

**HAVLU KUMAŞLARIN SES YUTUM
DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI**

Şule IHLAMUR



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVLU KUMAŞLARIN SES YUTUM DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI

Şule IHLAMUR
0000-0001-6588-3789

Prof. Dr. Recep EREN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS
TEKSTİL MÜHENDİLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – ŞUBAT 2022
Her Hakkı Saklıdır

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

24/02/2022

Şule IHLAMUR

ÖZET

Yüksek Lisans

HAVLU KUMAŞLARIN SES YUTUM DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI

Şule IHLAMUR

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep EREN

Bu tez çalışmasında farklı atkı ve hav uzunluklarında, iki farklı atkı ipliği, tek hav çözgü ipliği kullanılarak üretilen 18 farklı havlu kumaş numunesi ve aynı 18 kumaş numunesine şardonlama yapılarak elde edilen tek kat ve çift kat havlu kumaş numuneleri ile birlikte 36 farklı kumaş numunesinin ses yutum ölçümleri gerçekleştirilmiş olup havlu kumaşların ses yutum özellikleri ile kumaş yapısal parametreleri (atkı sıklığı, hav uzunlukları ve atkı ipliği numarası) arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Bu çalışma için öncelikli olarak kumaş parametreleri belirlenmiş ve belirlenen parametreler doğrultusunda kumaş üretimleri yaptırılmıştır. Çalışma için 2 parametre belirlenmiştir. Bu parametreler hav çözgü uzunluğu ve atkı sıklığıdır. Bu iki parametre değiştirilerek farklı konstrüksiyonlarda kumaş yapıları elde edilmiştir. Ardından aynı sıklık değerlerinde atkı ipliği değiştirilerek ikinci grup kumaş numuneleri üretilmiştir. Bu kumaşların da hava geçirgenliği, kalınlık, gramaj gibi fiziksel özellikleri ölçülmüş buna etkisel olarak ses yutum katsayıları ile arasındaki doğrusal yada dolaylı olabilecek etkiler araştırılmıştır. Son olarak ise aynı kumaş numuneleri üzerine şardonlama işlemi uygulanmış ve şardonlu kumaşların tek kat ve çift kat olarak hava geçirgenliği, kalınlık, gramaj gibi fiziksel özellikleri ölçülmüş buna etkisel olarak ses yutum katsayıları ile arasındaki doğrusal yada dolaylı olabilecek etkiler araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Havlu kumaş, ses, ses yutumu, empedans tüpü, hava geçirgenliği
2022, xii + 104 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF SOUND ABSORPTION PROPERTIES OF TERRY FABRICS

Şule IHLAMUR

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Supervisor: Prof. Dr. Recep EREN

In this MSc thesis, the sound absorption measurements of terry fabrics were conducted by using 18 different fabric samples obtained by two different weft yarn numbers, three different weft densities and pile lengths and then relationship between sound absorption and fabric structural parameters like weft density, pile length and weft yarn number were examined.

For this purpose, the terry fabric parameters were determined firstly and then fabric productions were done with the determined parameters. Two parameters were determined for the study. These parameters are pile length and weft density. By changing these two parameters, fabric structures of different constructions were obtained. Then, the second group fabric samples were woven by changing the weft yarn number at three different weft densities and pile lengths. Thickness, weight per square meter, air permeability and sound absorption values were measured and relation between sound absorption and fabric structural parameters were discussed considering air permeability, thickness and weight per square meter measurements results.

Key words: Terry fabric, sound, sound absorption, impedance tube, air permeability
2022, xii + 104 pages

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca, tez konumun belirlenmesi başta olmak üzere tez yazım sürecinde bana her konuda destek olan, yardımlarını esirgemeyen, tez yazım sürecim boyunca tüm aşamalarımnda liderlik eden saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Recep EREN' e öncelikli olarak teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında ihtiyaç duyduğum her an bilgi birikimini ve desteklerini benden esirgemeyen, tez yazımım ve testlerimin gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Bursa Uludağ Üniversitesi öğretim üyesi değerli hocam Dr. Fatih SÜVARİ' ye teşekkür ederim.

Tezimin hazırlanmasına verdiği destekten dolayı çalışma arkadaşlarım Coşkun SÜT, Özgür UNEL, Mehmet ÇELİK, saygıdeğer müdürüm Olcay GOYMEN başta olmak üzere tüm YEŞİM TEKSTİL çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ediyorum.

Son olarak ise benim için herşeyden önemli olan, tüm eğitim hayatım ve yüksek lisans çalışmam boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, her koşul ve şartta arkamda olan babam Hasan IHLAMUR'a ve annem Ayşe IHLAMUR'a, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, varlığıyla beni motive eden canım kardeşim Selim IHLAMUR'a sonsuz teşekkür ederim.

Şule IHLAMUR
24/02/2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
2.KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI.....	4
2.1. Ses Genel Tanımı ve Akustik	4
2.1.1 Ses dalgası.....	4
2.1.2. Dalga boyu	5
2.1.3. Sesin yayılma hızı	6
2.1.4. Frekans	7
2.1.5. Ses desibeli.....	8
2.1.6. Ses gücü ve ses basıncı	8
2.2. Sesin Genel Özellikleri	10
2.2.1. Sesin şiddeti	10
2.2.2. Sesin tınısı	10
2.2.3. Sesin yüksekliği (frekansı).....	10
2.2 Ses Yutumu	11
2.3. Ses Yutumunda Kullanılan Malzemelerin Genel Özellikleri	15
2.3.1. Ses yutumuna etki eden faktörler	16
2.4. Ses Yutum Değerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	19
2.4.1. Empedans tüpü	19
2.4.2. Yankı (çınlanım) odası.....	22
2.4.3. Alfa kabin testi.....	22
2.5.Tekstil Sektöründe Ses.....	24
2.5.1. Yanmaz akustik süngerler	24
2.5.2. Akustik kaplı panel	25
2.5.3. Viyol veya piramit süngerler.....	25
2.5.4. Firexpan köpük sünger	26
2.5.5. Akustik labirent sünger	27
2.5.6. Ses kesici yanmaz süngerpan	28
2.6.Tekstil Sektöründe Ses Yalıtımı Amacıyla Kullanılan Tekstil Yapıları ve Genel Özellikleri.....	29
2.7. Havlu Kumaşlar.....	32
2.7.1. Havlu kumaşların genel tanımı	32
2.7.2. Havlu kumaş üretiminde kullanılan iplik ve elyaf türleri	37

2.8. Önceki Çalışmalar.....	39
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	47
3.1 Materyal.....	47
3.2 Yöntem.....	49
3.2.1 Gramaj ölçümü.....	49
3.2.2. Kalınlık ölçümü.....	50
3.3.3 Hava geçirgenliği ölçümü	51
3.3.4 Ses yutum ölçümleri.....	52
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1 Şardonlanmış Havlu Kumaşların Testleri.....	73
5. SONUÇ.....	99
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ.....	104

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
dB	Desibel
f	Frekans
λ	İletkenlik katsayısı
C	Kabin düzeltme katsayısı
T	Periyot
μ	Su buharı difüzyon direnci katsayısı
LW	Ses kaynağından yayılan enerji
V	Ses ölçümü yapılan kabin hacmi
S	Ses ölçümü yapılan numune alanı
c	Ses dalgası yayılma hızı
SPL	Ses basıncı

Kısaltmalar	Açıklama
Hz	Hertz
log	Logaritma
OE	Openend iplikçilik sistemi
W	Watt

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Günlük hayatta karşılaşılan gürültü örnekleri.....	1
Şekil 2.1. Ses dalgasının hareketi.....	5
Şekil 2.2. Titreşimin sahip olduğu dalga boyunun gösterimi.....	6
Şekil 2.3. Ses dalgaları,şiddet ve frekans arasındaki ilişki.....	7
Şekil 2.4. Dalga boyuna göre kalın ve ince sesler.....	11
Şekil 2.5. Ses yutumu şematik gösterimi.....	12
Şekil 2.6. Sesin karşılaştığı ortama göre dağınık ve düzgün yansıması.....	13
Şekil 2.7. Ses yalıtımı ve ses absorpsiyonu.....	13
Şekil 2.8. Polietilen tereflat malzeme örneği.....	14
Şekil 2.9. Mikrofiber örneği.....	14
Şekil 2.10 : a) 4dg, b) trilobal, c) dairesel enine kesitler.....	17
Şekil 2.11. Empedans tüpü çalışma düzeneği.....	19
Şekil 2.12. Farklı çaplardaki ölçüm tüpleri.....	20
Şekil 2.13. Ses iletim kaybı ölçüm düzeneği	21
Şekil 2.14. Çınlanım odası gerçek ölçümü.....	22
Şekil 2.15. Sabin formülü değerlerinin açıklamalar.....	23
Şekil 2.16. Alfa kabin ölçüm yöntemi şematiği.....	23
Şekil 2.17. Yanmaz akustik sünger.....	24
Şekil 2.18. Akustik kaplı panel.....	25
Şekil 2.19. Viyol akustik sünger örneği.....	26
Şekil 2.20. Firexpan köpük sünger.....	27
Şekil 2.21. Akustik labirent sünger örneği.....	28
Şekil 2.22. Saksoni dokuma kumaş örneği.....	29
Şekil 2.23. Dokusuz yüzey kumaş yapısı.....	30
Şekil 2.24. Spacer kumaş örneği.....	30
Şekil 2.25. Polimer kompozit yapı örneği.....	31
Şekil 2.26. Hibrit yapı örneği.....	32
Şekil 2.27. Havlu kumaş gruplarının sınıflandırılması.....	33
Şekil 2.28. Havlu dokuma makinesinin enine kesit görünümü.....	34
Şekil 2.29. Havlu kumaş üretiminde kullanılan alt ve üst çözgü levendi.....	35
Şekil 2.30. Havlu kumaşlarda en sık kullanılan üç atkılı hav oluşum prensibi.....	36
Şekil 2.31. Havlu kumaş yüzey üretim yöntemi.....	37
Şekil 2.32. Taramalı elektron mikroskobu çalışma prensibi.....	39
Şekil 2.33. Ses yutumunda kullanılan ölçüm cihazının iç yapısı.....	40
Şekil 2.34. Açık gözeneklilik oranındaki artış ile ses yutum kabiliyeti arasındaki ilişki...42	
Şekil 3.1. Kumaş kesici.....	49
Şekil 3.2. Hassas terazi.....	49
Şekil 3.3. Kalınlık ölçer.....	50
Şekil 3.4. Hava geçirgenliği test cihazı.....	51
Şekil 3.5. Empedans tüpü ses yutum cihazı.....	52
Şekil 4.1. N1, N2 ve N3 numunelerinin hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişimi.....	54
Şekil 4.2 N1, N2 ve N3 numunelerinin hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi.....	55

Şekil 4.3. N1, N2 ve N3 numunelerinin hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi.....	55
Şekil 4.4. N4, N5, N6 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişimi.....	56
Şekil 4.5. N4, N5, N6 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi.....	57
Şekil 4.6. N4, N5, N6 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi.....	57
Şekil 4.7. N7, N8, N9 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişim.....	58
Şekil 4.8. N7, N8, N9 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi.....	59
Şekil 4.9. N7, N8, N9 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi.....	59
Şekil 4.10. N10, N11, N12 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişimi.....	61
Şekil 4.11. N10, N11, N12 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi.....	61
Şekil 4.12. N10, N11, N12 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi.....	62
Şekil 4.13. N13, N14, N15 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişimi.....	63
Şekil 4.14. N13, N14, N15 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi.....	63
Şekil 4.15. N13, N14, N15 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi.....	64
Şekil 4.16. N16, N17, N18 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişimi.....	65
Şekil 4.17. N16, N17, N18 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi.....	66
Şekil 4.18. N16, N17, N18 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi.....	66
Şekil 4.19. N1, N2, N3 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları.....	67
Şekil 4.20. N4, N5, N6 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları.....	68
Şekil 4.21. N7, N8, N9 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları.....	69
Şekil 4.22. N10, N11, N12 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları.....	70
Şekil 4.23. N13, N14, N15 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları.....	71
Şekil 4.24. N16, N17, N18 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları.....	72
Şekil 4.25. Şardon üretim verileri.....	73
Şekil 4.26. 15 atk/cm atkı sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş hav uzunluğu değişimindeki kalınlık sonuçları.....	76

Şekil 4.27. 19 atk1/cm atk1 sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki kalınlık sonuçları.....	76
Şekil 4.28. 24 atk1/cm atk1 sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki kalınlık sonuçları.....	77
Şekil 4.29. 15 atk1/cm atk1 sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki gramaj sonuçları.....	78
Şekil 4.30. 19 atk1/cm atk1 sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki gramaj sonuçları.....	78
Şekil 4.31. 24 atk1/cm atk1 sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki gramaj sonuçları.....	79
Şekil 4.32. 15 atk1/cm atk1 sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki hava geçirgenliği sonuçları.....	80
Şekil 4.33. 19 atk1/cm atk1 sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki hava geçirgenliği sonuçları.....	80
Şekil 4.34. 24 atk1/cm atk1 sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki hava geçirgenliği sonuçları.....	81
Şekil 4.35. 15 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki kalınlık değişimi.....	82
Şekil 4.36. 19 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki hava kalınlık değişimi.....	82
Şekil 4.37. 24 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki hava kalınlık değişimi.....	83
Şekil 4.38. 15 atk1/cm atk1 sıklığında atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki gramaj değişimi.....	84
Şekil 4.39. 19 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki gramaj değişimi.....	84
Şekil 4.40. 24 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki gramaj değişimi.....	85
Şekil 4.41. 15 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki hava geçirgenliği değişimi.....	86
Şekil 4.42. 19 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki hava geçirgenliği değişimi.....	86
Şekil 4.43. 19 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki hava geçirgenliği değişimi.....	87
Şekil 4.44. 15 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne16/1 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları.....	88
Şekil 4.45. 19 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne16/1 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları.....	88

Şekil 4.46. 24 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne16/1 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları.....	89
Şekil 4.47. 19 atk1/cm atk1 sıklığı 15 hav yüksekliğinde tek katlı şardonlu ve şardonsuz havlu kumaş numunelerinin ses yutum sonuçları.....	90
Şekil 4.48. 15 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları..	91
Şekil 4.49. 19 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları.	91
Şekil 4.50. 24 atk1/cm atk1 sıklığında, atk1 ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları.	92
Şekil 4.51. Tek yüzü şardonlu tek katlı N18 ile şardonsuz N18 ses yutum performanslarının karşılaştırılması.....	95
Şekil 4.52. Çift kat şardonlu 15 atk1/cm atk1 sıklığında atk1 ipliği Ne16/1 hav ipliği Ne20/2 havlu kumaş numunelerinin ses yutum sonuçları.....	96
Şekil 4.53. Atk1 ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 tek yüzü şardonlu tek katlı ve tek yüzü şardonlu havlu kumaşların ses yutum performanslarının karşılaştırılması.....	97
Şekil 4.54. Çift kat şardonlu 19 atk1/cm atk1 sıklığında atk1 ipliği Ne16/1 hav ipliği Ne20/2 havlu kumaş numunelerinin ses yutum sonuçları.....	97
Şekil 4.55. Atk1 ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 şardonlu çift kat havlu kumaşlar ile şardonsuz havlu kumaşların ses yutum performanslarının karşılaştırılması.....	98

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

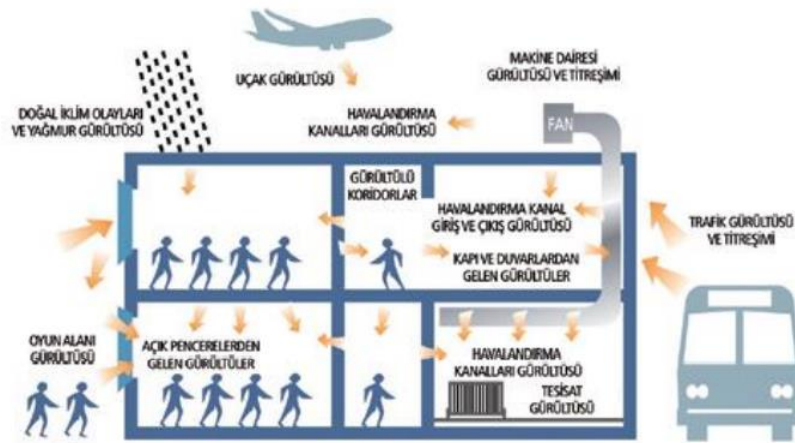
Çizelge 2.1. Farklı alanlarda ses hızı.....	6
Çizelge 2.2. Frekans ve ses ilişkisi.....	7
Çizelge 2.3. Farklı ortamlarda duyulan ses gücü.....	9
Çizelge 3.1. Birinci grup havlu kumaş üretim parametreleri.....	47
Çizelge 3.2. Ne 16/1 atkı ipliği kullanılan kumaş üretim parametreleri.....	48
Çizelge 3.3. Ne20/2 atkı ipliği kullanılan kumaş üretim parametreleri.....	48
Çizelge 4.1. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 15 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	53
Çizelge 4.2. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 19 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	53
Çizelge 4.3. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 24 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	53
Çizelge 4.4. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 15 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	60
Çizelge 4.5. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 19 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	60
Çizelge 4.6. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 24 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	60
Çizelge 4.7. Atkı ipliği Ne16/1/ hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 15 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	74
Çizelge 4.8. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 19 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	74
Çizelge 4.9. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 24 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	74
Çizelge 4.10. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 15 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	75
Çizelge 4.11. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 19 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	75
Çizelge 4.12. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 124 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	75
Çizelge 4.13. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 15 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	92
Çizelge 4.14. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 19 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	93
Çizelge 4.15. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 24 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	93

Çizelge 4.16. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 15 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	93
Çizelge 4.17. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 19 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	94
Çizelge 4.18 Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 24 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları.....	94

1. GİRİŞ

Günümüz çağında hızla gelişen ve yenilenen teknolojinin çağımız beraberinde insan sağlığını olumsuz etkileyebilen birçok sorunu da getirerek büyümeye devam etmektedir. Bu sorunların en önemlilerinden bir tanesi de insan doğasının en temel ihtiyaçlarından birine hizmet eden duyularımıza zarar veren gürültü kirliliğidir.

