYM Poly Cool	8640	100/4	216	38	10	3 Katlı Bezayağı
BR38	300/192 Pes ATYYM Round	300/192 Pes ATYYM Round	8640	100/4	216	38	10	3 Katlı Bezayağı
BH38	300/192 Pes ATYYM Hollow	300/192 Pes ATYYM Hollow	8640	100/4	216	38	10	3 Katlı Bezayağı

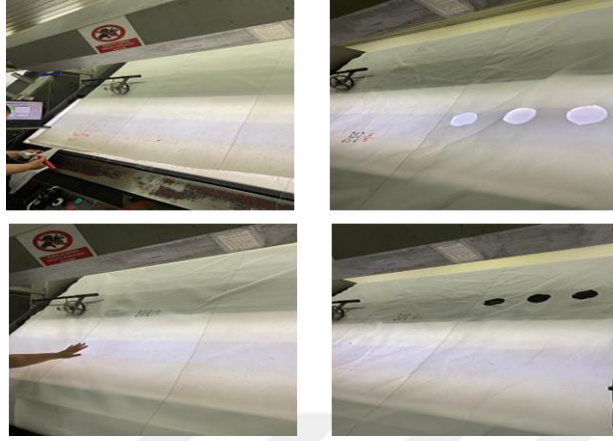


Şekil 2.8. Karl Mayer tamburlu numune çözgü çekme makinası



Şekil 2.9. Picanol Gamma kancalı dokuma makinası

Dokunan ham kumaş numunelerinin hataları ham kumaş kalite kontrol bölümünde kontrol edilmiş (Şekil 2.10) ve en (cm), TS EN 12127 standardı doğrultusunda gramaj ( $g/m^2$ ), TS 250 EN 1049-2 standardı doğrultusunda atkı ve çözgü sıklıkları (tel/cm) ölçümü yapılmıştır.



Şekil 2.10. Ham kumaş ham kalite kontrol makinası

### 2.2.3. Boya ve Apre İşlemleri

Mamul kumaşta sadece iplik ve kumaş yapısal özelliklerindeki farklılıkların kumaş özellikleri üzerine etkileri analiz edileceği, boya ve apre işlemlerinin etkileri üzerine bir çalışma yapılmayacağı göz önünde bulundurularak ham kumaşlara herhangi bir boyama işlemi uygulanmamıştır. Kumaşlar ham beyaz renkleri ile işlem görmüştür. Yine aynı prensip doğrultusunda kumaşlara herhangi bir fonksiyonel özellik kazandıracak özel bir apre işlemi de uygulanmamıştır. Ham kumaşlar Küsters marka kontinü yıkama makinasında (Şekil 2.11) yıkanmıştır.



Şekil 2.11. Küsters kontinü yıkama makinası

Yıkama işlemi sonunda kumaşlar Monforts Montex marka 7 kamaralı ramda (Şekil 2.12) kurutulurak Çizelge 2,4'deki işlem prosesleri doğrultusunda mamul hale getirilmiştir.

Çizelge 2.4. Kontinü yıkama ve kurutma işlem özellikleri

İşlem Adı	Kontinü Yıkama	Kurutma (Ram)
Makine Adı	Küsters	Monforts Montex
Kullanılan Kimyasal - Ana Banyo	Texapol NFA ve Soda	-
Kullanılan Kimyasal - Dosaj	Texapol NFA ve Soda	-
Cihaz Kamara Sayısı (adet)	6	7
Cihaz Kamara Sıcaklığı (°C)	50-70-95-95-80-95	130-130-130-130-130-130-130



Şekil 2.12. Monforts Montex ram makinası

#### 2.2.4. Mamul Kumaş Kalite Kontrol İşlemi

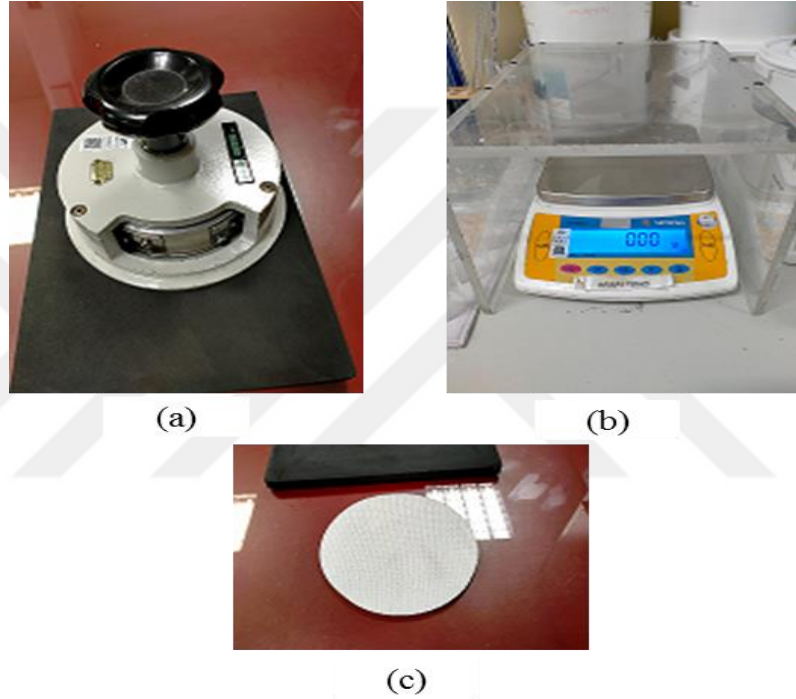
Yıkama ve kurutma işlemi sonrası mamul hale getirilen kumaş numunelerinin mamul kalite kontrol bölümünde kumaş hataları kontrol edilmiş, en (cm), gramaj ( $g/m^2$ ), atkı ve çözgü sıklıkları (tel/cm) ölçümü yapılmıştır. Sonrasında her bir kumaş numunesi çalışma kapsamında ayrıntılı olarak test edilmiştir.

#### 2.2.5. Ham ve Mamul Gramaj (Alansal Yoğunluk) Ölçümü

Kumaş gramajı; kumaşın bir metrekaresinin gram cinsinden ağırlığı şeklinde tanımlanmaktadır ve  $g/m^2$  olarak gösterilmektedir. TS EN 12127-Küçük numuneler kullanarak

birim alan başına kütlenin tayini standardı doğrultusunda gramaj alma aleti ile 100 cm<sup>2</sup> alana sahip dairesel kumaş numuneleri kesildikten sonra hassas terazide tartılarak ağırlıkları ölçülür (Şekil 2.13). Ölçüm sonuçları 100 cm<sup>2</sup> alan ağırlığını vermektedir. Metrekare alan ağırlığını hesaplamak için elde edilen ölçüm sonuçları 100 ile çarpılır.

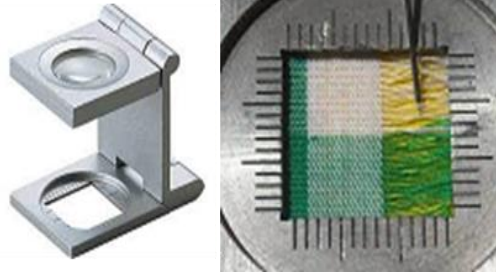
Kumaş gramaj değerleri iplik numarası, atkı ve çözgü sıklığı ile doğrudan ilişkili olarak değişkenlik gösterebilmekte, kumaş mukavemet, gözeneklilik ve geçirgenlik değerlerini doğrudan etkilemektedir. Çalışma kapsamında farklı yapısal özelliklere sahip kumaş gramajlarındaki değişim analiz edilmiştir.



Şekil 2.13. (a) Gramaj alma aleti, (b) Hassas terazi, (c) Gramaj kumaş numunesi

#### 2.2.6. Ham ve Mamul Atkı ve Çözgü Sıklık Ölçümü

Kumaş sıklığı; kumaşın eni ve boyu yönünde birim uzunluğa giren iplik sayısı olarak tanımlanmakta ve genellikle bir santimetre uzunluktaki iplik sayısını ifade etmektedir. Dokuma kumaşlarda çözgü boyunca bir cm içinde yan yana bulunan atkı ipliği sayısı atkı sıklığını(atkı/cm) ve atkı boyunca bir cm uzunluk içinde bulunan çözgü ipliği sayısı ise çözgü sıklığını (çözgü/cm) göstermektedir. Çalışmada TS 250 EN 1049-2-Tekstil dokunmuş kumaşlar-Yapı analiz metotları-Kısım 2-Birim uzunluktaki iplik sayısının tayini standardı doğrultusunda ham ve mamul kumaşların lup ile bir santimetredeki atkı ve çözgü sıklıkları (tel/cm) belirlenmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Lup ile sıklık sayımı

Kumaş atkı ve çözgü sıklığındaki değişim kumaşın tuşesini ve gramajını doğrudan etkilerken kumaş esnekliği, gözenekliliği ve hava geçirgenliğini özelliklerini de etkilemektedir.

### 2.2.7. Kumaş Kalınlık Ölçümü

Kumaş kalınlığı; belirli bir basınç altında kumaşın ön ve arka yüzeyi arasında ölçülen uzaklık olarak tanımlanmaktadır. Üretilen mamul kumaşların kalınlıkları TS 7128 EN ISO 5084 standardına göre Hans Schmidt marka kalınlık ölçüm cihazı (Şekil 2.15) ile ölçülmüştür. On sekiz adet kumaş numunesinin kalınlık ölçümleri standart doğrultusunda 20cm<sup>2</sup> baskı ayağı ile 1kPA basınç uygulayarak ve beşer adet kumaş numunesi alınarak mm olarak yapılmış ve bu değerlerin ortalaması alınarak sonuçlar kaydedilmiştir.



Şekil 2.15. Hans Schmidt kumaş kalınlık ölçüm cihazı

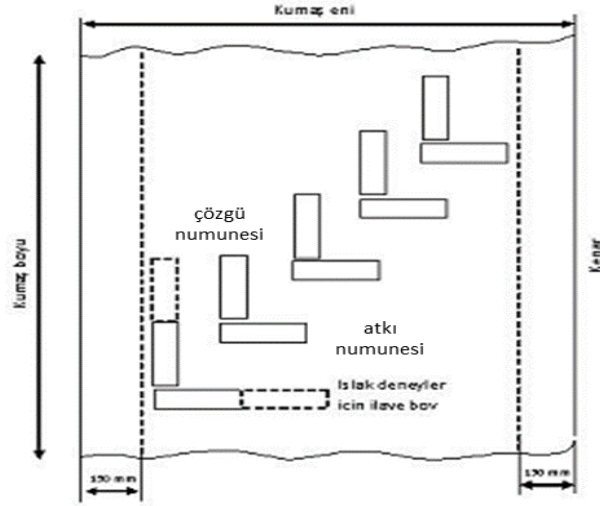
Kumaş kalınlığı kumaş üretiminde kullanılan ipliğin çapı ve numarası ile kumaşın örgüsü ve sıklık değerlerine bağlı olarak değişkenlik gösterirken kumaşın mukavemeti, geçirgenliği, gözenekliliği, dökümlülüğünü etkilemektedir.

## 2.2.8. Kumaş Kopma Mukavemeti Testi

Kumaş kopma mukavemeti; kumaşın atkı ve çözgü yönünde uygulanan bir yüke karşı göstermiş olduğu direnç olarak ifade edilmektedir. Çalışma kapsamında kumaş kopma mukavemeti testleri TS EN ISO 13934-1-En büyük kuvvetin ve en büyük kuvvet altında boyca uzamanın tayini-şerit metodu-bölüm 1 standardı doğrultusunda Tinius Olsen - Hounsfield H1KS (Şekil 2.16) mukavemet test cihazı ile yapılmıştır. Mamul kumaş numuneleri kumaş test laboratuvarında standart atmosfer koşullarında ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $65\pm 4\%$  bağıl nem) kondisyonlandıktan sonra her bir kumaş numunesinden aynı atkı ve çözgü ipliklerini içermeyecek şekilde (Şekil 2.17) atkı ve çözgü yönünde üçer adet  $50\times 300\text{mm}$  ebadında mukavemet test numuneleri hazırlanmıştır. Hounsfield H1KS test cihazı üst hareketli çenesi üzerine 2500N 'luk Loadcell (yük) takıldıktan sonra alt sabit çene ile hareketli üst çene arası mesafe 200mm'ye ayarlanmıştır. Cihaz yazılımı üzerinden TS EN ISO 13934-1 test standardı seçilerek test hızı 100mm/dakika olarak belirlenmiştir. Teste başlamadan önce cihaz ekranındaki kuvvet ve uzama göstergesi sıfırlandıktan sonra test numunesi alt ve üst çene arasına sıkıştırıldıktan sonra test başlatılır. Üst çene yukarı doğru hareket ederek kumaş numunesinde kopma meydana geldiğinde Newton kuvvet birimi ile en büyük kuvvet ve bu en büyük kuvvet altında meydana gelen uzama miktarı (%) ölçülmektedir. Ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması esas alınmış ve kaydedilmiştir.



Şekil 2.16. Tinius Olsen - Hounsfield H1KS kopma mukavemeti test cihazı, kontrol ünitesi ve QMAT yazılımı



Şekil 2.17. Kopma mukavemeti numune alma planı

### 2.2.9. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Stereo Mikroskop

Çalışmada kullanılan üç farklı örgü tipi (petek, sepet ve bezayağı) bazında on sekiz adet kumaş numunesinden birer adet kumaş numunesi alınarak Şekil 2.18’ de görseli yer alan FEI QUANTUM FEG 250 marka ve model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile analiz edilmiştir. Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) görüntü eldesi; 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 meydana gelmektedir. Cihazda optik kolon, numune hücresi ve görüntüleme sistemi şeklinde üç ana bölüm mevcuttur. Üç farklı örgü tipi SEM ile 150-250-500 ve 1000 büyütme ile analiz edilmiştir.



Şekil 2.18. FEI QUANTUM FEG 250 marka taramalı elektron mikroskobu (SEM)

On sekiz adet kumaş numunesinden üç farklı lif enine kesit yapısı, üç farklı örgü ve iki farklı atkı sıklığına sahip altı adet kumaş numunesi LEICA M50 marka stereo mikroskop (Şekil 2.19) ile 1x, 2,5x ve 4x büyütme seviyeleri ile analiz edilmiştir.



Şekil 2.19. LEICA M50 stereo mikroskop

### 2.2.10. Kumaş Gözeneklilik Hesaplaması

Çalışma kapsamında on sekiz adet farklı yapısal özelliklere sahip kumaş numunelerinin gözeneklilik ve geçirgenlik özellikleri ile akustik özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek için aşağıda verilen eşitlik kullanılarak her bir kumaş numunesinin gözeneklilik değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Kumaş Yoğunluğu (FBD) (g/cm}^3\text{)} = \text{Kumaş gramajı (g/cm}^2\text{)} / \text{Kumaş kalınlığı (cm)} \quad (2.1)$$

$$\text{Kumaş Gözenekliliği } (\Phi) = 1 - (\text{Kumaş yoğunluğu} / \text{Lif yoğunluğu}^1) \quad (2.2)$$

<sup>1</sup> Çalışmada kullanılan polyester lifinin yoğunluğu 1,38 g/cm<sup>3</sup> olarak alınmıştır.

### 2.2.11. Kumaş Örtme Faktörü Hesaplaması

Kumaş sıklığı ile kumaşın dokunmasında kullanılan ipliklerin numara değerlerinin kumaşın gözenekliliğini ve örtücülüğünü değiştirme etkisi vardır. Kumaş örtücülüğü kumaş örtme faktörü ile ifade edilmektedir ve bu iki ayrı bağımsız parametre kullanılarak hesaplanmaktadır. Dokuma kumaşlarda çözgü ve atkı örtme faktörü ile toplam kumaş örtme faktörü aşağıdaki denklemler doğrultusunda hesaplanmaktadır (Süvari, 2020).

$$\text{Atkı örtme faktörü } (K_1) = \frac{\text{Atkı sıklığı } \left(\frac{\text{atkı}}{\text{inc}}\right)}{\sqrt{\text{Atkı iplik numarası (Ne)}}} \quad (2.3)$$



$$\text{Çözgü örtme faktörü (K}_2\text{)} = \frac{\text{Çözgü sıklığı (çözgü/inç)}}{\sqrt{\text{Çözgü iplik numarası (Ne)}}} \quad (2.4)$$

$$\text{Kumaş örtme faktörü (K}_c\text{)} = K_1 + K_2 - \frac{K_1 \times K_2}{28} \quad (2.5)$$

Bu denklemlerde de görüleceği gibi kumaş sıklığının artması ve iplik numarasının kalınlaşması durumunda örtme faktörleri de artacaktır. Kumaş örtme faktörü; iplik numaraları, iplik sıklıkları ve örgüleri farklı ancak aynı cins liflerden üretilmiş iplikler kullanılarak dokunmuş kumaşların yüzeylerinde sağlanan yoğunlukları açısından kıyaslamak için kullanılmaktadır (Sarıduman, 2005).

### 2.2.12. Hava Geçirgenliği Testi

Kumaş hava geçirgenliği; kumaşın iki yüzeyi arasındaki fark basıncı altında bir malzemedeki düşey yönde geçen hava akış hızı olarak ifade edilmektedir. (Ogulata, 2006). Çalışma sırasında TS 391 EN ISO 9237 test standardına göre Prowhite Airtest II hava geçirgenliği test cihazı (Şekil 2.20) ile hava geçirgenliği ölçümleri yapılmıştır. Test sırasında test standardı doğrultusunda yüzey alanı 20 cm<sup>2</sup> basınç düşmesi 100 Pa olarak ayarlanmıştır. Kumaşların kırışık olmayan ve hatasız bölgelerinden hazırlanan numuneler en az bir dakika veya hava akışı kararlı hale gelinceye kadar teste tabii tutulmuştur. Aynı kumaş numunesi aynı şartlar altında en az on farklı bölgeden test edilir ve sonuçlar mm/s olarak kaydedilir. Son olarak test sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak kumaş numunesinin ortalama hava geçirgenliği değeri hesaplanır. Çift kat petek ve sepet örgü yapısına sahip kumaşlarda kumaşın ön ve arka yüzeyleri arasında örgü farklılığı sebebiyle hava geçirgenliği değerleri farklılık gösterebileceği için bu örgülerdeki kumaş numunelerinin hem ön hem de arka yüzeylerine hava geçirgenliği testi uygulanmıştır. Bezayağı örgüde kumaş ön ve arka yüzeyinde örgü aynı olduğu için kumaş numunelerinin sadece ön yüzeylerine hava geçirgenliği testi yapılmıştır, arka yüzeyleri test edilmemiştir.

Kumaş kalınlığı, gramajı ve gözeneklilik değerleri hava geçirgenliği değerlerini etkilemektedir. Bu sebeple bu çalışma kapsamında bu yapısal özelliklerin birbiri üzerine etkileri incelenmiştir.

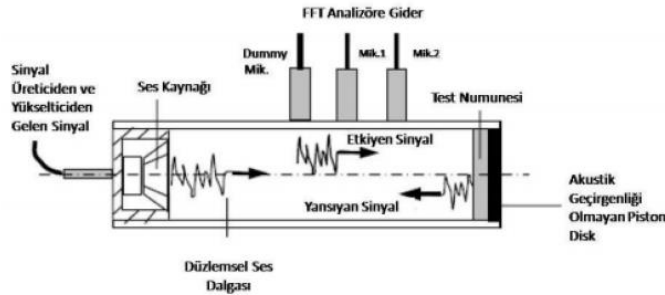


Şekil 2.20. Prowhite Airstest II hava geçirgenliği test cihazı

### 2.2.13. Ses Yutum Katsayısı ve Ses İletim Kaybı Testi ve Test Cihazı

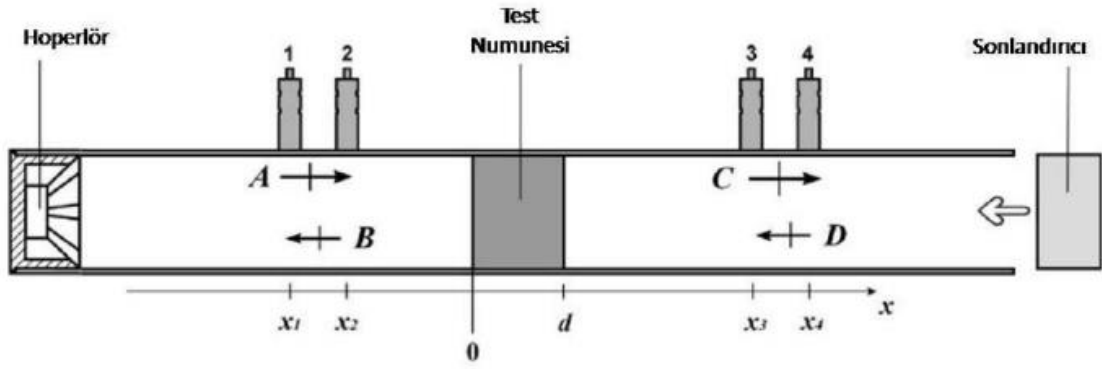
Kumaş numunelerinin TS EN ISO 10534-2 standardına göre ses yutum katsayısı ve ASTM E2611 standardına göre ses iletim kaybı testleri BUTEKOM tarafından yapılmıştır. On sekiz adet kumaş numunesinden her iki test standardı için 30mm çapında test numuneleri hazırlanarak Bias TestSens ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı ölçüm sistemi 30mm çaplı empedans tüpü ve çift mikrofona düzeneği kullanılarak 200 Hz ile 6400 Hz frekans aralığında test edilmiştir. Sonuçların raporlanması bu frekanslar arasında 1/3 oktav bandı ile 15 merkez frekans esas alınarak yapılmıştır.

Şekil 2.21’ de TS EN ISO 10534-2 standardına göre empedans tüpü ile ses yutum katsayı ölçüm düzeneğinde ses sinyali test sisteminin kullandığı yazılım tarafından üretilir. Yükselticiden geçen ses sinyali hoparlör tarafından tüpün içerisinde düzlemsel ilerleyen ses dalgasına dönüşür. İki mikrofondan ayrı ayrı ölçülen basınç değerlerinin oranı aktarım fonksiyonu değerini vermektedir. Aktarım fonksiyonu değeri yansıma çarpanı ile ilişkilendirilerek bulunan yansıma çarpanı kullanılarak her bir frekans için ses yutum katsayısı değerinin tespit edilmesi prensibine dayanmaktadır.



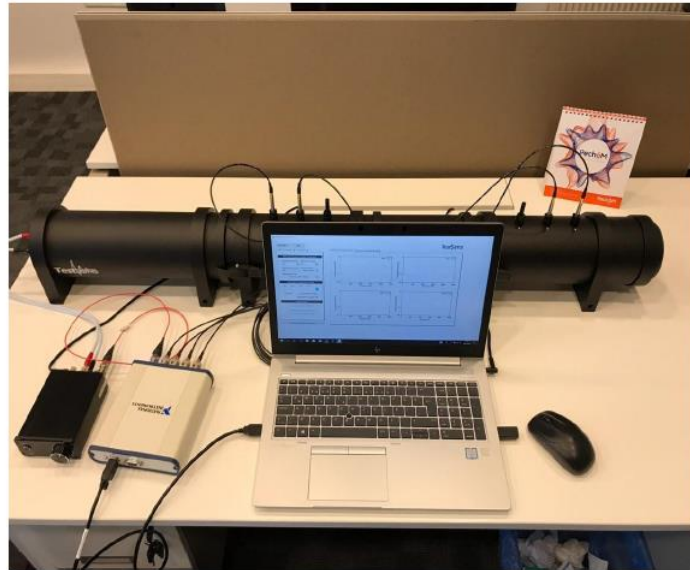
Şekil 2.21. Empedans tüpü ses yutum katsayısı ölçüm düzeneği

Empedans tüpü ile ses iletim kaybının bulunması için tüpe ek düzenek ilave edilmesi gerekmektedir. Şekil 2.22'deki ses iletim kaybı olm düzeneğinde test edilecek numune iki tüpün arasına konulur ve böylece iki ayrı olm ortamı oluşturulur. Hesaplamalar için ikinci olm ortamındaki yansayan ses dalgasının denklemden kaldırılması gerekmektedir. Bu doğrultuda testin birinde tüpün ucuna sonlandırıcı konarak diğerinde ise tüpün ucu açık bırakılarak iki defa yapılmaktadır. nnde kalın bir sünger tabakası bulunan sonlandırıcının görevi Şekil 2.22'de C olarak ifade edilen etkiyen dalgayı tamamen sönümleyerek denklemlerde Şekil 2.22'de D yansayan dalganın sıfır değerini almasını sağlamaktadır.



Şekil 2.22. Empedans tüpü ses iletim kaybı olm düzeneği

Ses iletim kaybı olm için oluşturulmuş bir test düzeneğinin görünümü Şekil 2.23'te verilmiştir.



Şekil 2.23. Empedans tüpü ses iletim kaybı test düzeneği

## 2.2.14. SiroFAST Ölçümleri

SiroFAST; Avustralya Yün Birliği ve CSIRO tarafından yünlü kumaşların mekanik ve boyutsal özelliklerini ölçmek amacıyla tasarlanmış bir seri alet ve test yöntemini içermektedir (Şekil 2.24). SiroFAST ölçümleri sonucu elde edilen veriler özellikle giysi üretimi sırasında kumaş performansının ve sonrasında giysinin giyim sırasındaki görünümünün tahmin edilmesi ve objektif olarak değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. (De Boos ve Tester, 1994).



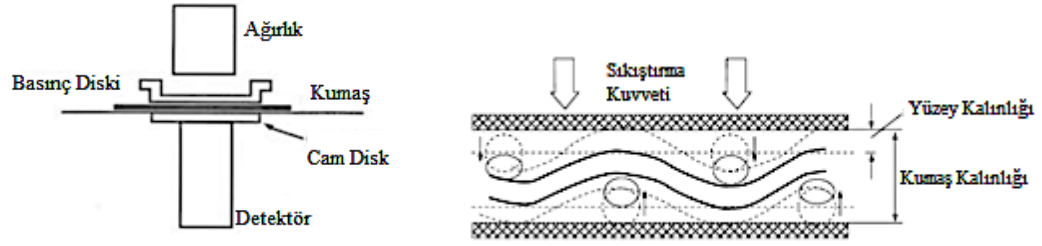
Şekil 2.24. SiroFAST kumaş mekanik özellik ölçüm aletleri serisi (AbouNassfi, 2015)

SiroFAST kumaşın mekanik ve boyutsal özelliklerini ölçen üç cihazdan ve bir test yönteminden oluşur:

- SiroFAST-1, kumaş kalınlığını ölçen sıkıştırma/basma ölçerdir.
- SiroFAST-2, kumaş eğilme uzunluğunu ölçen bir eğilme ölçerdir.
- SiroFAST-3, kumaşın uzamasını ölçen bir uzama ölçerdir.
- SiroFAST-4, kumaşın boyutsal özelliklerini değerlendiren bir test yöntemidir.

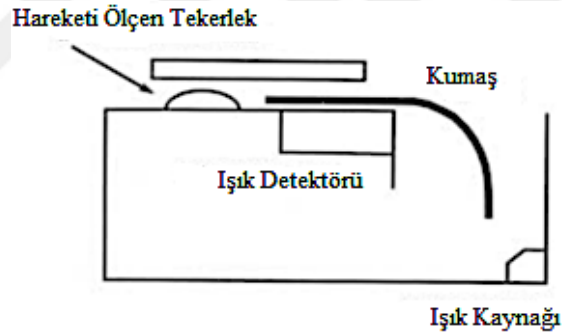
SiroFAST-1, kumaşın sıkıştırılabilir bir yüzeyi ve sıkıştırılamaz bir merkezinin olduğu düşüncesi üzerine geliştirilmiştir. Test; kumaş kalınlığını 10 cm<sup>2</sup>'lik bir alanda iki farklı yük altında (2 g/cm<sup>2</sup> ve 100 g/cm<sup>2</sup>) ölçme şeklinde uygulanmaktadır. Test çıktısı olarak; kumaş kalınlığının bu iki yük değerinde ölçülen kumaş kalınlık farkları elde edilmektedir (Şekil 2.25). Bu elde edilen ölçümlerden yüzey tabaka kalınlığı hesaplanabilmektedir. Ölçümler kondisyonlanmış kumaş üzerinde yapılır ve ardından kumaş buharda 30 saniye gevşetildikten sonra ölçümler tekrar edilir (Minazio, 1995). Bu ölçümler sonucunda serbest bırakılan kalınlık ve serbest bırakılan yüzey tabakası kalınlığı bulunmuş olur. Orijinal yüzey kalınlığının ve serbest bırakılan yüzey kalınlığının karşılaştırılması ile elde edilen veriler giysi üretimi sırasında ütüleme ve buharlama gibi işlemlerin kumaş üzerindeki aprenin kalıcılığını

değerlendirmek için kullanılabilir. Test için 150x50mm uzunluğunda 5 adet numune kullanılmaktadır.



Şekil 2.25. SiroFAST-1 kumaş sıkıştırma/kalınlık ölçüm mekanizması (Üçgül, 2019)

SiroFAST 2; BS 3356 test metodunda olduğu gibi manivela ilkesi ile kumaşın eğilme uzunluğunu ve buna bağlı olarak sertliğini ölçen bir alettir (Şekil 2.26). Kumaş parçası dikey bir kenardan belirli bir açıyla (41,5°) ile itilmektedir. Sert kumaşların bu açıdan eğilebilmesi için daha fazla itilmesi gerekirken esnek ve gevşek kumaşların ise daha az itilmesi yeterli olmaktadır. 150x50mm ebadında 3 atkı 3 çözümlü numunesi olmak üzere toplamda 6 adet numune gereklidir.

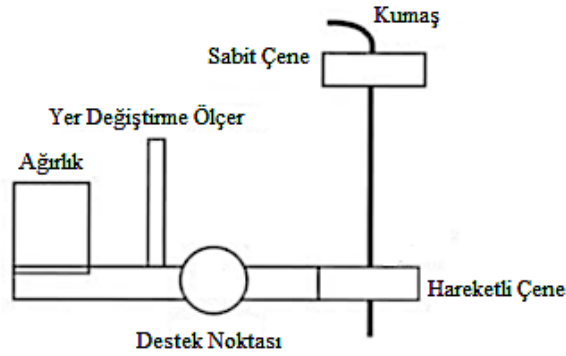


Şekil 2.26. SiroFAST-2 kumaş eğilme uzunluğu ölçüm mekanizması (De Boos ve Tester, 1994)

Eğilme dayanımı algılanan sertlik ile ilgilidir ve eğilme uzunluğu ile kumaş gramajı kullanılarak hesaplanmaktadır. Düşük eğilme dayanımı olan kumaşlarda dikiş büzülme problemi riski yüksektir ve bu tarz kumaşlar kesim işlemi sırasında problem yaratabileceği gibi otomatik üretim hatlarında kumaşın ele gelmesi zorluk çıkartabilir. Yüksek eğilme dayanımı olan kumaşlar daha kolay dikilebilir ancak bu tarz kumaşların kalıp esnasında problem çıkarma riski yüksektir. Eğilme dayanımı aşağıdaki şekilde formüle edilmiş olup M kumaş gramajını, C eğilme uzunluğunu göstermektedir.

$$\text{Eğilme rijitliği} = 9,8 \times 10^{-6} \times M \times C^3 \text{ (}\mu\text{Nm)} \quad (2.6)$$

SiroFAST-3, kumaşların giyim aşamasında ortaya çıkabilecek deformasyonunu önden tespit etmek için 5gf/cm (E5 değeri), 20gf/cm (E20 değeri), 100gf/cm (E100 değeri) olarak üç farklı sabit yük altında yüzdesel olarak ne kadar uzama yaptığını ölçer (Şekil 2.27). Kumaşların hem atkı yönünde hem de çözgü yönünde uzama değerleri ölçülür. Ayrıca en düşük yük altında (5gf/cm) verev yönde (45°) de ölçüm alınmaktadır (Minazio, 1995). Verev uzama doğrudan kullanılmaz ancak kumaş gevşekliği ile yakından ilgili olan kesme dayanımının hesaplanmasında kullanılır. Eğilme rijitliği ise hangi kumaşın daha kolay üç boyutlu şekillendirilebileceğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Düşük uzama değerleri sık adımlı dikişlerde zorluklara, kalıpta problemlere, dikiş büzülmesine neden olmaktadır. Yüksek uzama değerleri sebebiyle serim aşamasında uzama yapan kumaş kesim masasından alındığında kesilmiş numunelerin çekmesine neden olacak, kumaş desenli ise desenlerin eşleştirilmesinde problem çıkacaktır. Düşük kesme dayanımı kumaşın serim, kalıp çıkarma ve kesim esnasında kolaylıkla deforme olacağını gösterir. Yüksek kesme dayanımı ise kumaşın kalıp çıkarma ve manşet takma işlemlerinde ve de üç boyutlu şekil almasında problem olacağını göstermektedir. Kumaş şekillendirilebilirliği, SiroFAST-2 ve SiroFAST-3 verileri birlikte kullanılarak yapılan ölçümlerden elde edilir. 150x50mm ebadında 3 atkı, 3 çözgü ve 6 adet verev test numunesi gereklidir.



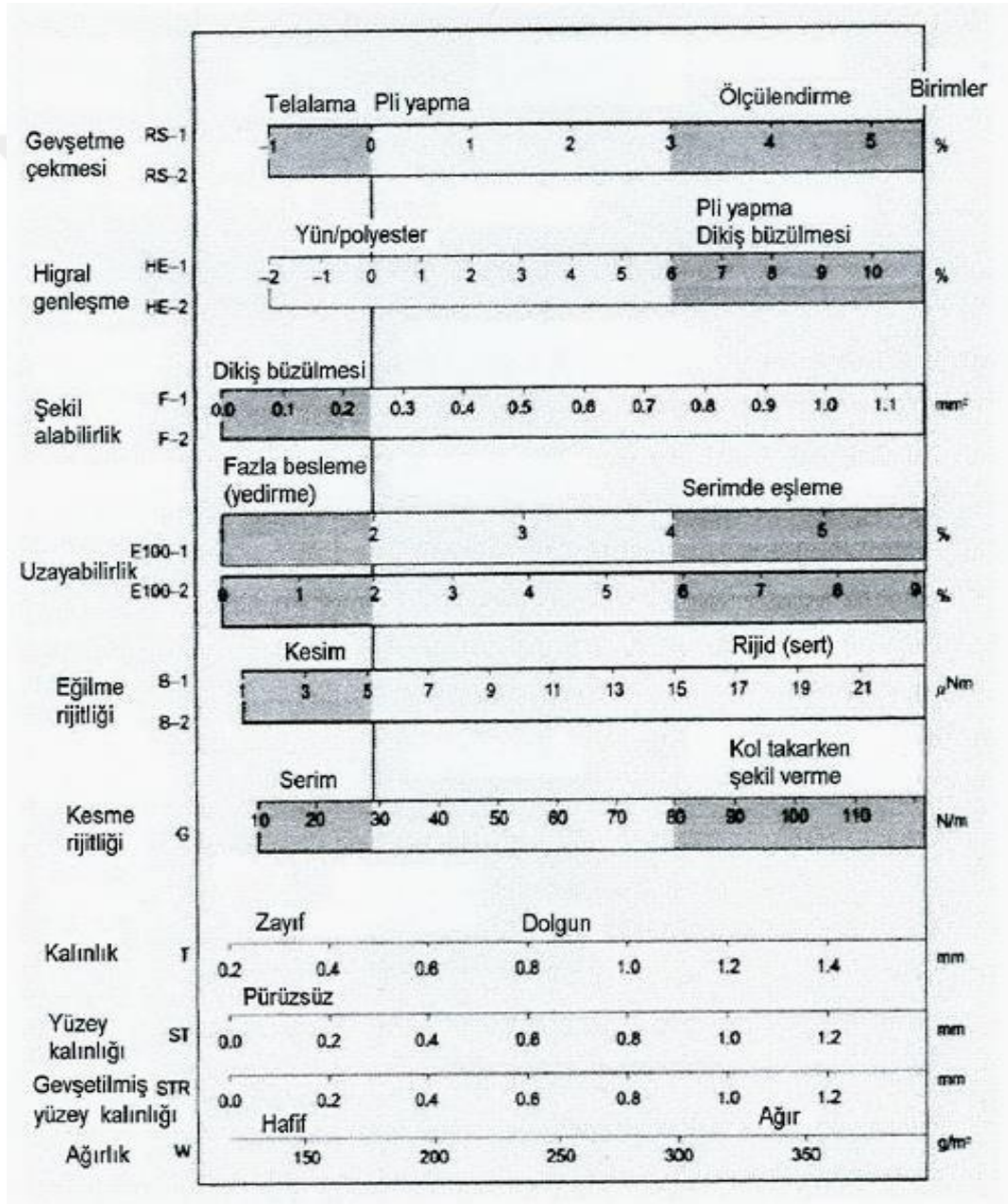
Şekil 2.27. SiroFAST-3 kumaş uzama ölçüm mekanizması (Üçgül, 2019)

$$\text{Kesme Rijitliği (N/m)} = \frac{123}{\text{Verev Uzama(\%)}} \quad (2.7)$$

$$\text{Şekillendirilebilirlik} = \text{Eğilme dayanımı} \times \frac{(\text{uzama}^{(10g/cm)} - \text{uzama}^{(5g/cm)})}{14,7} \quad (2.8)$$

SiroFAST Kontrol Tablosu (Şekil 2.28) SiroFAST sistemi verilerini yorumlamaya yardımcı olması amacıyla kullanılan bir tablodur. Bu yaklaşım yeni olmayıp, diğer objektif ölçüm sistemleri için de tavsiye edilmiştir. Burada değerlendirme uygun ölçeklere kumaş

özelliklerinin çizilmesi ve daha sonra noktaların birleştirilmesi ile oluşturulur. Bilgisayar üzerindeki SiroFAST yazılımı bu işlemi otomatik yapmaktadır. SiroFAST grafik üzerinde 'gri bölgeler' ile ilgili şekillerin pozisyonlarının doğrudan gözlemlenmesiyle çok çeşitli bilgiler elde edilebilir. Grafik üzerinde yer alan gri bölgeler, takım elbise ya da yapılandırılmış ceket üretiminde oluşabilecek potansiyel sorunları ifade etmektedir. Farklı bölgeler, kadın, elbise veya pilili etek gibi diğer uygulamalar için kullanılabilir. SiroFAST grafik üzerindeki 'gri bölgeler' sadece 'kabul veya ret' bölgeleri olarak kullanılmamakta aynı zamanda giysi üreticisini üretimde oluşabilecek problemler açısından önceden uarmaktadır (De Boos ve Tester, 1994).



Şekil 2.28. SiroFAST kontrol tablosu

## 2.2.15. İstatiksel Analiz

### 2.2.15.1. Regresyon Analizi

Çalışma sırasında kumaş numunelerinin test edilmesi sonucu elde edilen verilerin ve parametrelerin birbirleri ile aralarında sebep-sonuç ilişkisi olup olmadığını değerlendirmek için regresyon analizinden yararlanılmıştır. Regresyon analizi uygulamasında aralarında ilişki olan iki ya da fazla değişkenden biri bağımlı değişken diğerleri bağımsız değişken olarak adlandırılır. Analiz ile bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişki matematiksel bir model denklem geliştirilerek açıklanmakta ve aralarındaki ilişkinin anlamlılığı  $R^2$  olarak ifade edilmekte ve bu değer ne kadar 1'e yakın ise model o kadar anlamıdır.

Farklı kumaş parametrelerinin test edilmesiyle elde edilen sonuçlar arasında doğrusal ilişki olup olmadığını analiz etmek için korelasyon analizi yapılmış ve değişkenler arasındaki ilişki korelasyon katsayısı ile gösterilmiştir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında bir değer ile ifade edilmektedir. Katsayının başındaki işaret iki değişken arasında ilişkinin yönünü, sayısal değer ise ilişkinin gücünü ifade etmektedir. Korelasyon katsayısı -1 ise değişkenler arasında negatif doğrusal, +1 ise pozitif doğrusal ilişki olduğunu, 0 ise değişkenler arasında ilişki olmadığını göstermektedir.

### 2.2.15.2. Varyans Analizi (ANOVA)

Minitab 17 istatistik programı kullanılarak kumaş numunelerinin testleri sonucu elde edilen sonuçların ortalamalarının arasında fark olup olmadığını sınamak için tek yönlü varyans analizi ile genel doğrusal model varyans analizleri kullanılmıştır. Tek yönlü varyans analizinin temeli grupların ortalamalarının birbirine eşit olduğunu ortaya koyan sıfır hipotezi ile ortalamalardan en az birinin farklı olduğu esasına dayanan alternatif hipotezin doğrulanmasına dayanmaktadır. Analiz sırasında olası hata seviyesi "p" değeri ile ifade edilmektedir. Farklı güvenilirlik seviyelerine göre esas alınan olası hata seviyesinin (%95' lik güvenilirlik seviyesinde "p" değeri 0,05 alınır) altında olmasında durumunda karşılaştırma yapılan terimlerin modele katkısı "anlamli" olarak kabul edilmektedir ve gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda gruplar arasındaki farklılık ayrıntılı analiz edilir. Çalışma sırasında Tukey analizi kullanılmıştır. Birden fazla bağımlı ve bağımsız değişken arasında modelleme oluşturmak için genel doğrusal modelden yararlanılmıştır.



### 3. BULGULAR

Çalışmada öncelikle girdi kontrolü kapsamında aynı üretim teknolojisi ile aynı iplik numarası ve filament sayısı fakat farklı lif enine kesit şekline sahip tedarik edilen üç adet polyester filament ipliğın numara ve mukavemet testleri yapılmıştır. Sonrasında bu ipliklerden aynı çözgü sıklığında üç farklı örgü ve bu örgülerden de kendi içinde iki farklı atkı sıklığında olmak üzere toplamda on sekiz adet farklı yapıda dokuma kumaş tasarımı yapılmıştır. Tasarımı yapılan kumaşlar dokunduktan sonra çıkan ham kumaşların gramaj, atkı ve çözgü sıklığı testleri yapılmıştır. Ham kumaşlar boya ve apre işletmesinde kontinü yıkama makinasında yıkama ve ram makinasında kurutma işlemi sonrası mamul hale getirilmiştir. Mamul kumaşlara gramaj, atkı ve çözgü sıklığı, kalınlık, kopma mukavemeti ve uzaması, hava geçirgenliği, ses yutum katsayısı, ses iletim kaybı testleri yapılmıştır. Kumaşların SEM ve stereo mikroskopta yapısal görselleri incelenmiştir. Testler sonucunda elde edilen veriler kullanılarak kumaş gözenekliliği ve örtme faktörü değerleri hesaplanmıştır. Kumaşların dikilebilirlik ve mekanik özellikleri açısından SiroFAST 1-2-3 cihazları ile basma, eğilme ve uzama özellikleri test edilerek değerlendirilmiştir.

#### 3.1. İplik Numara ve Mukavemet Ölçüm Sonuçları

Çizelge 3.1 'de çalışmada kullanılmak üzere tedarik edilen ipliklerin TS 244'e göre numara değerleri ile TS EN ISO 2062' göre Tensorapid 4 cihazında yapılan kopma kuvveti, kopma uzaması ile iplik mukavemeti ortalama değerleri standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 3.1. İplik test değerleri

İplik Test Adı	İplik 1 (300/192 Pes ATY YM Poly Cool)	İplik 2 (300/192 Pes ATY YM Round)	İplik 3 (300/192 Pes ATY YM Hollow)
<b>Numara (Denye)</b>	368,9 (1,55) <sup>1</sup>	374,8 (2,5)	357,4 (2,57)
<b>Kopma Kuvveti (cN)</b>	760,6 (40,31)	1057 (29,60)	984,7 (29,54)
<b>Kopma Uzaması (%)</b>	15,09 (1,5)	20,87 (1,69)	19,28 (1,29)
<b>Mukavemet (cN/tex)</b>	18,65 (0,98)	25,56 (0,72)	24,8 (0,74)

<sup>1</sup> standart sapma

### 3.2. Ham ve Mamul Kumaş Gramaj ve Sıklık Ölçüm Sonuçları

#### 3.2.1. Ham ve Mamul Kumaş Gramaj

Kumaş numunelerinin örgü yapıları (petek, sepet, bezayağı) ve atkı sıklıkları (45 ve 38) esas alınarak Çizelge 3.2’ de TS EN 12127 standardı doğrultusunda ölçülen ortalama ham ve mamul kumaş gramaj değerleri standart sapmaları ile verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kumaş örgüsü ve sıklık bazında ham ve mamul kumaş gramaj değerleri

Kumaş kodu	Ortalama ham kumaş gramajı (g/m <sup>2</sup> )	Standart sapma ( $\sigma$ )	Ortalama mamul kumaş gramajı (g/m <sup>2</sup> )	Standart sapma ( $\sigma$ )
PW45	373	1,15	396	2,89
PR45	371	1,00	394	3,06
PH45	352	2,31	381	1,53
PW38	340	2,89	369	0,58
PR38	339	1,15	355	3,21
PH38	321	2,89	349	1,53
SW45	363	3,06	385	2,31
SR45	357	1,73	376	2,52
SH45	348	4,04	371	2,31
SW38	329	1,73	356	1,00
SR38	326	2,00	346	2,52
SH38	320	2,52	341	2,08
BW45	372	1,15	401	3,61
BR45	364	2,52	386	3,51
BH45	346	2,65	370	0,58
BW38	339	4,62	362	1,53
BR38	336	0,58	347	2,08
BH38	319	2,08	342	1,53

#### 3.2.2. Ham ve Mamul Kumaş Atkı ve Çözümlü Sıklığı

Kumaş numunelerinin tasarlanan değerlere göre dokuma işletmesinde dokuma tezgahına girilen ve TS 250 EN 1049-2 standardına göre ham ve mamul olarak ölçülen çözgü ve atkı sıklıkları Çizelge 3.3’ de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kumaşların tezgâha girilen, ham ve mamul olarak ölçülen çözgü ve atkı sıklık değerleri

Kumaş kodu	Çözgü sıklığı tezgâh (tel/cm)	Çözgü sıklığı ham kumaş (tel/cm)	Çözgü sıklığı mamul kumaş (tel/cm)	Atkı sıklığı tezgâh (tel/cm)	Atkı sıklığı ham kumaş (tel/cm)	Atkı sıklığı mamul kumaş (tel/cm)
PW45	40	41	44	45	46	49
PR45	40	41	44	45	46	49
PH45	40	41	44	45	46	49
PW38	40	41	44	38	40	43
PR38	40	41	44	38	40	43
PH38	40	41	44	38	40	43
SW45	40	41	44	45	46	49
SR45	40	41	44	45	46	49
SH45	40	41	44	45	46	49
SW38	40	41	44	38	40	43
SR38	40	41	44	38	40	43
SH38	40	41	44	38	40	43
BW45	40	41	44	45	46	49
BR45	40	41	44	45	46	49
BH45	40	41	44	45	46	49
BW38	40	41	44	38	40	43
BR38	40	41	44	38	40	43
BH38	40	41	44	38	40	43

### 3.3. Mamul Kumaş Kalınlık Ölçüm Sonuçları

Kumaş kodları esas alınarak Çizelge 3.4’ de örgü yapılarına (petek, sepet, bezayağı) göre TS 7128 EN ISO 5084 standardı doğrultusunda ölçülen ortalama mamul kumaş kalınlık değerleri standart sapmaları ile verilmiştir.

Çizelge 3.4. Kumaş örgüsü bazında mamul kumaş kalınlık ölçüm değerleri

Kumaş kodu	Ortalama kumaş kalınlığı (mm)	Standart sapma ( $\sigma$ )	Kumaş kodu	Ortalama kumaş kalınlığı (mm)	Standart sapma ( $\sigma$ )	Kumaş kodu	Ortalama kumaş kalınlığı (mm)	Standart sapma ( $\sigma$ )
PW45	1,647	0,0285	SW45	1,4836	0,0034	BW45	1,6588	0,0139
PR45	1,795	0,0095	SR45	1,6378	0,0065	BR45	1,8308	0,0149
PH45	1,7848	0,0127	SH45	1,628	0,0293	BH45	1,7776	0,0048
PW38	1,7312	0,0083	SW38	1,4932	0,0271	BW38	1,6354	0,0087
PR38	1,7922	0,0157	SR38	1,702	0,0217	BR38	1,8156	0,0097
PH38	1,8436	0,0288	SH38	1,6436	0,0364	BH38	1,726	0,0177

### 3.4. Mamul Kumaş Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

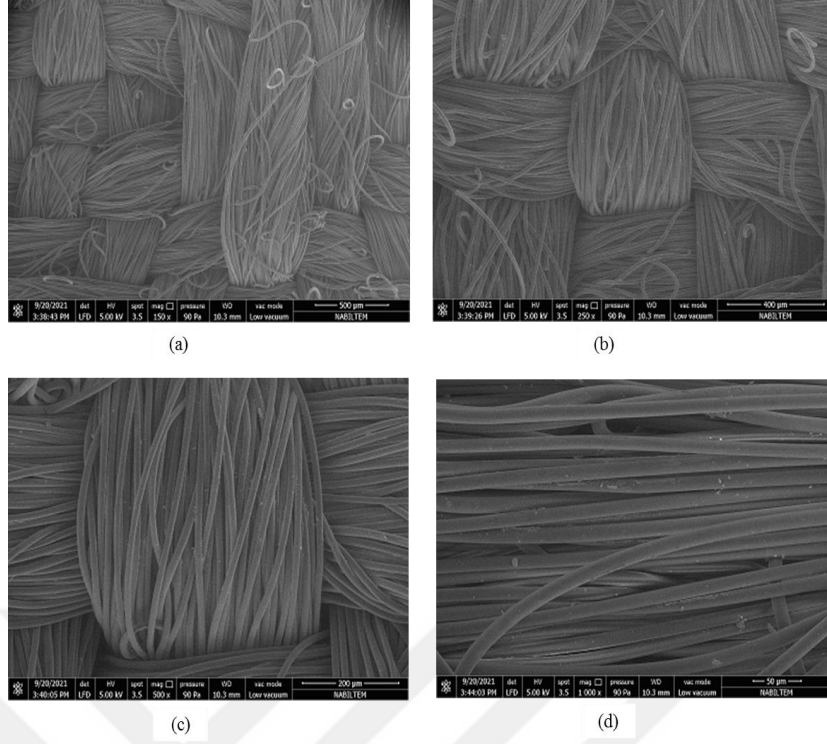
TS EN ISO 13934-1 standardında göre yapılan kopma mukavemeti ve kopma uzaması ortalama test sonuçları çözgü ve atkı yönü için Çizelge 3.5’ de standart sapmaları ile verilmiştir.

Çizelge 3.5. Atkı ve çözgü ortalama kopma mukavemeti ve uzaması test sonuçları

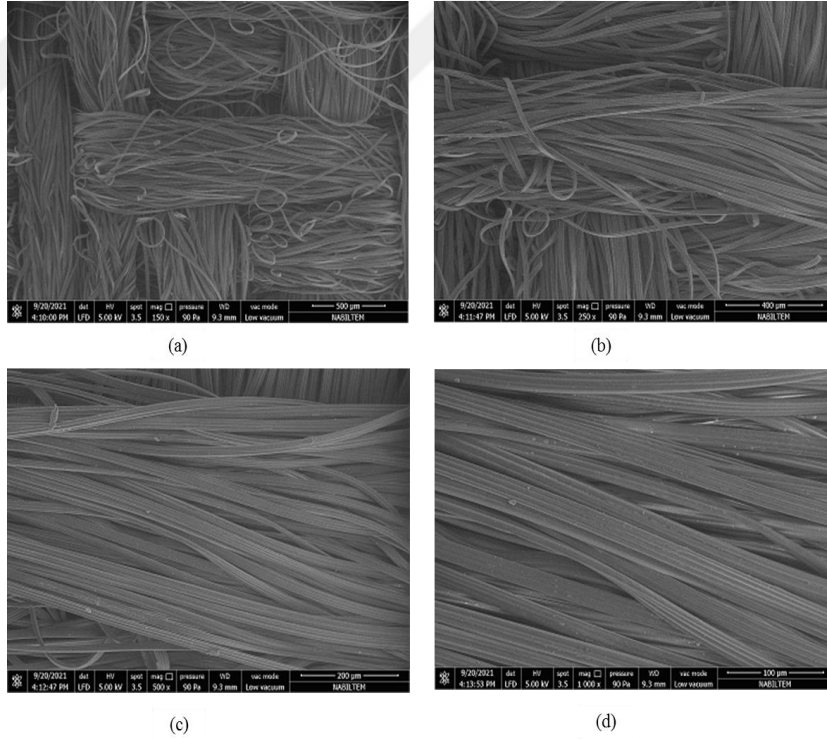
Kumaş kodu	Çözgü en büyük kuvvet (N)	Çözgü en büyük kuvvet standart sapma ( $\sigma$ )	Çözgü uzama (%)	Çözgü uzama standart sapma ( $\sigma$ )	Atkı en büyük kuvvet (N)	Atkı en büyük kuvvet standart sapma ( $\sigma$ )	Atkı uzama (%)	Atkı uzama standart sapma ( $\sigma$ )
PW45	2068	22,50	31,79	0,23	2145	80,36	35,38	0,73
PR45	2382	98,88	44,22	1,49	2500	0,00	30,55	0,99
PH45	2323	32,81	41,47	1,15	2491	10,61	30,45	0,79
PW38	2007	62,23	28,79	0,53	1785	40,22	35,24	0,76
PR38	2416	55,43	40,59	1,58	2317	92,86	31,64	1,56
PH38	2321	52,04	39,40	1,00	2165	160,12	26,64	1,44
SW45	1971	146,00	24,95	0,28	1979	71,00	34,33	0,91
SR45	2428	66,91	37,18	0,51	2500	0,00	23,91	2,13
SH45	2210	65,00	31,18	0,08	2500	0,00	28,28	1,03
SW38	1950	67,83	24,48	0,75	1621	59,48	33,17	1,21
SR38	2368	18,03	34,98	2,21	2268	53,16	27,56	0,29
SH38	2206	63,51	32,50	1,10	2167	67,18	27,27	0,98
BW45	1896	53,03	27,21	0,34	2072	47,52	33,88	0,29
BR45	2498	4,04	36,86	0,40	2500	0,00	28,88	0,98
BH45	2270	87,61	34,76	0,75	2500	0,00	27,40	1,12
BW38	1805	17,47	26,39	0,48	1647	55,94	30,03	0,99
BR38	2415	91,66	34,01	1,41	2338	47,52	32,60	0,83
BH38	2245	32,79	35,03	0,88	2180	30,27	27,14	0,65

### 3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Stereo Mikroskop Görüntüleri

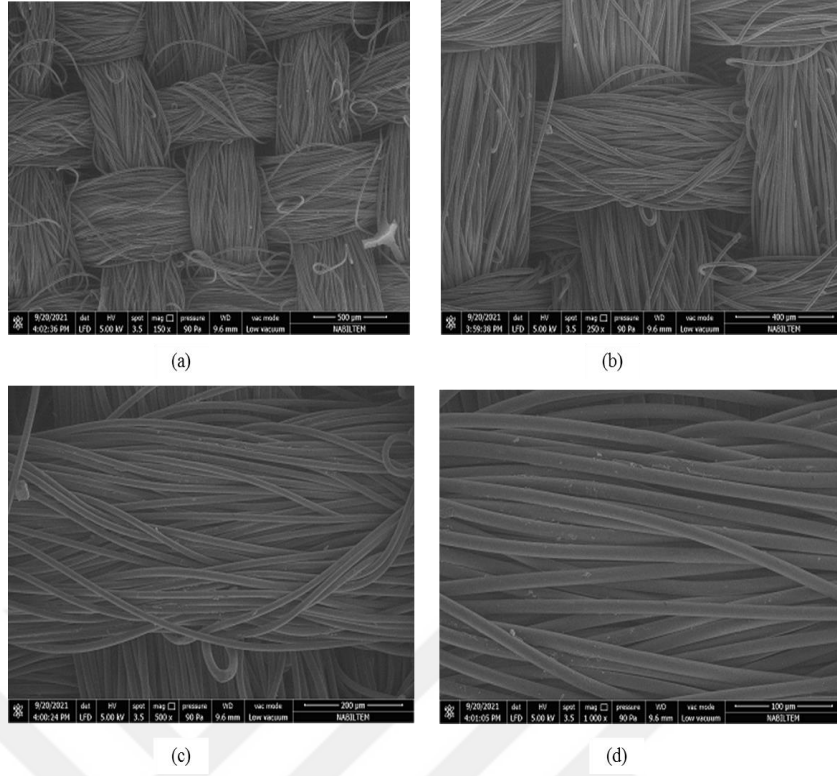
Aynı atkı sıklığı ancak üç farklı örgü ve lif kesit yapısına sahip mamul kumaş numunelerinin taramalı elektron mikroskobuyla dört farklı büyütme ile elde edilmiş görüntü analizleri Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.1. PH45 kodlu kumaşın (a) x150 büyütme, (b) x250 büyütme, (c) x500 büyütme, (d) x1000 büyütme SEM görüntüleri

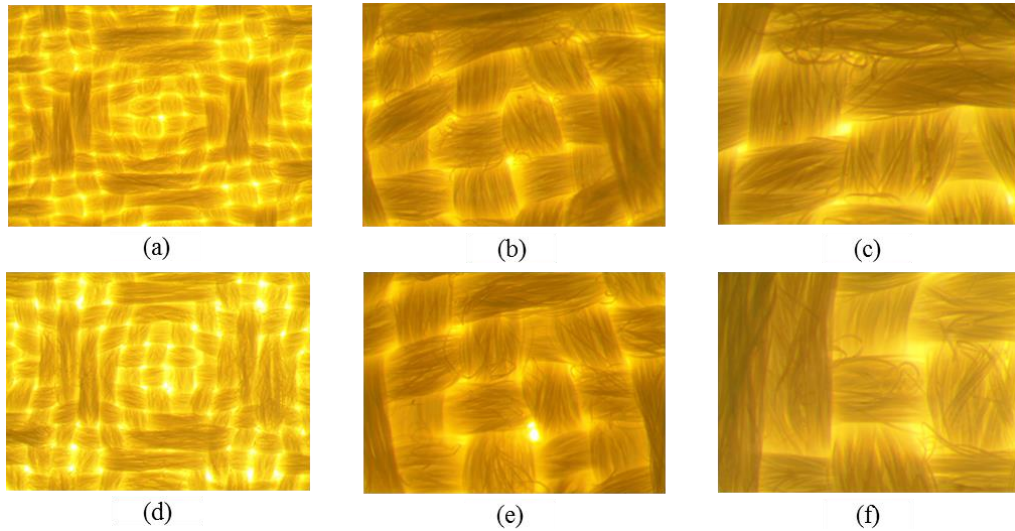


Şekil 3.2. SW45 kodlu kumaşın (a) x150 büyütme, (b) x250 büyütme, (c) x500 büyütme, (d) x1000 büyütme SEM görüntüleri

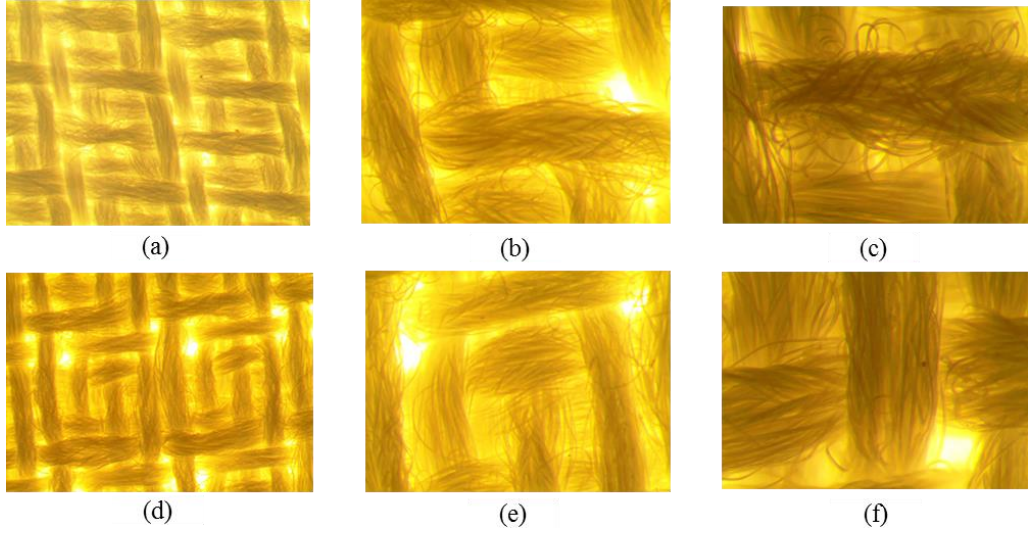


Şekil 3.3. BR45 kodlu kumaşın (a) x150 büyütme, (b) x250 büyütme, (c) x500 büyütme, (d) x1000 büyütme SEM görüntüleri

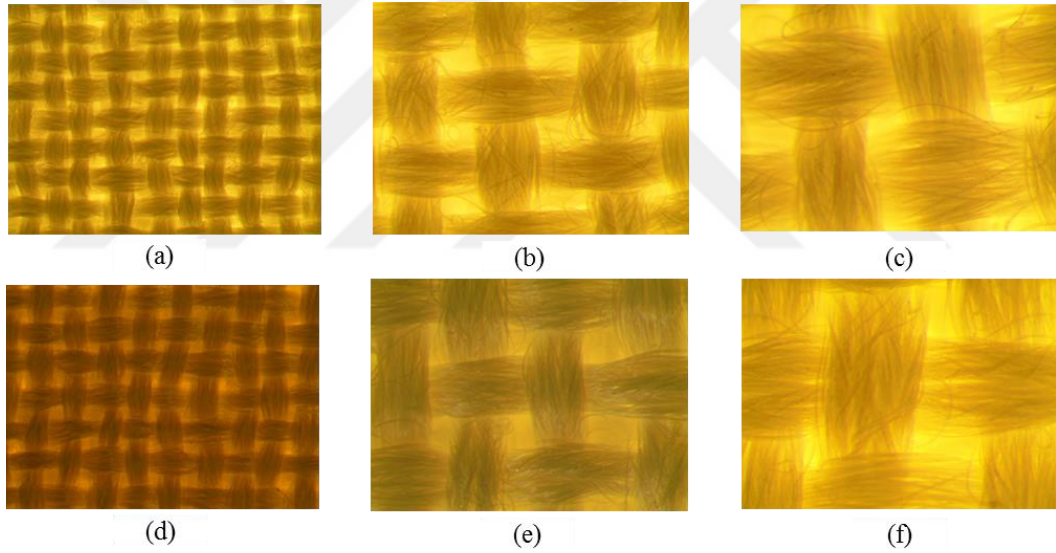
Üç farklı örgü tipine sahip kumaşlardan birer adet lif enine kesit yapısı seçilerek iki farklı atkı sıklığında (45 ve 38) LEICA MD50 stereo mikroskop ile üç farklı büyütmede alınan yüzey görüntüleri Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’ da verilmiştir.



Şekil 3.4. PH45 kodlu kumaşın (a) x10 büyütme, (b) x25 büyütme, (c) 40 büyütme ile PH38 kodlu kumaşın (d) x10 büyütme, (e) x25 büyütme, (f) 40 büyütme yüzey görüntüleri



Şekil 3.5. SW45 kodlu kumaşın (a) x10 büyütme, (b) x25 büyütme, (c)40 büyütme ile SW38 kodlu kumaşın (d) x10 büyütme, (e) x25 büyütme, (f)40 büyütme yüzey görüntüleri



Şekil 3.6. BR45 kodlu kumaşın (a) x10 büyütme, (b) x25 büyütme, (c)40 büyütme ile BR38 kodlu kumaşın (d) x10 büyütme, (e) x25 büyütme, (f)40 büyütme yüzey görüntüleri

### 3.6. Kumaş Gözeneklilik Değerleri

Kumaş numunelerinin mamul gramaj ve kalınlık değerleri esas alınarak kumaş yoğunluğu ve gözenekliliği hesaplanarak bulunan değerler Çizelge 3.6 'da verilmiştir. Kumaş yoğunluğu hesaplamada polyester elyafının özgül ağırlığı  $1,38 \text{ g/cm}^3$  alınmıştır.

Çizelge 3.6. Hesaplanan kumaş yoğunluk ve gözeneklilik değerleri

Kumaş kodu	Ortalama kumaş gramajı (g/cm <sup>2</sup> )	Ortalama kumaş kalınlığı (cm)	Kumaş yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	Kumaş gözenekliliği
PW45	0,0395	0,1647	0,240	0,83
PR45	0,0394	0,18056	0,218	0,84
PH45	0,0381	0,17848	0,213	0,85
PW38	0,0369	0,17312	0,213	0,85
PR38	0,0355	0,17922	0,198	0,86
PH38	0,0349	0,18436	0,189	0,86
SW45	0,0385	0,14836	0,260	0,81
SR45	0,0376	0,16378	0,230	0,83
SH45	0,0371	0,1628	0,228	0,83
SW38	0,0356	0,14932	0,238	0,83
SR38	0,0346	0,1702	0,203	0,85
SH38	0,0341	0,16436	0,207	0,85
BW45	0,0401	0,16588	0,242	0,82
BR45	0,0386	0,17776	0,217	0,84
BH45	0,037	0,18308	0,202	0,85
BW38	0,0362	0,16354	0,221	0,84
BR38	0,0347	0,18156	0,191	0,86
BH38	0,0342	0,1726	0,198	0,86

### 3.7. Kumaş Örtme Faktörü Değerleri

Kumaş atkı ve çözgü sıklığı değerleri ile kumaşta kullanılan ipliklerin numara değerleri esas alınarak kumaş örtme faktörü değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 3.7).