Günümüzde hızla artan nüfus yoğunluğu ile birlikte yaşam alanları kalabalıklaşmış insanlar birbirlerine yakın yaşam alanlarında yaşamaya başlamışlardır. Hızlı konutlaşma, uygun fiyatlı konutlaşma, doğal afetler sonrası hızlı yapılanma gibi birçok sebep sonrası ses yutumuna uygun olmayan konutlaşma gerçekleştirilmiş olup insan sağlığı ve yaşam konforunu önemli ölçüde etkileyen gürültü kirliliği problemi göz ardı edilmiştir (Yapı, 2010).



Şekil 1.1. Günlük hayatta karşılaşılan gürültü örnekleri (Ursa, 2011)

Gürültü genel tanımıyla insan psikolojik ve fiziksel sağlığını olumsuz yönde etkileyen huzursuzluk ve rahatsızlık teşkil eden sesler bütünü olarak tanımlanabilir.

Bir diğer tanımı şiddetli yapısı dolayısıyla insan iç kulak zarlarını tahribata uğratabilen ses olarak da tanımlanabilmektedir. En şiddetli ses duyum dalgası 150 desibeldir. Bu desibel ağrı desibeli olarak da adlandırılmaktadır (Öz ve ark., 2020).

Örneğin yoldan geçen yük araçlarından çıkan desibel 80 desibeldir fakat hava yolu taşımacılığında kullanılan araçlardan çıkan ses decibeli 120-145 desibel ile ağrı eşiğine çok yakındır. Gürültü kirliliğinin insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri ile ilgili yapılan birçok araştırmanın sonucunda kalp krizleri, damar sertleşmeleri, dolaşım bozuklukları, metabolik uyumsuzluklar, deri sıcaklığının düşmesi, agresif ruh hali gibi birçok fiziksel ve psikolojik etkileri olduğu sonucuna varılmıştır (Kaya ve Dalgat, 2017).

Gürültü kirliliğinin önlenmesinin insan sağlığı dışında bir diğer avantajı da ticari nedenlerdir. Sessiz otomobiller, sessiz süpürgeler, sessiz çamaşır makineleri, daha az gürültü ortaya çıkartan iş makineleri diğer makinelere göre tüketici tarafından daha fazla tercih edilmektedir. Buna bağlı olarak da gürültünün önlenmesiyle verimlilik arasında bir doğru orantı olduğu söylenebilir. Son zamanlarda gürültünü azaltılması ve verimliliğin artırılması için otomobillerde ağırlıkların azaltılması üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak bu durum titreşim seviyesini arttırarak ses basınç seviyelerini daha da yükseltmiştir.

Literatürde gürültünün önlenmesinin aktif ve pasif yollarla kontrol edilebildiğine değinilmiştir. Aktif yollarda müdahale direkt olarak sesi kaynağa geri yansıtmak için kullanılan rezenatörler ve susturuculardır. Ancak bu yöntemler kaynağından çıkan ses yüksekliğinin alıcı tarafından algılanma seviyesini düşürmede etkin bir role sahip değildirler.

Aynı zamanda maliyet açısından yüksek olmaları dezavantajlı olan bir başka yönleridir. Pasif yollar ise maliyet açısından çok daha uygun kullanılabilirlik açısından daha basit ve tüm bu özellikleri dolayısıyla tüketim olarak daha yaygın olan yöntemlerdir. Bunlar sesi alıcıdan daha uzağa yansıtmayı hedefleyen bariyerler ve koruyuculardır (Liu, 2020).

Gürültü kirliliğinin önlenmesi ve konfor alanının artırılması için bir çok sektörde ses yalıtımı, ses yutumu ile ilgili çalışmalar yapılmış olup günlük hayatta tüketici kullanımına sunulmuşlardır.

Bu düzende tekstil sektörü içerisinde gürültü önlenmesi ses yutumunun artırılması ile teknolojik ve akademik araştırmalar ve geliştirmeler yapılmış, gürültü önleyici ses yalıtımı sağlayan çeşitli ürün grupları ortaya çıkartılmıştır (Aydemir, H., 2013).

Gürültüyü azaltmanın en yaygın yöntemlerinden biri ses kaynağını, alıcıyı ya da her ikisini birden çevrelemektir. Bu duruma örnek olarak otomobiller verilebilir. Otomobillerde hem araç motorlarında bir gürültü önleyici bariyer bulunur hem de araç iç kaplamalarında sürücü ve yolcuların dış ortamdaki seslerden daha az etkilenmeleri için araç içi kaplamalarda kullanılmaktadır (Liu, 2020).

Bu yüksek lisans tez çalışmasında yüzeye dik doğrultuda hav ipliklerin konumlanmasından dolayı ses yutum özelliklerinin iyi olması beklenen havlu kumaşların değişik kontsüksiyonlarda üretilmesiyle ses yutum davranışları araştırılmıştır. Bu amaçla toplam 18 farklı yapıda havlu kumaş numunesi üretilerek kalınlık, gramaj, hava geçirgenliği ve ses yutum davranışları ölçülmüş ve ses yutumu ile havlu kumaş yapısal parametreleri arasındaki ilişki hava geçirgenliği, gramaj ve kalınlık göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Ardından 18 kumaş numunesinin tek yüzüne lif yüzey alanının artırılması amacıyla şardonlama işlemi uygulanmış, şardonlanan kumaş numunelerinin hava geçirgenliği ve ses yutum davranışları ölçülmüş ve ses yutumu ile havlu kumaş yapısal parametreleri arasındaki ilişki hava geçirgenliği, gramaj ve kalınlık değerleri ile ilişkilendirilerek değerlendirme yapılmıştır.

1. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI

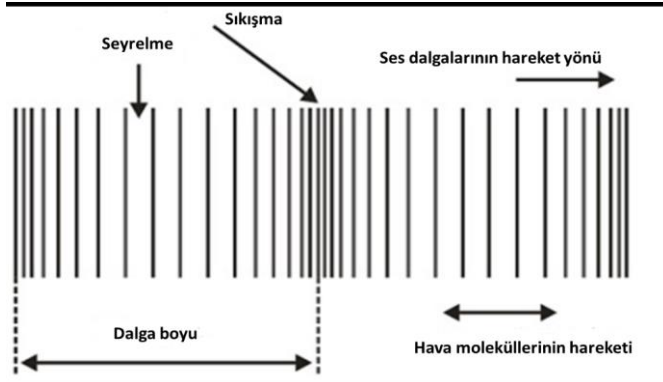
1.1. Ses Genel Tanımı ve Akustik

Katı, sıvı ve gaz halindeki maddelerin oluşturduğu tanecikli (maddesel) ortamlarda dalgasal olarak (dalga şeklinde) yayılabilen enerji türüne ses denir. Ses, titreşimlerden oluşan bir enerji türüdür. Akustik ise ses dalgalarının yayılımsal bir düzeyde açık olmayan tünel ve boru şeklindeki yapılarda dağılımı ve yayılımı üzerine çalışan bilim dalıdır. (Ersoy, 2007).

2.1.1 Ses dalgası

Sesin meydana gelebilmesi için 3 ana bileşene ihtiyaç vardır. Bunlar sesi meydana getiren kaynak, mekan ve kulaktır. Sesin varlığından söz edebilmek için ortamda dalga hareketlerinin de var olması gerekir. Dalga hareketlerinin biraraya gelmesiyle titreşim oluşur ve bu da farklı şiddette meydana gelen titreşim hareketleriyle farklı boylarda ses dalgalarının oluşmasını sağlar (Kadam ve Nayak, 2016).

Ses dalgaları temelde ikiye ayrılırlar. Bu ayrılmanın sebebi sesin yayılım gösterdiği ortamdan kaynaklanmaktadır. Ses dalgaları boşlukta yayılamazlar, ses dalgalarının yayılabilmesi için maddenin temel üç halinden (katı,sıvı, gaz) birinde olması gerekmektedir. Bu sebeple ses dalgaları mekanik dalgalardır. Ortamda yayılım gösterebilmek için bu üç halden birine ihtiyaç duymayan yani boşluk içerisinde de yayılabilen dalgalar ise elektromanyetik dalgalardır. Ses dalgaları mekanik dalgalar oldukları için dalga şekilleri uzunlamasınadır (Dinçer ve Yalçın, 2002)



Şekil 2.1. Ses dalgasının hareketi (Embibe Institutes, 2019)

Ses dalgaları ortam içerisinde yayılırken birbirini takip eden yarım halkalar olarak arka arkaya yayılırlar. Birbirini takip eden iki ses dalgası arasındaki sıkışma ve ayrılma bölgeleri dalga boyu olarak ifade edilen mesafelerini meydana getirir (Kadam ve Nayak, 2016).

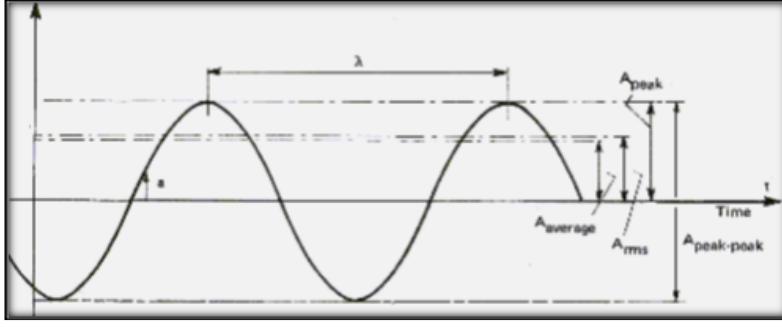
2.1.2. Dalga boyu

Sesin, ses dalgalarının birbirleriyle olan titreşim hareketlerinden meydana geldiğinden bahsetmiştik. Bu titreşim hareketlerinin belirli bir süre içerisinde katettiği yol dalga boyu olarak adlandırılır. Dalganın frekansı (f) ve dalganın yayılma hızı (c) dalga boyu (λ) ile doğrudan ilişkilidir (Ersoy, 2007).

Dalga boyunu hesaplayabilmek için aşağıdaki formülasyon kurulmalıdır;

$$\lambda = cT = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

Eşitlik 2.1' de, λ dalga boyu, T periyot, c sesin hızı ve f frekansı ifade etmektedir.



Şekil 2.2. Titreşimin sahip olduğu dalga boyunun gösterimi (Ersoy, 2007)

2.1.3. Sesin yayılma hızı

Sesin yayılma hızı bulunduğu mekanın özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Akustik biliminde ses şiddeti ile ilgili en belirleyici etmen havadır. İnsan çevrede oluşan sesi bulunduğu ortam aracılığıyla algılar.

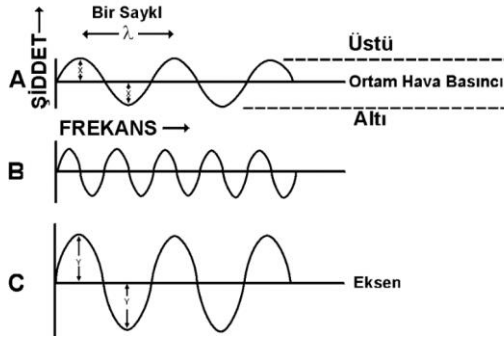
Ses ortamın üç halinde de dalgalar halinde ilerleyen bir enerji türüdür ve bu noktada da sesin yayılma hızını gösteren ses dalgaları ve frekanstır. Fakat aynı zamanda ses dalgaları frekanstan etkilenmez ve tüm frekanslarda sesin yayılma hızı sabittir (Özer, 1979).

Çizelge 2.1. Farklı alanlarda ses hızı (Owen, 2009)

Ortam	Sesin Hızı	
	ft/s	m/s
Çelik	16500	5029
Alüminyum	16000	4877
Tuğla	13700	4176
Tahta	13000	3962
Cam	13000	3962
Prinç	11400	3475
Beton	10600	3231
Su	4700	1433
Hava	1129	344
Plastik	130 - 490	40 - 149

2.1.4. Frekans

Ses titreşimlerin bir araya gelmesiyle oluşur, belirli bir zamanda (60 salise) bir araya gelen titreşimler frekans olarak isimlendirilir ve Hertz (Hz) birimi ile gösterilir.



Şekil 2.3. Ses dalgaları,şiddet ve frekans arasındaki ilişki

Frekans ve ses ile ilgili ortaya çıkan çalışmalar şunu göstermektedir ki işitilebilen ses düzeyinin belirli bir maksimum sınırı vardır. İnsanlarda bu sınır 16000 Hertz'dir.

Fakat çevrede meydana gelen ses dalgalanmalarından kaynaklı olarak bu değerde değişimler gözlenebilmektedir (Özer, 1979). Çevrede meydana gelen bu ses dalgalanmaları gürültü olarak adlandırılmaktadır. Aşağıda gösterilen çizelgede meydana gelen ses dalgalanmalarının frekansa olan etkisi gösterilmiştir (Günel, 2020).

Çizelge 2.2. Frekans ve ses ilişkisi (Özer, 1979)

Frekans (Hz)	Ses
16-100	Çok kalın
100-400	Kalın
400-1600	Orta kalın
1600-3150	İnce
3150-16000	Çok ince

2.1.5. Ses desibeli

Desibel belirli bir referans güç ya da belirli bir miktar seviyeye olan oranıdır. Desibel sesin şiddetini ölçülmesinde daha doğrusu karşılaştırılmasında kullanılan logaritmik ve boyutsuz bir birimdir. Desibel daima iki değer arasındaki karşılaştırmadır. Desibel ses şiddetinin birimi değil ses şiddeti karşılaştırmalarında kullanılan bir kıstastır. Sesin desibel değeri, duyulan sesin duyulabilir en düşük sestten kaç kat fazla olduğunu göstermektedir. Ses desibeli;

I = Duyulan ses

I_0 = Duyulabilir en düşük ses olmak üzere

$$I (dB) = 10 * \log_{10} (I / I_0) \quad (2.2)$$

eşitliğiyle hesaplanmaktadır (Altınmakas ve ark., 2007)

2.1.6. Ses gücü ve ses basıncı

Ses gücü sesin çıktığı merkezden yani kaynaktan etrafa doğru yayılım gösteren ses enerjisinin sahip olduğu güç olarak tanımlanmaktadır. Ses gücünü tanımlamakta kullanılan birim belirli bir zamanda ortama yayılım gösteren sesin sahip olduğu enerjidir ve watt ile gösterilmektedir. Watt olarak sesin sahip olduğu güç:

$$I = W / m^2 \quad (2.3)$$

Bir başka formülle ses basıncı;

$$L_W = 10 \log w / w_0 (dB) \quad (2.4)$$

olarak hesaplanmaktadır.

L_W : Ses kaynağından ortama yayılan enerji olarak ifade edilmektedir (Owen, 2009).

Çizelge 2.3. Farklı ortamlarda duyulan ses gücü (Owen, 2009)

Kaynak	Ses gücü (W)	Ses gücü seviyesi (dB)
Fırlatılan uzay mekiği	10^8	200
Havalanan jet uçakları	10^4	160
Küçük uçak motoru	1	120
Otoban hızında yük kamyonu	0,01	100
Bağırın ses	0,001	90
Çöp yok etme birimi	10^{-4}	80
Havalandırma fanı	10^{-6}	60
Ofis hava difüzörü	10^{-7}	50
Küçük elektrik saati	10^{-8}	40
Fısıltı sesi	10^{-9}	30
Yaprak hışırtısı	10^{-10}	20
İnsan nefesi	10^{-11}	10

Burada şu husus unutulmamalıdır ki sesin gücü sesi meydana getiren bir kaynak tarafından üretilir ancak bu kaynak tarafından üretilen sesin tamamı ses gücü olarak dönüşüm göstermez (Özer, 1979).