Çizelge 3.7. Hesaplanan kumaş örtme faktörü değerleri

<b>Kumaş kodu</b>	<b>İplik Numarası (Ne)</b>	<b>Çözü Sıklığı (tel/inç)</b>	<b>Atkı Sıklığı (tel/inç)</b>	<b>Çözü Örtme Faktörü</b>	<b>Atkı Örtme Faktörü</b>	<b>Kumaş Örtme Faktörü</b>
PW45	14,39	111,8	124,5	29,46	32,81	27,75
PR45	14,17	111,8	124,5	29,69	33,06	27,69
PH45	14,86	111,8	124,5	28,99	32,29	27,85
PW38	14,39	111,8	109,2	29,46	28,79	27,96
PR38	14,17	111,8	109,2	29,69	29,01	27,94
PH38	14,86	111,8	109,2	28,99	28,33	27,99
SW45	14,39	111,8	124,5	29,46	32,81	27,75
SR45	14,17	111,8	124,5	29,69	33,06	27,69
SH45	14,86	111,8	124,5	28,99	32,29	27,85
SW38	14,39	111,8	109,2	29,46	28,79	27,96
SR38	14,17	111,8	109,2	29,69	29,01	27,94
SH38	14,86	111,8	109,2	28,99	28,33	27,99
BW45	14,39	111,8	124,5	29,46	32,81	27,75
BR45	14,17	111,8	124,5	29,69	33,06	27,69
BH45	14,86	111,8	124,5	28,99	32,29	27,85
BW38	14,39	111,8	109,2	29,46	28,79	27,96
BR38	14,17	111,8	109,2	29,69	29,01	27,94
BH38	14,86	111,8	109,2	28,99	28,33	27,99

### 3.8. Hava Geçirgenliği Test Sonuçları

TS 391 EN ISO 9237 standardına göre Prowhite Airtest II hava geçirgenliği test cihazı kullanılarak ölçülen hava geçirgenliği değerlerinin ortalamaları Çizelge 3.8' de standart sapmaları ile verilmiştir.

Çizelge 3.8. Hava geçirgenliği test sonuçları

Kumaş kodu	Kumaş ön yüz ortalama hava geçirgenliği değeri (mm/s)	Kumaş ön yüz hava geçirgenliği standart sapma	Kumaş arka yüz ortalama hava geçirgenliği değeri (mm/s)	Kumaş arka yüz hava geçirgenliği standart sapma
PW45	41	1	42	2
PR45	66	3	66	2
PH45	57	2	56	2
PW38	71	2	70	3
PR38	119	3	119	6
PH38	93	3	98	4
SW45	151	10	171	10
SR45	225	5	232	8
SH45	147	9	152	6
SW38	222	9	216	9
SR38	270	12	274	11
SH38	217	9	215	7
BW45	146	12	145	10
BR45	210	3	211	5
BH45	156	7	155	6
BW38	217	11	219	12
BR38	287	6	288	5
BH38	253	9	251	8

### 3.9. Ses Yutum Katsayısı ve Ses İletim Kaybı Ölçüm Sonuçları

TS EN ISO 10534-2 standardına göre her bir kumaşın sadece ön yüzlerine 200 Hz ile 6400 Hz frekans aralığında ses yutum katsayısı ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının raporlanmasında 1/3 oktav bandına göre merkez frekans değerleri esas alınarak 15 farklı frekansta yapılan ses yutum katsayısı ölçüm sonuçları Çizelge 3.9' da verilmiştir.

Çizelge 3.10' da her bir kumaşın ASTM E-2611 standardına göre 200 Hz ile 6400 Hz frekans aralığında 1/3 oktav bandı frekans değerleri esas alınarak 16 farklı merkez frekansta ölçülen ses iletim kaybı değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.9. 1/3 oktav bandında farklı frekanslarda yapılan ses yutum katsayısı ölçüm sonuçları

Frekans (Hz)	PW45	PR45	PH45	PW38	PR38	PH38	SW45	SR45	SH45	SW38	SR38	SH38	BW45	BR45	BH45	BW38	BR38	BH38
<b>250</b>	0,0388	0,0296	0,0603	0,0339	0,0442	0,0670	0,0495	0,0787	0,0601	0,0444	0,0799	0,0729	0,0283	0,0278	0,0281	0,0247	0,0257	0,0268
<b>315</b>	0,0386	0,0282	0,0522	0,0344	0,0405	0,0568	0,0446	0,0643	0,0539	0,0408	0,0645	0,0613	0,0300	0,0311	0,0322	0,0297	0,0300	0,0310
<b>400</b>	0,0522	0,0416	0,0591	0,0503	0,0546	0,0642	0,0569	0,0669	0,0594	0,0546	0,0650	0,0645	0,0473	0,0430	0,0398	0,0384	0,0419	0,0408
<b>500</b>	0,0414	0,0432	0,0502	0,0384	0,0405	0,0465	0,0429	0,0451	0,0436	0,0412	0,0434	0,0438	0,0373	0,0370	0,0367	0,0377	0,0365	0,0365
<b>630</b>	0,0454	0,0449	0,0468	0,0453	0,0468	0,0470	0,0457	0,0472	0,0467	0,0461	0,0459	0,0461	0,0462	0,0464	0,0465	0,0478	0,0459	0,0465
<b>800</b>	0,0495	0,0510	0,0512	0,0484	0,0496	0,0492	0,0486	0,0502	0,0502	0,0478	0,0491	0,0484	0,0473	0,0485	0,0514	0,0502	0,0485	0,0487
<b>1000</b>	0,0530	0,0387	0,0568	0,0483	0,0543	0,0535	0,0512	0,0542	0,0570	0,0494	0,0522	0,0521	0,0424	0,0449	0,0405	0,0445	0,0458	0,0450
<b>1250</b>	0,0540	0,0445	0,0627	0,0467	0,0552	0,0577	0,0576	0,0560	0,0608	0,0542	0,0544	0,0526	0,0401	0,0444	0,0496	0,0435	0,0440	0,0445
<b>1600</b>	0,0748	0,0619	0,0805	0,0690	0,0723	0,0724	0,0737	0,0715	0,0759	0,0700	0,0703	0,0683	0,0607	0,0643	0,0669	0,0643	0,0636	0,0639
<b>2000</b>	0,1190	0,1090	0,1140	0,1100	0,1070	0,1060	0,1090	0,1070	0,1090	0,1030	0,1060	0,1040	0,1030	0,1060	0,1070	0,1110	0,1030	0,1040
<b>2500</b>	0,1080	0,1030	0,1060	0,0988	0,0941	0,0927	0,0983	0,0909	0,0955	0,0907	0,0892	0,0888	0,0870	0,0901	0,0967	0,0937	0,0851	0,0878
<b>3150</b>	0,1980	0,1750	0,1830	0,1840	0,1660	0,1680	0,1760	0,1620	0,1670	0,1660	0,1620	0,1640	0,1640	0,1610	0,1560	0,1680	0,1570	0,1560
<b>4000</b>	0,2230	0,2140	0,2080	0,2120	0,1860	0,1900	0,1990	0,1790	0,1870	0,1870	0,1810	0,1870	0,1800	0,1770	0,1770	0,1880	0,1650	0,1700
<b>5000</b>	0,3020	0,2920	0,2830	0,2900	0,2520	0,2590	0,2710	0,2440	0,2540	0,2530	0,2480	0,2610	0,2440	0,2360	0,2330	0,2530	0,2150	0,2260
<b>6300</b>	0,4400	0,4220	0,4240	0,4360	0,3880	0,4000	0,4230	0,3820	0,3980	0,3980	0,3900	0,4080	0,3870	0,3750	0,3560	0,3980	0,3410	0,3670

Çizelge 3.10. 1/3 oktav bandında farklı frekanslarda yapılan ses iletim kaybı ölçüm sonuçları

Frekans (Hz)	PW45	PR45	PH45	PW38	PR38	PH38	SW45	SR45	SH45	SW38	SR38	SH38	BW45	BR45	BH45	BW38	BR38	BH38
200	7,3129	7,6826	8,3126	6,5434	4,5175	5,6431	3,9763	2,5016	3,0858	2,6695	1,9254	2,5645	4,3290	3,0678	3,8278	3,0716	2,1458	2,6003
250	5,2283	7,1806	7,6493	5,6951	3,7255	5,3047	3,9267	2,4592	2,7011	2,6474	1,8375	2,5486	4,2844	3,0099	3,7415	3,0091	2,0087	2,2626
350	0,9636	4,5593	4,8091	1,8551	1,1269	3,1225	3,7098	0,7722	1,6682	2,5923	1,2224	2,5094	4,1839	2,7894	3,3041	2,9555	1,2131	1,5604
400	2,9213	1,8833	2,6063	1,5050	3,0974	0,8876	3,3040	1,8227	2,4858	2,2112	1,5985	2,0423	4,1153	2,0967	2,1786	2,9110	1,8035	2,1476
500	6,7272	3,6636	3,8487	4,7247	4,3423	3,6454	1,7987	2,3139	2,9071	1,9179	1,7976	2,1710	2,8028	2,4599	2,9158	1,9146	2,0207	2,4765
630	6,9252	6,3421	5,5115	6,4273	4,8080	5,0637	3,7134	2,5691	3,1771	2,5949	1,9865	2,6971	2,7377	2,6498	3,3536	2,1823	1,8090	2,6235
800	9,2733	7,8661	5,9477	7,1680	4,0299	4,3225	3,3335	2,5118	3,2181	2,6525	2,0654	2,7730	4,2869	3,0838	3,3964	2,7873	2,1682	2,5817
1000	5,9400	7,1400	8,0455	4,4436	4,5884	3,4954	3,8802	2,8997	3,6391	3,0467	2,3423	2,7307	2,8275	3,1137	3,7114	3,1208	2,3847	2,8987
1250	8,8518	5,5149	7,9526	6,8141	5,1095	5,8150	4,2326	2,9917	3,6549	3,1477	2,4777	3,0668	4,2578	3,2643	4,0167	3,3686	2,4994	2,9998
1600	9,5735	8,0717	8,2142	7,3550	4,9657	5,8487	4,5083	3,1247	4,0297	3,3852	2,6682	3,3551	4,6212	3,3469	4,1926	3,4675	2,6668	3,1891
2000	9,3554	8,3352	9,1472	7,3222	5,6136	6,3316	4,8929	3,6790	4,3999	3,8353	3,0541	3,6837	5,1041	3,8424	4,5688	3,8871	2,9950	3,4791
2500	10,0633	8,2680	9,0592	7,8441	5,6685	6,4787	5,0221	3,8169	4,5723	3,9917	3,2235	3,8781	5,1712	3,8876	4,6860	4,0187	3,1105	3,6936
3150	10,3888	8,9766	9,8322	8,1543	6,1641	6,9842	5,5216	4,3723	5,0940	4,5258	3,7222	4,4174	5,6718	4,4009	5,1529	4,4513	3,5041	4,1275
4000	10,6671	9,2443	9,9502	8,5150	6,3755	7,2580	5,7620	4,6169	5,4221	4,7708	3,9672	4,6889	5,8542	4,5853	5,3317	4,6653	3,6830	4,3477
5000	11,0458	9,6085	10,2902	8,9029	6,7912	7,6449	6,2331	5,0871	5,9143	5,2220	4,4246	5,1696	6,2986	5,0121	5,8201	5,0965	4,0982	4,7646
6300	11,2345	9,9235	10,7565	9,0523	7,0652	7,9729	6,5688	5,4095	6,2488	5,5489	4,7266	5,5392	6,6255	5,3619	6,2401	5,3898	4,4675	5,0862

### 3.10. SiroFAST Ölçüm Değerleri

SiroFAST 1-2-3 cihazları kullanılarak her bir kumaş numunesi için farklı iki basınç altında kalınlık/sıkıştırma, eğilebilirlik, uzayabilirlik değerleri ölçülmüştür. Bu ölçüm değerleri kullanılarak kumaşların şekillendirilebilirlik, eğilme rijitliği ve kesme rijitliği ile yüzey kalınlığı ve serbest kalınlık değerleri hesaplanmıştır. Ölçülen ve hesaplanan değerler Çizelge 3.11’de verilmiştir.

Çizelge 3.11. SiroFAST 1-2-3 ölçüm sonuçları

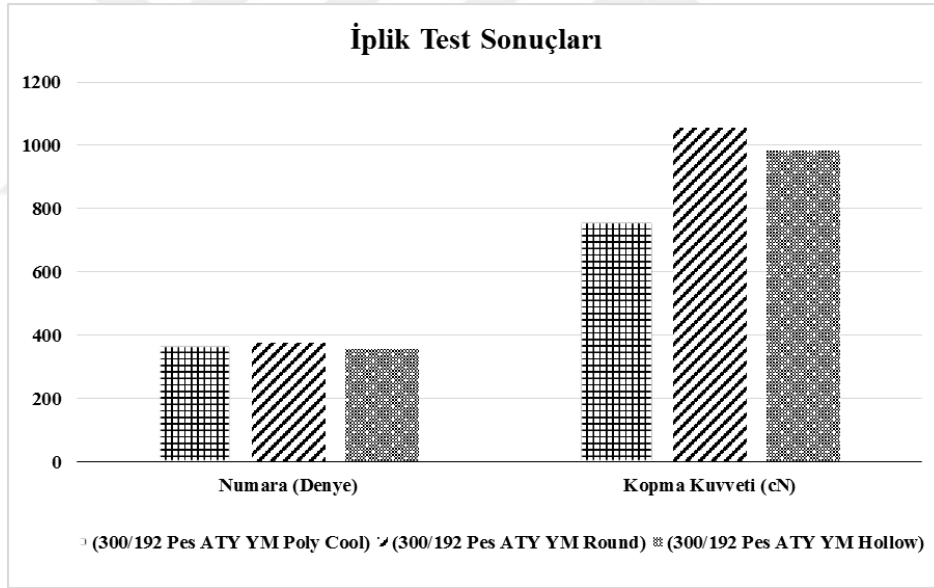
Kumaş kodu	Şekillendirilebilirlik- çözgü (mm <sup>2</sup> )	Şekillendirilebilirlik- atkı (mm <sup>2</sup> )	Uzama- çözgü (%)	Uzama- atkı (%)	Eğilme rijitliği- çözgü (µN.m)	Eğilme rijitliği- atkı (µN.m)	Kesme rijitliği (N/m)	Kalınlık T2 (mm)	Kalınlık T100 (mm)	Yüzey kalınlığı (mm)	Serbest kalınlık STR (mm)	Kumaş gramajı (g/m <sup>2</sup> )
PW45	1,790	2,000	3,100	2,100	46,300	40,000	87,900	1,322	0,952	0,370	0,560	397
PR45	2,040	2,150	3,500	0,700	34,600	157,800	67,100	1,218	0,852	0,366	0,348	395
PH45	2,820	2,110	3,700	1,500	44,400	84,300	94,600	1,205	0,870	0,335	0,342	385
PW38	1,070	1,670	3,000	1,500	42,700	32,100	42,900	1,309	0,906	0,403	0,392	362
PR38	1,640	1,670	3,000	0,800	28,000	122,900	50,600	1,225	0,826	0,399	0,385	357
PH38	1,710	1,590	2,900	0,800	34,300	117,100	77,700	1,267	0,866	0,401	0,392	348
SW45	2,830	1,750	5,000	2,100	65,800	17,100	25,000	1,600	1,126	0,474	0,465	401
SR45	1,700	2,780	4,300	0,700	21,400	244,300	23,200	1,367	0,957	0,410	0,443	380
SH45	1,920	2,280	3,000	0,900	38,500	125,500	94,600	1,437	1,004	0,433	0,422	373
SW38	2,010	1,850	4,400	1,200	88,600	19,800	21,000	1,569	1,070	0,499	0,481	352
SR38	1,890	2,780	3,200	1,100	26,900	136,000	19,700	1,378	0,924	0,454	0,471	343
SH38	1,790	2,120	3,300	1,500	27,200	103,800	30,900	1,497	0,996	0,501	0,476	347
BW45	3,650	2,280	3,000	2,100	115,000	41,900	34,200	1,382	0,997	0,385	0,385	397
BR45	2,990	2,730	2,400	1,000	101,600	172,100	56,300	1,278	0,878	0,400	0,365	387
BH45	2,730	2,240	2,300	0,700	75,300	247,400	52,700	1,209	0,869	0,340	0,331	373
BW38	3,480	4,130	3,200	2,300	96,100	67,500	37,700	1,405	0,991	0,414	0,431	360
BR38	3,340	3,280	2,300	1,500	77,300	120,500	26,600	1,271	0,877	0,394	0,366	350
BH38	3,430	2,570	3,000	0,800	72,000	225,900	57,200	1,291	0,936	0,355	0,362	347

#### 4. DEĞERLENDİRMELER

Bu tez çalışması kapsamında farklı lif enine kesit şekline sahip iplikler tedarik edilmiş ve ipliklerin fiziksel özellikleri test edilmiştir. Bu iplikler kullanılarak 18 adet farklı yapı ve özellikte kumaş numuneleri üretilmiştir. Bu kumaş numunelerinin ses yalıtım özellikleri (ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı), kopma mukavemeti, hava geçirgenliği ve fiziksel özellikleri (sıklık, gramaj ve kalınlık) test edilmiş, gözeneklilik ve örtme faktörü değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel analiz teknikleri ve grafikler kullanılarak değerlendirilmiştir.

##### 4.1. İplik Numara ve Mukavemet

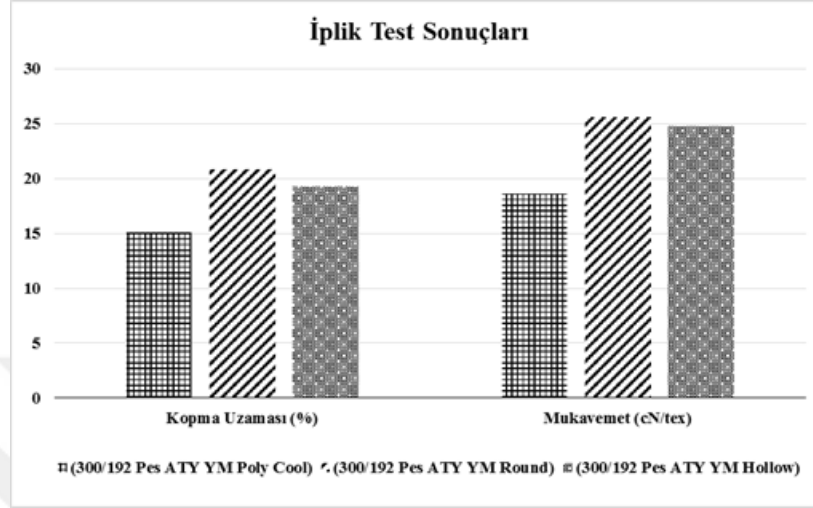
İplik inceliği, filament sayısı ve üretim teknolojisi olarak aynı özelliklerde, lif enine kesit şekli farklı olarak tedarik edilen ipliklerin test değerleri lif enine kesit şekli (beş kanallı (W), yuvarlak(R), yuvarlak içi boş(H)) esas alınarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1. İplik test sonuçları, iplik numara ve kopma kuvveti değişimi

Şekil 4.1 'de; Çizelge 3.1'deki iplik test değerleri doğrultusunda iplik numara ve kopma kuvveti değerleri arasındaki değişim verilmiştir. Yuvarlak (R) lif enine kesitli iplik en yüksek numara değerine sahip olup en kalın iplik, yuvarlak içi boş (H) iplik ise en düşük numara değerine sahip olup en ince iplik. Yuvarlak (R) lif enine kesit şekline sahip iplik numara değerleri ile diğer iki farklı kesit şekline sahip ipliklerin numara değerleri kıyaslandığında; beş kanallı (W) kesit şekline sahip iplik %1,6, yuvarlak içi boş (H) kesit şekline sahip iplik ise %4,7

daha ince gelmektedir. Filament ipliklerde numara tespiti için Denye numaralandırma sistemi kullanılmıştır. Aynı yuvarlak lif enine kesit yapısına sahip ipliklerden içi boş (H) kesitli ipliğin daha ince gelmesi; aynı uzunluktaki ipliğin lif kesitinin içi boş olması sebebiyle gramajının daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.2. İplik test sonuçları, iplik kopma uzaması ve mukavemet değişimi

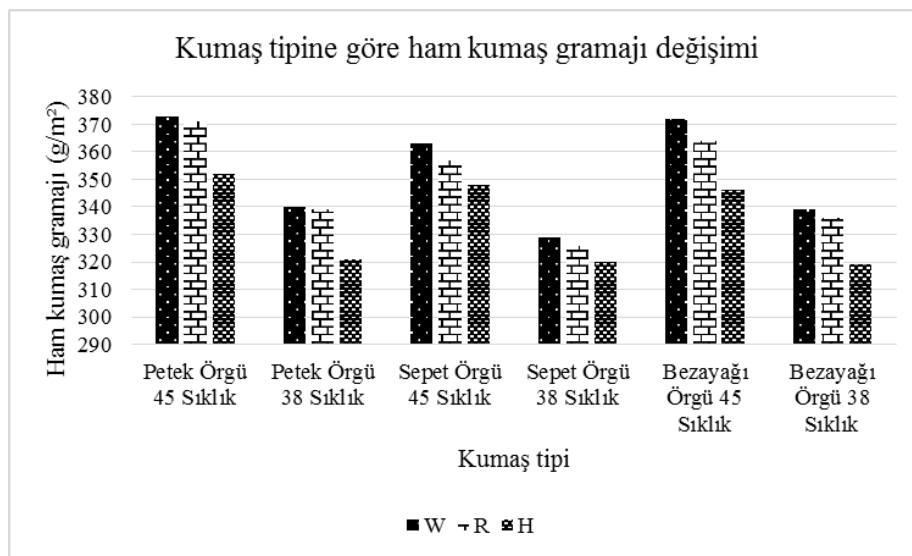
Şekil 4.2' de iplik kopma uzaması ve mukavemet değerleri arasında değişim analiz edilmiştir. En yüksek kopma uzaması ve mukavemet değerlerinin yuvarlak (R) lif kesit şekilli ipliğe ait olduğu tespit edilmiştir. Her ikisi de dairesel kesite sahip olmakla birlikte, R kodlu dairesel kesitli liflerin kesit içi masif/dolu olmasının, H kodlu (içi boş kesitli) liflerden daha yüksek mukavemete sahip olmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Yuvarlak lif enine kesit (R) yapısına sahip ipliğin kopma kuvveti, kopma uzaması ve mukavemet değerleri en yüksektir. Şekil 4.1' de beş kanallı (W) ve yuvarlak içi boş (H) lif kesit şekline sahip ipliklerin kopma kuvveti değerleri yuvarlak (R) lif kesit şekline sahip ipliğin değerleri ile kıyaslanmıştır. R kesitli liflerden üretilen ipliklerin kopma mukavemeti, W kesit şekline sahip ipliğin kopma kuvvetine göre %28,04, yuvarlak içi boş (H) kesit şekline sahip ipliğin kopma kuvvetine göre ise %6,84 daha yüksek gelmektedir. Babaarslan ve Özkan Hacıoğulları (2013) beş farklı lif enine kesit şekli (yuvarlak, üçgen, dörtgen, altıgen, sekizgen) ile üretilmiş POY filament ipliklerin mukavemet, kopma uzaması değerlerini incelemişlerdir. Çalışmalarında aynı şekilde yuvarlak lif kesit şekli ile üretilmiş filament ipliklerin en yüksek kopma mukavemeti ve uzaması değerlerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Minitab 17 programında iplik lif enine kesit şekli, numara ve kopma mukavemeti değerleri arasındaki korelasyon analiz yapılmıştır. Çalışmada beş kanallı (W) ve yuvarlak (R) olarak iki temel lif enine kesit şekli esas alınmıştır. Lif enine kesit şekli ile iplik numara değeri arasında korelasyon katsayısı  $r = 0,869$ , iplik lif enine kesit şekli ile iplik kopma kuvveti arasındaki korelasyon katsayısı  $r = 0,955$ , iplik kopma kuvveti ile iplik numara değeri arasındaki korelasyon katsayısı  $r = 0,834$  tespit edilmiştir. Bu sonuçlar; iplik lif enine kesit şekli ile iplik numara değeri ve iplik kopma kuvveti arasında ve de iplik numara değeri ile iplik kopma kuvveti arasında yüksek düzeyde pozitif doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir.

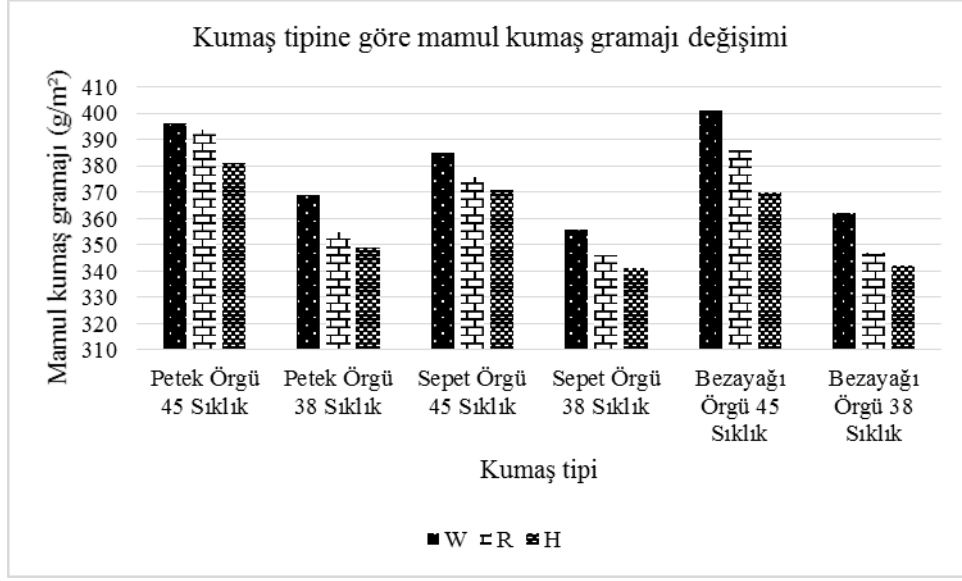
#### 4.2. Ham ve Mamul Kumaş Gramajı

Çizelge 3.2’ deki ölçülen ortalama ham ve mamul gramaj değerleri doğrultusunda kumaş numunelerinin örgü ve sıklık bazında ham ve mamul gramaj değişimleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de verilmiştir. Beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaş numuneleri hem ham hem de mamul olarak gerek 45 gerekse 38 atkı sıklığında en yüksek gramaj değerlerine sahiptir. R kesit lifli ipliklerden üretilen kumaş numunelerinin ham ve mamul gramajları W kesit ile yakın değerlerdedir. H kesit lifli ipliklerden üretilmiş kumaş numunelerinin en düşük gramaj değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Aynı doku, çözgü ve atkı sıklığına sahip kumaş numuneleri içinde H lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaş numunelerinin daha düşük gramaj değerine sahip olması kumaşların dokunduğu ipliklerin numara değeri ile ilişkilidir. Çizelge 3.1’ de H kesitli filament ipliğin numarasının W ve R kesitlilere göre daha ince geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. Kumaş tipine göre ham kumaş gramaj değişimi





Şekil 4.4. Kumaş tipine göre mamul kumaş gramaj değişimi

#### 4.3. Ham ve Mamul Kumaş Sıklıkları

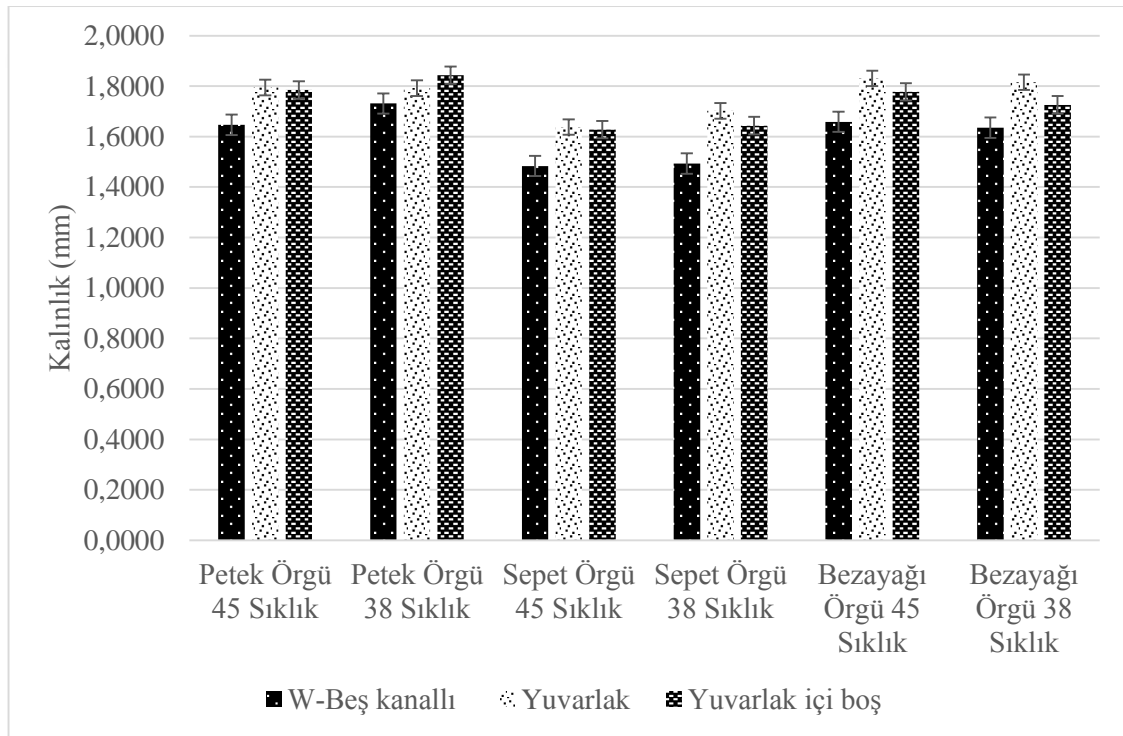
Çalışma kapsamında tüm kumaşların dokuma işletmesinde aynı çözgü sıklığı (40 tel/cm) ve iki farklı atkı sıklığı (45 ve 38 tel/cm) ile üretimi tasarlanmıştır. Çıkan ham ve mamul kumaşların çözgü sıklıklarının aynı (ham:41 tel/cm, mamul:44tel/cm) olduğu, kumaş dokusu, iplik lif enine kesit şekli ve atkı sıklığına bağlı olarak değişmediği tespit edilmiştir. 45 ve 38 tel/cm olarak iki farklı atkı sıklığında üretilen kumaş numunelerinin ham ve mamul atkı sıklığı değerleri aynı ölçülmüş, kumaş dokusu ve iplik lif enine kesit şekline bağlı olarak değişim göstermemiştir.

#### 4.4. Mamul Kumaş Kalınlık

Kumaş dokusu, çözgü/atkı sıklığı, kumaş oluşumu için kullanılan iplik özellikleri kumaş kalınlığına etki eden faktörlerdir. Çizelge 3.4' de farklı lif enine kesit şekline sahip ipliklerle aynı kumaş dokusu ve atkı sıklığında dokunmuş kumaş kalınlık değerleri farklılık göstermektedir. R lif kesit şekilli ipliklerden dokunan kumaşlar en kalın kumaş yapısına sahip iken W lif kesitli ipliklerden dokunan kumaşlar ise en ince yapıya sahiptir (Şekil 4.5). Kumaş kalınlık ölçüm testi sırasında uygulanan basınç ile W kesitli lifler iplik ve kumaş yapısı içerisinde geniş düzlemsel alanı sebebiyle ince bir kumaş düzlemi oluştururken yuvarlak olan R ve H kesitli lifler ise yuvarlak yapıları sebebiyle daha hacimli ve kalın bir düzlemsel kumaş alanı meydana getirmektedir.

Aynı örgü ve lif enine kesit şekline, farklı atkı sıklığına sahip kumaş yapılarının ölçülen kalınlık değerleri analiz edildiğinde; petek ve sepet örgü yapılarında atkı sıklığının azalması ile kumaş kalınlığında hafif bir artış olduğu, bezayağı örgü yapısında ise azalma olduğu tespit edilmiştir. Petek ve sepet örgülerde sıklık azaldığı zaman kumaşlar desendeki atkı ve çözgü iplik atlamaları sebebiyle daha hacimli bir yapı kazanırken bezayağı örgü 1/1 sık atlamaları sebebiyle düz basık bir yapı göstermektedir.

Aynı lif enine kesit şekli ve atkı sıklığı ile farklı örgü yapılarındaki kumaşlarda sepet örgü en ince kalınlığa sahiptir. Sepet örgü yapısı kumaş kalınlık ölçüm testi sırasında uygulanan 1kPA kuvvet altında daha düz bir yapı kazanmaktadır.