Sesin gücü ortamda bulunan kaynaklardan yayılan gürültünün sıralanmasında sesin şiddeti ise bu gürültüyü meydana getiren unsurların bulunmasında kullanılmaktadır. Gürültü kaynaklarının bulunabilmesinde ve ortaya çıkartabilecekleri zararların takip edilebilmesinde en etkili birim sesin sahip olduğu basınçtır. Ses basıncı Pascal birimi ile ifade edilmektedir ve N/m^2 formülü ile hesaplanmaktadır. İnsan işitme organı belirli bir sınır aralığındaki sesleri işitebilmektedir. Bunlar 2×10^{-5} alt sınır, 20 Pa üst sınır ses basınçlarıdır. İnsan kulağının işitebileceği ideal ses basıncı aşağıdaki Formülasyon (2.5) ile basitçe hesaplanabilmektedir (Özkal, 2019).

$$SPL=L_P = 10\log\left(\frac{P}{P_{ref}}\right)^2 = 20\log\left(\frac{P}{P_{ref}}\right) (dB) \quad (2.5)$$

Duyulabilen desibel düzeyleri kendi içlerinde gürültü seviyelerine göre sıralanmaktadır. Bu sıralama 30- 65 dB aralığı, I. dereceden gürültüler olarak, 65-90 dB aralığı, II. dereceden gürültüler, 90-120 dB aralığı, III. dereceden gürültüler, 120-140 dB aralığı IV. dereceden gürültüler, 140 dB'in üzerindeki ise V. dereceden gürültüler olarak sınıflandırılmaktadır. III. derece gürültülerden itibaren, sağlık açısından riskli bir ortam ortaya çıkmaktadır (Özer, 1979).

1.2.Sesin Genel Özellikleri

Çevremizde duyduğumuz sesler çok çeşitli özelliklerde olabilmektedirler. Çevremizdeki sesleri birbirinden ayırmamızı sağlayan özellikler sesin şiddet, sesin tınısı ve sesin yüksekliğidir (Kaya, 2016).

2.2.1. Sesin şiddeti

Sesin zayıf veya kuvvetli olmasına sesin şiddeti denir. Sesin şiddeti desibel (dB) birimi ile belirtilir. 0-60 (dB) arasındaki sesler insan kulağını rahatsız etmez (Kaya, 2016).

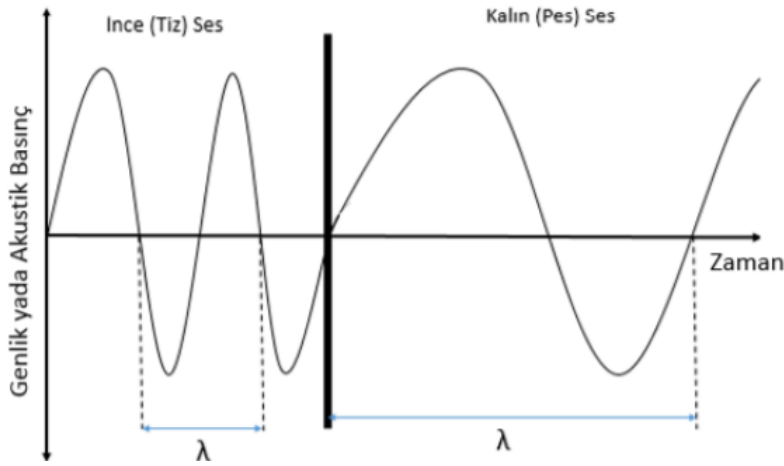
2.2.2. Sesin tınısı

Aynı sesin çeşitli müzik aletlerinden çıktığı zaman gösterdiği farklılığa sesin tınısı denir. Tını, sesin farklılığını ifade eden bir terimdir. Örnek olarak aynı notaların bir gitar ve bir keman ile çalındığında duyulan sesin farklı yumuşaklıkta olması verilebilir (Özkal, 2019).

2.2.3. Sesin yüksekliği (frekansı)

İnce sesi kalın sestten ayıran özelliğe sesin yüksekliği denir. Ses yüksekliği, ses kaynağının titreşme hızına bağlıdır. Ses kaynakları hızlı titreştiği zaman sesin yüksekliği artar ve ses ince (tiz) çıkar. Ses kaynakları yavaş titreştiği zaman sesin yüksekliği azalır ve ses kalın (pes) çıkar. Ses kaynağının 1 saniyedeki titreşim sayısına frekans denir. Frekans birimi hertz`dir ve Hz ile gösterilir.

Frekansı büyük olan ses kaynağı ince, frekansı küçük olan ses kaynağı kalın ses verir. Sesin yüksekliği ses kaynağı olarak kullanılan telin boyuna, gerginliğine, kalınlığının (kesitine) ve cinsine bağlıdır. Kalınlıkları farklı, diğer özellikleri aynı olan iki telin verdiği seslerin yükseklikleri (frekansları) farklıdır. İnce telin verdiği sesin yüksekliği (frekansı) daha fazladır yani sesi incedir. Cinsleri farklı, diğer özellikleri aynı iki telin verdiği seslerin yükseklikleri (frekansları) farklıdır. Gerginlikleri farklı, diğer özellikleri aynı olan iki telin verdiği seslerin yükseklikleri (frekansları) farklıdır. Gergin telin verdiği sesin yüksekliği (frekansı) daha fazladır yani sesi incedir. Uzunlukları farklı, diğer özellikleri aynı olan iki telin verdiği seslerin yükseklikleri (frekansları) farklıdır. Uzun telin verdiği sesin yüksekliği (frekansı) daha fazladır yani sesi incedir (Kaya, 2016).



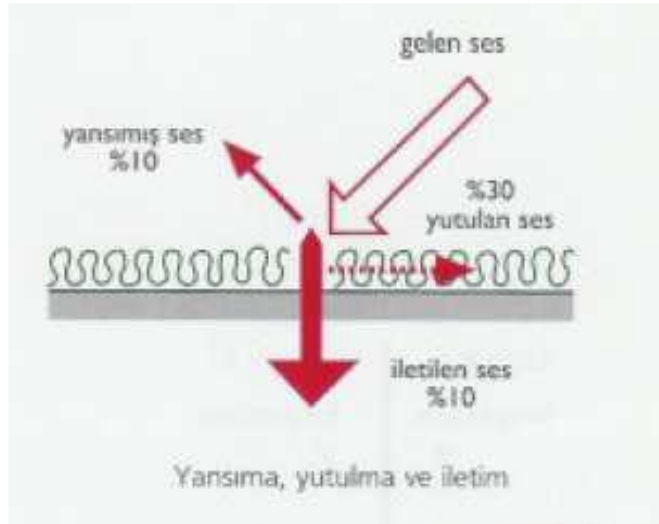
Şekil 2.4. Dalga boyuna göre kalın ve ince sesler (Kaya, 2016)

2.2 Ses Yutumu

Çevremizdeki seslerden korunmak için temelde iki ayrı uygulamaya başvurulur bu yöntemler sesin absorbe edilmesi (yutulması) ve ses yalıtımıdır. Ses absorpsiyonu ve yutumu çoğunlukla aynı terimi ifade ediyormuş gibi görünmesine karşılık reelde birbirinden tamamiyle farklı iki kavram olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sesin yutumunda havadaki moleküller ses yutumu amacıyla kullanılan malzeme içerisine giriş yaptıktan sonra malzeme ile etkileşime geçerek ses enerjisinin bir bölümünü ısı enerjisine dönüştürürler ve böylece sesin enerjisi azaltılmış olur.

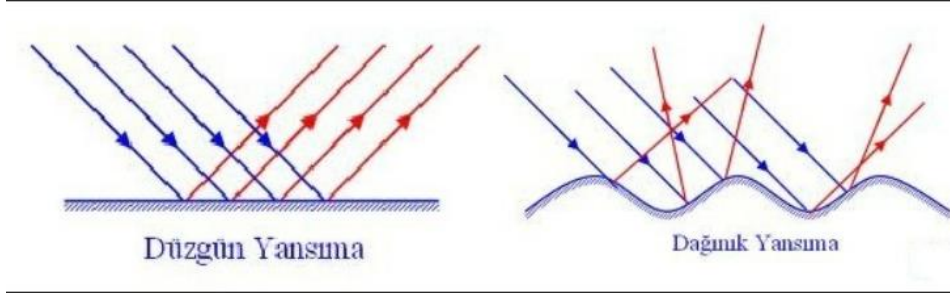
Ses absorpsiyonunda ses kaynağından çıkan sesin ne kadarının ses ortamında yutulduğu belirtilir (Tascan, 2008).



Şekil 2.5. Ses yutumu şematik gösterimi (<http://haliccevre.com/images/PDF/s-17.pdf>, 2020)

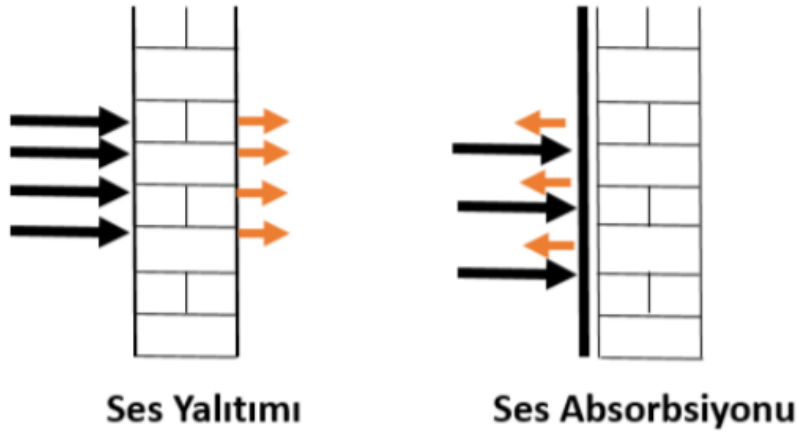
Ses dalgaları bulunduğu mekanda karşılaştığı engellere verdiği tepkilere farklı bir davranış gösterir, bunlardan biri de kendi sahip olduğu dalga boyundan daha büyük bir dalga boyuna ve düzgün bir yüzeye sahip olan bir engelle karşılaştığında ses yansıma yaparak bir nevi geri teper. Bu duruma düzgün yansıma denir. Düzgün yansımayı aşağıdaki şekilde görebiliriz.

Bir diğer durum ise ses dalgaları eğer kendi dalga boyundan daha küçük ve düzenli olmayan bir ortamda yayılım gösterirse bu durumda ses yüzeye düz bir açıyla çarpıp dağınık bir düzende ortamdan geri yayılım gösterir. Bu duruma dağınık yansıma ya da bir diğer adıyla saçılma da denebilir (<http://haliccevre.com/images/PDF/s-17.pdf>, 2020).



Şekil 2.6. Sesin karşılaştığı ortama göre dağınık ve düzgün yansımaları (Aydemir, 2013)

Ses yalıtımı durumunda ise ses dalgaları, içinde yol aldıkları ortamdan farklı yoğunluk veya esneklikte bir engelle karşılaşır ve enerjinin bir bölümü yansıtılır, bir kısmı da ısı enerjisine dönüşerek soğurulur, kalan kısmında geçişini tamamlar. Bina dış kabuğunu oluşturan yalıtım malzemeleri de yapısı ve tasarımına bağlı olarak dış kaynaklı gürültünün içeri geçişini az veya çok derecede önleyen bu tür engellerdir (Öz ve ark., 2020).



Şekil 2.7. Ses yalıtımı ve ses absorpsiyonu (Kaya, 2016)

Endüstride ses yalıtımı amacıyla birçok malzeme kullanılmaktadır. Özellikle inşaat ve otomotiv sektörlerinde ses yalıtımı büyük önem arz etmektedir.

Bu sektörlerde, metal demir vb yoğunluğu yüksek olan malzemeler etrafta yayılan ses dalgalarını ideal bir biçimde geri yansıtabilirler ancak malzemeler rijit ve çok sıkı bir iç yapıya sahip oldukları için çevredeki ses dalgalarını kendi iç yapılarında hapsedemezler ve dışarı yansıtırlar. Sonuçta çevreye gürültü yayılımı gerçekleşir. Bu sebeple bu sektörlerde de ses dalgalarını etkili bir biçimde yalıtımını sağlayabilecek tekstil malzemelerinin kullanımına yönelinmiştir. Ses yalıtımı amacıyla tekstil malzemelerinin kullanılma amaçlarını temelde üç başlık altında toplamak istersek şu şekilde adlandırabiliriz. Tekstil malzemelerinin uygun fiyatlı üretime olanak sağlaması, malzeme yoğunluklarının düşük olması, gözenekli ve lifli yapıları.

Bu malzemelere örnek vermek gerekirse piyasada en çok kullanılan malzemeler; Microfiber yapılar, kompozit malzemeler ve elyaf ve elyaf türevleri olarak sıralanabilir. Örnek olarak otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan pişmaniye görünümlü pamuklar yada sentetik (plastik) elyaflar verilebilir. Burada kullanılan elyaf malzemelerinin çoğunluğu recycle (geri dönüştürülmüş) malzemelerdir (Palak, 2019)

Otomotiv sektöründe kullanılan diğer ses yutucu tekstil lifleri Şekil 2.8 ve 2.9’ da gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Polietilen tereflat malzeme örneği **Şekil 2.9.** Mikrofiber örneği (Palak, 2019)

2.3. Ses Yutumunda Kullanılan Malzemelerin Genel Özellikleri

Tekstil sektörü ve tüm sektörlerde ses yutumu beklentisi ile kullanılan kumaş, sünger yada çok fazlı yapılar seçilirken sahip oldukları özellikleri bakımından avantajları öncelikli olarak göz önünde bulundurulmaktadır.

Malzemelerin bulundukları hal akustik özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Malzeme yapısında bulunan atomlar, atomların birbirleri ile aralarındaki uzaklık, sürtünme katsayıları maddenin üç halinden hangisinde olduğu ses yutum performansını etkilemektedir. Daha yoğun halde bulunan malzemelerin ortamdan yansımaları daha yüksek olmaktadır.

Malzemenin ses enerjisinin ortamdan yansıma ile arasında doğru bir orantısı vardır. Sert olmayan malzemeler sesi bünyelerine daha kolay hapsederler ve akustik yutum özellikleri daha gelişmiş olur.

Daha ince malzemelerde sesin ilerleyeceği yol daha kısa olduğu için ses ile malzeme yüzeyi daha az sürtünür ve ses sahip olduğu enerjiyi korur. Bu sebeple daha kalın malzemelerin akustik performansları daha iyidir.

Daha elastik, daha kolay şekil alabilen malzemelerin yını yumuşak malzemeler gibi akustik özellikleri daha iyidir. Bunun sebebi bünyelerine daha fazla enerji hapsedebilmelerinden kaynaklanmaktadır.

Malzeme yüzey yapısı da ses enerjisini yayılmasını önemli ölçüde etkilemektedir. Ses enerjisinin ortamdaki varlığı ve derecesi yüzey yapısının yoğunluğu ve fiziksel olarak durumu ile ilişkilidir.

Malzeme yapısının gözenekli ya da kapalı yapıda olması da ses enerjisi ile ilişkisi yönünden önemli bir parametredir. Ses enerjisinin yayılmasını, malzeme içine hapsedilen ses enerjisini miktarını etkilemektedir.

Kütle yay kütle ilişkisi de özellikle ses yalıtımı alanında kompozit malzemelerin önemini ön plana çıkaran etmenlerden birisidir.

Hava akış direnci ise malzeme yapısının sahip olduğu özkütle, kalınlık ,yüzey yapısı gibi tüm ilişkilerin doğrudan bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Aşağıda daha detaylı olarak tüm bu özelliklere değinilmektedir (Attenborough K., 1982).

2.3.1. Ses yutumuna etki eden faktörler

Ses yutucu malzemeler ile yapılan araştırmalar sonucunda ses yalıtımı özelliğinin malzemenin tek bir tipine bağlı olmadığı malzemenin diğer özelliklerine de bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

a)Lifin incelik durumunun ses yutumuna etkisi

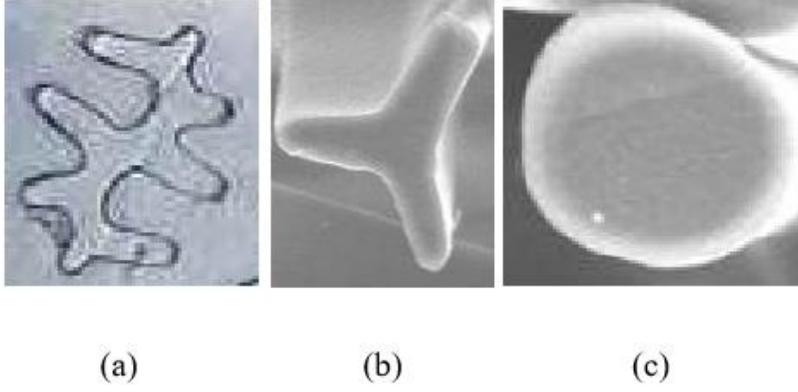
Lif yüzey alanı ile etkileşime geçen ses dalgaları ne kadar kıvrımlı ve engebeli bir yol ile karşılaşırsa lifin diğer yüzeyine geçecek ses dalgaları o oranda azalır.

Bu duruma bakacak olursak aynı hacimde ince ve kalın liflerde, ince lifli yüzeyde aynı hacimi elde etmek için daha fazla lif kullanılacağı için daha fazla kıvrımlı bir yapı ve daha yüksek hava direnci oluşmaktadır.

Dolayısıyla ince lif kullanılmasıyla kumaşın ses yutum katsayısı arttırılmış olur. Bunun sebebi ise hava direncinin daha yüksek olmasıdır (Marmaralı, 2014)

b)Lifin enine kesit şeklinin ses yutumuna etkisi

Liflerin enine kesit şekilleri değiştikçe daha farklı yüzey alanına sahip lifler elde edilir. Yapıdaki lif yerleşimleri düzensizleştikçe daha engebeli girintili çıkıntılı bir yüzey oluşur bu durum lif ve hava arasındaki sürtünmeyi arttırır ve buna bağlı olarak da ses yutum katsayılarında artış gözlenir.



Şekil 2.10: a) 4DG, b) trilobal, c) dairesel enine kesitler (Tascan, 2008)

Şekil 2.10’ da görülen enine kesit görüntüleri incelendiği zaman ses yutum sıralaması büyükten küçüğe doğru;

$a > b > c$ olarak sıralanmaktadır.

c) Gözenekliliğin ses yutumuna etkisi

Gözenekli malzemelerde ses yutum kabiliyeti malzemenin gözeneklerinin büyüklüğüne ve sıklığına bağlı olarak farklılık gösterir.

Malzemelerdeki gözenekler ne kadar sık ve büyükse sürtünme sonucu gözeneklere hapsedilen ses dalgası da o kadar büyük olur ve sonuç olarak ses direnci de o kadar yüksek olur. Gözenekliliğe etkisi olan bileşenlerden biri olan bükümlülük değeri de ses yutumuna etki eden önemli bir parametredir (Nursal ve ark., 2014).

Malzeme yapısını oluşturan tanecikler ve bu taneciklerin malzemene yapısındaki konumları malzemenin gözeneklilik yapısını meydana getiren en önemli etkenlerdendir. Bu da tanecik yapısının ses yutumu üzerinde olan etkisini arttırmaktadır. Büyük olmayan tane yapısına sahip olan malzeme gruplarının ses yutum değerlerinin daha iyi olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.

Ses yutumu sağlamak amacıyla kullanılan ya da herhangi bir tekstil malzemesi için yapıda bulunan gözeneklilik aşağıdaki Eşitlik 2.2’ de yer alan formülasyon kullanılarak basit olarak hesaplanabilmektedir.

$$H = \frac{Va}{Vb} \quad (2.6)$$

Bu formülasyonda ;

H: Malzemenin gözenek sayısı

Va: Hava yapısında bulunan boşluğun hacimi

Vb: Ölçümü yapılacak olan yapının tüm hacimi (Özkal, 2019)

d) Havada bulunan akış direnci

Yapısında lif bulunduran tekstil malzemelerinin sahip oldukları ses yutumu özelliği üzerinde etkili olan etmenlerden bir diğeri de malzemenin bir biriminde yer alan dirençtir. Bu direnç spesifik akışa olan dirençtir. Malzeme de bulunan lifli yapılar üzerlerine gelen sesin yaymış olduğu dalgalara karşı olarak fiziksel bir direnç meydana getirirler. Bu fiziksel direnç sürtünme yoluyla meydana gelir. Malzemenin sahip olduğu boşluk (gözenek) yapısının iki katı malzemenin sahip olduğu bir birimin kalınlıktaki havada bulunan direnç ile doğru olmayan bir orantıdır(Nursal ve ark., 2014).

e) Özkütle

Özkütle bir diğeri adıyla yoğunluk fizikte ve kimyada dengede bir sıcaklık ve basınç varlığında birim hacimde bulunan madde olarak tanımlanmaktadır. Bir tekstil mamülünün satış değeri, tekstil mamülünün özkütle oranı ile doğru orantılı olarak artış göstermektedir. Aynı zamanda malzeme özkütle oranının artması da sesin yutulabilme değerini arttırır. Malzeme ne kadar yoğun ise yapısındaki lif oranı da o oranda yoğundur ve bu da ses yutum değerini arttır (Marmaralı ve ark., 2014)

f) Mamül enine kesit boyutunun ses yutumuna etkisi

Bir tekstil malzemesinde, malzemenin içerisine alabileceği hava boşluğu sayısı arttıkça yüksek olmayan ses frekanslarında bunun malzemenin kalınlık derecesiyle de aynı oranda artış gösterdiği sonucu ortaya koymuştur.

Bu artış yüksek olmayan ses frekanslarında gözlemlenmiş olup yüksek frekanslardaki ses yutum değerlerinde bir değişim gözlemlenmemiştir (Günel, 2020)

2.4. Ses Yutum Değerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

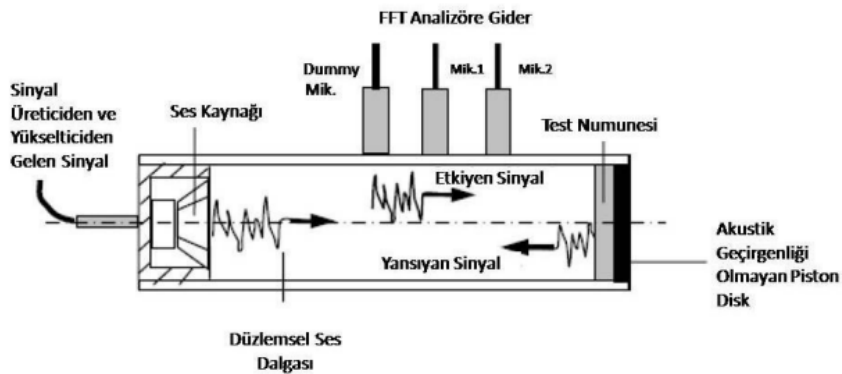
Bünyesinde hava alışverişi sağlayabilen tekstil malzemelerinin bünyelerinde hangi oranda ses enerjisi bulundurdıkları çeşitli yöntemlerle ölçülmektedir. Bu yöntemler;

- Empedans Tüpü
- Yankı odası (Çınlama)
- Alfa kabin testi

2.4.1. Empedans tüpü

Empedans tüpü ölçüm yönteminde kullanılacak numunelerin teste hazırlanması bakımından daha kolay olması yönüyle diğer ölçüm yöntemlerine kıyasla daha avantajlı bir konumda yer almaktadır. Empedans tüpü ile ölçüm metodunda standartlarda “ Transfer Fonksiyon” metodu olarak adlandırılan yöntem kullanılmaktadır.

Bu yöntemde akustik ölçümü yapılmak istenen test numunesinin yüzeyinin üzerinde oluşan akustik empedansının test yüzeyini etkileyen ve numune yüzeyinden geri yansıyan ses dalgalarının ölçülmesi ile ve elde edilen yüzey empedansı değerinden ses yutum katsayısı değerinin hesaplanması prensibine göre çalışır. Bu yöntemde diğer yöntemlerden daha avantajlı olarak yüzey empedas ve ses yutum katsayısı ölçüm değerleri tüm frekans değerleri için tek ölçüm ile ulaşılabilir olmasıdır (RYU, Yunseon, CHOI, 2015)



Şekil 2.11. Empedans Tüpü Çalışma Düzenegi (Günel, 2020)

Şekil 2.11’ de bir empedans tüpünün basitçe ölçüm düzeneği yer almaktadır. Sesin yapısını oluşturan ses sinyali, ölçüm metodunda mevcut olan yazılım ile oluşturulmaktadır. Cihaz üzerinden farklı boyutları mevcut olan borulardan istenilen ölçüdeki boruya yerleştirilmiş olan test numunesi üzerine gelecek olan ses sinyali öncelikli olarak yükselticiden geçer ve hoparlör içerisinden hareketine devam ederek ses dalgasına dönüşür. Ses dalgasına dönüşen sinyal yolculuğu sırasında düzlemsel bir boyutta ilerler. Bu testlerde beyaz gürültü kullanılmaktadır. Test sırasında iki adet mikrofondan yararlanılmaktadır ve bu iki mikrofondan ayrı olarak ölçülen ses basıncı değerlerinin birbirlerine olan oranı hesaplanır. Bu oran, ilişkili olduğu değerlerle ölçümlendirildikten sonra sonuçta ses yutum katsayısının elde edilmesini sağlar.

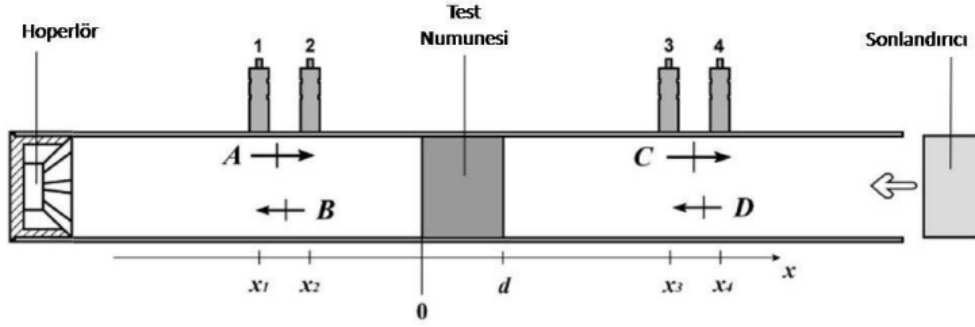
Tüm bu hesaplamalar cihazda varolan yazılım tarafından hesaplanmaktadır. Ölçümlerde iki mikrofon ya da tek mikrofon kullanılabilir. Burada önemli olan nokta ses dalgalarının tüp boyunca düzlemsel bir boyutta ilerlemesidir.

Bu düzlemsel dalga oluşumunun sağlanabilmesi için tüp çapları ile ses frekans düzeyi arasındaki ters orantının sağlanabilmesi gerekmektedir. Yani yüksek ses frekansı ile yapılacak ölçümlerde küçük çaplı ölçüm tüpleri kullanılarak düzlemsel bir dalga oluşturulabilmektedir (Uzundağ ve ark., 2011).



Şekil 2.12. Farklı çaplardaki ölçüm tüpleri (Uzundağ ve ark., 2011)

Empedans tüpü ile ölçüm yönteminde ses iletim kaybı değerinin ölçülebilmesi için ek olarak bir düzenek kullanılmaktadır. Bu ölçümde numune tüplerin arasına yerleştirilir ve çift ölçüm meydana ortaya çıkartılır. Doğru bir sonuç elde edebilmek için ikinci ölçümde numune üzerinden geri yansıyan test dalgası ortadan kaldırılmalıdır. Bunun sağlanabilmesi için ölçüm tüpü ucu açık ve kapalı olarak iki yöntem kullanılarak yapılmaktadır. Aşağıdaki şekilde şematik olarak ölçüm metodu gösterilmektedir. Tüpün ucun kapalı olarak adlandırılan yöntemde tüpün ucuna numune yüzeyinden geri yansıyan ses dalgalarını bünyesine hapsedebilmesi için tüpe yerleştirilen sonlandırıcı olan adlandırılan ve önünde kalın bir sünger tabaka bulunan aparattır. Bu aparat sayesinde testte yapılan ölçümde numuneden geri yansıyan ses dalgası değeri sıfır olarak alınır (Uzundağ ve ark., 2011).



Şekil 2.13. Ses iletim kaybı ölçüm düzeneği (Uzundağ ve ark., 2011).

Empedans tüpü ile ölçüm yönteminden malzeme boyutlarının yerleştirilen tüpe uygun olmasına ve malzeme yüzeyinin düzgünlüğü dikkat edilmesi gereken ve ses sonuçlarını etkileyen iki önemli faktördür. Bu yöntemde numunelerin akustik özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili önemli sonuçlar elde edilirken ölçüm yönteminin numunelere tek yönlü düzlemsel bir ses dalgası gönderebiliyor olması günlük hayatta çok yönlü ses dalgalarına maruz kalan numuneler için kısıtlı bir değer elde edilmesine sebep olmaktadır. Bu yöntemde “Kararlı Dalga Metodu” için ISO 10534-1 ve “Transfer Fonksiyon Metodu” için ISO 10534-2’dir. Ayrıca Novosim Mühendislik Hizmetleri Tarih: 30.08.2011 7 uluslararası standartlara benzerlik gösteren Amerikan standartları da kullanılmaktadır (ASTM E1050). Ses iletim kaybı katsayısı hesabı için ise bir standart yer almamaktadır (Uzundağ ve ark., 2011)

2.4.2. Yankı (çınlanım) odası

Yankı odaları ölçüm alanı olarak diğer ölçüm yöntemlerine göre daha geniş alanlara ihtiyaç duymaktadır. Bu yöntemde kullanılan ortamın iyi derece de kalibre edilebilmesi ölçüm sonuçlarını etkileyen en önemli parametredir. Bunun yanında bu yöntem uluslararası standartlar çerçevesinde yapıldığından benzerlerine kıyasla daha kabul edilebilir sonuçlar alınmasını sağlamaktadır. Numuneler ASTM C423 standartına göre en az $6,69 \text{ m}^2$ ve ISO 10140 10 m^2 ve üzerinde olmalıdır (ASTM C423, “Standart Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method”).



Şekil 2.14. Çınlanım odası gerçek ölçümü (Uzundağ ve ark.,2011)

2.4.3. Alfa kabin testi

Alfa kabinler çalışma prensibi olarak yankı odaları ile benzerlik göstermektedir. Boyut olarak karşılaştırıldıklarına yankı odalarından daha küçük hacimlerde ölçüm yapılmaktadır. Bu yöntemde ölçüm kalibresi yapılırken çalışan hoparlör varlığında kabin içerisinde oluşan ve dış ortamdaki dahil olan ses seviyelerinin ölçümleri yapılmaktadır. Güvenilir sonuçların elde edilebilmesi için iki ses düzeyi arasında minimum 45 dB farkın yer alması gerekmektedir. Burada ses yutumu katsayıları sabit formülü ile hesaplanmaktadır. Sabit formülü aşağıda verilen Eşitlik 2.7’ de görüldüğü gibi hesaplanır.

$$\alpha = \frac{0,163 * V}{S} \left(\frac{1}{TR} - \frac{1}{TR0} \right) * C \quad (2.7)$$

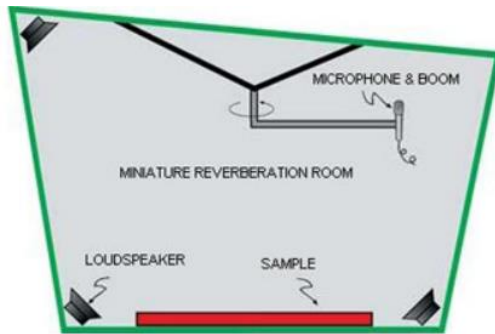
Formülasyonda yer alan değerlerin açıklaması Şekil 2.15’ de gösterilmektedir.

- V =Kabin Hacmi,
- S =Numune Alanı,
- TR =Numune kabin içerisindeyken oluşan çınlanım süreleri,
- $TR0$ =Kabin boş iken elde edilen referans çınlanım süreleri,
- C =Kabin düzeltme katsayısıdır.

Şekil 2.15. Sabin formülü değerlerinin açıklamaları

Test sonucu elde edilen C katsayısı, numunelerin çınlanım odası ve alfa kabin ölçüm sonuçlarının birbiri ile kıyaslanması ile elde edilir. Burada numune ölçümlerinin yapıldığı ortamın sıcaklık, basınç, ortam büyüklüğü gibi değerlerinin iyi kontrol edilmesi ve standartlara uygunluktan saptırılmaması gerekmektedir. Yankı odası ölçüm yöntemi uluslararası standartla ile ölçülebilirken alfa kabinlerin belirli bir standardı bulunmamaktadır. Bu sebeple alfa kabinler yankı odalarına kıyasla daha küçük boyutlara sahip ölçüm ortamlarında yapılmaktadır. Alfa kabinlerinde ölçüm $6,44 \text{ m}^3$ alana sahip test ortamlarında yapılmaktadır.

Alfa kabinler benzerlerine kıyasla hızlı ölçüm yapabilmekte fakat empedans tüpü ölçüm yöntemi ile kıyaslandığında numune hazırlık süreci olarak daha uzun süreler almaktadır. Aşağıda örnek bir yankı odası şematiği gösterilmektedir (Altınmakas ve ark., 2017).



Şekil 2.16. Alfa kabin ölçüm yöntemi şematiği (Jerry ve ark., 2005)

2.5. Tekstil Sektöründe Ses

Tekstil materyalleri geniş hava boşluklu yapıları, üretim maliyetlerinin düşük olması, hammadde temininin kolay olması, hammadde çeşitliliği gibi birçok sebepleri ile gürültü önlemek amacıyla yapılan çalışmalarda ses yutumu, yalıtımı sağlamak konularında avantajlı olmuştur (Jordeva vd., 2015).