Şekil 4.5. Kumaş kalınlık değerleri değişimi

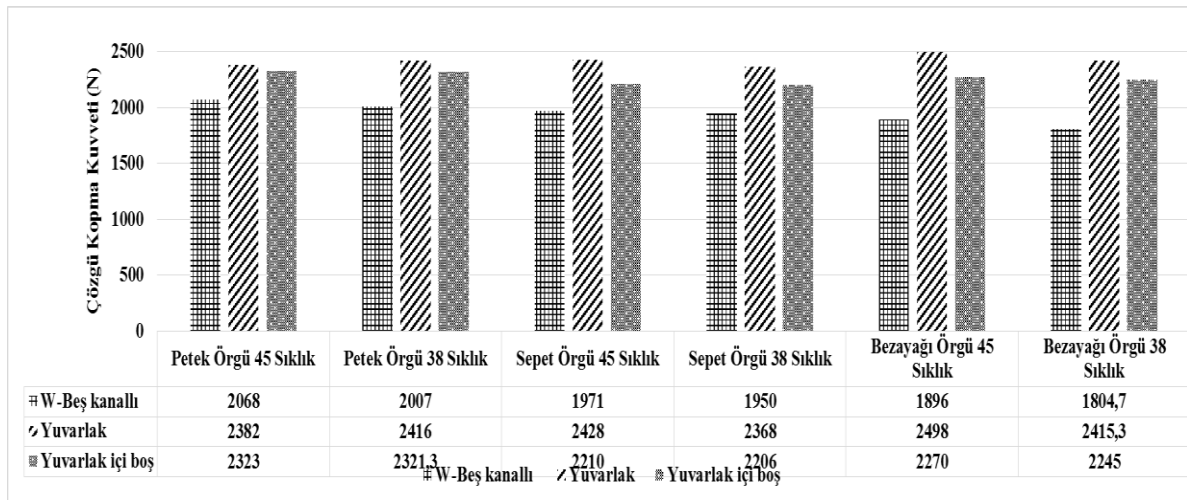
Kumaş kalınlığı ile kumaş örgü yapısı, atkı sıklığı ve lif enine kesit şekli arasındaki ilişki Minitab 17 programı ile genel doğrusal varyans analizi modeli ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ayarlanmış  $R^2 = 0,9677$  (%96,77) olarak bulunmuştur. Bu değer incelenen parametreler arasında yüksek düzeyde ilişki olduğunu göstermektedir. Analiz sonucu %95' lik güvenilirlik seviyesinde tüm terimler için "p" değeri 0,05'ten küçük çıktığı için tüm incelenene terimlerin modele katkısı "anlamlı" kabul edilmiştir (Çizelge 4.1) ve bu sonuç (p değerinin 0,05'ten küçük çıkması) gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.1. Kumaş kalınlığı ANOVA sonuçları

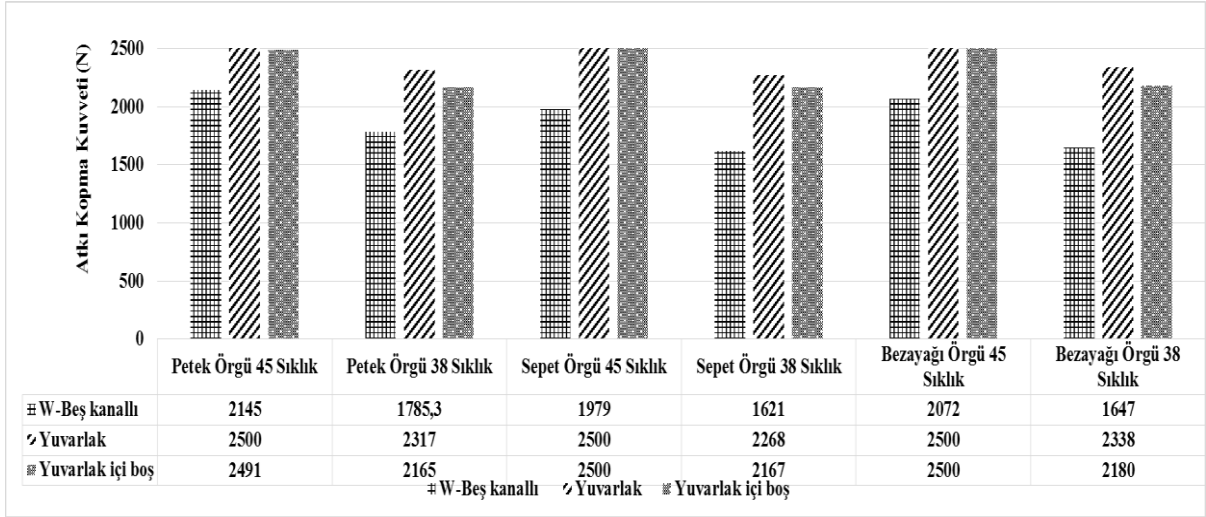
Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri	Anlamlılık
Örgü	2	0,49752	0,248759	681,69	0,000	Anlamlı
Lif Kesit Şekli	2	0,39859	0,199293	546,13	0,000	Anlamlı
Atkı Sıklığı	1	0,00461	0,004608	12,63	0,001	Anlamlı
Örgü*Lif Kesit Şekli	4	0,01372	0,003431	9,4	0,000	Anlamlı
Örgü*Atkı Sıklığı	2	0,02283	0,011414	31,28	0,000	Anlamlı
Lif Kesit Şekli*Atkı Sıklığı	2	0,00686	0,003432	9,4	0,000	Anlamlı
Örgü*Lif Kesit Şekli*Atkı Sıklığı	4	0,0361	0,009024	24,73	0,000	Anlamlı
Hata	72	0,02627	0,000365			
Toplam	89	1,0065				

#### 4.5. Mamul Kumaş Kopma Mukavemeti

Mamul kumaşlara hem çözgü hem de atkı yönünde ISO 13934-1 standardı doğrultusunda kopma kuvveti ve kopma uzaması testleri yapılmıştır. Kopma kuvveti test sonuçlarının lif enine kesit şekline göre değişimi kumaş çözgü yönü için Şekil 4.6' da, kumaş atkı yönü için Şekil 4.7' de verilmiştir. Üç farklı örgü ve iki farklı atkı sıklığında da yuvarlak lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşların hem çözgü hem de atkı kopma kuvveti sonuçları en yüksek değerlere sahiptir. Beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilen kumaşların kopma kuvveti sonuçlarının ise en düşük olduğu tespit edilmiştir.

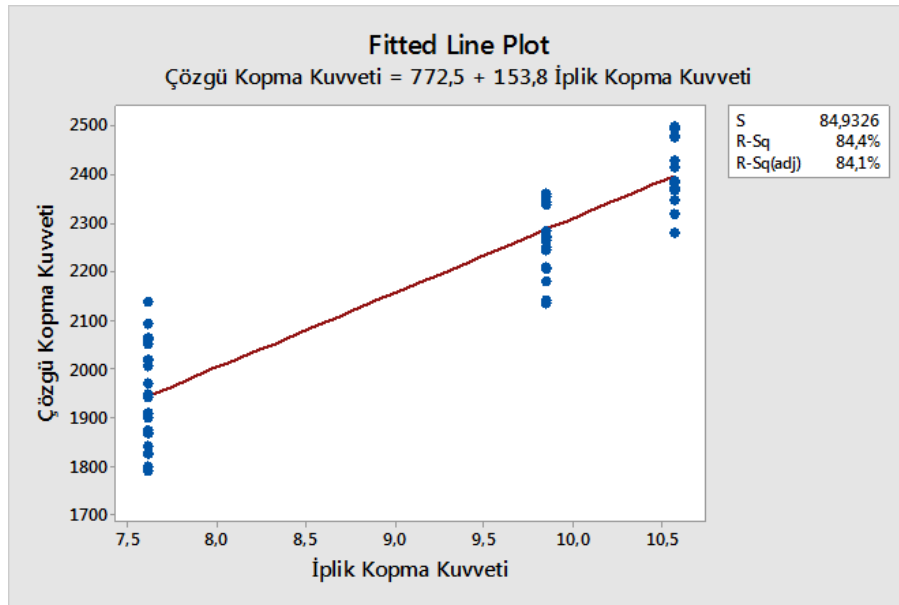


Şekil 4.6. Lif enine kesit şekline bağlı kumaş çözgü kopma mukavemet değerleri değişimi



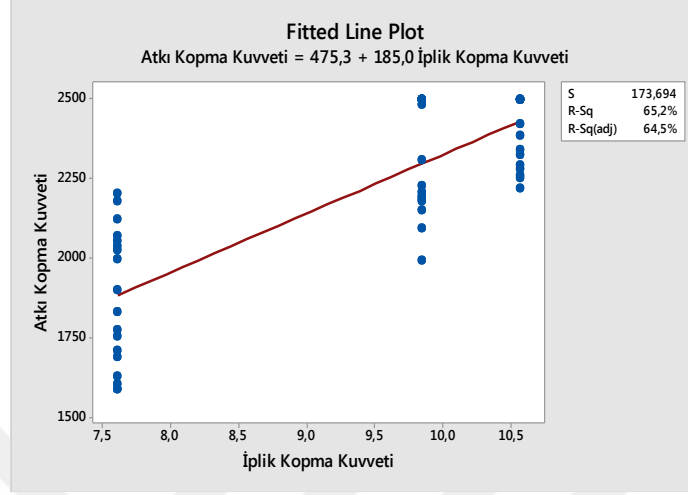
Şekil 4.7. Lif enine kesit şekline bağlı kumaş atkı kopma mukavemet değerleri değişimi

Kumaşların kopma kuvveti değerlerindeki değişim iplik kopma kuvveti değerlerindeki değişim ile paralellik göstermektedir. Kumaş çözgü ve atkı kopma kuvveti ile iplik kopma kuvveti arasındaki ilişki Minitab 17 programında regresyon analizi ile incelenmiş ve lif enine kesit şekline göre iplik mukavemetindeki artış ile kumaş kopma mukavemeti değerlerinde de artış olduğu görülmektedir. Çözgü kopma kuvveti ile iplik kopma kuvveti için yapılan regresyon analizinde  $R^2=0,844$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.8). Bu da çözgü kopma kuvveti ile iplik kopma kuvveti arasında %84,40 yüksek düzeyde pozitif ilişki bulunduğu açıklamaktadır.



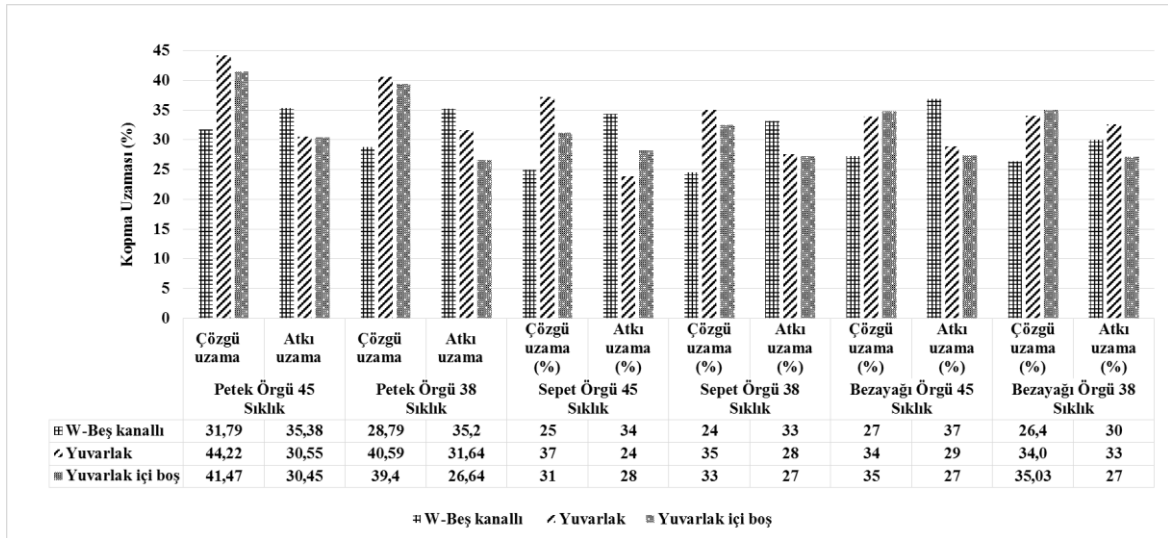
Şekil 4.8. Kumaş çözgü kopma kuvveti ile iplik kopma kuvveti arasındaki uygun çizgi grafiği

Atkı kopma kuvveti ile iplik kopma kuvveti için yapılan regresyon analizinde  $R^2=0,65$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.9). Bu da atkı kopma kuvveti ile iplik kopma kuvveti arasında %65 orta düzeyde pozitif ilişki bulunduğunu göstermektedir.



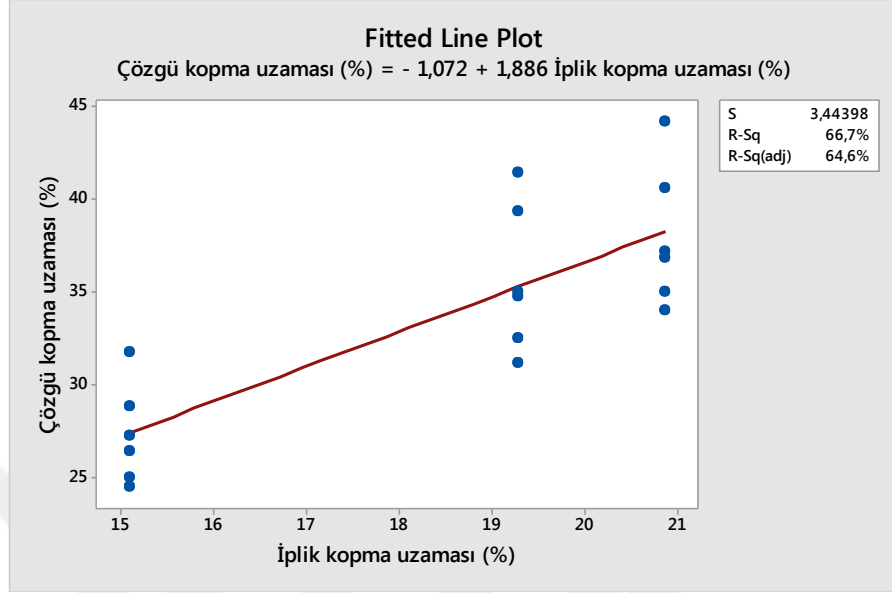
Şekil 4.9. Kumaş atkı kopma kuvveti ile iplik kopma kuvveti arasındaki uygun çizgi grafiği

Kumaş çözgü ve atkı kopma uzama değerleri Şekil 4.10'daki grafikte görüldüğü gibi çözgü yönünde yuvarlak (R) ve yuvarlak içi boş (H) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşlarda birbirine yakın olup beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşların çözgü uzama değerlerine göre yüksektir. Atkı yönünde ise beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşların kopma uzama değerleri yuvarlak (R) ve yuvarlak içi boş (H) kesitli ipliklerden üretilmiş kumaşların atkı kopma uzama değerlerine göre yüksek ölçülmüştür.



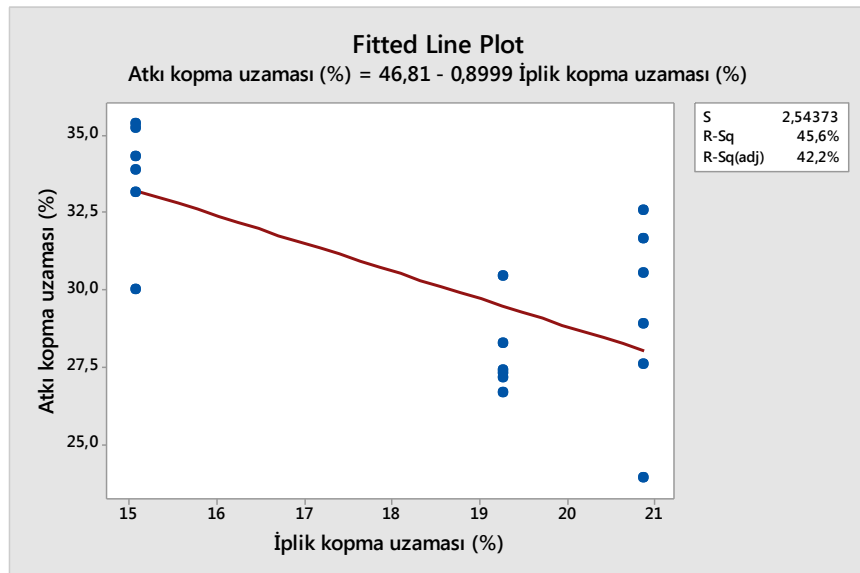
Şekil 4.10. Lif enine kesit şekline bağlı kumaş çözgü ve atkı kopma uzaması değerleri değişimi

Şekil 4.11' de çözgü kopma uzaması ile iplik kopma uzaması arasında yapılan regresyon analizinde  $R^2 = 0,667$  (%66,7) olarak tespit edilmiş ve iki veri arasında orta şiddette pozitif ilişki olduğu görülmüştür.



Şekil 4.11. Kumaş çözgü kopma uzaması ile iplik kopma uzaması arasındaki uygun çizgi grafiği

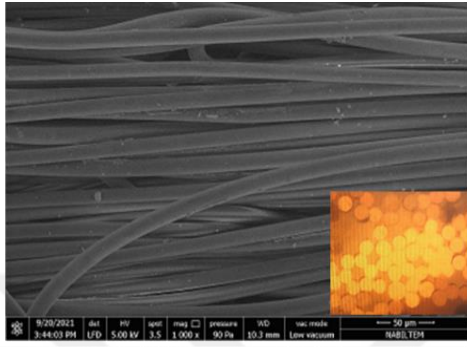
Şekil 4.12' de atkı kopma uzaması ile iplik kopma uzaması arasında yapılan regresyon analizinde  $R^2 = 0,456$  (%45,6) olarak tespit edilmiş ve iki veri arasında orta şiddette negatif yönde bir ilişki olduğu söylenebilir.



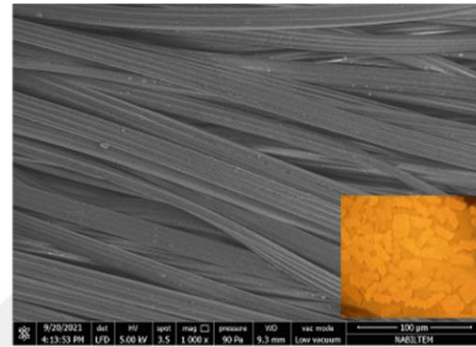
Şekil 4.12. Kumaş atkı kopma uzaması ile iplik kopma uzaması arasındaki uygun çizgi grafiği

#### 4.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Stereo Mikroskop

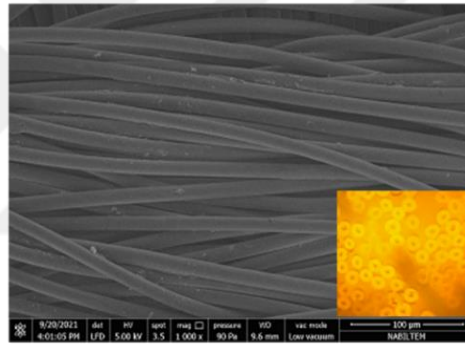
İplik tedarik sürecinde ipliği oluşturan filament liflerin yuvarlak (R), yuvarlak içi boş (H) ve beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip olduğu mikroskop ile analiz edilmişti. SEM ile x1000 büyütmede yapılan kumaş yüzey analizleri sırasında lif boyuna kesit görüntülerinde de aynı şekilde yuvarlak ve beş kanallı kesit yapısının olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.13).



a) Yuvarlak (R) lif enine ve boyuna kesit görüntüsü



b) Beş kanallı (W) lif enine ve boyuna kesit görüntüsü



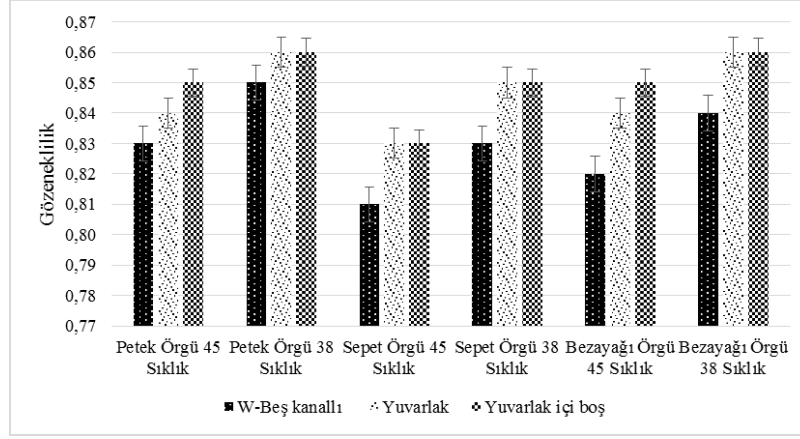
c) Yuvarlak içi boş (H) lif enine ve boyuna kesit görüntüsü

Şekil 4.13. Farklı lif enine kesit şekillerinin SEM analizleri

Petek, sepet ve bezayağı örgü yapıları 38 ve 45 atkı sıklıklarında x10, x25 ve x40 büyütme ile incelendiğinde x25 büyütmede sepet örgü yapısının ışığı daha fazla geçirdiği, atkı ve çözgü iplikleri arasında daha fazla boşluklar olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda sepet örgü hava geçirgenliği değerleri de yüksek gelmektedir.

#### 4.7. Gözeneklilik

Kumaş gözenekliliği; her bir kumaşın gramaj ve kalınlık değerleri esas alınarak hesaplanmış değerler olup Şekil 4.14'te kumaş yapısı ve atkı sıklığı değerleri esas alınarak kumaş gözeneklilik değerleri arasındaki değişim verilmiştir.



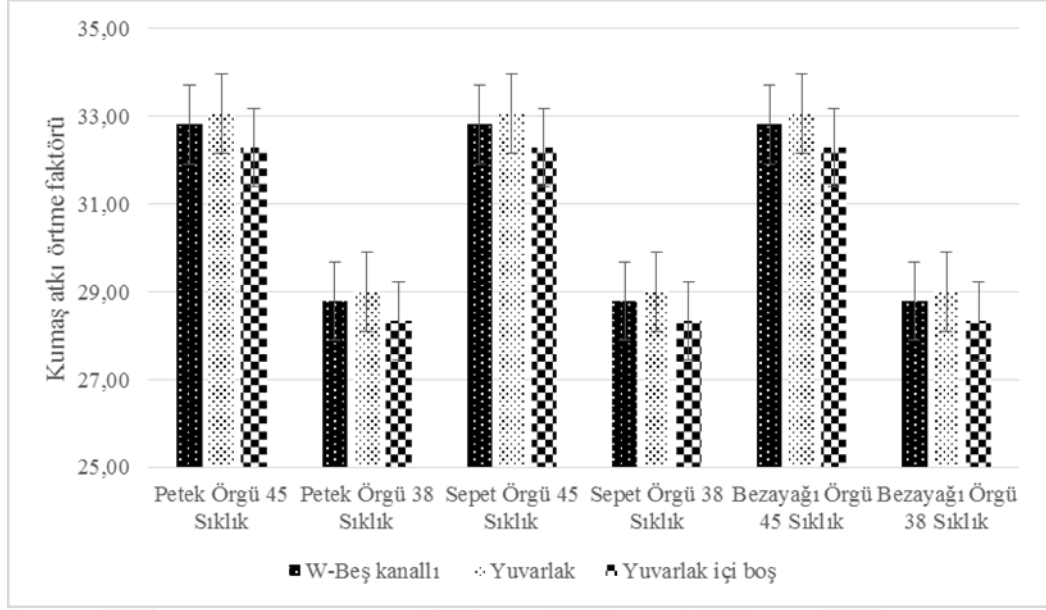
Şekil 4.14. Kumaş gözeneklilik değerleri değişimi

Şekil 4.14'te en yüksek gözeneklilik değerlerinin petek örgü 38 atkı sıklığında, en düşük gözeneklilik değerlerinin ise sepet örgü 45 atkı sıklığında olduğu görülmektedir. Aynı örgü yapıları arasında atkı sıklığı azaldıkça gözeneklilik değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Lif enine kesit şekline göre ise en düşük gözeneklilik değerlerinin beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşlarda olduğu gözlenmiştir. Yuvarlak (R) ve yuvarlak içi boş (H) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların gözeneklilik değerleri her iki lif yapısının da dairesel olması sebebiyle paralellik göstermektedir. Gözeneklilik değerleri kumaşların hava geçirgenliği ile ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı etkinliklerinin incelenmesinde kullanılmıştır.

#### 4.8. Kumaş Örtme Faktörü

Çalışma kapsamında kumaş, çözgü ve atkı örtme faktörü değerleri kumaş sıklık değerleri ve iplik numara değerleri esas alınarak hesaplanmıştır (Suvari, 2020; Sarıduman,2005). Bu doğrultuda 18 adet kumaş numunesinin örtme faktörü değerleri kumaş doku ve iplik lif enine kesit şeklinden bağımsızdır. Her bir kumaş numunesinin çözgü sıklıkları aynı olduğu için çalışmada kumaşların örtme faktörü değerlerinde kumaş atkı sıklığı belirleyici parametredir ve atkı sıklığı azaldıkça kumaş örtme faktörü de azalmaktadır (Şekil 4.15).

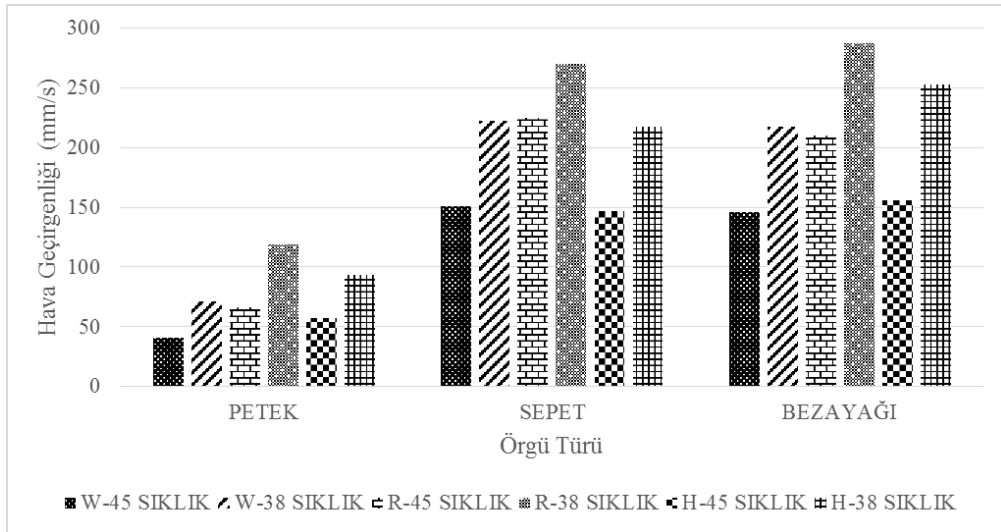




Şekil 4.15. Kumaş atkı örtme faktörü değerleri değişimi

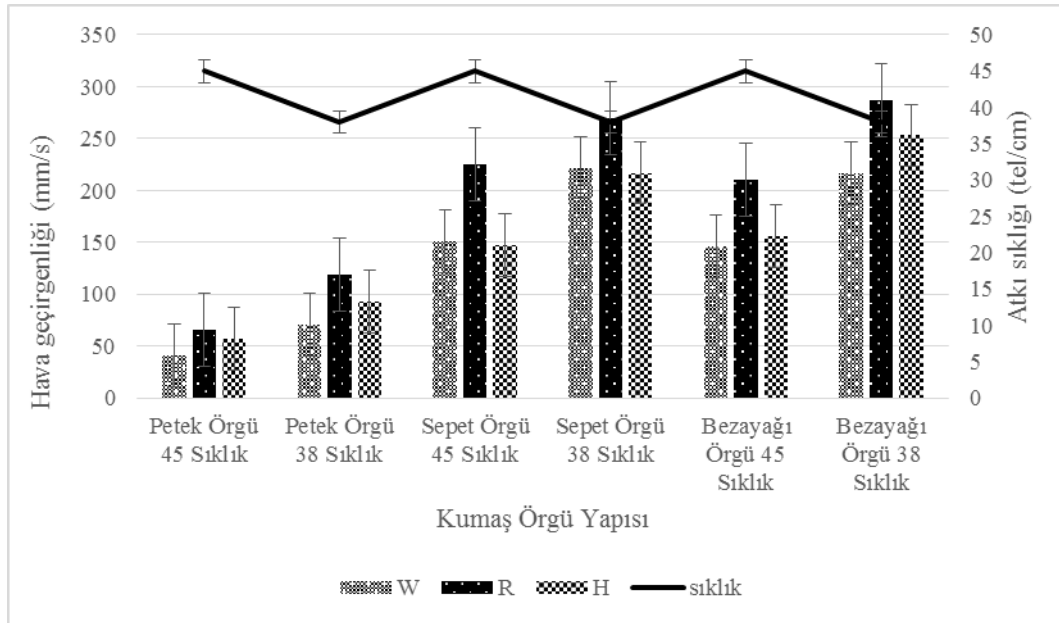
#### 4.9. Hava Geçirgenliği

Petek, sepet ve bezayağı örgü olarak üç farklı örgü yapısına sahip toplam 18 adet kumaş numunesinin ön yüzlerine yapılan hava geçirgenliği test sonuçlarının kullanılan örgü türüne göre değişimi Şekil 4.16' da, kullanılan filament ipliklerin lif enine kesit şekline ve atkı sıklığına göre değişimi Şekil 4.17 'de verilmiştir. Kumaş yapılarının arka yüzlerine de hava geçirgenliği testi yapılmış olup sonuçlar Şekil 4.18' de kullanılan filament ipliklerin lif enine kesit yapısına ve atkı sıklığına göre kıyaslanmıştır. Kumaş numunelerinin ön ve arka yüz hava geçirgenlik değerlerinin paralel olduğu tespit edilmiştir.

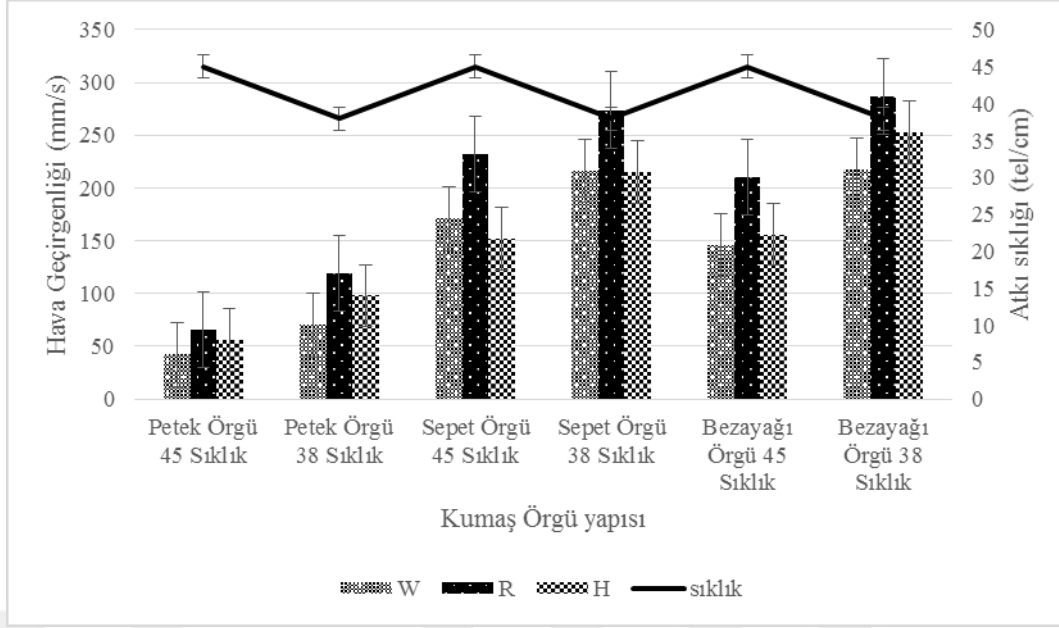


Şekil 4.16. Örgü yapısına göre hava geçirgenliği değerlerinin değişimi

Şekil 4.16 'da hava geçirgenliği değerlerinin kumaş örgüsüne ve atkı sıklığına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Petek örgüde en düşük hava geçirgenliği değerleri ölçülürken, sepet ve bezayağı örgülerde hava geçirgenliği değerleri paralellik göstermektedir. Aynı örgü yapısı ve lif enine kesit şekli esas alındığında atkı sıklığı değişimi ile hava geçirgenliği değerlerinin de değiştiği tespit edilmiştir. Yüksek (45 tel/cm) atkı sıklığına sahip kumaşların hava geçirgenliği değerleri düşük (38 tel/cm) atkı sıklığına sahip kumaşların hava geçirgenliği değerlerine göre daha düşük gelmektedir. Bu; atkı sıklığındaki artış ile örgü yapısında birim alandaki iplik sayısının artmasına bağlı olarak kumaş yapısındaki boşlukların, gözenekliliğin azalması ve dolayısıyla kumaş yapısının hava akışına daha fazla direnç göstermesi ile ilişkilidir. Süvari (2021) çözgü iplik numarası ve sıklığını sabit tutarak atkı sıklığı ve atkı iplik numarasındaki değişimin kumaş hava geçirgenliği üzerine etkisini incelemek için kumaş atkı sıklığının atkı iplik numarasının kareköküne oranı olarak atkı örtme faktörünü hesaplamıştır. Atkı iplik sıklığı ile doğru orantılı olan atkı örtme faktörünün artması ile hava geçirgenliği değerinin doğrusal olmayan bir şekilde azaldığını tespit etmiştir. Bu doğrultuda atkı sıklığı ile kumaş hava geçirgenliğinin ters orantılı olduğu söylenebilir. Oğulata (2006) dokuma kumaşların hava geçirgenliğini analiz etmek için geliştirdiği teorik model ile çözgü ve atkı sıklığındaki değişimin hava geçirgenliği üzerine etkisine dair farklı çözgü ve atkı sıklığına sahip kumaşların hava geçirgenliği değerleri üzerine çalışmış ve hem çözgü hem de atkı sıklığındaki artışın hava geçirgenliğini azalttığını ortaya koymuştur.



Şekil 4.17. Kumaş ön yüzü hava geçirgenliğinin atkı sıklığı ve lif enine kesitine göre değişimi



Şekil 4.18. Kumaş arka yüzü hava geçirgenliğinin atkı sıklığı ve lif enine kesitine göre değişimi

Her iki grafik de (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18) incelendiğinde test edilen tüm kumaşların ön ve arka yüzlerinin hava geçirgenliği değerlerin paralel olduğu görülmektedir. Hava geçirgenliği değerlerini örgü ve atkı sıklığı bazında incelediğimizde; hem 45 hem de 38 atkı sıklığında en düşük hava geçirgenliği değerleri petek örgüde ölçülmüştür. Sepet ve bezayağı örgülerin hava geçirgenliği değerleri ise hem 45 hem de 38 atkı sıklığında birbirine yakın çıkmıştır. Dokuma kumaşlarda farklı örgü yapılarında dokuyu oluşturan ipliklerin birbirleriyle kesişme ve bağlantı noktalarının farklı olmasından dolayı kumaş içinde yer alan gözenek yapıları ve boyutu da farklılık gösterecek, bu doğrultuda belli basınç değişimi altında kumaşların hava geçişine gösterdikleri direnç de farklılık gösterecektir (Turan ve Okur, 2008).

Her iki grafik (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18) lif enine kesit şekli esas alınarak incelendiğinde yuvarlak (R) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşlar en yüksek hava geçirgenliği özelliği gösterirken beş kanallı (W) lif şekline sahip ipliklerden üretilen kumaşlar en düşük hava geçirgenliği performansı göstermiştir. Her ikisi de yuvarlak lif enine kesit şekline sahip R ve H lif kesitli ipliklerden üretilen kumaşların hava geçirgenliği değerleri arasında fark vardır. H lif kesitli ipliklerden üretilen kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. İplikler üretim aşamasında aynı iplik numarası ve aynı filament sayısı ile üretilmekte, sadece filament çekim işlemi sırasında farklı düze delikleri kullanılmaktadır. Lif çekim işlemi sonrası ipliklere hava tekstüre işlemi uygulanırken içi boş (H) lif kesit şekline sahip iplikler R kesitlilere göre daha hacimli bir yapı kazanmaktadır. Bu hacimli ipliklerden

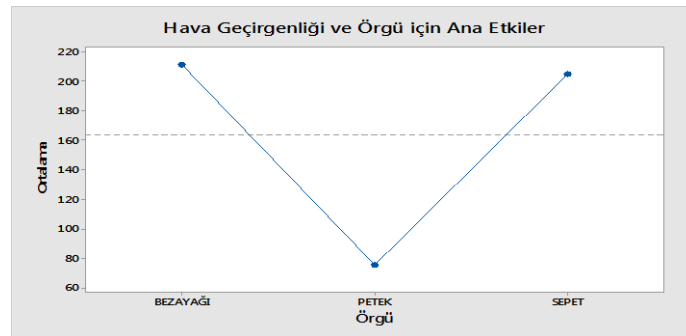
dokunan kumaş da gramaj olarak daha düşük gramaja sahip olmasına rağmen yapısal olarak daha sık ve dolgun bir yapı kazanmaktadır. Bu sebeple havanın kumaş yüzeyinden içe doğru geçişi daha zor olmaktadır. Koral Koç, Mecit, Boyacı, Ornek, Hockenberger (2016) üç farklı lif enine kesit (yuvarlak (R), sekizgen ve beş kanallı (W)) şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşların fiziksel özellikleri ve hava geçirgenliği üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında beş kanallı (W) kesitli iplikten üretilmiş kumaşların en düşük hava geçirgenliği değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.2’ de örgü yapısına göre hava geçirgenliği değerleri için yapılan varyans analizi sonucu oluşturulan ANOVA çizelgesi verilmiştir. %95’ lik güvenirlilik seviyesinde “p” değeri 0,05’in altında olması durumunda terimlerin modele katkısı “anlamlı” olarak kabul edilmektedir. Tek yönlü ANOVA analizi sonucu Çizelge 4.3 ’teki “p” değeri örgünün hava geçirgenliğine katkısının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Hava geçirgenliği ve örgü için ana etkiler grafiği Şekil 4.19’ da yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Örgü yapısına göre hava geçirgenliği ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Örgü	2	710044	355022	202,10	0,000
Hata	177	310936	1757		
Toplam	179	1020980			

Şekil 4.19’ da hava geçirgenliği için verilen ana etkiler grafiğinde petek örgü hava geçirgenliği değerinin ortalamasının altında, bezayağı ve sepet örgü hava geçirgenliği değerlerinin ise ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir.



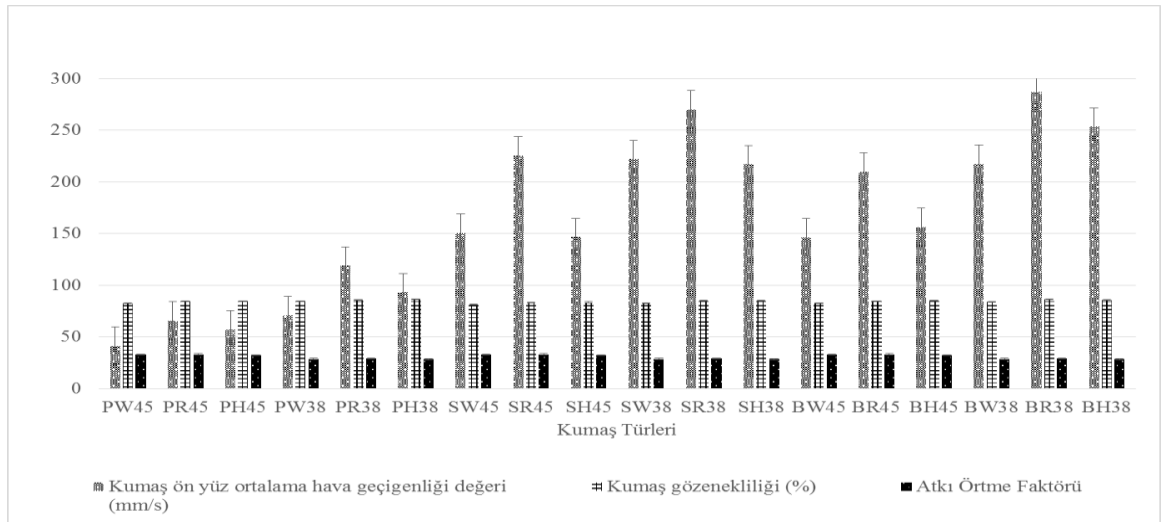
Şekil 4.19. Hava geçirgenliği ana etkiler grafiği

Çizelge 4.3’ te kumaş atkı sıklığı ve lif enine kesit şekline göre hava geçirgenliği değerleri için yapılan varyans analizi sonucu oluşturulan ANOVA çizelgesi verilmiştir. %95’ lik güvenilirlik seviyesinde “p” anlamlılık değeri “0,000” olarak tespit edilmiştir ve bu değer 0,05’in altında olduğu için terimlerin modele katkısı “anlamlı” olarak kabul edilmiştir.. ANOVA analizi sonucu Çizelge 4.5’ te verilen “p” anlamlılık değerleri ile atkı sıklığı ve lif enine kesit şeklinin hava geçirgenliğine katkısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Atkı sıklığı ve lif enine kesit şekline göre hava geçirgenliği ANOVA sonuçları

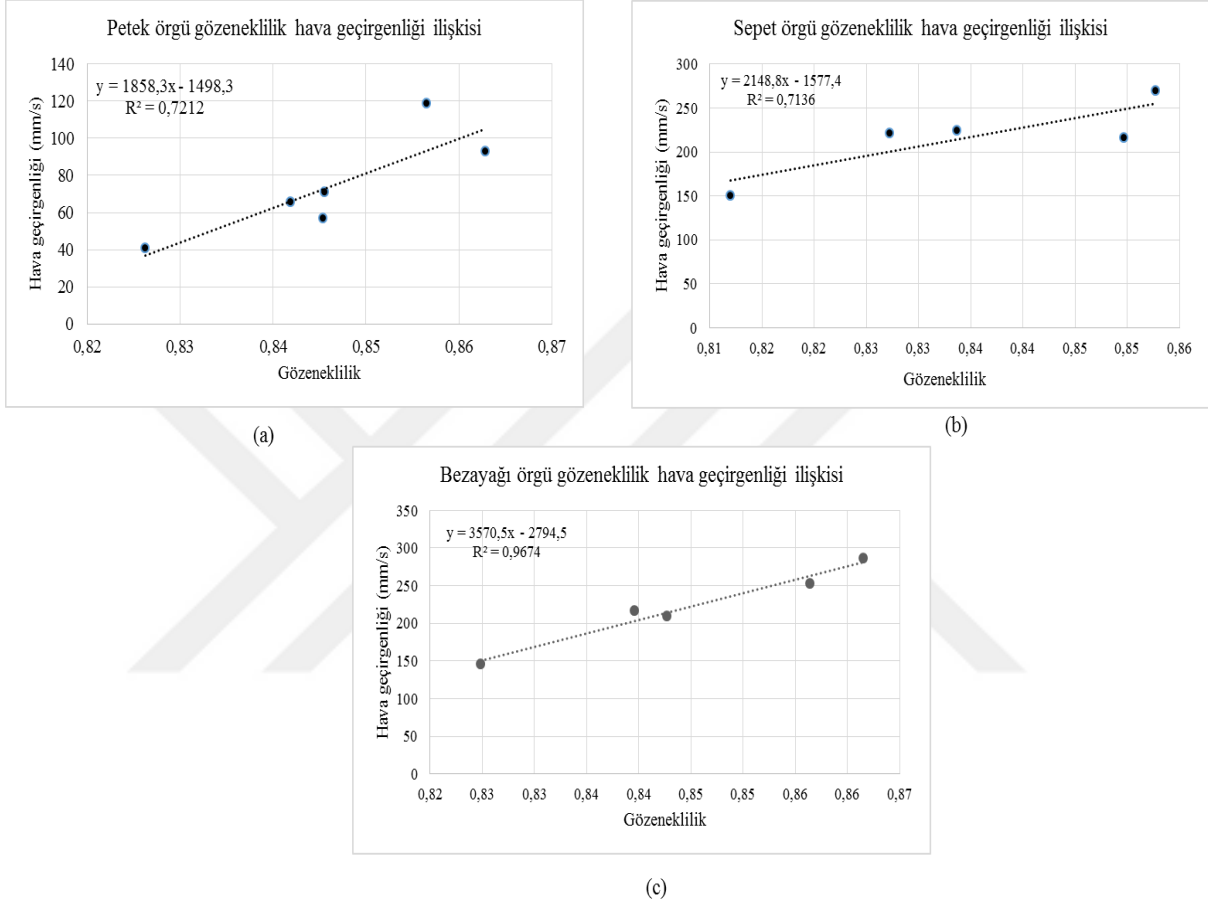
Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Atkı Sıklığı	1	171248	171248	40,07	0,000
Lif Enine Kesit Şekli	2	97539	48769	11,41	0,000
Hata	176	752193	4274		
Saf hata	174	750814	4315		
Toplam	179	1020980			

Şekil 4.20’ de kumaş hava geçirgenliği ile gözeneklilik oranı ve örtme faktörü karşılaştırma grafiği verilmiştir. Kumaş örtme faktörü atkı sıklığı ile doğru orantılı olduğu için 45 atkı sıklığı ile tasarlanmış kumaşların örtme faktörü 38 atkı sıklığı ile tasarlanan kumaşların değerine göre daha yüksektir.



Şekil 4.20. Kumaş hava geçirgenliği ile gözeneklilik oranı ve atkı örtme faktörü arasındaki ilişki

Şekil 4.21’de kumaş örgü tipi bazında kumaş gözeneklilik ve hava geçirgenliği değerleri dağılım grafiği oluşturulmuştur. Kumaş gözeneklilik değerleri ile hava geçirgenliği arasından pozitif bir ilişki vardır. Bu ilişkinin bezayağı kumaş yapısında en yüksek ( $R^2=0,9674$ ) olduğu, petek ve sepet örgülerde ise paralellik gösterdiği (petek örgü  $R^2=0,7212$ , sepet örgü  $R^2=0,7136$ ) tespit edilmiştir.



Şekil 4.21. Kumaş örgü yapısı bazında kumaş gözeneklilik ve hava geçirgenliği ilişkisi, (a) petek, (b) sepet, (c) bezayağı

Çizelge 4.4’ te kumaş atkı örtme faktörü, Çizelge 4.5’ te kumaş gözeneklilik oranı ile hava geçirgenliği için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre oluşturulan ANOVA çizelgesi verilmiştir. %95’ lik güvenirlilik seviyesinde “p” anlamlılık değeri 0,05’in altında olmasında durumunda terimlerin modele katkısı “anamlı” olarak kabul edilmektedir. Tek yönlü ANOVA analizi sonucu Çizelge 4.4’ da verilen “p” anlamlılık değeri ile kumaş örtme faktörünün hava geçirgenliğine katkısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ancak elde edilen p değerinin 0,05’ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.4. Kumaş atkılı örtme faktörüne göre hava geçirgenliği ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Kumaş Atkılı Örtme Faktörü	5	270166	54033	12,52	0,000
Hata	174	750814	4315		
Toplam	179	1020980			

Çizelge 4.5’ te verilen “p” değeri doğrultusunda kumaş gözeneklilik oranının hava geçirgenliğine katkısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Anova analizi sonucu regresyon değeri  $R^2 = 0,9913$  olarak bulunmuş olup bu model hava geçirgenliği test sonucunu %99,13 oranında açıklamaktadır.

Çizelge 4.5. Kumaş gözenekliliğine göre hava geçirgenliği ANOVA sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Gözeneklilik	17	1012142	59538	1091,30	0,000
Hata	162	8838	55		
Toplam	179	1020980			

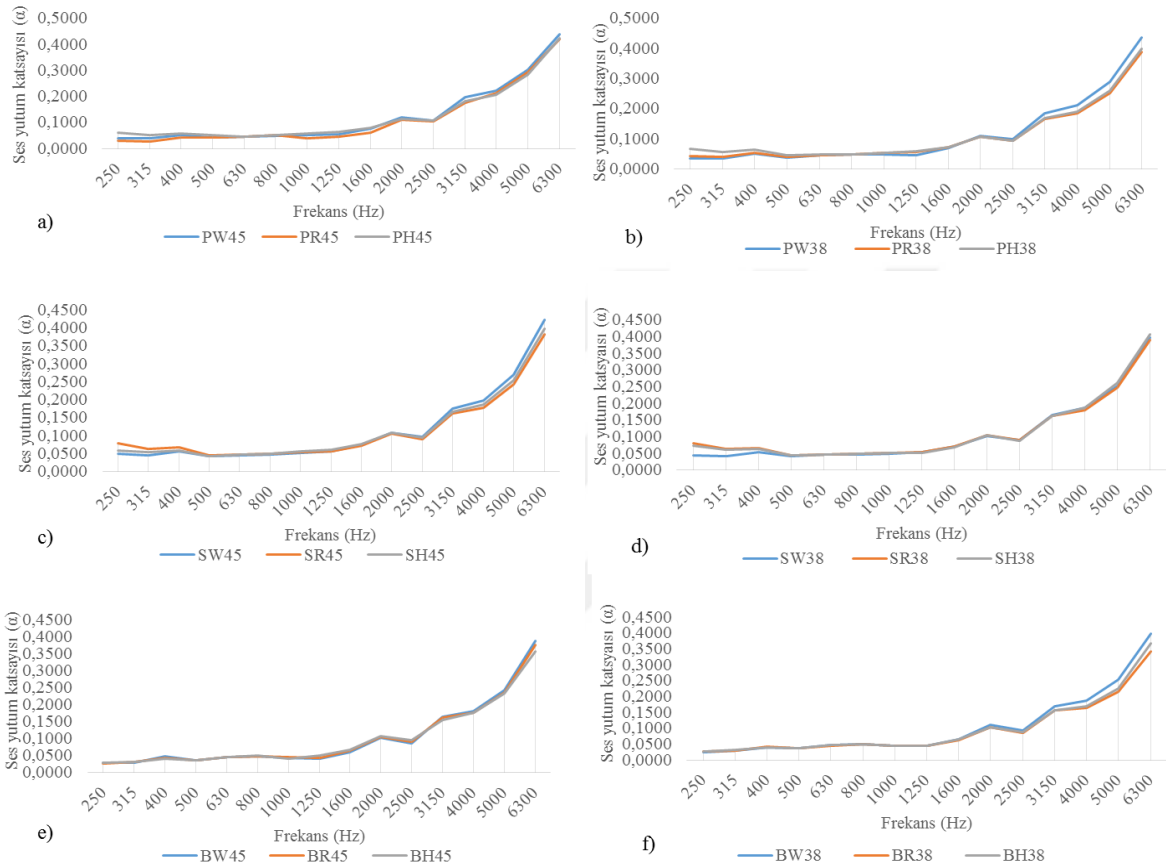
#### 4.10. Ses Yutum Katsayısı ve Ses İletim Kaybı

##### 4.10.1. Ses Yutum Katsayısı

Üretilen on sekiz adet kumaş numunesinin ön yüzlerine ISO 10534-2 standardına göre empedans tüpü yöntemi ile yapılan ses yutum katsayısı testi sonucu 1/3 oktav bandında elde edilen veriler analiz edilmiştir.

Çalışma kapsamında farklı lif enine kesit şekline sahip ipliklerle farklı örgü ve atkılı sıklığında dokunan kumaş numunelerinin düşük frekanslarda ses yutum katsayısı ölçüm sonuçları 0,1 değerinden küçük çıkmıştır. Frekans değeri arttıkça, özellikle 2500 Hz sonrası, numunelerin ses yutum etkinliğinin de arttığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.22’ de aynı örgü ve atkı sıklığına, farklı lif enine kesit şekline sahip kumaşların ses yutum katsayısı değişimleri verilmiştir. Beş kanallı (W) lif kesitli ipliklerden dokunmuş kumaş numunelerinin özellikle 3150 Hz ve üzeri frekanslarda ses yutum etkinliğinin yuvarlak (R) ve yuvarlak içi boş (H) lif kesitli ipliklerden dokunmuş kumaşların ses yutum etkinliğine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

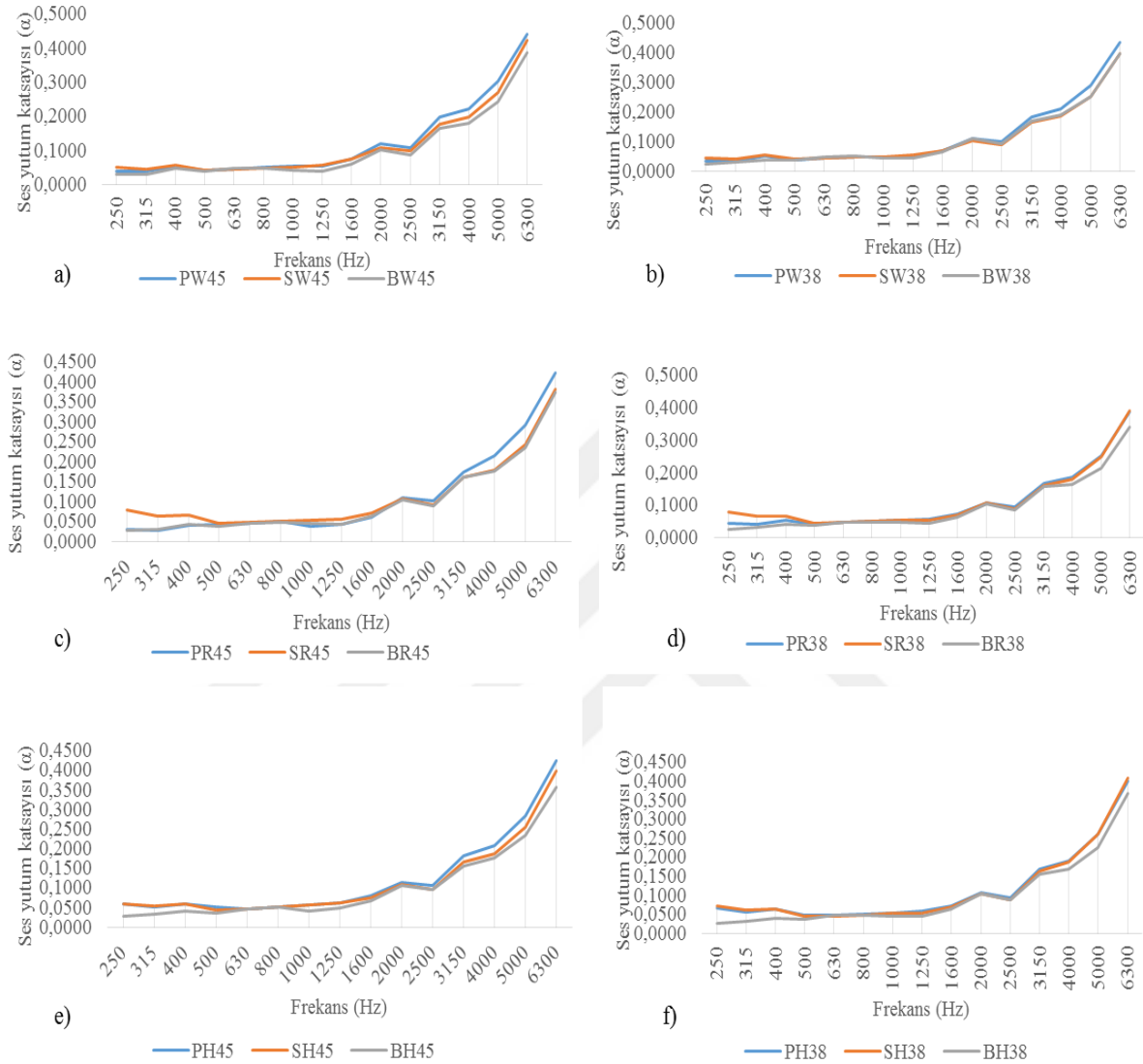


Şekil 4.22. Lif enine kesit şekline göre ses yutum katsayısı değişimi, a) Petek örgü 45 atkı sıklığı, b) Petek örgü 38 atkı sıklığı, c) Sepet örgü 45 atkı sıklığı, d) Sepet örgü 38 atkı sıklığı, e) Bezayağı örgü 45 atkı sıklığı, f) Bezayağı örgü 38 atkı sıklığı

Şekil 4.23’ te aynı lif enine kesit şekli ve atkı sıklığına fakat farklı örgü yapısına sahip kumaşların ses yutum etkinliği incelenmiştir. Petek örgü yapısına sahip kumaşların daha iyi ses yutum etkinliği gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan hava geçirgenliği testlerinde petek örgü yapısının hava geçirgenliği değerlerinin sepet ve bezayağı örgüye göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ses yutuculuğu küçük hava hacimlerinin ses dalgası etkisi ile kumaş gözeneklerinde salınım yaparak iplik yüzeyleriyle etkileşmesi ile sağlanmaktadır (Suvari, 2020). Hava geçirgenliğin düşük olması sebebiyle ses dalgaları kumaş içerisinde geçerken



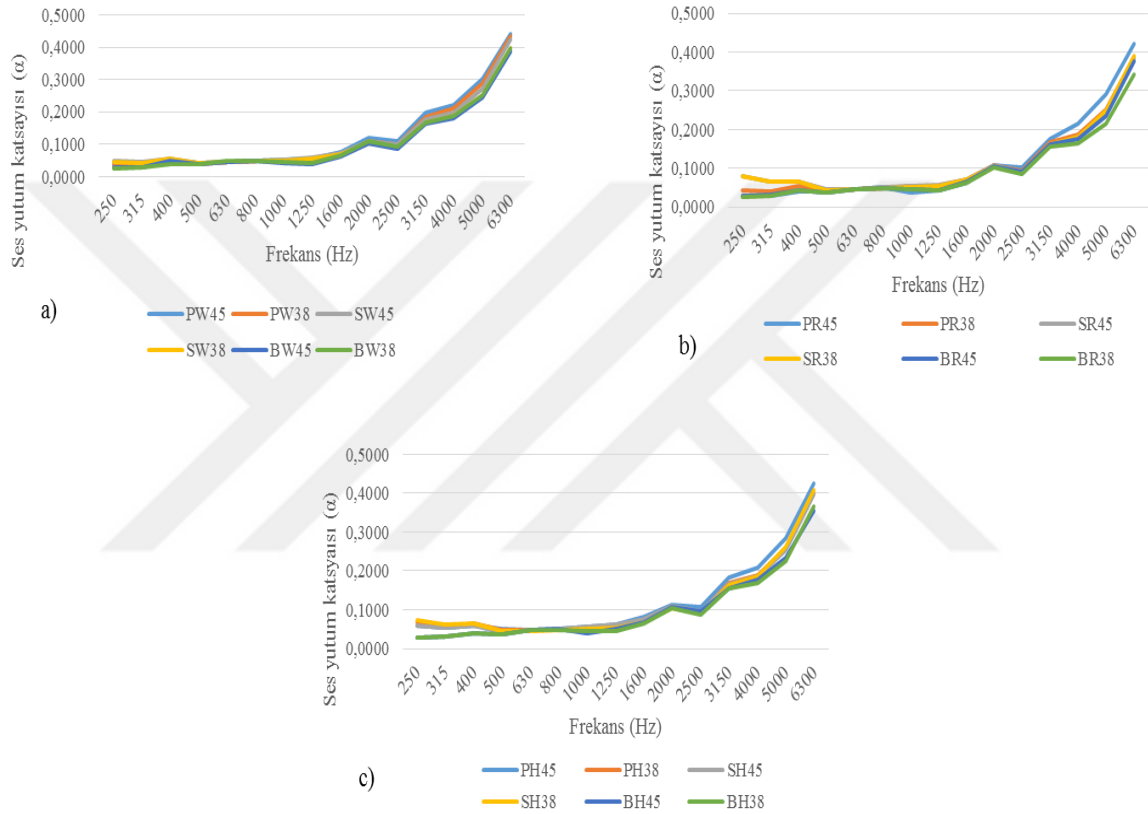
daha fazla sürtünmeye maruz kalmakta ve ses enerjisi azalarak daha yüksek ses yutuculuğu sağlanmaktadır.



Şekil 4.23. Örgüye göre ses yutum katsayısı değişimi, a) W lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, b) W lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı, c) R lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, d) R lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı, e) H lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, f) H lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı

Şekil 4.24' te lif enine kesit şekli sabit tutularak örgü yapısı ve atkı sıklığı değişimine göre ses yutum etkinliği incelenmiştir. Beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden farklı örgü yapısı ve atkı sıklığında dokunmuş kumaşların ses yutum etkinliği incelendiğinde petek örgü 45 ve 38 atkı sıklığındaki kumaşların diğer kumaşlara göre daha iyi ses yutum etkinliği gösterdiği tespit edilmiştir. Yuvarlak (R) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden farklı örgü ve atkı sıklığında dokunmuş kumaşlarda petek örgü ve 45 atkı sıklığındaki kumaşın ses

yutum etkinliğinin yüksek frekanslarda diğer örgü tiplerine göre arttığı gözlenmiştir. Yuvarlak içi boş (H) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden farklı örgü ve atkı sıklığında dokunan kumaşlarda da en yüksek ses yutum katsayısının petek örgü 45 ve 38 atkı sıklığında olduğu, en düşük ses yutum katsayısının ise bezayağı örgü 45 ve 38 atkı sıklığında olduğu tespit edilmiştir. Petek örgü yapısındaki kumaşlar toplam 18 adet kumaş numunesi içerisinde en düşük hava geçirgenliği değerine sahip kumaşlardır. Hava geçirgenliğinin düşük olmasının kumaşın ses yutuculuk özelliği üzerinde olumlu etkisi vardır.



Şekil 4.24. Lif enine kesit şekli ve atkı sıklığına göre ses yutum katsayısı değişimi, a) W lif enine kesit şekli 45 ve 38 atkı sıklığı, b) R lif enine kesit şekli 45 ve 38 atkı sıklığı, c) H lif enine kesit şekli 45 ve 38 atkı sıklığı

Farklı lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşların lif enine kesit şekli değişiminin kumaş ses yutum özelliklerine etkisi ve yüzdesel değişimi düşük-orta-yüksek frekans değerleri olarak 500-1000-2000-4000-6300 Hz frekanslarında analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada örgü ve atkı sıklıkları sabit tutularak farklı lif enine kesit şekillerinin ikiyeşerli gruplar halinde (W-R, W-H, R-H) ölçülen ses yutum katsayılarındaki yüzdesel değişimleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.6, Çizelge 4.7, Çizelge 4.8).

Çizelge 4.6' da W-R kesitli kumaşların ses yutum katsayılarındaki yüzdesel değişime göre 500 ve 1000 Hz gibi düşük frekanslarda R kesitin daha yüksek ses yutum katsayısı değerlerine sahip olduğu, 2000 Hz ve üzeri frekanslarda ise W kesitin daha yüksek ses yutum katsayısı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. En büyük değişim ise 4000-6300 Hz frekans aralığında bezayağı örgü 38 atkı sıklığından görülmüştür. Ses dalgalar halinde yayılmakta dalga boyu frekans değeri ile ters orantılı olup düşük frekans değerlerinde dalga boyu daha büyük iken yüksek frekans değerlerinde dalga boyu daha düşüktür. W lif enine kesit yapısına sahip filament lifler daha geniş yüzey alanına sahip oldukları için yüksek frekanslarda sesi daha iyi sönmülemektedir.

Çizelge 4.6. W-R lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses yutum katsayısı değişim oranları

Frekans (Hz)	PW45	PR45	% DEĞİŞİM	PW38	PR38	% DEĞİŞİM	SW45	SR45	% DEĞİŞİM	SW38	SR38	% DEĞİŞİM	BW45	BR45	% DEĞİŞİM	BW38	BR38	% DEĞİŞİM
500	0,0414	0,0432	-4,3	0,0384	0,0405	-5,5	0,0429	0,0451	-5,1	0,0412	0,0434	-5,3	0,0373	0,0370	0,8	0,0377	0,0365	3,2
1000	0,0530	0,0587	-10,8	0,0483	0,0543	-12,4	0,0512	0,0542	-5,9	0,0494	0,0522	-5,7	0,0424	0,0449	-5,9	0,0445	0,0458	-2,9
2000	0,1190	0,1090	8,4	0,1100	0,1070	2,7	0,1090	0,1070	1,8	0,1030	0,1060	-2,9	0,1030	0,1060	-2,9	0,1110	0,1030	7,2
4000	0,2230	0,2140	4,0	0,2120	0,1860	12,3	0,1990	0,1790	10,1	0,1870	0,1810	3,2	0,1800	0,1770	1,7	0,1880	0,1650	12,2
6300	0,4400	0,4220	4,1	0,4360	0,3880	11,0	0,4230	0,3820	9,7	0,3980	0,3900	2,0	0,3870	0,3750	3,1	0,3980	0,3410	14,3

Çizelge 4.7' de W-H kesitin ses yutum katsayılarındaki yüzdesel değişime göre 500 ve 1000 Hz gibi düşük frekanslarda ağırlıklı olarak H kesitin daha yüksek ses yutum katsayısı değerlerine sahip olduğu, 2000 Hz ve üzeri frekanslarda ise W kesitin daha yüksek ses yutum katsayısı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. En büyük yüzdesel değişim ise 4000-6300 Hz frekans aralığında bezayağı ve petek örgü 38 atkı sıklığından görülmüştür. Frekansa bağlı olarak W-R kesit şekillerindeki ses yutum katsayısı değişiminin aynısı W-H kesitlerin ses yutum katsayısı değişimlerinde de gözlenmiştir.