2.5.1. Yanmaz akustik süngerler

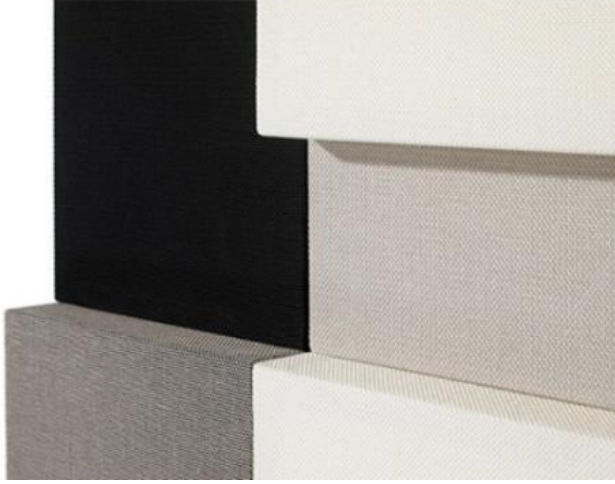
Yanmaz süngerler açık gözenekli yapıları sayesinde ses yutumuna katkı sağlayan ürün gruplarından biridir. Şiddeti yüksek olan ses seviyelerinin gürültülerinin önlenmesinde yalnız kullanılamamaktadırlar. Bu ürünler gürültüyü önleyici bir kaç ürünün birarada kullanılmasıyla etkilerini üst seviyeye çıkartabilmektedirler. Bu ürünler direkt olarak duvara uygulandıklarında düşük şiddetli seslerin yutumu ve ortamdaki gürültünün önlenmesine katkı sağlarlar (Aydemir, H., 2013)



Şekil 2.17. Yanmaz akustik sünger (Aksa akustik, 2020)

2.5.2. Akustik kaplı panel

Akustik kumaş kaplı absorbe edici duvar panelleri dekoratif akustik performans artırıcı ürünlerdir. Ön ve arka yüzeyi cam tüyü kaplı yüksek yoğunluklu panelin görünen yüzeyi alüminyum çerçeveye kaplanmış, tüm kenarları farklı renk seçeneklerinde üretilebilen darbeye karşı dayanımlı akustik kumaşlar ile kaplanmaktadır.

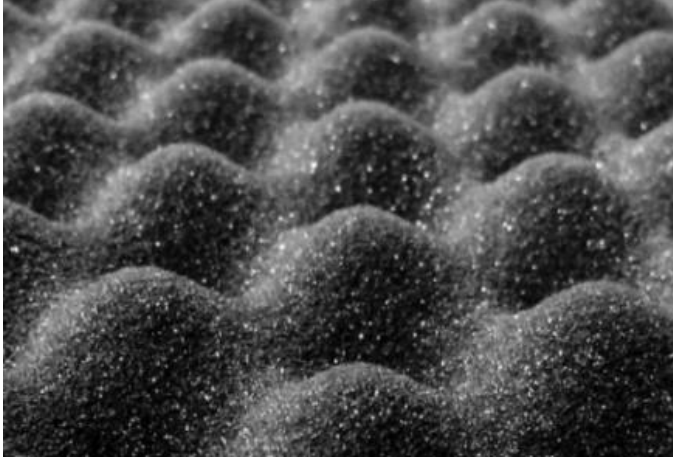


Şekil 2.18. Akustik kaplı panel (Aksa akustik, 2020)

2.5.3. Viyol veya piramit süngerler

Viyol süngerleri tekstil materyalleri arasından ses yutumu sağlamak amacıyla en çok rağbet gören ürün grubudur. Bu durumun çeşitli sebepleri arasında en önemlileri bu yapıların içerisindeki dalga yayılımının partikül halinde olmamasıdır.

Sahip oldukları şekil ve yapılarından dolayı ses bu yüzey üzerinde düzenli bir yayılım göstermez ve sesin yüzeyden tekrar sekmesine müsaade etmez, böylece ses yüzey üzerinde kitlenmiş olur. Bu malzemelere ek olarak farklı malzemeler ile kaplama yapılarak sesin yüzeyden geri sekmesinin engellenmesi artırılabilir. Bu malzeme grubu özellikle yüksek sesin bulunduğu ve orta düzeyde ses yüksekliğinin olduğu ortamlarda tercih edilmektedir.



Şekil 2.19. Viyol akustik sünger örneği (Aksa akustik, 2020)

Gürültülü ortamlarda konforlu bir yaşam alanı elde edebilmek için sesin engellemesinde tekstil yapılarının kullanılmasındaki en önemli etmenler;

- Daha düşük özgül ağırlıklara sahip olmaları
- Üretim ve tüketim fiyatlarının diğer ürün gruplarına göre daha uygun olması (Yılmaz, 2009).

2.5.4. Firexpan köpük sünger

Firexpan köpük süngerler yüksek performanslı akustik ve ses yalıtımı ürünüdür. İnşaat, otomotiv, havalandırma gibi mekanlarda kullanım alanları yaygındır.

Firexpan köpük süngerler doğal kauçuk reçinesinden üretilirler. Elastik bir yapısı olduğu için mükemmel bir titreşim gücü ve gürültü önleme ve yanmazlık özelliğine sahiptirler. Ses yalıtımında kullanılan diğer ürünlere kıyasla 3-3,5 kat daha iyi derecede ses yalıtımı sağlamaktadırlar. Örnek bir firexpan köpük Şekil 2.20’ de gösterilmektedir.

Firexpan köpüklerin genel özellikleri aşağıdaki gibidir ;

- Isı iletkenlik katsayısı : λ (W/m.K)0.032(O°C)
- Yoğunluk : kg/m³45-60 kg/m³
- Kullanım sıcaklığı : -70°C ile +100 °C (Aydemir, 2013)



Şekil 2.20. Firexpan köpük sünger (Aksa akustik, 2020)

2.5.5. Akustik labirent sünger

Akustik labirent süngerler yüzeyleri labirent şeklinde olan poliüretan köpükten üretilmiş yanmaz özelliği bulunan ses yalıtım süngerleridir.

Ses yutucu özelliğinden dolayı ortamda meydana gelen yankılanmaları etkili bir biçimde yalıtılarak ortamdaki gürültüyü kontrol altına alırlar.

Tüm yüzeylerde kolay bir şekilde kullanılabilirler. Ses seviyesini, titreşimi ve yankıyı kolayca kontrol ederek ses kalitesinin bozulmadan iletilmesine olanak sağlarlar. Labirent süngerler yanmaz özellikte olmalarının yanı sıra esnek bir yapıya da sahiptirler.

Yoğunluk olarak 50, 70 ve 90 DNS yoğunluklarda olabilirler. Kullanım alanlarında max olarak 100 cm de üretim standartları vardır fakat bu genişlik arttırılabilmektedir. 20, 30, 40, 50 mm kalınlıklarında üretilebilirler.

Üzerlerinde flock kaplama yapılarak renklendirilmeleri sağlanabilir. Örnek bir akustik labirent sünger aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Liu, 2020)



Şekil 2.21. Akustik labirent sünger örneği (Aksa akustik, 2020)

2.5.6. Ses kesici yanmaz süngerpan

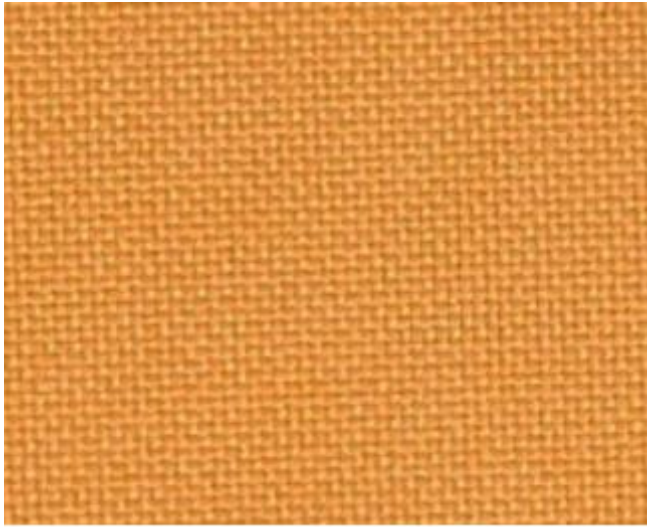
Ses kesici yanmaz süngerpan bir diğer adıyla bariyerli bondex sünger olarak da adlandırılmaktadırlar. Bondex süngerpanlar yanmaz özelliklerinin yanında ses geçişinin engellenmesi ve ortamdaki yankının sönümlenmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra ortamdaki ısıнын yalıtılmasını da sağlamaktadırlar. Ses kesici yanmaz süngerler melamin köpüğünden üretilirler. Melamin köpüğünden üretilen akustik süngerlere lamine işleminin yapılmasıyla çeşitli akustik sünger üretimi sağlanabilmektedir.

Bu süngerlerin üretimleri esnasında yapılarına PVC, kurşun gibi malzelerin eklenmesiyle ses kesici özelliklerini arttırabilmek mümkündür. 50-60 DNS yoğunluğa sahiptirler (Liu, 2020).

2.6. Tekstil Sektöründe Ses Yalıtımı Amacıyla Kullanılan Tekstil Yapıları ve Genel Özellikleri

Tekstil sektöründen elde edilen mamul yapıya ulaşmak için kullanılan çeşitli üretim yöntemleri mevcuttur. Bu üretim yöntemleri, benzer hammaddeler kullanılmasına karşılık tekstil mamulünün oluşması için kullanılan metod, özellik, avantaj ve dezavantajları bakımından farklılıklara ve benzerliklere sahiptir. Genel ve kaba taslak olarak bu yapıları incelemek istersek aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

Dokuma kumaş yapıları, özellik olarak diğer tekstil yapılarına göre daha ince ve daha yavaş hızda bir üretim yöntemine sahiptirler. Buna rağmen üretim yöntemleri daha basit, daha ucuzdur ve bu tercih edilmeleri açısından en önemli özelliklerinden biridir. Dokuma kumaş yapıları ses yalıtımına etkileyen değerlerin çeşitliliği alanından üretim metodu olarak diğer yöntemlere kıyasla daha dezavantajlı konumdadır. Tüm bunlara rağmen gelişen teknoloji ve değişen üretim metodları ile dokuma sektörü günümüzdeki önemli yerini korumaktadır (Ala ve ark., 2008).



Şekil 2.22. Saksoni dokuma kumaş örneği (Ala ve ark., 2008)

Dokusuz yüzeyler, diğer üretim metodları ile karşılaştırıldıklarında daha gözenekli yapılardır, üretim yöntemleri daha hızlıdır. Tercih edilmelerinden en önemli avantajlarından birisi gözenek boyutlarının istenen boyutlarda ve daha kolay ayarlanabilir olması ve çok sayıda farklı özellikteki liflerle birlikte kullanımlarının mevcut olmasıdır

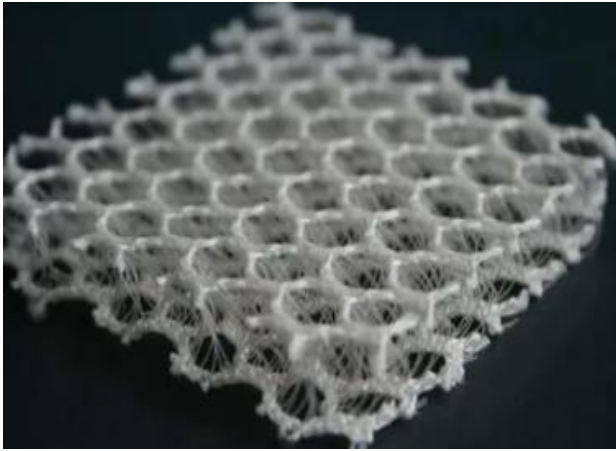
Fakat bu avantajların yanında dokusuz yüzey üretim metodu ile elde edilen kumaş yapılarının kalınlıklarının ayarlanmasında sınırlar vardır ve sadece düzlemsel boyutta kumaş yapıları elde edilmektedir (Özkal, 2019).



Şekil 2.23. Dokusuz yüzey kumaş yapısı

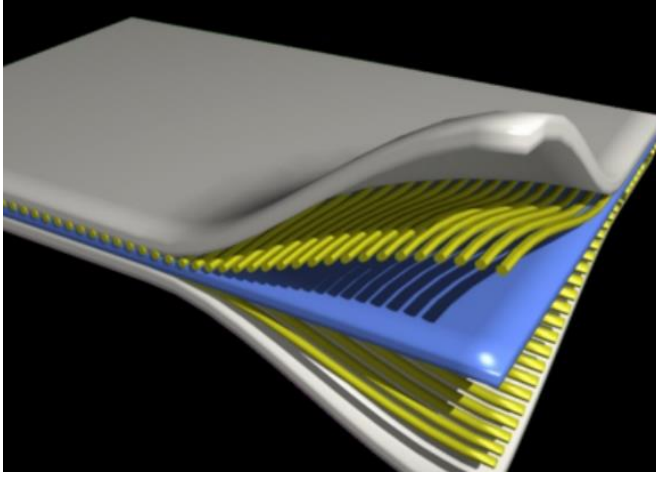
(<https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2013/01/dokusuz-yuzeyler-nonwovens.html>)

Örme kumaş yapıları düz ve yuvarlak örme olarak iki metod ile üretilirler ve açık yapılı kumaş yüzeyleri oluşumuna uygundur. Dokusuz yüzeylere kıyasla düzlemsel olmayan kumaş yüzeyleri oluştururlar ve üretim prosesleri çok geniş bir aralıktadır. Buna rağmen boşluklu yapılar elde edilmek istendiğinde esneklik azalmaktadır ve kumaş boyutları daha stabil kalmaktadır (Marmaralı ve ark., 2014).



Şekil 2.24. Spacer kumaş örneği (Marmaralı ve ark., 2014)

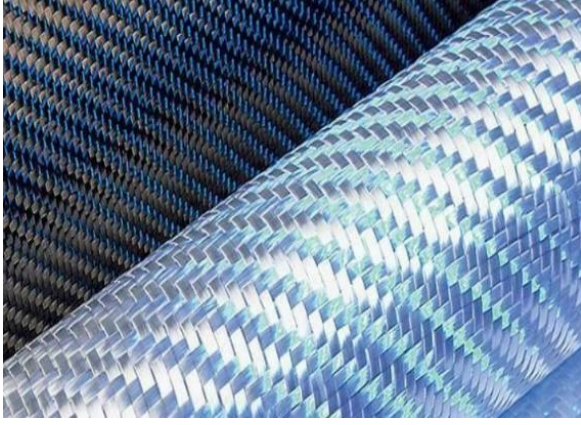
Polimer kompozit yapılar, daha sert, esnek olmayan bir yapıya sahiptirler bu yapılarından dolayı bünyelerin ses enerjisi hapsedemezler ve bulundukları ortamda yayılan ses enerjisini büyük bir bölümünü geri yansıtırlar. Polimer kompozit yapıların bu özelliklerine rağmen üretimleri oldukça yaygındır. Bunun sebebi geri dönüşüm tekstil atık malzeme kullanımına elverişli olması ve şekil yapı gibi üretim parametlerinin istenilen ölçüde ayarlanmasına daha yatkın olması ve çeşitlilik açısından çok farklı yapılar ile birlikte kullanımlarının mümkün olması olarak sıralanabilir. Ancak akustik performansı en çok etkileyen özelliklerden olan esneklik ve gözeneklilik bakımından kötü sonuçlara sahip olması akustik performanslarını olumsuz etkileyen dezavantajlı yanlarını oluşturmaktadır (Sing ve ark., 2016).



Şekil 2.25. Polimer kompozit yapı örneği (<https://www.elektrikde.com/kompozit-malzeme-nedir-kullanimi-ve-ornekleri/>)

Son olarak hibrit yapılardan bahsedecek olursak eğer, bu yapılar iki yada daha fazla bileşenin bir araya gelmesiyle elde edilirler. Hibrit yapılar akustik avantajlarına bakılacak olursa yüksek ve düşük frekans aralığındaki ses düzeylerinde başarılı sonuçlar vermektedir.

Ancak akustik performanslarının yapısında kullanılan bileşenlerin yerleşimine bağlı olması üretim açısından kısıtlamalar meydana getirerek dezavantajlı bir etki göstermektedir (<https://tekstilbilgi.net/etiket/hibrit-kompozit-yapilar>, 2018).