Çizelge 4.7. W-H lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses yutum katsayısı değişim oranları

Frekans (Hz)	PW45	PH45	% DEĞİŞİM	PW38	PH38	% DEĞİŞİM	SW45	SH45	% DEĞİŞİM	SW38	SH38	% DEĞİŞİM	BW45	BH45	% DEĞİŞİM	BW38	BH38	% DEĞİŞİM
500	0,0414	0,0502	-21,3	0,0384	0,0465	-21,1	0,0429	0,0436	-1,6	0,0412	0,0438	-6,3	0,0373	0,0367	1,6	0,0377	0,0365	3,2
1000	0,0530	0,0568	-7,2	0,0483	0,0535	-10,8	0,0512	0,0570	-11,3	0,0494	0,0521	-5,5	0,0424	0,0405	4,5	0,0445	0,0450	-1,1
2000	0,1190	0,1140	4,2	0,1100	0,1060	3,6	0,1090	0,1090	0,0	0,1030	0,1040	-1,0	0,1030	0,1070	-3,9	0,1110	0,1040	6,3
4000	0,2230	0,2080	6,7	0,2120	0,1900	10,4	0,1990	0,1870	6,0	0,1870	0,1870	0,0	0,1800	0,1770	1,7	0,1880	0,1700	9,6
6300	0,4400	0,4240	3,6	0,4360	0,4000	8,3	0,4230	0,3980	5,9	0,3980	0,4080	-2,5	0,3870	0,3560	8,0	0,3980	0,3670	7,8

Çizelge 4.8' de R-H kesitin ses yutum katsayılarındaki yüzdesel değişime göre 5 frekans değerinde de H kesitin daha yüksek ses yutum katsayısı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Her iki lif kesiti de yuvarlak yapıya sahip olmasına rağmen lif kesitinin iç yapısının (içi dolu (R) veya içi boş (H) olması) da ses yutum özelliğine etkisi olduğu tespit edilmiştir. H lif kesitli ipliklerden üretilen kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin R lif kesitli ipliklerden üretilen kumaşlara göre daha düşük olması etken faktördür. H lif kesitli sık kumaşlarda H kesit daha iyi ses yutum etkinliği göstermektedir. Örgü olarak petek örgü daha sık bir yapıya sahip olduğu için elyaf kesitinin etkisi daha net olarak ortaya çıkarken en gevşek yapı olarak bezayağı örgüde elyaf etkisi daha az görülmektedir. H lif kesit şeklinin ses yutum katsayısına etkisi düşük frekanslarda daha bariz ortaya çıkmaktadır. Dalga boyu düşük frekanslarda yüksek, yüksek frekanslarda ise daha düşük olduğu için daha sıkı bir yapıya sahip olan H kesitli filament ipliklerden üretilen kumaşlar düşük frekanslarda daha etkin ses yutumu sağlamaktadır. Atienzar-Navarro vd. (2021) yuvarlak içi dolu (R), yuvarlak içi boş tek delik (H) ve yuvarlak içi boş 10 delikli lif enine kesit şekline sahip ipliklerle aynı yapıda kumaşlar üreterek lif kesit şeklindeki değişimin ses yutum katsayısı üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında aynı boşluk oranına sahip içi boş tek delik ve yuvarlak içi boş 10 delik kesitli kumaşların ses yutum katsayıları birbiriyle paralel iken belirli frekanslarda yuvarlak içi dolu kesitli kumaşların ses yutum katsayılarının 0,3 daha düşük olduğunu ortaya koymuşlardır.

Çizelge 4.8. R-H lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses yutum katsayısı değişim oranları

Frekans (Hz)	PR45			PH45			PR38			PH38			SR45			SH45			SR38			SH38			BR45			BH45			BR38			BH38		
	PR45	PH45	% DEĞİŞİM	PR38	PH38	% DEĞİŞİM	SR45	SH45	% DEĞİŞİM	SR38	SH38	% DEĞİŞİM	BR45	BH45	% DEĞİŞİM	BR38	BH38	% DEĞİŞİM																		
500	0,0432	0,0502	-16,2	0,0405	0,0465	-14,8	0,0451	0,0436	3,3	0,0434	0,0438	-0,9	0,0370	0,0367	0,8	0,0365	0,0365	0,0																		
1000	0,0387	0,0568	-46,8	0,0543	0,0535	1,5	0,0542	0,0570	-5,2	0,0522	0,0521	0,2	0,0449	0,0405	9,8	0,0458	0,0450	1,7																		
2000	0,1090	0,1140	-4,6	0,1070	0,1060	0,9	0,1070	0,1090	-1,9	0,1060	0,1040	1,9	0,1060	0,1070	-0,9	0,1030	0,1040	-1,0																		
4000	0,2140	0,2080	2,8	0,1860	0,1900	-2,2	0,1790	0,1870	-4,5	0,1810	0,1870	-3,3	0,1770	0,1770	0,0	0,1650	0,1700	-3,0																		
6300	0,4220	0,4240	-0,5	0,3880	0,4000	-3,1	0,3820	0,3980	-4,2	0,3900	0,4080	-4,6	0,3750	0,3560	5,1	0,3410	0,3670	-7,6																		

Lif enine kesit şekli, örgü yapısı ve atkı sıklığının ses yutum katsayısı ile aralarındaki ilişkiyi ve etkileri analiz etmek için grafiklerle birlikte istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Minitab 17 programı ile genel doğrusal model kullanılarak varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.9' da özetlenmiştir. Analiz sonucunda ayarlanmış  $R^2 = 0,9925$  olarak bulunmuştur. Bu da geliştirilen modelin

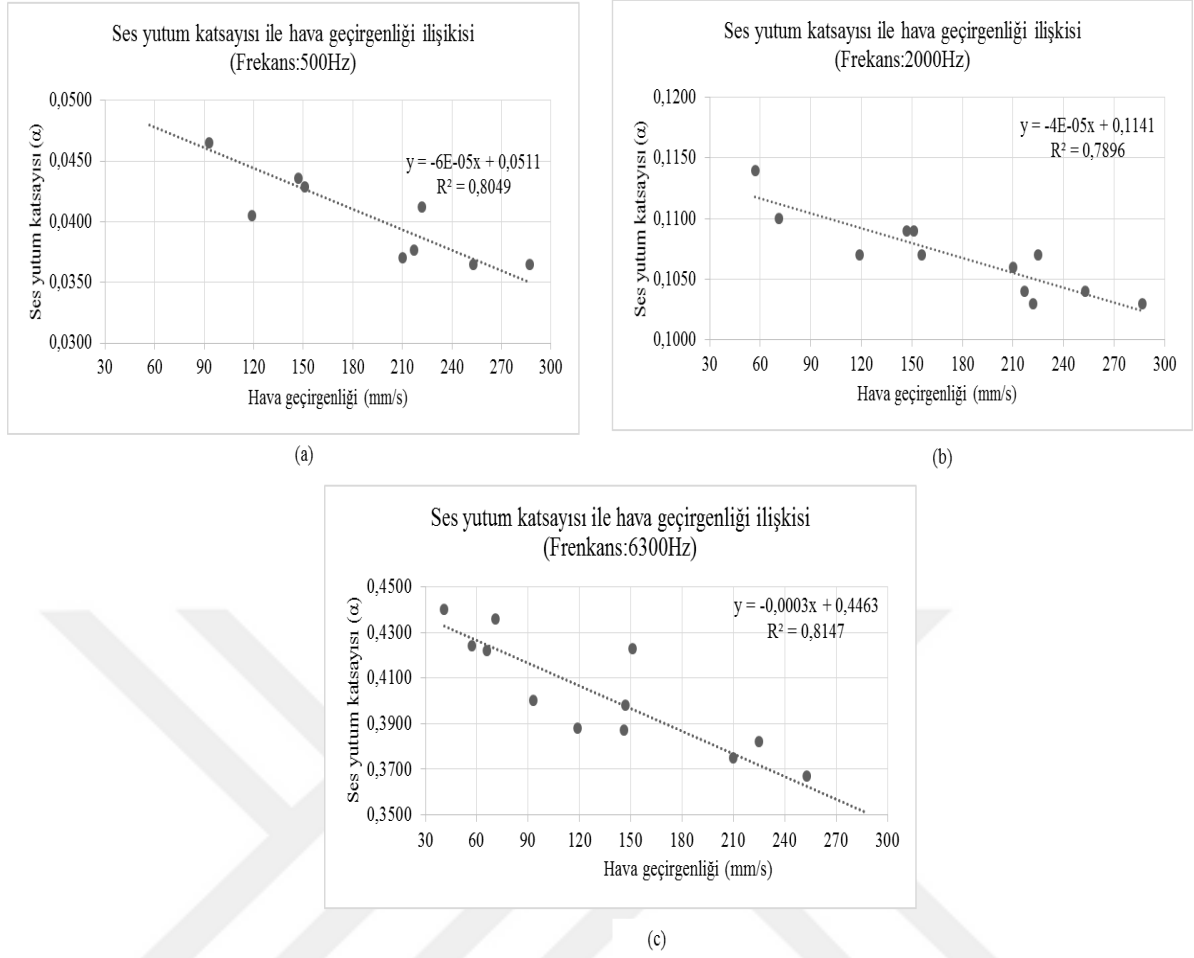
geliştirilen kumaşlar için elde edilen ses yutum katsayısı değerini %99,25 oranında açıkladığını ifade etmektedir.

Varyans analizi sonucunda Çizelge 4.9’ da farklı değişkenler için 95% güven aralığında elde edilen “p” değerleri verilmiştir. “p” değeri 0,05’in altında olan değişkenlerin modele katkısı “anlamlı”, “p” değeri 0,05’in üzerinde olan değişkenlerin ise modele katkısı “anlamlı değil” şeklinde değerlendirilmiştir. “p” değerinin 0,05’ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğunu göstermektedir. Bu analiz neticesinde kumaş örgü farklılığının lif enine kesit şekli, atkı sıklığı farklılığına göre çok daha etkili bir faktör olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Kumaş ses yutum katsayısı için genel doğrusal ANOVA tablosu

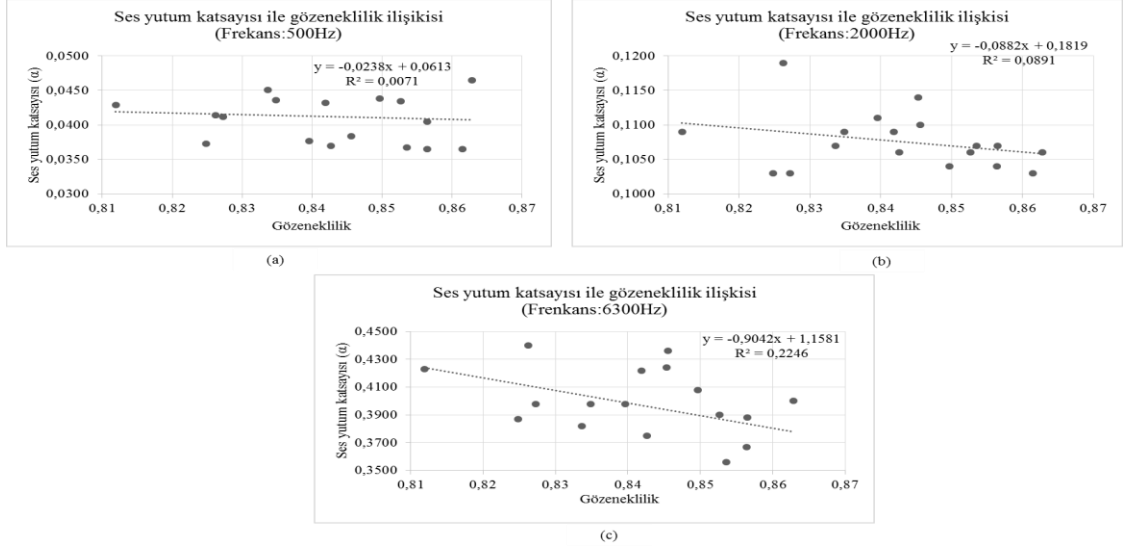
Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri	Anlamlılık
Frekans	43	18,8001	0,437212	2518,08	0,000	Anlamlı
Örgü	2	0,0441	0,022047	126,98	0,000	Anlamlı
Lif Kesit Şekli	2	0,0042	0,002111	12,16	0,000	Anlamlı
Atkı Sıklığı	1	0,0022	0,002152	12,4	0,000	Anlamlı
Örgü*Lif Kesit Şekli	4	0,0025	0,000633	3,65	0,006	Anlamlı
Örgü*Atkı Sıklığı	2	0,0011	0,000528	3,04	0,048	Anlamlı
Lif Kesit Şekli*Atkı Sıklığı	2	0,0002	0,000103	0,59	0,554	Anlamlı değil
Örgü*Lif Kesit Şekli*Atkı Sıklığı	4	0,0026	0,000641	3,69	0,006	Anlamlı
Hata	749	0,13	0,000174			
Uyum Eksikliği	731	0,1029	0,000141	0,09	1,000	
Saf hata	18	0,0271	0,001507			
Toplam	809	18,987				

Kumaş numunelerinin hava geçirgenliği ile ses yutum katsayısı arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kumaşların düşük-orta ve yüksek frekans değerlerindeki (500-2000 ve 6300 Hz) ses yutum katsayısı değerleri esas alınarak dağılım grafiği oluşturulmuş, regresyon eşitliği ve katsayıları hesaplanmıştır (Şekil 4.25). Her üç frekans değerinde de kumaş hava geçirgenliği değeri ile ses yutum katsayısı arasında kuvvetli negatif doğrusal ilişki olduğu tespit edilmiştir (500Hz,  $R^2=0,8049$ , 2300 Hz,  $R^2=0,7896$ , 6300 Hz  $R^2=0,8147$ ). Hava geçirgenliği değerlerinin artması ile ses yutum katsayısı değerlerinin düştüğü görülmektedir.



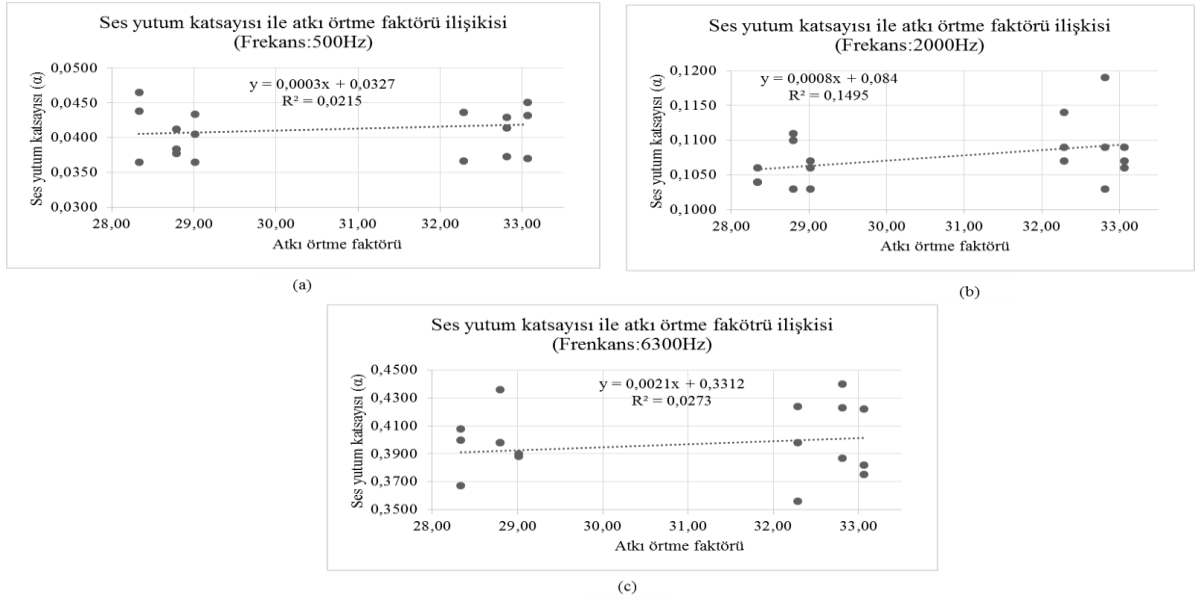
Şekil 4.25. Farklı frekans değerlerinde ses yutum katsayısı ile hava geçirgenliği ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz

Kumaş numunelerinin hesaplanan gözeneklilik değerleri ile ses yutum katsayısı arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kumaşların düşük-orta ve yüksek frekans değerlerindeki (500-2000 ve 6300 Hz) ses yutum katsayısı değerleri esas alınarak dağılım grafiği oluşturulmuş, regresyon eşitliği ve katsayıları hesaplanmıştır (Şekil 4.26). 500Hz frekansta kumaşların ses yutum katsayısı ile gözeneklilik değerleri arasında çok çok düşük ( $R^2=0,0071$  (%0,71)) seviyede negatif doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. 2000Hz frekansta gözeneklilik değerleri ile kumaş ses yutum katsayısı değerleri arasındaki negatif doğrusal ilişki  $R^2=0,0891$  (%8,91) olmuştur. 6300Hz frekansta ise kumaş gözeneklilik değerleri ile ses yutum katsayısı arasındaki negatif doğrusal ilişki artış göstermiş ancak yine de çok düşük bir seviyededir. ( $R^2=0,2246$  (%22,46)). Gözenekli malzemelerin düşük frekanslardaki ses yutum katsayısı zayıf iken orta ve yüksek frekanslarda yüksektir (Doğru ve Pulat, 2020). Gözenekli malzemelerin gözeneklilik oranının yanı sıra lif, iplikler arası ve kumaş içindeki gözenek yapısı ve boyutu, içyapılarında buldukları hava boşlukları ses yutum katsayısına etki etmektedir (Aydemir, 2021).



Şekil 4.26. Farklı frekans değerlerinde ses yutum katsayısı ile gözeneklilik ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz

45 ve 38 atkı sıklığı ile dokunan kumaş numunelerinin atkı sıklığı ve iplik numara değerleri esas alınarak kumaş atkı örtme faktörü değerleri hesaplanmıştır. Ses yutum katsayısı ile arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kumaşların düşük-orta ve yüksek frekans değerlerindeki (500-2000 ve 6300 Hz) ses yutum katsayısı değerleri esas alınarak kumaş atkı örtme faktörü değerleri dağılım grafiği oluşturulmuş, regresyon eşitliği ve katsayıları hesaplanmıştır (Şekil 4.27). İncelenen 3 farklı frekans değerinde de kumaş atkı örtme faktörü ile ses yutum katsayısı arasındaki ilişki çok düşük çıkmıştır.



Şekil 4.27. Farklı frekans değerlerinde ses yutum katsayısı ile atkı örtme faktörü ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz

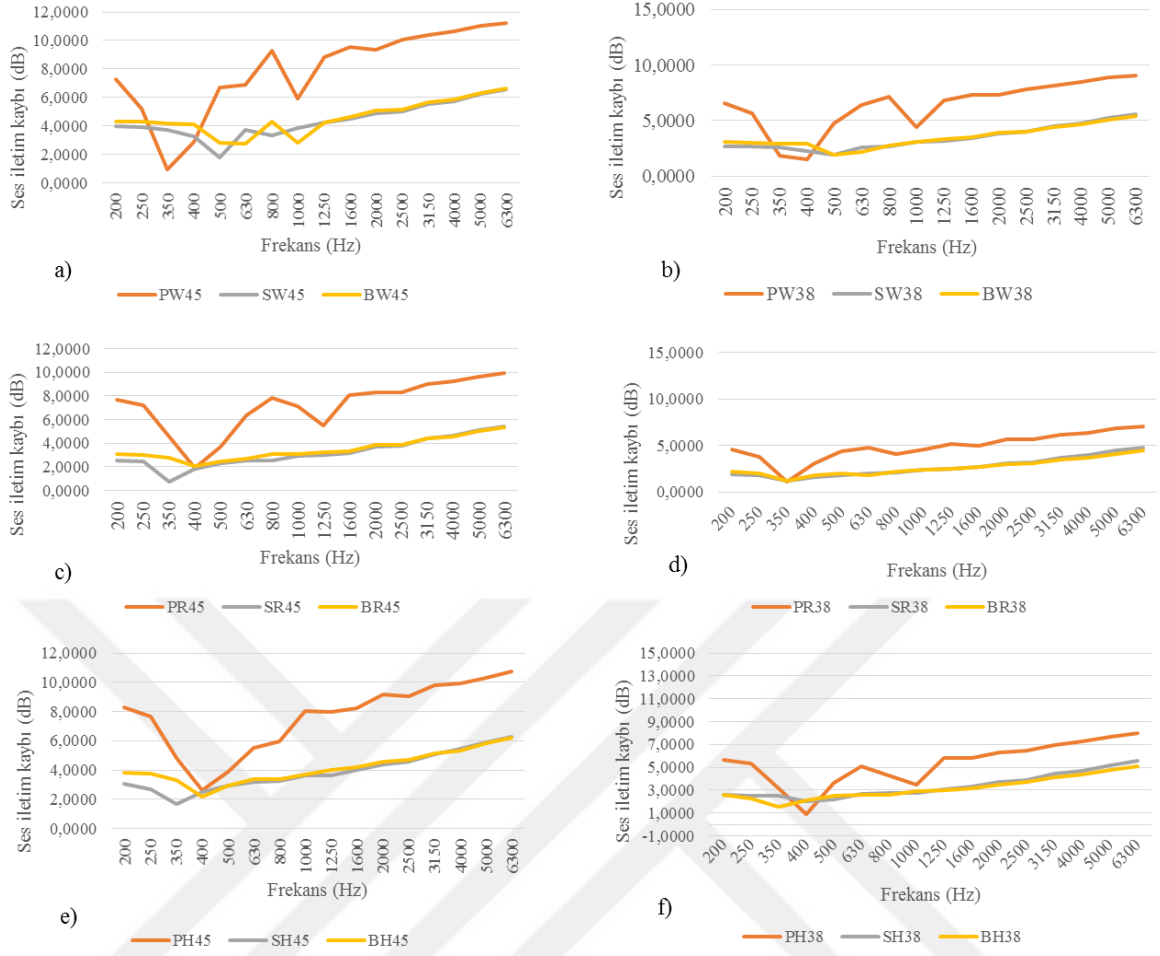
#### 4.10.2. Ses İletim Kaybı

Üretilen 18 adet kumaş numunesinin ön yüzlerine ASTM E2611 standardına göre empedans tüpü kullanılarak yapılan ses iletim kaybı testi sonucu elde edilen veriler analiz edilmiştir.

Çalışma kapsamında farklı lif enine kesit şekline sahip ipliklerle farklı örgü ve atkı sıklığında dokunan kumaş numunelerinde özellikle 350-500 Hz frekans arasında 200-350 Hz frekans aralığında ölçülen değerlere göre ciddi azalma olduğu, frekans değeri arttıkça numunelerin ses iletim kaybı etkinliğinin arttığı tespit edilmiştir. Ses iletim kaybı değerlerinde yaşanan bu değişim ses basıncının frekansı ile çakışan yapısal fazın doğal frekanslarında akustik enerjinin elastik ortamın titreşimi ile daha fazla iletilmesinden kaynaklanmaktadır. Ses dalgalarının orta ve yüksek frekanslarda genliği azalmakta ve yapı üzerinde hızlı bir şekilde sönümlenmektedir (Yosun, 2018).

Şekil 4.28'de aynı lif enine kesit şekli ve atkı sıklığına fakat farklı örgü yapılarak sahip kumaş numunelerinin ses iletim kaybı değerleri analiz edilmiştir. Tüm lif enine kesit şekli ve atkı sıklıklarında petek örgü yapısı en yüksek ses iletim kaybı değerlerine sahiptir. Bu da kumaşın hava geçirgenliği değerlerinin diğer örgü yapılarına göre en düşük değerlere sahip olması ile paralellik göstermektedir.





Şekil 4.28. Örgüye göre ses iletim kaybı değişimi, a) W lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, b) W lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı, c) R lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, d) R lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı, e) H lif enine kesit şekli 45 atkı sıklığı, f) H lif enine kesit şekli 38 atkı sıklığı

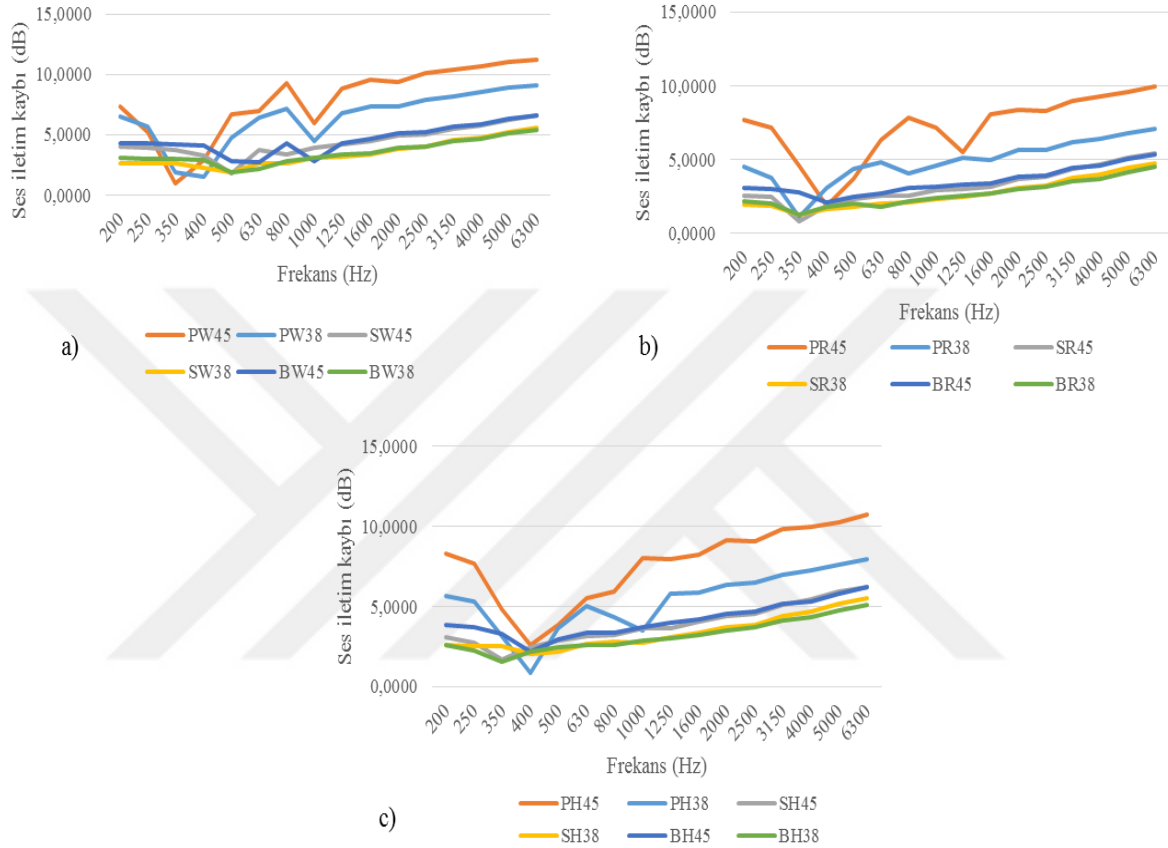
Şekil 4.29' da aynı örgü yapısı ve atkı sıklığına fakat farklı lif enine kesit şekline sahip kumaşların ses iletim kaybı etkinliği incelenmiştir. En yüksek ses iletim kaybı değerlerinin beş kanallı (W), ikinci olarak yuvarlak için boş (H) ve en düşük ise yuvarlak (R) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşlarda olduğu tespit edilmiştir. Bu sıralama kumaşların hava geçirgenliği ve gözeneklilik değerleri ile ters orantılıdır. Beş kanallı (W) lif enine kesitli kumaşların ses iletim kaybı en yüksek ancak hava geçirgenliği ve gözenekliliği en düşük değerlere sahiptir.



Şekil 4.29. Lif enine kesit şekline göre ses iletim kaybı değişimi, a) Petek örgü 45 atkı sıklığı, b) Petek örgü 38 atkı sıklığı, c) Sepet örgü 45 atkı sıklığı, d) Sepet örgü 38 atkı sıklığı, e) Bezayağı örgü 45 atkı sıklığı, f) Bezayağı örgü 38 atkı sıklığı

Şekil 4.30' da lif enine kesit şekli sabit tutularak örgü yapısı ve atkı sıklığı değişimine göre ses iletim kaybı etkinliği incelenmiştir. Beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden farklı örgü yapısı ve atkı sıklığında dokunmuş kumaşların ses iletim kaybı etkinliği incelendiğinde petek örgü 45 ve 38 atkı sıklığındaki kumaşların diğer kumaşlara göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Yuvarlak (R) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden farklı örgü ve atkı sıklığında dokunmuş kumaşlarda petek örgü 45 ve 38 atkı sıklığındaki kumaşın ses iletim kaybı etkinliği daha yüksektir. Yuvarlak içi boş (H) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden farklı örgü ve atkı sıklığında dokunan kumaşlarda da en yüksek ses iletim kaybının petek örgü 45 ve 38

atki sıklığında olduğu, en düşük ses iletim kaybı değerinin ise bezayağı örgü 45 ve 38 atki sıklığında olduğu tespit edilmiştir. Petek örgü yapısındaki kumaşlar toplam 18 adet kumaş numunesi içerisinde en düşük hava geçirgenliği değerine sahip kumaşlardır. Hava geçirgenliğinin düşük olmasının kumaşın ses yutuculuk özelliğinde olduğu gibi ses iletim kaybı üzerinde de olumlu etkisi vardır.



Şekil 4.30. Lif enine kesit şekli ve atki sıklığına göre ses iletim kaybı değişimi, a) W lif enine kesit şekli 45 ve 38 atki sıklığı, b) R lif enine kesit şekli 45 ve 38 atki sıklığı, c) H lif enine kesit şekli 45 ve 38 atki sıklığı

Farklı lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşların lif enine kesit şekli değişiminin kumaş ses iletim kaybı özelliklerine etkisi ve yüzdesel değişimi düşük-orta-yüksek frekans değerleri olarak 500-1000-2000-4000-6300 Hz frekanslarında analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada örgü ve atki sıklıkları sabit tutularak farklı lif enine kesit şekillerinin ikiyeşerli gruplar halinde (W-R, W-H, R-H) ölçülen ses iletim kaybı değerleri yüzdesel değişimleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12).

Çizelge 4.10' da W-R kesitin ses iletim kaybı değerleri yüzdesel değişimleri arasında 500 ve 1000 Hz gibi düşük frekanslarda W ve R kesit arasında değişkenlik gösterdiği, 2000 Hz

ve üzeri frekanslarda ise W kesitin daha yüksek ses iletim kaybı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. En büyük değişim ise 2000-4000-6300 Hz frekans aralığında petek örgü 38 atkı sıklığından görülmüştür.

Çizelge 4.10. W-R lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses iletim kaybı değişim oranları

Frekans (Hz)	PW45	PR45	% DEĞİŞİM	PW38	PR38	% DEĞİŞİM	SW45	SR45	% DEĞİŞİM	SW38	SR38	% DEĞİŞİM	BW45	BR45	% DEĞİŞİM	BW38	BR38	% DEĞİŞİM
500	6,7272	3,6636	45,5	4,7247	4,3423	8,1	1,7987	2,3139	-28,6	1,9179	1,7976	6,3	2,8028	2,4599	12,2	1,9146	2,0207	-5,5
1000	5,9400	7,1400	-20,2	4,4436	4,5884	-3,3	3,8802	2,8997	25,3	3,0467	2,3423	23,1	2,8275	3,1137	-10,1	3,1208	2,3847	23,6
2000	9,3554	8,3352	10,9	7,3222	5,6136	23,3	4,8929	3,6790	24,8	3,8353	3,0541	20,4	5,1041	3,8424	24,7	3,8871	2,9950	22,9
4000	10,6671	9,2443	13,3	8,5150	6,3755	25,1	5,7620	4,6169	19,9	4,7708	3,9672	16,8	5,8542	4,5853	21,7	4,6653	3,6830	21,1
6300	11,2345	9,9235	11,7	9,0523	7,0652	22,0	6,5688	5,4095	17,6	5,5489	4,7266	14,8	6,6255	5,3619	19,1	5,3898	4,4675	17,1

Çizelge 4.11' de W-H kesitin ses iletim kaybı değerleri yüzdesel değişimleri arasında 500 ve 1000 Hz gibi düşük frekanslarda W ve H kesit arasında değişkenlik gösterdiği, 2000 Hz ve üzeri frekanslarda ise W kesitin daha yüksek ses iletim kaybı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. En büyük değişim ise 2000-4000-6300 Hz frekans aralığında petek örgü 38 atkı sıklığından görülmüştür.