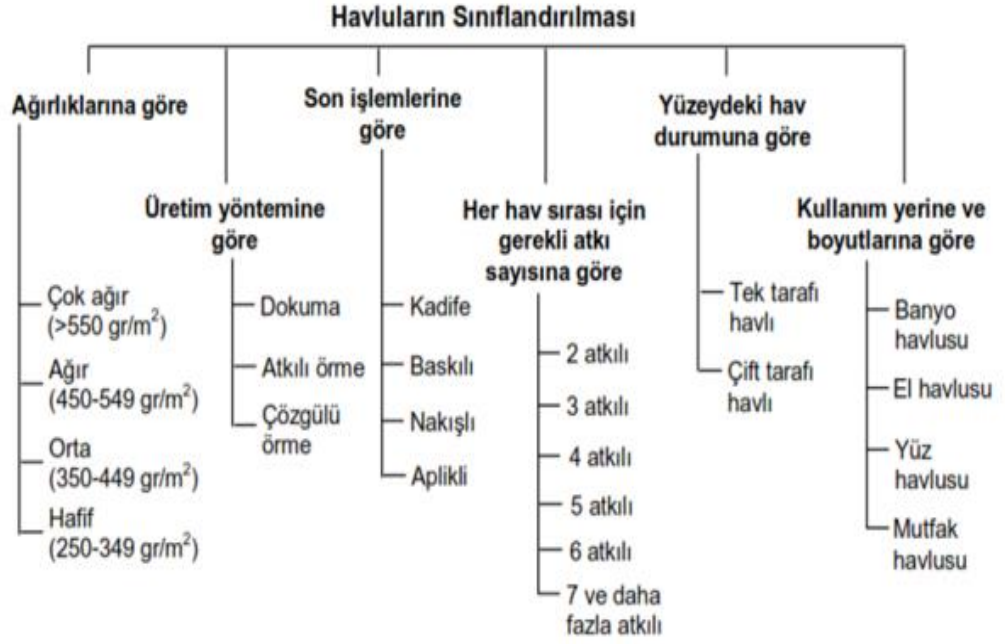


Şekil 2.26. Hibrit yapı örneği (<https://tekstilbilgi.net/etiket/hibrit-kompozit-yapilar>, 2018)

2.7. Havlu Kumaşlar

2.7.1. Havlu kumaşların genel tanımı

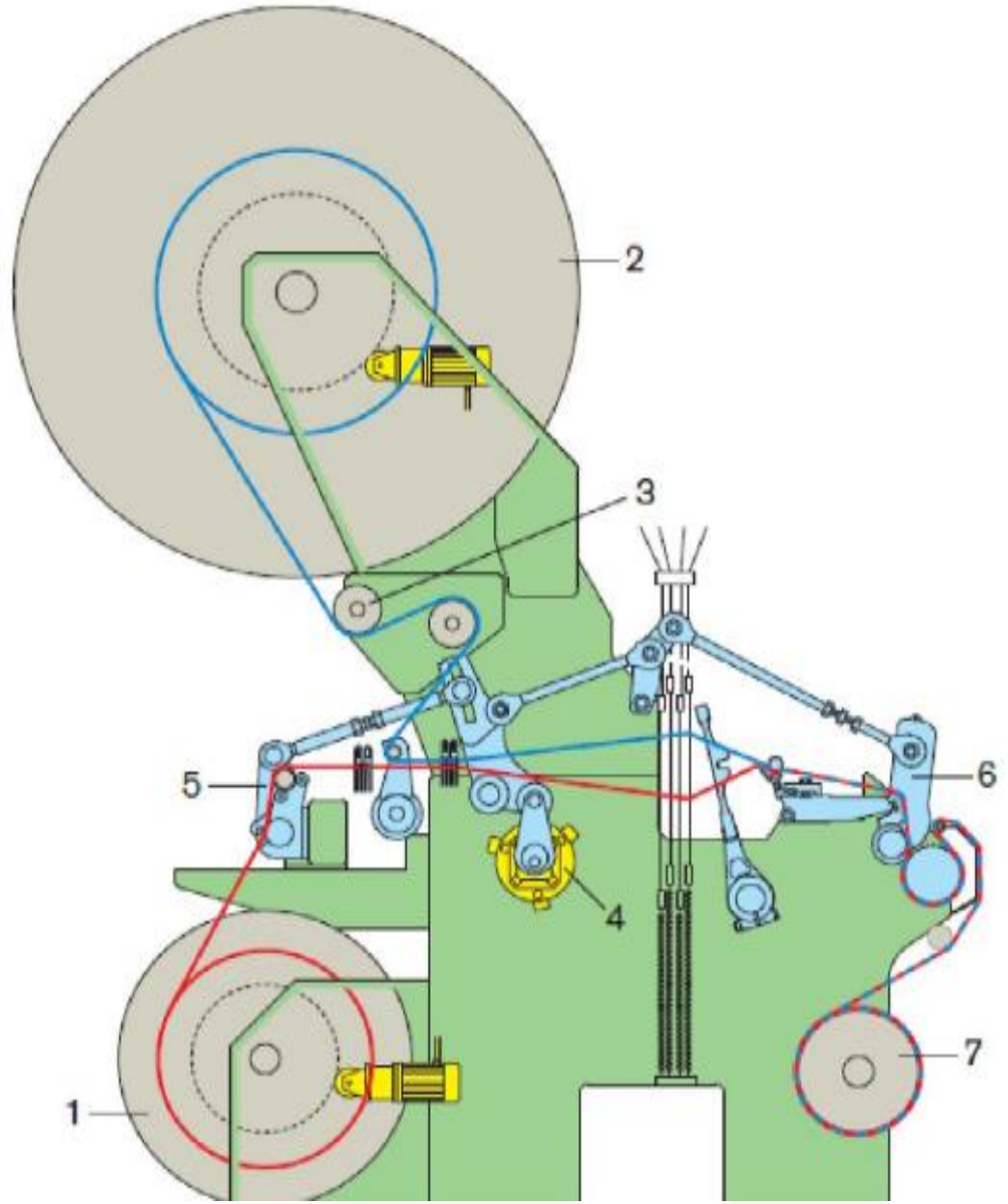
Genel bir tanımla havlu kumaşları tanımlamak istersek kumaş yüzeyi üzerinde değişik bir yüzey görüntüsü, yüzey özellikleri, farklı performans özellikleri oluşturabilmek için atkı ve çözgü iplikleri kullanılarak hav olarak tanımlanan kumaş yüzeyinden dışarı çıkmış ilmek yapıları olarak adlandırılabilir. Havlu kumaş yapıları birçok özellikleri bakımından gruplandırılabilirler. Bu özellikler kumaş yapısının sahip olduğu gramaj değeri, havlu kumaşa uygulanan bitim işlemleri, havlu kumaşın tüketim alanı, havlu kumaş yüzeyinde yer alan hav sayısı, hav sıklığı, havlu kumaşın üretiminde kullanılan dokuma metodu olarak sıralanabilir (Zervent, B., 2007).



Şekil 2.27. Havlu kumaş gruplarının sınıflandırılması (Yılmaz ve Powell, 2005)

Havlu kumaşlar dokuma kumaş grupları arasında havlı dokuma kumaş grubuna girmektedir. Havlı dokuma sınıfında iki adet çözü iplik sistemi yer almaktadır. Atkı ve zemin, hav olarak nitelendirilmektedir. Bir havlu kumaş yapısı ise zemin kumaş ve zeminde bulunan bu kumaşa bağlanmış olan ilmeklerden meydana gelmektedir. Havlu kumaş üretimi yapan makineler diğer dokuma makinelerinden farklı olarak üretimde havlu kumaşlar için özel olarak hazırlanmaktadır.

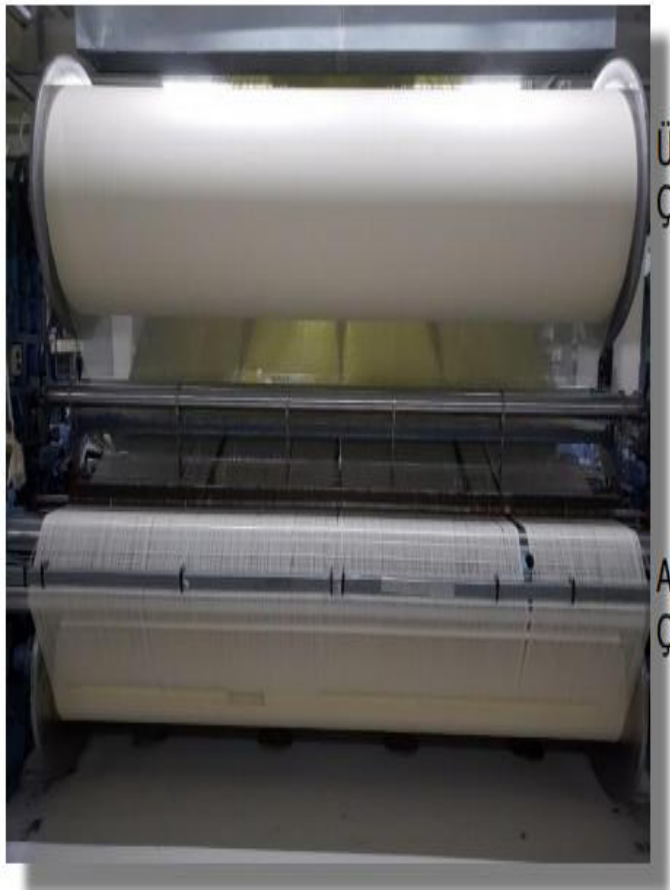
Havlu dokuma makinelerinin hav oluşum prensibi ve hav çözgü iplik besleme sistemleriyle diğer dokuma makinelerinden ayrılmaktadır. Dokuma makinelerinde ağızlık açma mekanizması olarak armür ve jakar kullanılmaktadır (Eren ve ark., 2012).



Şekil 2.28. Havlu dokuma makinesinin enine kesit görünümü (Dornier, 2017)

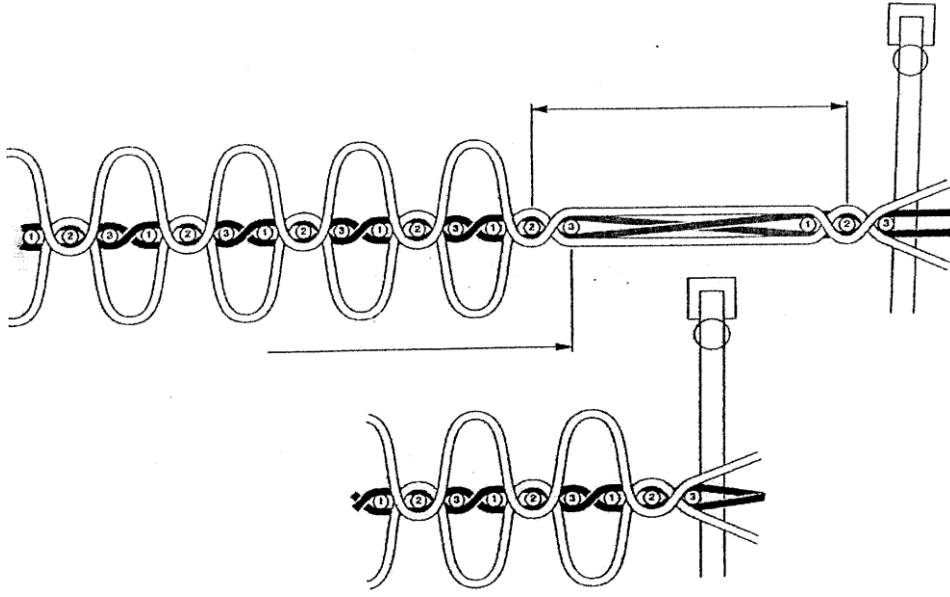
Şekil 2.28’ de gösterilen havlu dokuma kumaş makinesinin enine kesitinde 1 numara ile zemin çöğüsü, 2 numara ile hav çöğüsü, 3 numara ile hav salma sensörü, 4 numara ile hav hareketi, 5 numara ile zemin çöğüsü kontrol mekanizması, 6 numara ile kumaş gerginliği, 7 numara ile ise kumaş sarma mekanizması gösterilmektedir.

Aşağıdaki Şekil 2.28’ de gösterilen 2 atkılı hav oluşumu sanayide en çok kullanılan hav oluşum presibidir. Bununla birlikte 4 atkılı, 5 atkılı, 6 atkılı ve 7 atkılı hav oluşum prensiplerinin kullanımı da mevcuttur. Havlu kumaş oluşumunda yer alan hav iplikleri ve çözgü ipliklerinin dokuma makinesine beslenme oranları birbirlerinden farklılık gösterir bu farklılık sebebiyle hav iplikleri ve çözgü iplikleri farklı leventlere hazırlanırlar ve dolayısıyla farklı çözgü salma mekanizmasıyla dokuma makinesine beslenmeleri sağlanır.



Şekil 2.29. Havlu kumaş üretiminde kullanılan alt ve üst çözgü levendi (Bursalı, 2019)

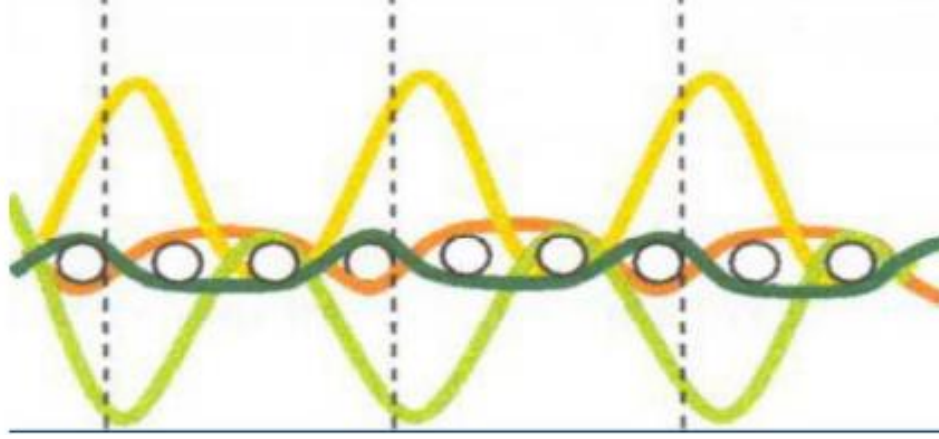
Havlu kumaş üretiminde havın oluşumu iki farklı yöntemle meydana gelmektedir. Bu hareketler, tarağın değişen, tekrarlı hareketi veya kumaş çizgisinin değişen tekrarlı hareketidir. Bu yöntemlerden hangisine göre havlu kumaş üretimi yapılacaksa üretimden önce dokuma makinesi kullanılacak bu yönüme göre hazırlanmaktadır (Eren ve ark., 2012).



Şekil 2.30. Havlu kumaşlarda en sık kullanılan üç atkılı hav oluşum prensibi (Eren ve ark., 2012)

Şekil 2.29’ da yer alan 3 atkılı hav oluşum prensibinde açık renk ile gösterilen iplikler hav çözgü ipliklerini, koyu renk ile boyanmış olan iplikler zemin çözgü ipliklerini ifade etmektedir. 3 atkılı bir hav oluşum prensibinde 3.atkılı atılana kadar diğer 2 atkılı tarağın kısa hareketiyle kumaş çizgisinde 3. atkılı hareketini beklemektedir. 3. atkılı da tarağın kısa hareketiyle tamamlandıktan sonra 3 kısa atkılı hareketi birlikte kumaş çizgisine ilerlemektedir. Kumaş çizgisine doğru ilerleyen 3 adet atkılı ipliği gevşemiş halde olan hav çözgü ipliği ile birlikte kumaşın iki yüzünde ilmek formunu alır. Bu hareket gerçekleştirilmeden önce 3 atkılı ipliği gergin durumdaki zemin çözgü ipliklerinin arasından kayarak gevşek halde olan hav ipliklerine ulaşır. Havlu dokuma kumaş üretiminde dikkat çeken en önemli noktalardan biri de ilmek oluşumunun sağlanmasında en önemli görevi gören zemin çözgüsü ve hav çözgüsü ipliklerinin yapmış olduğu hareketlerdir. Gevşek halde bulunan hav çözgüsü 3 atkılı bu sistemde tüm atkılı hareketlerinin tamamlanmasını beklemeden son atkılı hareketi esnasında kumaş ilmek yapısına dahil olurken, gergin halde bulunan zemin çözgü ipliği tüm atkılı hareketlerinin tamamlanmasından sonra kumaş yapısına dahil olmaktadır. Gevşek halde bulunan hav çözgü ipliğinin hareketi 1.ve 3. atkılı hareketi arasındaki 1. atkılı ipliğinin çevresine sarılmak suretiyle gerçekleşmektedir.

Tüm bu oluşumlardan dolayı atkı iplikleri ile çözgü ipliklerinin birbirlerine göre bulundukları yerler havlu dokuma kumaş yapısı için oldukça önemlidir (Eren ve ark., 2012).



Şekil 2.31. Havlu kumaş yüzey üretim yöntemi (Bursalı, 2019)

Havlu kumaş üretiminde önemli olan bir diğer parametre ise hav boyunda bir stabilizasyonun sağlanmasıdır yani atkı ve çözgü hareketleri ile oluşan hav ilmeğinin yüksekliğinin kumaş boyunca aynı değerinde olmasının sağlanmasıdır. Burada en önemli hususlardan biri gergin halde bulunan hav çözgü ipliğinin üzerine gerginlik verilmemesi, hav çözgü ipliği gerginliğinin az ve bu değerinin stabil tutulmasıdır (Bozgeyik, 1991).

2.7.2 Havlu kumaş üretiminde kullanılan iplik ve elyaf türleri

Havlu formunda dokunmuş bir kumaştan beklenen birtakım fiziksel özellikler vardır. Bu özellikler kumaşın su ile teması halinde bünyesinde yüksek oranda su tutabilmesi, su ile temasında kumaşın mukavemetinin azalmaması, kumaş mukavemet değerinin yüksek olması, iyi bir tuşe, cilde zararlı reaksiyon vermemesi gibi fiziksel özelliklerdir. Tüm bu beklenen özellikler göz önüne alındığında bu ihtiyaçlara en iyi karşılık veren yapı pamuktur. Pamuğun yanı sıra benzer özellikleri sağlayabilen bambu, soya, deniz yosunu, keten, modal gibi liflerde havlu kumaş üretiminde kullanımı olan elyaf çeşitleridir.