Çizelge 4.11. W-H lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses iletim kaybı değişim oranları

Frekans (Hz)	PW45	PH45	% DEĞİŞİM	PW38	PH38	% DEĞİŞİM	SW45	SH45	% DEĞİŞİM	SW38	SH38	% DEĞİŞİM	BW45	BH45	% DEĞİŞİM	BW38	BH38	% DEĞİŞİM
500	6,7272	3,8487	42,8	4,7247	3,6454	22,8	1,7987	2,9071	-61,6	1,9179	2,1710	-13,2	2,8028	2,9158	-4,0	1,9146	2,4765	-29,3
1000	5,9400	8,0455	-35,4	4,4436	3,4954	21,3	3,8802	3,6391	6,2	3,0467	2,7307	10,4	2,8275	3,7114	-31,3	3,1208	2,8987	7,1
2000	9,3554	9,1472	2,2	7,3222	6,3316	13,5	4,8929	4,3999	10,1	3,8353	3,6837	4,0	5,1041	4,5688	10,5	3,8871	3,4791	10,5
4000	10,6671	9,9502	6,7	8,5150	7,2580	14,8	5,7620	5,4221	5,9	4,7708	4,6889	1,7	5,8542	5,3317	8,9	4,6653	4,3477	6,8
6300	11,2345	10,7565	4,3	9,0523	7,9729	11,9	6,5688	6,2488	4,9	5,5489	5,5392	0,2	6,6255	6,2401	5,8	5,3898	5,0862	5,6

Çizelge 4.12' de R-H kesitin ses iletim kaybı değerleri yüzdesel değişimine baktığımızda 5 frekans değerinde de H kesitin daha yüksek ses iletim kaybı değerine sahip olduğu görülmüştür. En büyük değişim ise sepet örgü 45 ve 38 atkı sıklığına sahip kumaşlarda görülmüştür. Burada H kesitli kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin R kesite göre daha düşük olması etken faktördür.

Çizelge 4.12. R-H lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşların ses iletim kaybı değişim oranları

Frekans (Hz)	PR45	PH45	% DEĞİŞİM	PR38	PH38	% DEĞİŞİM	SR45	SH45	% DEĞİŞİM	SR38	SH38	% DEĞİŞİM	BR45	BH45	% DEĞİŞİM	BR38	BH38	% DEĞİŞİM
500	3,6636	3,8487	-5,1	4,3423	3,6454	16,0	2,3139	2,9071	-25,6	1,7976	2,1710	-20,8	2,4599	2,9158	-18,5	2,0207	2,4765	-22,6
1000	7,1400	8,0455	-12,7	4,5884	3,4954	23,8	2,8997	3,6391	-25,5	2,3423	2,7307	-16,6	3,1137	3,7114	-19,2	2,3847	2,8987	-21,6
2000	8,3352	9,1472	-9,7	5,6136	6,3316	-12,8	3,6790	4,3999	-19,6	3,0541	3,6837	-20,6	3,8424	4,5688	-18,9	2,9950	3,4791	-16,2
4000	9,2443	9,9502	-7,6	6,3755	7,2580	-13,8	4,6169	5,4221	-17,4	3,9672	4,6889	-18,2	4,5853	5,3317	-16,3	3,6830	4,3477	-18,0
6300	9,9235	10,7565	-8,4	7,0652	7,9729	-12,8	5,4095	6,2488	-15,5	4,7266	5,5392	-17,2	5,3619	6,2401	-16,4	4,4675	5,0862	-13,8

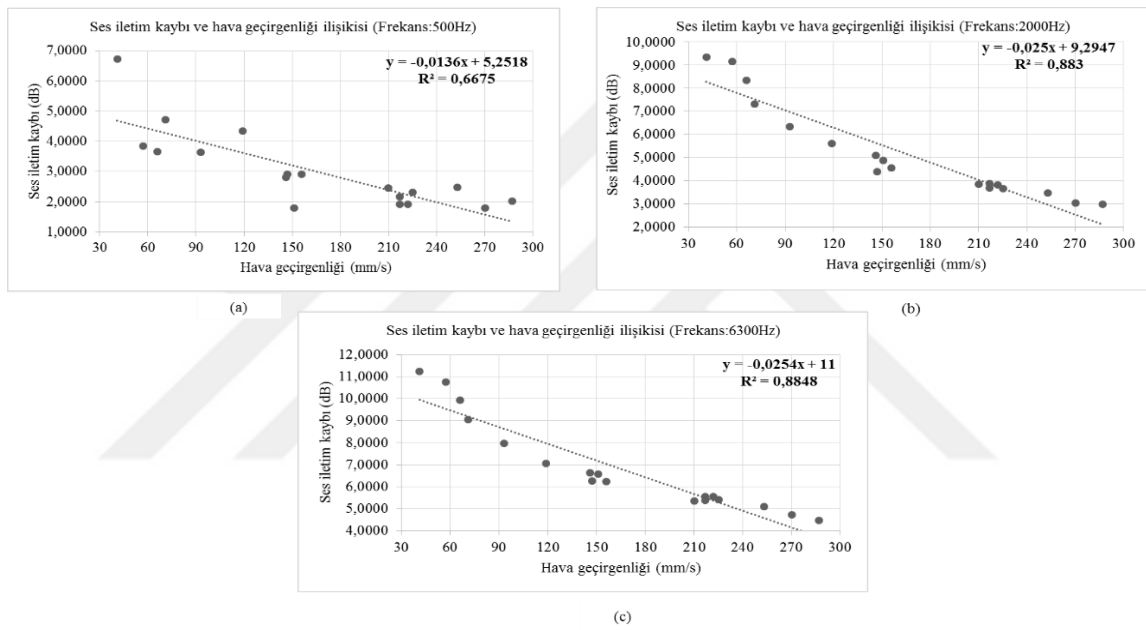
Lif enine kesit şekli, örgü yapısı ve atkı sıklığının ses iletim kaybı ile aralarındaki ilişkiyi ve etkileri analiz etmek için grafik analizleri ile birlikte istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Minitab 17 programı ile genel doğrusal model kullanılarak varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.13’ te özetlenmiştir. Analiz sonucunda ayarlanmış  $R^2 = 0,8821$  olarak bulunmuştur. Bu da geliştirilen modelin geliştirilen kumaşlar için elde edilen ses yutum katsayısı değerinin %88,21 oranında açıkladığını ifade etmektedir.

Çizelge 4.13. Kumaş ses iletim kaybı için genel doğrusal ANOVA tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Uyarlanmış Kareler Toplamı	Uyarlanmış Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri	Anlamlılık
Frekans	47	1701,42	36,200	57,57	0,000	Anlamlı
Örgü	2	1814,43	907,215	1442,85	0,000	Anlamlı
Lif Kesit Şekli	2	160,82	80,410	127,89	0,000	Anlamlı
Atkı Sıklığı	1	330,09	330,092	524,99	0,000	Anlamlı
Örgü*Lif Kesit Şekli	4	4,52	1,129	1,8	0,128	Anlamlı değil
Örgü*Atkı Sıklığı	2	74,22	37,110	59,02	0,000	Anlamlı
Lif Kesit Şekli*Atkı Sıklığı	2	0,32	0,160	0,25	0,776	Anlamlı değil
Örgü*Lif Kesit Şekli*Atkı Sıklığı	4	12,57	3,144	5	0,001	Anlamlı
Hata	799	502,38	0,629			
Toplam	863	4600,77				

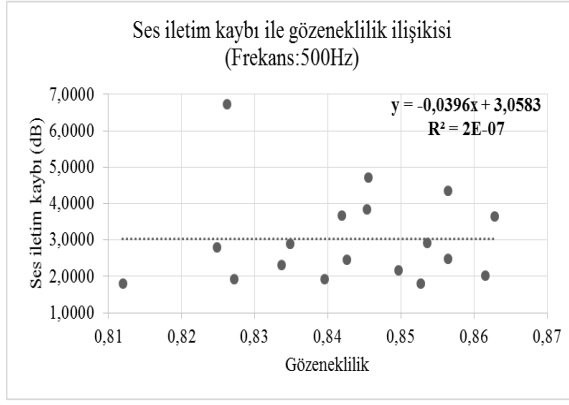
Varyans analizi sonucunda Çizelge 4.17’ de farklı değişkenler için 95% güven aralığında elde edilen “p” anlamlılık değerleri verilmiştir. “p” değeri 0,05’in altında olan değişkenlerin modele katkısı “anlamlı”, “p” değeri 0,05’in üzerinde olan değişkenlerin ise katkısı “anlamlı değil” şeklinde değerlendirilmiştir. “p” değerinin 0,05’ten küçük çıkması, gruplar arasında en az bir tanesinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğunu göstermektedir.

Kumaş numunelerinin hava geçirgenliği ile ses iletim kaybı arasındaki ilişki kumaşların düşük-orta ve yüksek frekans değerlerindeki (500-2000 ve 6300 Hz) ses iletim kaybı değerleri esas alınarak dağılım grafiği oluşturulmuş, regresyon eşitliği ve katsayıları hesaplanmıştır (Şekil 4.31). 500Hz frekansta kumaşların ses iletim kaybı ile hava geçirgenliği değerleri arasında orta seviyede negatif doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ( $R^2=0,6675$  (%66,75)). Orta ve yüksek frekanslarda (2000 ve 6300 Hz) hava geçirgenliği değerleri ile kumaş ses iletim kaybı değerleri arasındaki negatif doğrusal ilişkinin kuvvetlendiği (2000Hz;  $R^2=0,883$  (%88,3), 6300Hz;  $R^2=0,8848$  (%88,48)), hava geçirgenliği değerlerinin artması ile ses iletim kaybı değerlerinin düştüğü görülmektedir.

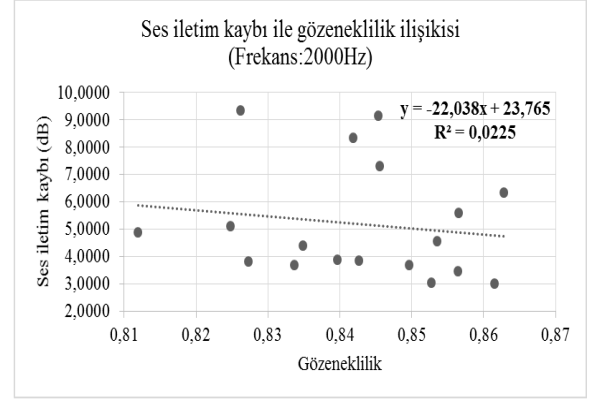


Şekil 4.31. Farklı frekans değerlerinde ses iletim kaybı ile hava geçirgenliği ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz

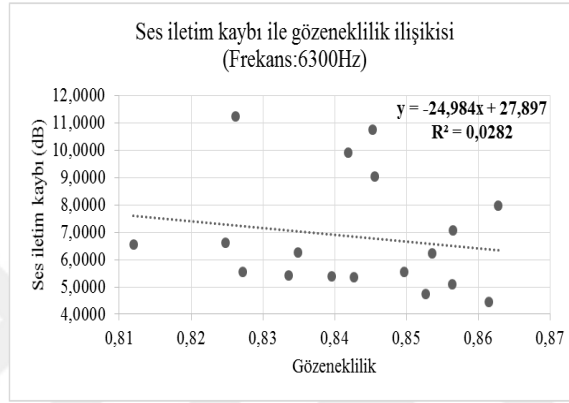
Kumaş numunelerinin hesaplanan gözeneklilik değerleri ile ses iletim kaybı arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kumaşların düşük-orta ve yüksek frekans değerlerindeki (500-2000 ve 6300 Hz) ses iletim kaybı değerleri esas alınarak dağılım grafiği oluşturulmuş, regresyon eşitliği ve katsayıları hesaplanmıştır (Şekil 4.32). 500Hz frekansta kumaşların ses yutum katsayısı ile gözeneklilik değerleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. 2000Hz ve 6300Hz frekanslardaki gözeneklilik değerleri ile kumaş ses iletim kaybı değerleri arasında çok çok düşük düzeyden negatif doğrusal ilişki vardır (2000Hz,  $R^2=0,0225$  (%2,25), 6300Hz,  $R^2=0,0282$  (%2,82)). Gözenekli malzemelerin gözeneklilik oranının yanı sıra lif, iplikler arası ve kumaş içindeki gözenek yapısı ve boyutu, içyapılarında buldukları hava boşlukları ses yutum katsayısına etki etmektedir (Aydemir,2021).



(a)



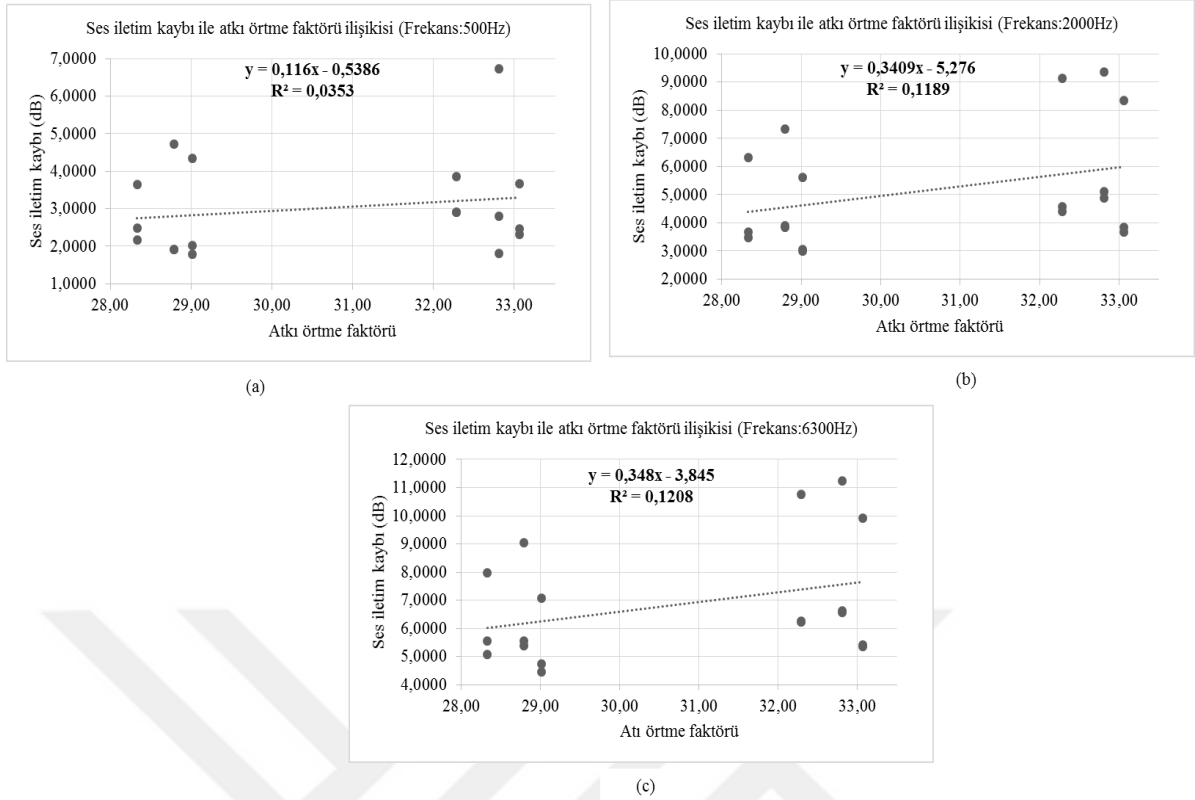
(b)



(c)

Şekil 4.32. Farklı frekans değerlerinde ses iletim kaybı ile gözeneklilik ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz

45 ve 38 atkı sıklığı ile dokunan kumaş numunelerinin atkı sıklığı ve iplik numara değerleri esas alınarak kumaş atkı örtme faktörü değerleri hesaplanmıştır. Ses iletim kaybı ile arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kumaşların düşük-orta ve yüksek frekans değerlerindeki (500-2000 ve 6300 Hz) ses iletim kaybı değerleri esas alınarak kumaş atkı örtme faktörü değerleri dağılım grafiği oluşturulmuş, regresyon eşitliği ve katsayıları hesaplanmıştır (Şekil 4.33). İncelenen 3 farklı frekans değerinde de kumaş atkı örtme faktörü ile ses iletim kaybı arasındaki ilişki çok düşük oranda pozitif doğrusal çıkmıştır. Kumaş örtücülüğü arttıkça kumaştaki gözenekli yapı kapanmakta ve kumaşın hava akışına gösterdiği direnç artış göstermektedir (Süvari, 2020).



Şekil 4.33. Farklı frekans değerlerinde ses iletim kaybı ile atkı örtme faktörü ilişkisi, (a) 500Hz, (b) 2000Hz, (c) 6300Hz

#### 4.11. SiroFAST

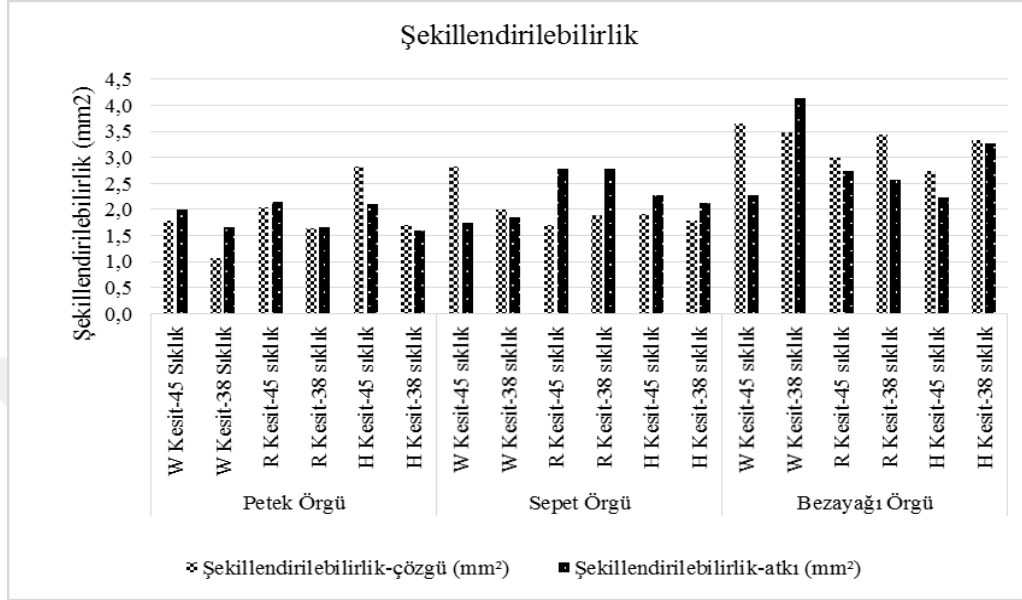
SiroFAST sistemi dokuma kumaşların kullanımı sırasında kumaşın görünümünü etkileyecek faktörlerin daha kumaş aşamasında objektif olarak değerlendirilmesi ve dokuma kumaşların mekanik ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi açısından önemli bir sistemdir.

Çalışma sırasında farklı yapılarda üretilen 18 adet 100% Polyester kumaş SiroFAST test cihaz grubu ile test edilmiş ve elde edilen şekillendirilebilirlik, uzama, eğilme rijitliği, kesme rijitliği, kalınlık, ağırlık test sonuçları Çizelge 3.11’de verilmiştir. Test sonuçları hem SiroFAST kontrol kartındaki (Şekil 2.28) riskli gri bölgeler için sınır değerleri ile hem de kendi aralarında da analiz edilerek değerlendirilmiştir.

Kontrol kartında kumaş çözgü ve atkı şekillendirilebilirlik değerinin en az 0,25 olması istenmektedir. Şekillendirilebilirlik değerinin 0,25’ten daha düşük olması üretim aşamasında kumaşlarda dikiş büzülmesi problemi yaşanması ihtimalini ortaya koymaktadır. Çalışma kapsamında test edilen 18 adet kumaşın tamamının hem çözgü hem de atkı yönünde şekillendirilebilirlik değerleri minimum limit değeri olan 0,25 değerinin üzerinde ölçülmüştür.

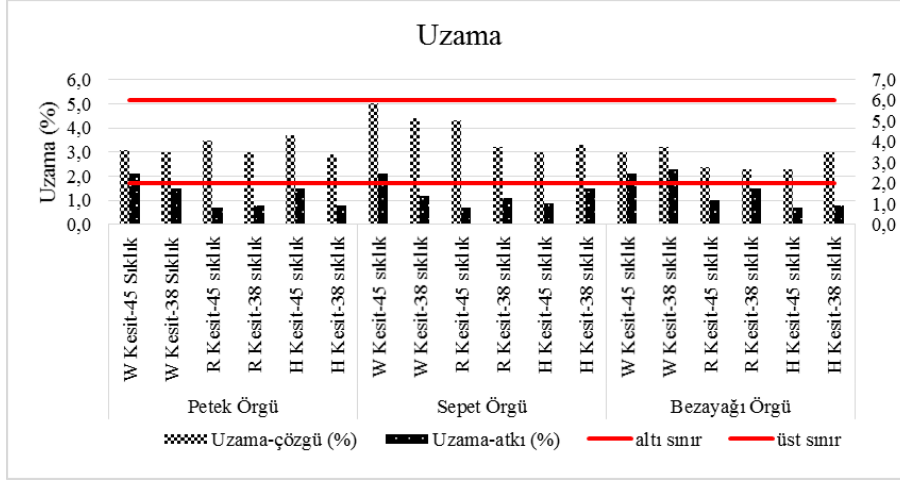


Bu durumda üretilen kumaşlarda konfeksiyon dikiş aşamasında dikiş büzülme problemi riski yaşanmayacaktır. 18 adet kumaş örgü, sıklık ve lif enine kesit şekli olarak değerlendirildiğinde bezayağı kumaşın hem çözgü hem de atkı yönünde en yüksek şekillendirilebilirlik değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.34).



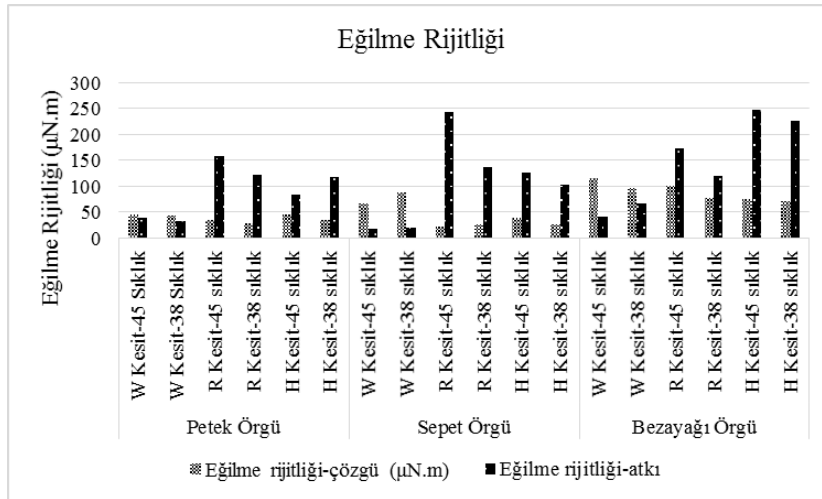
Şekil 4.34. Kumaş atkı ve çözgü şekillendirilebilirlik değerleri karşılaştırması

Kontrol kartında kumaş çözgü ve atkı % uzama değerleri en az %2 en fazla %6 istenmektedir. Test edilen 18 adet kumaşın çözgü uzama değerleri istenen limit değerleri içinde ölçülmüştür. Kumaşların atkı uzama değerleri incelendiğinde; 18 adet kumaştan 14 tanesinin değerinin alt sınır değeri olan %2 değerinin altında, diğer 4 kumaşın değerlerinin de alt sınıra çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden 45 ve 38 atkı sıklığı ile dokunan kumaşlar en yüksek atkı uzama değerine sahiptir. Kumaşların kopma mukavemeti ve uzaması testinde de atkı yönünde en yüksek uzama değerleri beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşlarda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.35). Atkı uzama değerlerinin düşük olması konfeksiyon aşamasında kalıpta ve sık dikiş adımı kullanılmasında problem yaratacaktır. Bu doğrultuda dikilecek ürün için kullanılacak dikiş sıklığının belirlenmesinde ve kalıplama sırasında bu veriler dikkate alınmalıdır.



Şekil 4.35. Kumaş atkı çözgü uzama değerleri karşılaştırması

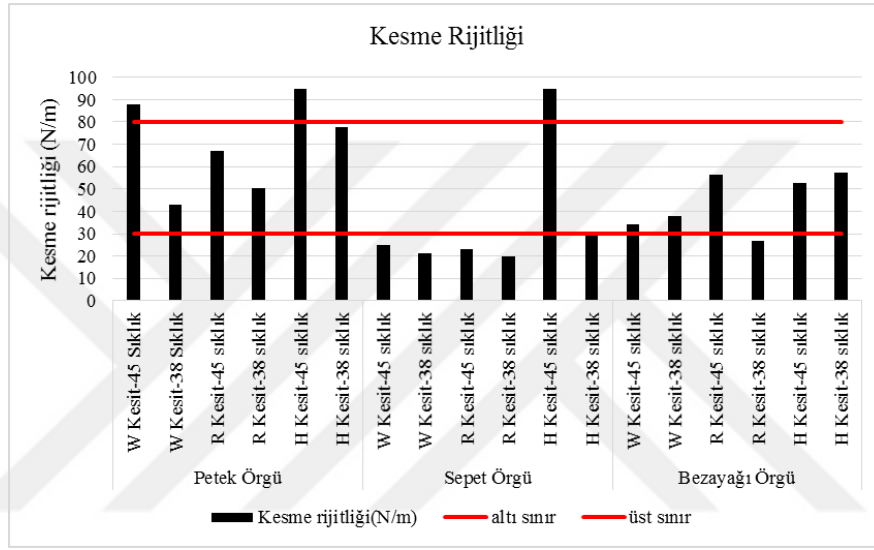
Kontrol kartında kumaş çözgü ve atkı % eğilme rijitliği değeri en az 5  $\mu\text{N.m}$  istenmektedir. Test edilen 18 adet kumaşın çözgü ve atkı eğilme rijitliği değerlerinin istenen limit değerleri içinde olduğu tespit edilmiştir. Örgü olarak bezayağı örgünün eğilme rijitliği değerleri petek ve sepet örgüye göre daha yüksek çıkmıştır. Lif enine kesit şekli olarak beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden 45 ve 38 atkı sıklığı ile dokunan kumaşların en düşük çözgü ve atkı eğilme rijitliği değerine sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4.36). Kumaşların eğilme rijitliğinin yüksek olması dikicinin kumaşları çok daha kolay işlemlerini ve daha düz bir dikiş hattı oluşturmasını sağlarken bu durum kalıp çıkarma sırasında problem yaratabilecektir.



Şekil 4.36. Kumaş çözgü atkı eğilme rijitliği değerleri karşılaştırması

Kontrol kartında kumaşlarda verev yönde ölçülen kesme rijitliği sınır aralığı değerleri en az 30 N/m en fazla 80 N/m istenmektedir. Test edilen 18 adet kumaşın 7 tanesinin kesme

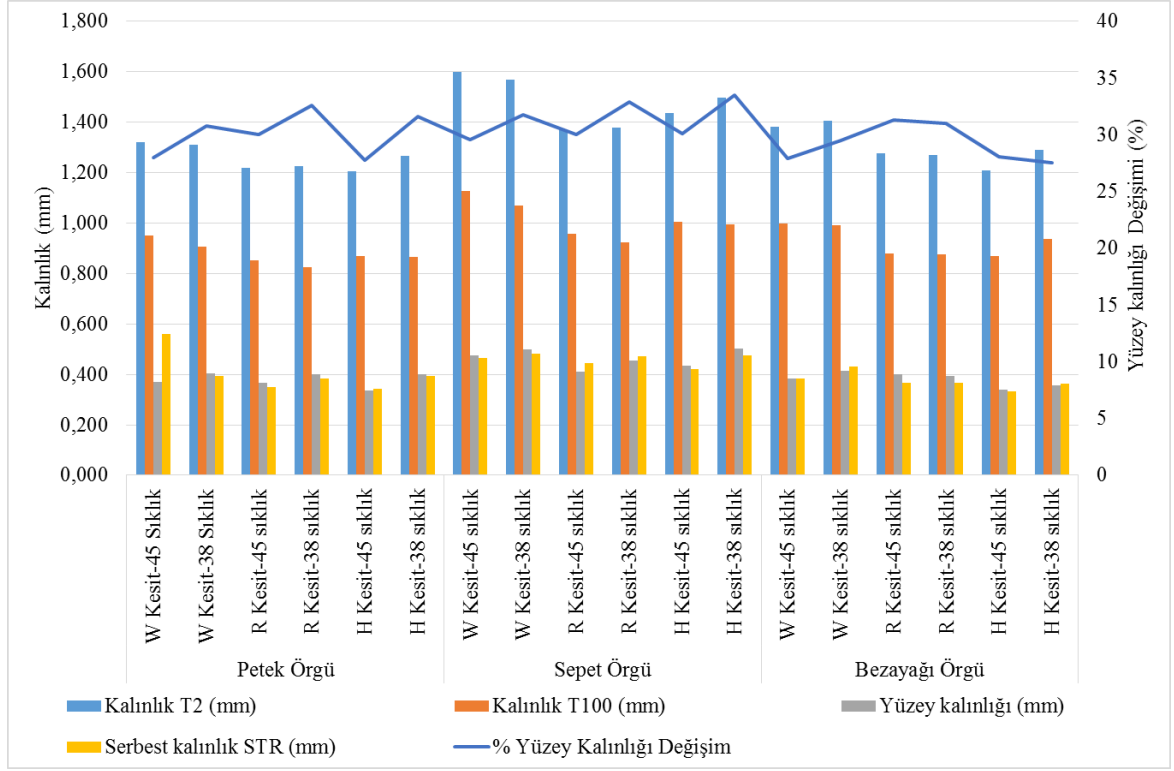
dayanımı değeri bu sınır değerlerinin dışında gelmektedir. 45 atkı sıklığında petek örgü beş kanallı (W) ile petek ve sepet örgü yuvarlak içi boş (H) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşların kesme rijitliği üst sınır değerinin üstünde ölçülmüştür. Kesme rijitliğinin yüksek olması kumaşın konfeksiyon işlemleri sırasında kalıp çıkarma ve üç boyutlu şekil alınmasında problem yaratacağının göstergesidir. Sepet örgü 45 ve 38 atkı sıklığında beş kanallı (W) ve yuvarlak (R) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşların eğilme rijitliği alt sınırın altında ölçülmüştür (Şekil 4.37). Kesme rijitliği düşük olan bu kumaşların konfeksiyonu sırasında serim, kalıp çıkarma ve kesim işlemleri sırasında problem yaratacaktır.



Şekil 4.37. Kumaş kesme rijitliği değerleri karşılaştırması

SiroFAST analizleri sırasında ölçülen kumaş kalınlığı ve gramaj değerleri kontrol kartı üzerinde değerlendirilmemektedir ancak kumaş kalınlığı ve gramajı kumaşın tuşesini ve kullanıcının beğenisi etkileyen faktörlerdir (Köstem, 2005). Kumaş yapısının belli bir basma kuvveti altında sıkıştırılabilen bir yüzey ve daha fazla sıkıştırılamayan bir merkez kalınlığı vardır. Kumaş kalınlığı ölçümü sırasında kumaşa önce 2g/cm<sup>2</sup>, sonrasında 100g/cm<sup>2</sup> yük uygulanmakta ve bu iki ölçüm arasındaki fark kumaş yüzey kalınlığını vermektedir. Yüzey kalınlığı ne kadar yüksek ise kumaşın yüzey tüylülüğünün, hacimliliğinin o kadar fazla olduğu söylenebilir (Köstem, 2005). Bu doğrultuda kalınlık ölçüm sonuçları örgü bazında değerlendirildiğinde; en yüksek yüzey kalınlık değerleri sepet örgüde, en düşük yüzey kalınlık değerleri ise bezayağı örgüde tespit edilmiştir (Şekil 4.38). Bu örgünün yapısal olarak daha hacimli olmasından kaynaklanmaktadır. Lif enine kesit şekline göre; beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşlar daha kalındır. Kumaş numunelerini gerilimlerden kurtarmak adına Hoffman press ütü sonrası ölçülen serbest kalınlık değerleri de

Şekil 4.35’ de verilmiştir. Yüzey kalınlığı ile serbest kalınlık arasındaki farkın büyük olması kumaş üzerine uygulanan aprenin o derece düzgün olmadığını göstermektedir (Köstem, 2005).Kumaş numuneleri üzerine herhangi bir apre işlemi uygulanmadığı için değerler arasında değişimler olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.38. Kumaş kalınlık karşılaştırması

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Tez çalışması kapsamında aynı üretim teknolojisi kullanılarak aynı fiziksel özelliklerde farklı lif enine kesit şekline sahip filament polyester iplikler kullanılarak iki ayrı atkı sıklığı ve üç farklı dokuda on sekiz adet kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı iplik lif enine kesit şeklinin kumaş yapısal özellikleri, gözeneklilik, hava geçirgenliği ile ses yutumu ve ses iletim kaybı performanslarına etkisinin incelenmesi ve aralarındaki ilişkinin analiz edilmesi olduğu için boya ve apre proseslerinin kumaş yapısal özelliklerine etkisi olmaması için kumaş numunelerine herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamıştır. Sadece yıkama ve kurutma prosesi ile mamul hale getirilen kumaşların yapısal (sıklık, kalınlık, gramaj, kopma mukavemeti) özellikleri, hava geçirgenliği ile ses yutumu katsayısı ve ses iletim kaybı değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda her bir numune için kumaş gözeneklilik ve örtme faktörü değerleri hesaplanmıştır. İplik ve kumaş yapısal özellikleri, hava geçirgenliği, gözeneklilik, örtme faktörü parametreleri ile ses yutumu katsayısı ve ses iletim kaybı arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Kumaşların kullanımı sırasında görünümünü etkileyecek faktörlerin daha kumaş aşamasında objektif olarak değerlendirilmesi ve dokuma kumaşların yapısal parametrelerinin belirlenmesi açısından SiroFAST ile kumaş şekillendirilebilirlik, eğilme rijitliği, kesme rijitliği ve kalınlık değerleri analiz edilmiştir.