Bu liflerin, üretim oranlarının düşük olması, tuşelerinin kötü olması, üretim maliyetlerinin yüksek olması gibi sebeplerden dolayı kullanımları pamuk elyafı kadar yaygın değildir (Zervent, 2007).

a)Havlu kumaş üretiminde kullanılan ipliklerin genel özellikleri

Havlu kumaş üretiminde, yapıda 3 iplik kullanılmaktadır. Bu iplikler zemin ipliği, zemin çözgü ipliği ve atkı ipliğidir. Zemin iplikleri, havlu kumaş üretimi esnasında atkı ipliği ile hav ipliği arasındaki bağlantıyı sağladığından en fazla gerginliğe maruz kalan iplik grubu zemin iplikleridir. Bu sebeple zemin ipliklerinin mukavemetinin ve elastikiyetinin daha iyi olması gerekmektedir. Bu özellikleri sağlayabilmesi için zemin ipliği olarak tek kat fakat haşıl derecesi iyi olan iplikler ya da çok katlı büküm derecesi yüksek olan iplikler tercih edilmektedir. Pamuk/pes karışımı olan ipliklerin mukavemetinin yüksek olması sebebiyle zemin ipliği olarak kullanım alanları geniştir. Büküm değerlerinin 500-550 t/m arasında olmaları beklenmektedir (Zervent, 2007).

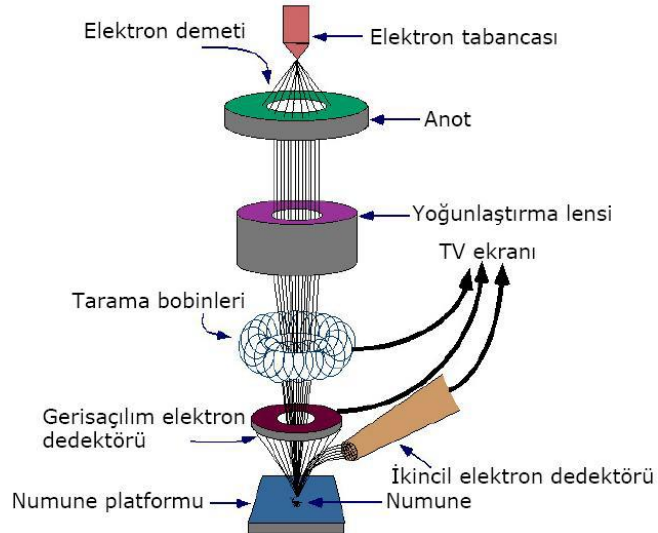
Atkı iplikleri, havlu kumaş yapısında bağlantıyı sağlayan iplik grubu atkı iplikleridir. Zemin ve çözgü iplikleri arasında yer almaktadır. Zemin çözgüsünde kullanılan iplikler genel olarak Ne20/2, Ne20/1 karde ring olarak kullanılmaktadırlar. 15-19-24 atkı/cm atkı sıklıkları kullanılabilir. Hav çözgülerinde de benzer şekilde karde ring iplikleri kullanılabilir. İplik numarası olarak ise Ne16/1, Ne20/2, Ne20/1 open end ipliklerin kullanımları mevcuttur (Bozgeyik, 1991).

2.8. Önceki Çalışmalar

Aydemir (2013), tez araştırmasında dokuma kumaş türlerinden perdelik kumaşlar tercih etmiş ve perdelik kumaş türü olarak da polyester iplik ile üretilen perdelik kumaşlar tercih edilmiştir. Çalışmada perdelik kumaşın üretimi esnasında dokuma ya da iplik yapısında bir değişiklik meydana getirmeden, kumaş üzerine terbiye işlemleri sırasında yapılan akrilik kaplama ile ses yutum özelliğinin kazandırılabilirliği ve bu sıradaki kumaş yapısının mekanik özellikleri araştırılmıştır.

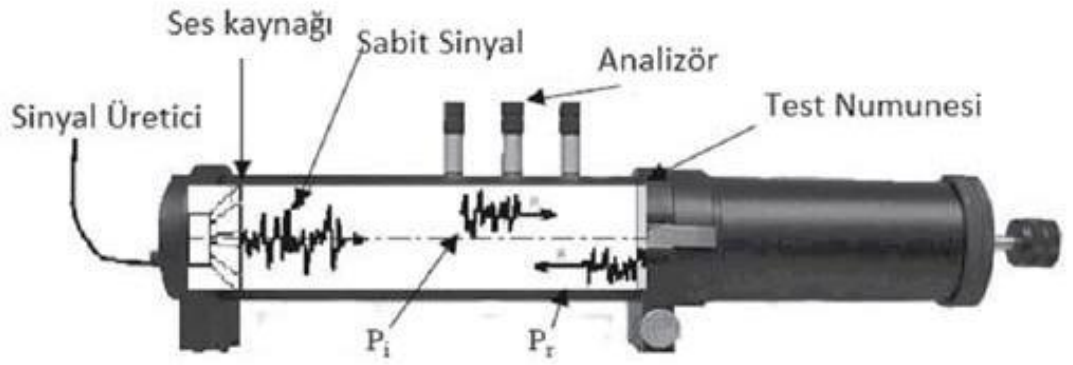
Bu çalışma sırasında birbirinden farklı iplik numarası, kalınlık ve sıklığa sahip bezayağı kumaşlar zemin kumaşı olarak kullanılmış ve üç çeşit akrilik derecesindeki kaplama malzemeleri ile 12 kumaş numunesi elde edilmiştir.

Elde edilen 12 kumaş numunesine ham ve mamul haldeyken kalınlık ölçümü, gramaj ölçümü, ses yutum değerleri, kopma değerleri, sıvı geçirgenlik değeri, hava geçirgenlik değeri gibi testler uygulanmıştır. Bununla birlikte ham ve mamul kumaşlarda kumaş üst tabakasındaki farklılıkların görüntülenebilmesi için SEM cihazı kullanılmıştır (Taramalı Elektron Mikroskobu).



Şekil 2.32. Taramalı Elektron Mikroskobu Çalışma Prensibi

Çalışmada %34,4, % 40 ve % 60 oranlarında 3 farklı akrilik oranı ile kaplanmış kumaş numuneleri kullanılmıştır. Kaplama yöntemi olarak havada rakle ile kaplama yöntemi kullanılmıştır. Kaplama işlemi 150 derece sıcaklık değerinde ve 75 sn süresince devam etmiştir. Ardından 24 saat bekletilen kumaşların gramaj ve ses yutumu ölçümleri yapılmıştır. Ses yutumu ölçümünde çift mikrofonsuz empedans tüpü ölçüm cihazı kullanılmıştır(Aydemir, 2013).



Şekil 2.33. Ses yutumunda kullanılan ölçüm cihazının içyapısı

Çalışmanın sonucunda kumaşlara verilen 3 akrilik oranında verilen akrilik oranı değeri ile ses yutum özelliği arasında doğru orantılı bir artış olduğu gözlenmiştir. Ancak bu artış belirli bir orana kadar devam etmektedir. Bir orandan sonra kumaş yapısında meydana gelen değişimler kumaş yapısının daha hassas olması sonucu bu özellikte bir azalma meydana gelmiş fakat ses yutumu oranında azalma ile birlikte kumaş yapısındaki sesin yansıtılması özelliğinde bir yükseliş gözlemlenmiştir.

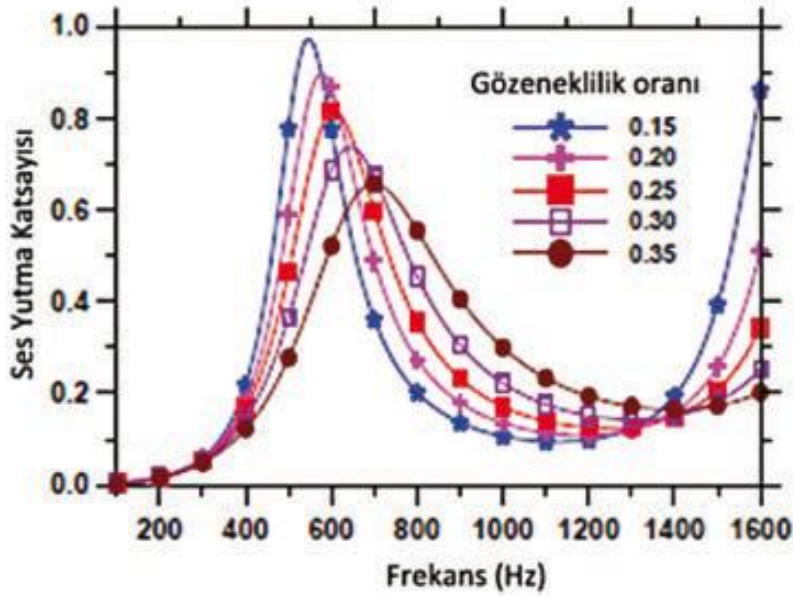
Marmaralı ve ark. (2014), çeşitli kumaş parametrelerinin yuvarlak örme kumaşlardaki ses yutum özellikleri üzerine etkisini incelemiş ve bu çalışmada sandviç kumaşların gözenek yapılarından dolayı kazandıkları ses yutum özelliğinin kumaşın yapısında yapılan fiziksel değişimlerdeki değişimi incelenmiştir. Sandviç kumaşlar dokuma örme ve dokusuz yüzey gibi çeşitli metodlarla üretilebilmektedirler. Bu çalışmada yuvarlak örme ile üretilen sandviç kumaş yapısı kullanılmıştır.

Bu çalışmada çift yüzeyi kapalı veya tek yüzeyi açık olmak üzere iki farklı tipte ve kapak yüksekliklerinde yapılan değişiklikler ile üç farklı kalınlık değerine sahip sandviç kumaşlar üretilmiştir. Bu çalışma sonucunda çift yüzeyi kapalı olan kumaş yapısının tek yüzeyi kapalı olan kumaş yapısına nazaran ses yutum değerlerinin daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanında bir diğer değişken parametre olan kalınlık değerinde ise kalınlık arttıkça ses yutum değerlerinin de iyileştiği ancak belirli bir değerden sonra ses yutumunun da sabitlendiği gözlenmiştir. Çift yüzeyli bir kumaş yapısı olduğu için malzeme yapısında ki değişiminde ses yutum değerine etkisi incelenmiş iki yüzeyde de aynı tip malzeme kullanımında bunun bir değişime yol açmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Fakat iki yüzeyde farklı malzeme çeşidi kullanıldığı opsiyonda özellikle pamuk yapının üstte olduğu kumaş türünde ses yutum katsayısının en iyi değerinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Marmaralı ve ark., 2014)

Teli ve ark. (2007), değişik konstrüksiyonlarda ürettikleri dokusuz yüzey kumaşların ses yutum performanslarını araştırmışlardır. Çalışmalarından ölçüm parametreleri olarak dokusuz yüzey kumaşlarının ağırlıkları, kalınlıkları, hava geçirgenlikleri, örnekleme kullanılan ses frekans yüksekliği ve ses kaynağına olan mesafelerinin ses yutum performansları üzerinde olan doğrudan ya da dolaylı olarak etkileri incelenmiştir. Sonuçta elde ettikleri sonuçlarda ses yutum performans ile ses frekans yüksekliği ve kumaş gramajı arasında doğru bir orantı olduğu olduğu, hava geçirgenliği ile ise ters bir orantı olduğu sonucuna varılmıştır. Lif tiplerini farklı seçilmesinin ses yutumu üzerine olan etkisiyle ilgili ise kumaş gramaj ve incelik değerleri sabit olmadığı için değerlendirme yapılamamıştır (Teli ve ark., 2007).

Kaya ve ark. (2016), ses yalıtımı açısından doğal liflerin akustik özelliklerini incelemiş ve doğal liflerde akustik özelliklerine lifin yapısı, kalınlığı, yoğunluğu gibi özelliklerinin etkisini incelemişlerdir. Yüksek ve düşük ses frekanslarında yaptıkları çalışmalarında düşük frekans değerine sahip seslerde kumaşın kalınlığı liftteki ses yalıtımı arasında bir doğru orantı olduğu sonucuna varılmıştır. 1 25-4000 Hz aralığında çeşitli frekanslarda ölçüm yapılmış olup sonuçlarda sektördeki kullanım içinde değerlendirilebilir değerlere ulaşılmıştır (Kaya ve ark., 2016)

Neithalath (2004), gözenekliliğin ses yayılımı üzerine etkisini incelemiş ve bu çalışmada numune gruplarını büyük gözenekli numuneler ve bu gözenekler arasındaki bağlantıyı sağlayan kılcal gözenekler olarak iki grupta incelemiştir. Çalışmada bu iki gözenek çapı sabit tutularak açık gözeneklilik oranında yapılan değişim ile malzemelerin ses yutum kabiliyeti ölçülmüştür. Bu çalışma da açık gözeneklilik oranındaki artış ile ses yutum yeteneği arasında bir ters orantı olduğu tespit edilmiştir. Bu düşüş değeri ses yutum katsayısının maksimum olduğu andaki frekans değerinde gerçekleşmiştir. Bu düşüş aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 2.34. Açık gözeneklilik oranındaki artış ile ses yutum kabiliyeti arasındaki ilişki

Ses yutum katsayısının en yüksek değerde olduğu frekans değeri haricindeki frekans değerlerinde ise malzeme yapısındaki açık gözeneklilik oranı ile ses yutum kabiliyeti arasında doğru orantılı bir artış olduğu gözlenmiştir. Benzer bir çalışmayı Knapen de yapmıştır fakat Knapen'in çalışmasında elde edilen sonuçlar ile Neithalath'ın çalışmasında elde ettiği sonuçlar benzerlik göstermemektedir. Neithalath'ın yaptığı sonuçtan elde edilen verilere göre ses yutum kabiliyetinin belirlenmesinde tek değişken olarak açık gözeneklilik oranının belirleyici etki gösteren bir unsur olmadığı sonucuna varılmıştır. Burada elde edilen bilgilere göre malzemenin yapısal özellikleri ve gözenek çaplarının da ses yutum kabiliyeti üzerine etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Neithalath bu çalışmada açık gözeneklilik oranını %15 ve %35 oranında kullanmıştır (Neithalath, 2004).

Mahmud ve ark. (2011), yılında farklı pes karışımları ile belirli bir yoğunluk değerinde üretimi gerçekleştirilen dokusuz yüzey kumaşların akustik performanslarını değerlendirmiştir. Bu karışımlar %100 pes, %75 pes %25 içi boş pes, %55 pes %45 içi boş pes konstrüksiyonları ile dokusuz yüzey kumaşlar elde edilmiştir. Dokusuz yüzeyler 300-600 g/m² özgül ağırlık aralığından olup, numunlere PET ilavesiyle termal olarak bağlanmaları gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerden sonra ses yutum performansı ölçümlerinde çıkan sonuçlara göre içeriğinden içi boş pes lifi olan kumaş konstrüksiyonlarının ses yutum performansları en yüksek düzeyde çıkarken, %100 pes içeriğine sahip dokusuz yüzey kumaş numunelerinin ses yutum performansları aynı derecede düşük olarak ölçülmüştür. Bir diğer değişken olan alan yoğunluğu da değerlendirildiğinde en yüksek alan yoğunluğuna sahip ve içeriğinden en yüksek oranda içi boş pes lifi barındıran kumaş numunesinin en iyi ses yutum değerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Mahmud ve ark., 2011).

Yılmaz (2009), dokusuz yüzeylerin gürültü varlığındaki davranışlarını malzeme ve işlem parametreleri açısından sonuçlarını görmek için dokusuz yüzey kumaşlarda ses yutumu çalışmıştır. Çalışmada farklı liflerden çok katmanlı iğneli dokusuz yüzey üretim yöntemiyle elde edilen kumaşlar kullanılmıştır ve üretim esnasından kumaşlar üzerine uygulanan sıkıştırma, ısıtma işlemleri ve alkalileştirme gibi işlemlerin ses yutum kabiliyeti üzerine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada dokusuz yüzeylerin ses yutucu malzeme olarak kullanımının artırılmasına ve dokusuz yüzey üretim yöntemlerinde yapılan farklılıklarla gürültü önleyici özelliklerinin artırılması amaçlanmıştır. Çalışmada kenevir, PLA, PP ve cam elyafı olmak üzere 4 farklı elyaf çeşidinden havalı serme ve iğneleme yöntemi ile dokusuz yüze elde edilmiştir. Her bir kumaş yapısı üç katmandan oluşmaktadır. Lifler farklı sıcaklık değerleri altında farklı sürelerde alkalize edilmişlerdir. Malzeme katmanları PLA / kenevir / PLA, PP/cam elyafı/PP ve PP/ cam elyafı şeklinde oluşturulmuş ve farklı basınçlara maruz bırakılmıştır. Sonuçta malzemelerin gözenek yapılarının ve katman sayılarının hava akış direnci üzerin etkili olduğu gözlenmiştir. Gözeneklilik ve lif çapı arttıkça malzemelerdeki hava akış direnci azalmıştır.