Çalışma için aynı iplik numara değeri ve filament sayısı ile farklı lif enine kesit şekli (beş kanallı (W), yuvarlak (R), yuvarlak içi boş (H)) ile üretilmiş ve hava tekstüre işlemi uygulanmış üç farklı polyester filament iplik tedarik edilmiştir. İplik fiziksel özellikleri (numara, kopma kuvveti, kopma uzaması ve mukavemet) lif enine kesit şekline göre değişkenlik göstermiştir.

Çözümlü ve atkı ipliği olarak aynı iplikler kullanılarak üç farklı örgü ve iki farklı atkı sıklığında on sekiz adet kumaş numunesi dokunmuştur. Ölçülen ham ve mamul kumaş gramaj değerleri sonucu gerek 45 gerekse 38 atkı sıklığında beş kanallı (W) lif enine kesitli ipliklerden dokunmuş kumaşlar en yüksek gramaj değerine sahiptir. R lif enine kesitli ipliklerden üretilmiş kumaşların gramaj değerleri W kesit ile yakın, H lif enine kesitli ipliklerden üretilmiş kumaşların gramaj değerleri en düşüktür.

45 ve 38 tel/cm olarak iki farklı atkı sıklığında üretilen kumaş numunelerinin ham ve mamul atkı sıklığı değerleri aynı paralellikte ölçülmüş, atkı sıklığı değerleri kumaş dokusu ve iplik lif enine kesit şekline bağlı olarak değişiklik göstermemiştir.

Kumaş hava geçirgenliği değerleri kumaş dokusu ve atkı sıklığına bağlı olarak değişmektedir. Petek örgü yapısı en düşük hava geçirgenliği değerlerine sahiptir. Sepet ve bezayağı örgülerde hava geçirgenliği değerleri birbiriyle paralellik göstermektedir. Dokuma kumaşlarda farklı örgü yapılarında dokuyu oluşturan ipliklerin birbirleriyle kesişme ve bağlantı noktalarının farklı olmasından dolayı kumaş içinde yer alan gözenek yapıları ve boyutu farklı olmaktadır. Bu doğrultuda belli basınç değişimi altında kumaşların hava geçişine gösterdikleri direnç de farklılık göstermektedir. Yüksek atkı sıklığına sahip kumaşların hava geçirgenliği değerleri düşük atkı sıklığına sahip kumaşların değerlerine göre düşüktür. Atkı sıklığındaki artış ile örgü yapısında birim alandaki iplik sayısı artmakta ve buna bağlı olarak kumaş yapısındaki boşluklar, gözeneklilik azalmakta ve dolayısıyla kumaş yapısı hava akışına karşı daha fazla direnç göstermektedir. Beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerle 45 atkı sıklığında dokunan petek örgü yapısı en düşük, yuvarlak içi dolu (R) lif enine kesit şekline sahip ipliklerle 38 atkı sıklığında dokunan bezayağı örgü yapısı en yüksek hava geçirgenliği değerine sahiptir.

Kumaşların dokunduğu ipliklerin lif enine kesit şekline, örgü yapısı ve atkı sıklığına bağlı olarak ses yutum katsayıları değişkenlik göstermiştir. Kumaş numunelerinin düşük frekanslarda ses yutum katsayısı düşük iken, frekans değeri arttıkça, özellikle 2500 Hz ve üzeri frekanslarda, ses yutum katsayısı artmıştır. Aynı örgü ve atkı sıklığında, farklı lif enine kesit şekline sahip kumaş numunelerinde 3150 Hz ve üzeri frekanslarda beş kanallı (W) lif kesitli ipliklerden dokunmuş kumaş numuneleri en yüksek ses yutum katsayısına sahiptir. Düşük frekanslarda dalga boyu büyük iken yüksek frekanslarda dalga boyu daha küçüktür ve W kesitli lifler daha geniş yüzey alanına sahip olduğu için sesi daha iyi sönmülemektedir. Aynı yuvarlak lif kesit şekline sahip içi dolu (R) ve içi boş (H) lif enine kesitli ipliklerden dokunmuş kumaşların ses yutum katsayılarındaki yüzdesel değişim içi boş kesitli olanların daha yüksek ses yutum katsayısı değerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Her iki lif kesitinin de yuvarlak yapıya sahip olmasına rağmen lif kesitinin iç yapısı (içi dolu (R) veya içi boş (H) olması) da ses yutum özelliğine etki etmektedir. H lif enine kesitli ipliklerden üretilen kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin R lif enine kesitli ipliklerden üretilen kumaşlara göre daha düşük olması etken faktörüdür. Aynı lif enine kesit şekli ve atkı sıklığına, farklı örgü yapısına sahip kumaşlarda petek örgü yapısına sahip kumaşlar daha iyi ses yutum etkinliği göstermektedir. Bu

sonuç; petek örgünün hava geçirgenliği değerlerinin sepet ve bezayağı örgüye göre daha düşük olması ile ilişkilidir.

Düşük, orta ve yüksek frekans değerlerinde (500, 2000 ve 6300 Hz) kumaş numunelerinin hava geçirgenliği ile ses yutum katsayısı arasında kuvvetli negatif doğrusal ilişki olduğu tespit edilmiştir. Hava geçirgenliği değerlerinin artması ile ses yutum katsayısı değerleri azalmıştır.

Çalışma kapsamında farklı lif enine kesit şekline sahip ipliklerle farklı örgü ve atkı sıklığında dokunan kumaş numunelerinin ses iletim kaybı değerleri 350-500 Hz frekans aralığında azalmıştır. Frekans değeri arttıkça numunelerin ses iletim kaybı etkinliği artmaktadır. Ses iletim kaybı değerlerinde yaşanan bu değişim ses basıncının frekansı ile çakışan yapısal fazın doğal frekanslarında akustik enerjinin elastik ortamın titreşimi ile daha fazla iletilmesinden kaynaklanmaktadır. Ses dalgalarının orta ve yüksek frekanslarda genliği azalmakta ve yapı üzerinde hızlı bir şekilde sönümlenmektedir. Aynı lif enine kesit şekli ve atkı sıklığı, farklı örgü yapılarına sahip kumaşlarda petek örgü en yüksek ses iletim kaybı değerine sahiptir. Bu da kumaşın hava geçirgenliği değerlerinin diğer örgü yapılarına göre en düşük değerlere sahip olması ile paralellik göstermektedir.

Hava geçirgenliğinin düşük olmasının kumaşın ses yutuculuk özelliğinde olduğu gibi ses iletim kaybı üzerinde de olumlu etkisi vardır. Aynı örgü yapısı ve atkı sıklığı, farklı lif enine kesit şekline sahip kumaşlarda en yüksek ses iletim kaybı değerleri beş kanallı (W), ikinci olarak yuvarlak için boş (H) ve en düşük ise yuvarlak (R) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşlarda ölçülmüştür. Lif enine kesit şekli, örgü yapısı ve atkı sıklığı ile ses iletim kaybı arasında pozitif doğrusal ilişki olduğu ortaya çıkmıştır.

Kumaş numunelerinin hesaplanan gözeneklilik değerleri ile ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı arasında düşük seviyede negatif ilişki vardır. Gözeneklilik değeri; kumaş gramaj ve kalınlık değerlerine bağlı olarak değişmektedir ve çalışma kapsamındaki kumaş numuneleri çok kalın olmadığı için bu ince kumaş yapılarında tüm frekans ölçüm seviyelerinde gözeneklilik ve ses yutum katsayısı arasındaki korelasyonun yüksek olmadığı gözlenmiştir.

45 ve 38 atkı sıklığı ile dokunan kumaş numunelerinin atkı sıklığı ve iplik numara değerleri esas alınarak hesaplanan atkı örtme faktörü ile ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı

arasında çok düşük düzeyde pozitif doğrusal ilişki vardır. Kumaş örtücülüğü arttıkça kumaştaki gözenekli yapı kapanmakta ve kumaşın hava akışına gösterdiği direnç artmaktadır.

SiroFAST ölçümleri sonucunda; bezayağı yapısındaki kumaş hem çözgü hem de atkı yönünde en yüksek şekillendirilebilirlik değerlerine sahiptir. Beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden 45 ve 38 atkı sıklığı ile dokunan kumaşlar en yüksek atkı uzama değerine sahiptir. Kumaşların kopma mukavemeti ve uzaması testinde de atkı yönünde en yüksek uzama değerleri beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşlarda olduğu tespit edilmiş olup SiroFAST ölçümleri ile paralellik göstermektedir. Örgü olarak; bezayağı örgünün eğilme rijitliği değerleri petek ve sepet örgü olarak adlandırılan örgü yapılarına göre daha yüksektir. Lif enine kesit şekli olarak beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden 45 ve 38 atkı sıklığı ile dokunan kumaşlar en düşük çözgü ve atkı eğilme rijitliği değerine sahiptir. 45 atkı sıklığında petek örgü beş kanallı (W) ile petek ve sepet örgü yuvarlak içi boş (H) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşların kesme rijitliği üst sınır değerinin üstünde ölçülmüştür. Sepet örgü 45 ve 38 atkı sıklığında beş kanallı (W) ve yuvarlak (R) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden üretilmiş kumaşların eğilme rijitliği alt sınırın altında ölçülmüştür. SiroFAST kalınlık ölçüm sonuçları örgü bazında değerlendirildiğinde sepet örgü en yüksek, bezayağı örgü en düşük yüzey kalınlığına sahiptir. Bunun sebebi; sepet örgünün yapısal olarak daha hacimli olmasıdır. Lif enine kesit şekline göre beş kanallı (W) lif enine kesit şekline sahip ipliklerden dokunmuş kumaşlar daha kalındır.

## 5.2. Öneriler

Bu çalışma kapsamında üretilen kumaş yapıları ve bu kumaş yapılarının analizi sonucu elde edilen veriler esas alınarak sonraki süreçte yapılabilecek çalışmalar öneri niteliğinde aşağıda verilmiştir:

- Çalışmada kullanılan kumaşların sadece ön yüzlerinin ses yutumu ve ses iletim kaybı performansı incelenmiştir. Aynı kumaşların arka yüzlerinin de akustik özellikleri analiz edilerek ses yutumu ve ses iletim kaybı etkinliği ön yüz verileri ile incelenebilir.
- Çalışma kapsamında üretilen kumaşlar birim alan ağırlığı açısından otomotiv sektöründe, evde ve dış mekânlarda döşemelik kumaş olarak kullanılabilir. Bu doğrultuda kumaşlara su itici ve/veya güç tutuşur apreler uygulanarak ses yutumu ve ses iletim etkinlikleri analiz edilebilir.



- Kumaş gözeneklilik özellikleri objektif yöntemlerle analiz edilerek ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı özellikleri ile ilişkisi analiz edilebilir.
- Görüntü işleme yöntemi ile kumaş örtücülüğü hesaplanarak ses yutum katsayısı ile ilişkisinde daha iyi sonuçlar alınabilir.
- Kumaş içi gözenek boyutu ölçülerek ses yutum katsayısı ve etkisi incelenebilir.
- Kumaş yüzey kaplaması (poliüretan, nano, vb.) ile ses yutum özelliği daha etkin hale getirilebilir.
- Çalışma kapsamında kumaş numunelerinin 4000 Hz ve daha yüksek frekanslarda ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Üretilmiş dokuma kumaş numuneleri estetik yapıları da göz önünde bulundurularak gürültü düzeyinin yüksek olduğu alanlarda ses yalımı için kullanılan sünger ve dokusuz yüzey yapılarının kaplanması için kullanılabilir. Bu kapsamda kumaş numuneleri sünger ve dokusuz yüzey yapıları ile kompozit bir yapı oluşturularak akustik özellikleri analiz edilebilir.

## KAYNAKLAR

- AbouNassif, N.A. (2015). Using Siro FAST system to measure handle properties of outerwear woven from monofilaments polyester yarn. *Life Science Journal*, 12(6), <http://www.lifesciencesite.com>
- Ak, F.N. (2006). *Belirli doku konstrüksiyonlarının kumaş performans özelliklerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Akgün, M. (2021). *Bazı dokuma kumaşları oluşturan ipliklerin kumaştaki konumları değiştirilmeden sökülmiş durumlarının reflektans değerleri ile kumaş reflektans değerleri arasındaki ilişkinin incelenmesi* (Doktora Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- American Society for Testing and Materials. (2022). *Standard test method for sound Absorption and sound absorption coefficients by the reverberation room method (ASTM C423)*.
- American Society for Testing and Materials. (2019). *Standard test method for normal incidence determination of porous material acoustical properties based on the transfer matrix method (ASTM E2611-19)*.
- American Society for Testing and Materials. (2008). *Standard test method for impedance and absorption of acoustical materials using a tube, two microphones and a digital frequency analysis system (ASTM E1050)*.
- Arenas, J.P. (2016). Applications of acoustic textiles in automotive/transportation. *Acoustic Textiles, Textile Science and Clothing Technology*. doi: 10.1007/978-981-10-1476-5\_7.
- Atienzar-Navarro, R., Bonet-Aracil, M., Gisbert-Paya, J., Rey, R.D., Pico, R. (2021). Influence of fineness, length and hollow section of fibers on acoustic absorption. *Textile Research Journal*, 0(0), 1–9. doi: 10.1177/004051752111036200.
- Atmaca, M., Özkaya, H. (2017, Mayıs 3-4-5). *Farklı özellikteki kumaşların hava geçirgenliğinin deneysel olarak incelenmesi*. 23. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı İstanbul Fuar Merkezi, ICCI 2017 BİLDİRİLER KİTABI. Erişim adresi : [www.icci.com.tr](http://www.icci.com.tr)
- Aydemir, H. (2013). *Seçilmiş perdelik kumaşların ses yalıtımı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Aydemir, H. (2021). *Elektro lif çekiminde pet ve r-pet polimerleri kullanarak ses yutum özellikleri iyileştirilmiş dokusuz yüzey eldesi* (Doktora Tezi), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Babaarslan, O., Özkan Hacıoğulları, S. (2013). Effect of fibre cross-sectional shape on the properties of POY continuous filaments yarns. *Fibers and Polymers 2013*, Vol.14, No.1, 146-151. doi:10.1007/s12221-013-0146-z.

- Baktır, T.G. (2018). *Akustik malzemenin sayısal analizler ve deneysel çalışmalar ile ses yutumu korelasyonu* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Otomotiv Programı, İstanbul.
- Barburski, M., Blaszcak, J.R. ve Pawliczak, Z. (2018). Influence of designs of weaves on acoustic attenuation of fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, Vol.49(1), 33–45. doi: 10.1177/1528083718769945.
- Behara, B.K., Singh, M.K. (2014). Role of filament cross-section in properties of PET multifilament yarn and fabric. Part I:Effect of fibre cross-sectional shape on transmission behaviour of fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 105, No. 9, 895–904. doi:10.1080/00405000.2013.825996.
- British Standards Institution (1990). *Method for determination of bending length and flexural rigidity of fabrics (BS 3356)*. British Standards Institution (BS 3356), London.
- Çakır, A., (2020). *Isı yalıtım malzemeleri ve uygulama detayları sunumu-Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği (IZODER)*, Erişim adresi: <https://www.izoder.org.tr/dosyalar/egitim-faaliyetleri/ytu-ses-sunumu-ayhan-cakir.pdf>
- Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Hava Yönetimi Dairesi Başkanlığı (2011). *Çevresel gürültü ölçüm ve değerlendirme kılavuzu*, Ankara. Erişim tarihi: Mayıs, 2022.
- De Boos, A., Tester, D. (1994). SiroFAST –A system for fabric objective measurement and its application in fabric and garment manufacture. *Report No. WT92.02. Csiro Textile and Fibre Technology*. Erişim adresi: [www.tft.csiro.au](http://www.tft.csiro.au)
- Demiryürek, O. (2004). *Sentetik lif üretiminde kullanılan ekstrüderler ve ekstrüder-pompa sisteminin tasarım esasları* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Demiryürek, O. (2009). *Polyester/Viskon karışımli open-end rotor iplik özelliklerinin yapay sinir ağları ve istatistiksel modeller kurularak tahmin edilmesi* (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Devi, R.P. (2014). A study on acoustic properties of polyester and hollow polyester non woven fabrics. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, Volume No.02, Special Issue No. 01, September 2014 ISSN (online): 2348 – 7550.
- Doğru, T. (2020). *Otomotiv iç trim malzemelerinde akustik özelliklerin ısı iletimi ile ilişkisinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Doğru, T., Pulat, E. (2020). Otomotivde kullanılan elyafli malzemelerin akustik özelliklerinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 25, Sayı 2, 2020. doi: 10.17482/uumfd.703588
- Dubrovski P.D. (2000). Volume porosity of woven fabrics. *Textile Research Journal*, 70(10), 915–919.

- Gelen, M. (2016). *Otomotiv endüstrisinde kullanılan akustik malzemeler ve malzeme özelliklerinin akustik parametrelere etkisinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programı, İstanbul.
- Günel, U. (2020). *Ses iletim kaybı özelliği arttırılmış dokuma kumaş tasarımı* (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Telekomünikasyon Anabilim Dalı, Bursa.
- Hassan, N.N.M., Rus, A.Z.M. (2013). Influences of thickness and fabric for sound absorption of biopolymer composite. *Applied Mechanics and Materials Vol. 393* (2013), pp 102-107. Trans Tech Publications, Switzerland. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.393.102.
- Jie, H., Sheng, J., Xiong, Y. (2017). Sound absorption properties of single-hole hollow polyester fiber reinforced hydrogenated carboxyl nitrile rubber composites. *Autex Research Journal*, Vol.17, No 3. doi: 10.1515/aut-2016-0014 © AUTEX.
- Kang, Y., Lee, E., Lee, K., Choi, S., Shin, E. (2019). Acoustic properties of sound-absorbing polyester fabrics woven with thick staple and thin draw textured yarn for use in interior decoration. *The Journal of Textile Institute*, Vol. 110, No. 2, 202–210. doi: 10.1080/00405000.2018.1508798.
- Kara, Ş. (2011). *Farklı enine kesit şekillerinde üretilen kimyasal liflerin yapısal davranışları ve kullanım özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Anabilim Dalı, İzmir.
- Karaca, E., Ozcelik, F. (2007). Influence of the cross-sectional shape on the structure and properties of polyester fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 103, 2615–2621. doi: 10.1002/app.25350.
- Karaca, E., Omeroglu, S., Becerir, B. (2015). Effects of fiber cross-sectional shapes on tensile and tearing properties of polyester woven fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 25(4).
- Kaya, A.İ. (2016). Kompozit malzemeler ve özellikleri, *Putech & Composites Dergisi*, Sayı 29, Temmuz-Ağustos-Eylül 2016, 38-45. Erişim adresi: <https://chemmedia.s3.amazonaws.com/putechcomposites/29/mobile/index.html#p=47>
- Kino, N., Ueno, T. (2008). Evaluation of acoustical and non-acoustical properties of sound absorbing materials made of polyester fibres of various cross-sectional shapes. *Applied Acoustics* 69, 575–582.
- Koral Koc, S., Mecit, D., Boyaci, B., Ornek, M., Hockenberger, A. (2016). Effects of filament cross section on the performance of automotive upholstery fabrics.. *Journal of Industrial Textiles*, 46, 756–770. doi: 10.1177/1528083715598652.
- Köstem, A.M. (2005). *Farklı buruşmazlık apre maddeleri uygulanan kumaşlarda dikiş performansının incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

- Küçükali Öztürk, M., Uygun Nergis, B., Candan, C. (2010). Akustik özellikleri geliştirilmiş örme kumaş tasarımı. *TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası Tekstil ve Mühendis Yıl 17, Sayı 78*.
- Küçükali, M. (2010). *Akustik özellikleri geliştirilmiş örme kumaşlar* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Lee, J.W., Park, S.W. (2021). Effect of fiber cross section shape on the sound absorption and the sound insulation. *Fibers and Polymers*, 22, 2937–2945. doi:10.1007/s12221-021-0838-8.
- Li, H., Zhang, N., Fan, X., Gong, J., Zhang, J., Zhao, X. (2019). Investigation of effective factors of woven structure fabrics for acoustic absorption. *Applied Acoustic*. doi:10.1016/j.apacoust.2019.107081.
- Liu, X., Jiang, J., Tang, X., Han, R., Wang, Q., Deng, Z. (2021). Sound absorption of hollow polyester woven fabric with honeycomb weave. *Applied Acoustics*, 180, 108148. doi:10.1016/j.apacoust.2021.108148.
- Lolaki, A., Shanbeh, M. (2018). Investigation of acoustic properties of satin 7/1 woven fabrics containing hollow and micro-porous yarns. *Journal of Textiles and Polymers*. Vol. 6, No. 1.
- Mahmoud, A., El-Shenavy, G. ve Ramadan, E. (2012). Using nonwoven hollow fibers to improve cars interior acoustic properties. *Research Journal of Textile and Apparel*, Vol. 16 Iss 3, 49 – 56. doi:10.1108/RJTA-16-03-2012-B005.
- Mankodi, H.R., Mistry, P. (2014). Woven fabrics combination for acoustics of building interior. *International Journal of Industrial Engineering & Technology (IJIET) ISSN(P): 2277-4769; ISSN(E): 2278-9456 Vol. 4, Issue 2, Apr 2014, 19-26*.
- Marmaralı, A., Ertekin, G., Çay, A. (2014). Çeşitli kumaş parametrelerinin yuvarlak örme sandviç kumaşların ses yutumu özelliklerine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 20(7), 281-286. doi: 10.5505/pajes.2014.97759.
- MEB. (2019). *Tekstil Lifleri- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) Aile ve Tüketici Hizmetleri*. Ankara. Erişim adresi: [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Tekstil%20Lifleri%20%28aile%20T%C3%BCketici%29.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Tekstil%20Lifleri%20%28aile%20T%C3%BCketici%29.pdf).
- Memon, H., Naeem, M.A., Abro, Z.A., Khoso, N.A., Khan, M.Q., Memon, S. (2015, November 10-12). *The effect of fabric parameters on the acoustical property of coated fabric*. The 6th International Color & Coating Congress, Institute for Color Science and Technology, Tehran, Iran.
- Minazio, P.G. (1995). FAST – Fabric Assurance by Simple Testing. *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 7 No. 2/3, pp. 43-48.
- Ogulata, R.T. (2006). Air permeability of woven fabrics. *Journal of textile and apparel, technology and management*, Volume 5, Issue 2.

- Omeroglu,S., Karaca, E., Becerir, B. (2010). Comparison of bending, drapability and crease recovery behaviors of woven fabrics produced from polyester fibers having different cross-sectional shapes. *Textile Research Journal*, Vol 80(12), 1180–1190. doi: 10.1177/0040517509355351
- Özbahar, S. (2021). *Farklı lif çeşitlerinden üretilen havluların fiziksel özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Özgül, N., Özçelik Kayseri, G., Süpüren Mengüç, G. (2020). Investigation of sound absorption characteristics of textile materials produced form recycled fibers. *IntechOpen Waste in Textiles and Leather Sectors*. doi: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.92792>.
- Özkal, A. (2019). *Nanolif takviye edilmiş geridönüşüm dokusuz yüzey kumaşların ses yutum özelliklerinin incelenmesi* (Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Özkan, S. (2008). *Filament kesit şeklinin, sayısının ve lineer yoğunluğunun poy ve tekstüre iplik özelliklerine* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Palak, H., Karagüzel Kayaoğlu, B. (2019). Analysis of the effect of fiber cross section and different bonding methods on sound absorption performance of PET fiber based nonwovens using Taguchi method. *The Journal of The Textile Institute*. doi: 10.1080/00405000.2019.1651605.
- Peruhan, N.Ş., Aytas, H.,Yörük, H.,Yıldırım, K. (2017, Nisan 27-28). *Stor perdelerde ses yalıtım özelliği*. IX. Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı ve 2.Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumunda sunulan bildiri, Butekom Tekstil ve Teknik Tekstil Mükemmelliyet Merkezi, Bursa.  
Erişim adresi: <https://www.uludag.edu.tr/dosyalar/ulpas/2.%20ULPAS.pdf>
- Saffari, M.R., Dolatabadi M.K. ve Rashidi, A. (2020). Sound absorption of weft knitted fabrics:influence of fibers cross-section shape, stitch density and mechanical modifacaiton of surface. *International Journal of Clothing Science and Technology*. doi: 10.1108/IJCST-01-2020-0006.
- Samuel, B.T., Barburski, M., Blaszcak, J.R., Witczak, E. (2021). The influence of yarn and weave structures on acoustic materials and the effect of different acoustic signal incidence angles on woven fabric absorption possibilities. *Materials* 2021, 14, 2814. <https://doi.org/10.3390/ma14112814>, 33–45.
- Sarıduman, S. (2005). *Endüstriyel olarak üretilmekte olan çeşitli atkı fitilli kadife kumaş özellikleri üzerine bir inceleme* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Segura-Alcaraz, P., Segura-Alcaraz, J., Montava, I.,Bonet-Aracil, M. (2018). The use of fabric to improve the acoustic absorption:influence of the woven fabric thread density over a nonwoven. *Autex Research Journal*, Vol.18, No 3. doi: 10.1515/aut-2018-0006 © AUTEX.

- Segura-Alcaraz, P., Segura-Alcaraz, J., Montava, I., Bonet-Aracil, M. (2019). The effect of the combination of multiple woven fabric and nonwoven acoustic absorption. *Journal of Industrial Textiles 0(0) 1–19*. doi: 10.1177/1528083719858771
- Shoshani, Y., Rosenhouse, G. (1990). Noise absorption by woven fabrics. *Applied Acoustics 30 (1990)*, 321-333.
- Soltani, P., Zerrebini, M. (2012). The analysis of acoustical characteristics and sound absorption coefficient of woven fabrics. *Textile Research Journal 82(9)*, 875–882. doi: 10.1177/0040517511402121.
- Soltani, P., Zarrebini, M. (2013). Acoustic performance of woven fabrics in relation to structural parameters and air permeability, *Journal of The Textile Institute*, doi: 10.1080/00405000.2013.771427.
- Statista. (2021). Worldwide production volume of chemical and textile fibers from 1975 to 2020 (in 1,000 metric tons). Erişim tarihi: 10 Nisan 2022.  
Erişim Adresi: <https://www.statista.com/statistics/263154/worldwide-production-volume-of-textile-fibers-since-1975/>
- Sungur, E.G. (2020). *Dokuma kumaşların yapısal ve mekanik özellikleri ile dökümlülüğü arasındaki ilişkinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Süvari, F., Dülek, Y. (2019). Investigating the effect of raising on the sound absorption behavior of polyester woven fabrics. *Textile Research Journal 2019, Vol. 89(23–24)*, 5119–5129. doi: 10.1177/0040517519848161.
- Süvari, F. (2020). Örtme faktörü ve gözeneklilik parametrelerinin dokuma kumaşların ses yutuculuk davranışına etkilerinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 25, Sayı 2*. doi: 10.17482/uumfd.716590.
- Süvari, F. (2021). Akustik Tekstiller. *Tekstil Mühendisinin Sesi TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası Bülteni Sayı:5 Ocak/Şubat 2021*
- Tang, X., Kong, D., Yan, X. (2018). Multiple regression analysis of a woven fabric sound absorber. *Textile Research Journal 0(00)*, 1–12. doi: 10.1177/0040517518758001.
- 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. Volume 3, Issue 2—2008*.
- Taş, F. (2010). *Ticari bir taşıtta iç akustik araştırması ve iyileştirme yöntemleri* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Otomotiv Programı, İstanbul.
- Textile Exchange. (2021). Preferred fiber & materials market report 2021. Erişim Adresi <https://textileexchange.org/preferred-fiber-and-materials-market-report/>, Erişim tarihi: 10 Nisan 2022.

- Topal, Ö. (2006). *İçi boş (hollow) pet liflerin boyanma özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Toydemir, Y., Vatansever Bayramol, D. (2021). Properties investigation of polyester yarns with different cross-sections. *BEU Journal of Science* 10 (1), 170-176.
- Turan, R.B., Okur, A. (2008). Kumaşlarda hava geçirgenliği. *Tekstil ve Mühendis*, 15 (72).
- Türk Standardı. (2003). *Akustik-Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini-Bölüm 2:Aktarım fonksiyonu metodu (ISO 10534-2:1998)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE). Ankara.
- Türk Standardı. (1999). *Tekstil -Kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini (TS 391 EN ISO 9237, Nisan 1999)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE). Ankara.
- Türk Standardı. (2016). *Akustik – Yapı elemanlarının ses yalıtımının laboratuvarında ölçülmesi – Bölüm 1: Özel mamuller için uygulama kuralları (TS EN ISO 10140-1)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- Türk Standardı. (2004). *Akustik- Empedans borularında ses absorplama katsayısı ve empedansın tayini - Bölüm 1: Duran dalga oranını kullanma metodu (TS EN ISO 10534-1)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- Türk Standardı. (2003). *Akustik-Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini-Bölüm 2:Aktarım fonksiyonu metodu (TS EN ISO 10534-1)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE). Ankara.
- Türk Standardı. (1999). *Tekstil-İplikler-Doğrusal yoğunluk (birim uzunluk başına kütle) tayini- Çile metodu (TS 244 EN ISO 2060)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- Türk Standardı. (1999). *Tekstil-Kumaşlar-Küçük numuneler kullanarak birim alan başına kütlenin tayini (TS EN 12127)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- Türk Standardı. (1996). *Tekstil dokunmuş kumaşlar-Yapı analiz metotları-Kısım 2-Birim uzunluktaki iplik sayısının tayini (TS 250 EN 1049-2)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- Türk Standardı. (1998). *Tekstil-Tekstil ve tekstil mamullerinin kalınlık tayini (TS 7128 EN ISO 5084)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- Türk Standardı. (1999). *Tekstil- Kumaşların gerilme özellikleri- Bölüm 1:En büyük kuvvetin ve en büyük kuvvet altında boyca uzamanın tayini- Şerit metodu (TS EN ISO 13934-1)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- Türk Standardı. (2009). *Tekstil - Paketlerden alınan iplikler - Tek ipliğin kopma kuvvetinin ve kopma anındaki uzamasının sabit hızlı uzama cihazı (CRE) kullanılarak tayini (TS EN ISO 2062:2009)*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE). Ankara.



- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects 2019, Online Edition. Rev. 1*. Erişim adresi: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>. Erişim tarihi: 14 Nisan 2022
- Uysaltürk, D. (2013). *Viloft/pamuk ve viloft/polyester karışımı iplik özelliklerinin ve örme kumaş termofizyolojik konfor özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Uzundağ, U., Tandoğan, O. (2013). Malzemelerin akustik performans testleri. *Novosim Mühendislik Hizmetleri*. Online Erişim adresi: <https://doku.tips/edoc/malzemelerin-akustik-performans-testleri.html>
- Üçgül, H. (2019). *Yünlü dokuma kumaşlarda tiftik kullanımının kumaş fiziksel ve tutum özelliklerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Witczak, E., Jasinska, I., Lao, M., Krawczynska, I., Kaminska, I. (2021). The influence of structural parameters of acoustic panels textile fronts on their sound absorption properties. *Applied Acoustics 178 (2021) 107964*. doi: [10.1016/j.apacoust.2021.107964](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.107964)
- Yeşilbağ, O. (2011). *Tekstil liflerinin polarize ışık mikroskobu ile analizi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yosun, M. (2018). *Gözenekli ses yalıtım malzemelerinin akustik parametrelerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Zenong, C., Xianhui, L., Xiaoling, G., Bin Z., Tuo, X. (2019, June 16-19). *Optimization of sound absorption performance of woven fabric*. Madrid. inter.noise2019.