Çok katmanlı dokusuz yüzey kumaşlarda katman sayısı arttıkça hava akış direnci artmıştır. Isıl işlemler ve kumaşlara uygulanan sıkıştırma işlemi olumlu sonuçlar vermiştir. Kumaşlara uygulanan basınç değerinin hava akış direnci üzerine etkisi gürülürken basınca maruz kalınan sürenin herhangi bir etkisi gözlenmemiştir. Katman yapısından kenevir bulunan dokusuz yüzey kumaşlarda alkali işlemler hava akış üzerine bir etki göstermemiştir. Bu çalışmadaki çok katmanlı dokusuz yüzeylerin katman sayısının ve lif boyutlarının hava akış direnci üzerine etkisi ile ilgili elde edilen sonuçların daha önceki benzer çalışmalarla farklılık gösterdiği görülmüştür. Ses yutum katsayısı kalınlık arasında pozitif oranda etkilenmiştir. Hava akış direnci ise belirli bir orana kadar pozitif etki gösterirken bir orandan sonra etkisini kaybetmiştir (Yılmaz, 2009).

Dönmez (2017), geri dönüştürülmüş %100 PAN ve % 80 pamuk, %20 PAN liflerinden elde ettiği numuneler üzerinde üretim sırasında bağlayıcı madde konsantrasyonunu ve miktarı üzerinde değişiklik yapılmış bunun yanında karışımlarına alüminyum folyo ilave edilmiştir. Üretim sonunda elde edilen numunelerin ısı yalıtımı ve ses yutum değerleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen mamullerin konsantrasyonları ile ısı iletim katsayısı arasında bir doğru orantı olduğu bunun da ısı yalıtım değeri ile ters orantılı bir etki gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Dönmez bu durumu konsantrasyonun artması ile malzeme yapısındaki gözenekliliğin azalmasıyla açıklamıştır. Bu doğrultuda ses yalıtımı üzerinde en etkili parametrelerden birinin malzeme kütlesi olması gerekçesiyle, yoğunluk işe ses yutum kabiliyeti arasında da doğru orantılı bir artış görülebildiği sonucuna varmıştır. Bir diğer değişkeni olan malzeme tipinin ise ses ve ısı yalıtımı üzerinde görülebilir ve değerlendirilebilir bir değişime yol açmadığını görmüştür. Dönmez malzeme üretimi sırasında bağlayıcı madde miktarını da değiştirmiştir ve bu değişiminde ses ve ısı değerleri üzerine bir etkisi olmadığını görmüştür. Dönmez bu durumu işletme için zamandan ve maliyetten kazanç sağlanacağını belirterek olumlu bir etki olarak yorumlamıştır. Dönmez numunelerine üretim esnasında alüminyum folyo da ilave etmiştir. Bu ilavenin ısı yalıtımı açısından bir değişime sebep olmazken ses yutum değerleri üzerine olumlu bir etki gösterdiğini belirtmiştir.

Çalışmasının sonucu elde edilen değerlerin çalışma amacına uygun olduğu ve üretilen numunelerin ses ve ısı yalıtımı sağlamak amacıyla piyasa da kullanılan malzemelerden daha iyi değerde olduğunu ve çalışmasının amacına ulaştığını belirtmiştir (Dönmez, 2017).

Liu (2020), yeni ses emicilerin geliştirilmesi ve uygulanması üzerine çalışmıştır. Liu bu çalışmada ses yutumu amacıyla kullanılan mikro delikli panelleri, akustik kumaşları ve katkı maddesi eklenerek üretilen yutucu malzeme gruplarını incelemiştir. Mikro delikli panellerde ses emilimi panel ile panelin arkasındaki ayarlanabilir boşluk tarafından sağlanmaktadır. Liu çalışmada mikro delikli panelin arkasındaki boşluğun değişik uzunluklarda farklı kombinasyonlarını kullanmıştır. Bu çalışmasından düşük frekans değerlerinde ses yutum kabiliyetinin geliştirilmesi gerektiğine ve absorbe edici malzemenin geniş frekans aralığında daha iyi değerler verdiğini sonucuna ulaşmıştır. Liu ses yutum değerlerinin ölçülmesinde empedans tüpü ile ses yutum değerlerinin ölçülmesi ve küçük bir yankı odasında dağınık alan ses emme ölçümleri metodlarını kullanmıştır. Ses emici kumaşlarda ise mikro delikli panellere benzer bir çalışma prensibi olduğunu belirten Liu bunun yanında ses emici kumaşlardaki gözenek yapısı ve dokuma sıklığı gibi etmenlerden dolayı akustik dirençlerinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Ses yutum kabiliyetinin kumaş sıklıkları ayarlanarak kolayca değiştirilebileceğini belirten Liu ses emici kumaşlar içinde aynı ölçüm yöntemlerini kullanmıştır (Liu, 2020).

Dimitrova Kandzhikova ve ark.(2016), havlu kumaşların fiziksel özellikleri üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada temel amaç havlu kumaş tuşelerinin seçilen görüşleri kabul gören kişiler tarafından değerlendirilmesiydi. Bu kapsamda havlu kumaşların temel parametleri olan kalınlık, gramaj, özkütle, yüzey tuşesi, sıcaklık ve ağırlık altındaki davranışları gibi temel özellikleri incelenmiştir. Burada temel amaç seçilen numunelerin ağırlık katsayılarının belirlenmesi ve bu katsayısının kumaş tuşeleriyle arasındaki bağlantının tespit edilmesiydi. Bu bağlantının araştırılmasında ki amaç ileriki zamanlarda yapılacak çalışmalar için bir zemin hazırlamaktı (Dimitrova Kandzhikova ve ark., 2016).

Alpay ve ark.(2004), genel olarak havlu kumaşların üretim proseslerini incelemişlerdir. Bu çalışmada sektörde en çok kullanılan atkı ve çözgü iplikleri, hav iplikleri, kullanılan bu iplikler ile üretimi yapılan havlu kumaşlarda oluşan ağırlık ortalamaları ve üretimde kullanılan motor tahrik mekanizmalarının havlu kumaş kalitesi üzerine etkisi incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda Alpay ve arkadaşları servo motor tercihinin havlu kumaşlar üzerinde olumlu etkileri olduğuna, üretim skalasının genişlemesine olanak sağladıklarını ifade etmişlerdir (Alpay ve ark., 2004).

Pan ve ark.(2017), iğneleme yöntemiyle üretilen dokusuz yüzey kumaşlarda farklı oranlarda performans özellikli lifler kullanarak ses yutum katsayısını yükseltmek amacıyla yaptıkları çalışmada PET ve Kevlar liflerini ana katman olarak alarak ara katmanlarına Karbon lifi katılmasıyla iğneleme yöntemiyle bir dokusuz yüzey kumaş elde etmişlerdir ardından bu kumaş yüzeyine PU köpük ve boşluklu kumaş ile katmanlı bir yapı elde etmek amacıyla birleştirildi. Burada amaç gözenekli yapılar elde edilmesi idi. Çalışma sonucunda kumaşların ses yutum performansları analiz edildi ve 1000-2000 Hz aralığında %0,5 lik bir performansla ses yutum sonucu kaydedildi (Pan ve ark., 2016).

Küçük ve ark. (2012), dokusuz yüzey kumaşlarının belirlenen yoğunluk ve kalınlık değerlerinde ses yutum katsayılarının iyileştirilebileceğini öne sürmüşlerdir. Bu kapsamda %70 pamuk, %30 pes kombinasyonu ile üretilen kumaşların ara frekans değerlerinde ses yutum performanslarının iyileştiği sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmada belirlenen parametreler mikrofiber yapıların birim yoğunluğunun azaltılması ve kalınlıklarının artırılması olarak belirlenmiştir. Küçük ve arkadaşları pamuk pes karışımli kumaşları iki farklı birleştirme üretim yöntemiyle elde etmişlerdir. Bu yöntemlerden birinde su ile yapıştırma diğesinde ise iğneleme yönteminden faydalanmışlardır. Çalışma sonunda üretim yönteminde yapılan değişikliğin ses yutum performansları üzerine kayda değer bir değişime yol açmadığı sonucunu elde etmişlerdir (Küçük ve ark., 2012).

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Havlü kumaşların üçüncü boyuta sahip hav ipliklerinin olması ve hav yüksekliğinin ayarlanabilir olması ses yutum açısından havlü kumaşların potansiyeli olabileceğini düşündürmektedir. Kaynak araştırması kısmındaki çalışmalara bakıldığında havlü kumaşların ses yutum davranışlarına yönelik araştırmaların sınırlı olduğu veya olmadığı görülmüştür. Bu yüzden değişik konstrüksiyonlarda havlü kumaşlar dokuyarak ses yutum davranışlarının araştırılması planlanmıştır. Planlanan deneysel çalışma kapsamında iki grup havlü kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. İlk grup havlü kumaş üretimleri gerçekleştirildikten sonra ses yutumuna yönelik çalışmalardaki varyasyon üzerine ikinci grup kumaşlar üretilip çalışmalar tekrarlanmıştır. Çizelge 3.1’ de ilk grup havlü kumaş numune çalışmasında kullanılan havlulara ait parametreleri göstermektedir. Çizelgeden de görüldüğü gibi üç farklı atkı sıklığı (15-18-24 atkı/cm) ve dört farklı hav uzunluğu (8-10-12-14 mm) kullanılarak havlü kumaşlar üretilmiştir. Tüm havlü kumaş numuneleri %100 pamuk ipliğinden, 12 farklı konstrüksiyonda üretilmiştir.

Çizelge 3.1. Birinci grup havlü kumaş üretim parametreleri

HAV UZUNLUĞU	ATKI SIKLIĞI (atkı/cm)	ATKI İPLİĞİ (OPENEND)	HAV İPLİĞİ (OPENEND)	ÇÖZGÜ İPLİĞİ (OPENEND)
8	15	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
10	15	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
12	15	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
14	15	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
8	18	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
10	18	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
12	18	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
14	24	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
8	24	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
10	24	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
12	24	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
14	24	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2

İlk grup kumaş numunelerinde yapılan ölçümlerin bazılarında uyumsuz sonuçlar elde edilmesi üzerine yeni bir tasarımda %100 pamuk iplikleri kullanılarak ikinci grup havlü kumaş numuneleri üretilmiştir.

Numuneler Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3 te görüldüğü gibi üç farklı atkı sıklığı ve üç farklı hav uzunluğunda, iki farklı atkı ipliği ile dokunmuş olup toplam 18 numune elde edilmiştir. Zemin ve hav çözgülerinde Ne 20/2 pamuk ipliği kullanılırken atkı ipliği olarak Ne16/1 pamuk ipliği ve Ne20/2 pamuk ipliği kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Ne 16/1 atkı ipliği kullanılan kumaş üretim parametreleri

NUMUNE KODU	HAV UZUNLUĞU	ATKI SIKLIĞI (atkı/cm)	ATKI İPLİĞİ (OPENEND)	HAV İPLİĞİ (OPENEND)	ÇÖZGÜ İPLİĞİ (OPENEND)
N1	5	15	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
N2	9	15	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
N3	14	15	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
N4	5	19	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
N5	9	19	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
N6	14	19	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
N7	5	24	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
N8	9	24	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2
N9	14	24	Ne16/1	Ne20/2	Ne20/2

Çizelge 3.3. Ne20/2 atkı ipliği kullanılan kumaş üretim parametreleri

NUMUNE KODU	HAV UZUNLUĞU (cm)	ATKI SIKLIĞI (atkı/cm)	ATKI İPLİĞİ (OPENEND)	HAV İPLİĞİ (OPENEND)	ÇÖZGÜ İPLİĞİ (OPENEND)
N10	5	15	Ne20/2	Ne20/2	Ne20/2
N11	9	15	Ne20/2	Ne20/2	Ne20/2
N12	14	15	Ne20/2	Ne20/2	Ne20/2
N13	5	19	Ne20/2	Ne20/2	Ne20/2
N14	9	19	Ne20/2	Ne20/2	Ne20/2
N15	14	19	Ne20/2	Ne20/2	Ne20/2
N16	5	24	Ne20/2	Ne20/2	Ne20/2
N17	9	24	Ne20/2	Ne20/2	Ne20/2
N18	14	24	Ne20/2	Ne20/2	Ne20/2

3.2 Yöntem

Tezin deneysel çalışma kısmında belirlenen parametrelerde dokunan havlu kumaş numunelerinin gramajları, kalınlıkları, hava geçirgenliği ve ses yutum özellikleri ölçülmüştür. Aşağıda kullanılan ölçüm yöntemleri ve standartları açıklanmaktadır.

3.2.1 Gramaj ölçümü

Havlu kumaş numunelerinin metrekare başına ağırlıklarının ölçümü standart ASTM D 3776-07'ye göre belirlenmiştir. Kumaş numuneleri Şekil 3.4' te görülen 100 cm² lik alana sahip kesici ile numuneler kesilmiş olup ASTM D 3776-07 standardına göre analitik ve hassas ölçüm yapan terazi ile ağırlık ölçümleri gerçekleştirilmiş ve gramaj belirlenmiştir. Aşağıdaki Şekil 3.5' de ASTM D 3776-07 standardına göre ağırlık ölçümünde kullanılan hassas terazi gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Kumaş kesici



Şekil 3.2. Hassas terazi

3.2.2. Kalınlık ölçümü

Kalınlık ölçümü ASTM D 1777-96 standardına göre bir kalınlık ölçer cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kumaş birim alan ağırlığının ölçülmesi için hazırlanan numuneler cihazın alt ve üst kolları geniş durumdayken alt ve üst kol arasına yerleştirilir. Cihaz üzerinde bulunan çevirme düğmesi çevrilerek alt ve üst kol aralarında kalacak şekilde kumaş sıkıştırılır. Bu sırada cihaz üzerindeki kadrajdan yanan uyarı ışığı kontrol edilerek kalınlık değeri kayıt edilir. Şekil 3.6' da ASTM D 1777-96 standardına göre kullanılan kalınlık ölçümünün gerçekleştirildiği cihaz gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Kalınlık ölçer

3.3.3 Hava geçirgenliği ölçümü

Havlu kumaş numunelerin hava geçirgenliği ölçümü SDL Atlas M021A hava geçirgenliği test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde kullanılan cihaz Şekil 3.8’ de gösterilmektedir.

Numuneler cihaza yerleştirirken hav yönlerinin düzgün olup olmadığı, kırışıklık ve katlanma izlerinin varlığı gibi konulara dikkat edilmiş ve kumaşlar cihaz kolunun altına sıkıştırılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Test alanı 100 cm² olarak alınmış olup 200 Pa basınç altında her bir kumaş konstrüksiyonundan 2’şer adet ölçüm yapılarak toplamda 36 numunenin hava geçirgenliği değerleri l/m²/s birimine sahip olacak şekilde ölçülmüştür. Her kumaş numunesi için iki değerin ortalaması alınarak numune hava geçirgenliği değeri belirlenmiştir. Esasında her kumaş numunesi için ikiden fazla ölçüm yapılmış ancak sonuçlar birbirine çok yakın olduğu için iki ölçüm ile devam edilip ortalamalar alınmıştır.



Şekil 3.4. Hava geçirgenliği test cihazı (SDL Atlas M021A)

3.3.4 Ses yutum ölçümleri

Bu çalışmada havlu kumaş numunelerinin ses yutum katsayılarını ölçebilmek için empedans tüpü yöntemi kullanılmıştır. Empedans tüpünün esas çalışma prensibi, kaynaktan yayılan ses dalgalarının numune kumaş tarafından ne kadarının yutulduğunun ya da hapsedildiğinin ölçülmesine dayanmaktadır.

Empedans tüpünün ses yutum çalışmalarında tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden biri küçük boyutlardaki numunelerin de ses yutum katsayılarının basitçe ölçülebiliyor olmasıdır. Havlu kumaş numunelerinin ses yutum katsayıları küçük tüp düzeneği ile ölçülmüştür. Bu ölçümlerde BSWA Empedans Tüpü SW 260 modeli kullanılmıştır. Şekil 3.5 ' te ölçümlerin yapıldığı empedans tüpü gösterilmiştir.

Cihazda küçük ses alıcı (empedans) tüp, büyük tüpün açık ucuna bakacak şekilde hoparlör ve numune tutucu ile birlikte yerleştirilmiş olup numune küçük tüpün en uç kısmına yerleştirilir. Cihazdaki ses kaynağından frekansı 1-6,1 Hz aralığında değişen ses dalgaları üretilir. Empedans tüpü ses kaynağından numune yüzeyine doğru yayılan ve numune yüzeyiyle temasa geçen ses dalgalarını numuneye yönlendirecek şekilde tasarlanmıştır. Çalışmada her bir havlu kumaş numunesinden 30 mm çapında dairesel kumaş örnekleri hazırlanarak teste hazır hale getirilmiştir. Her bir kumaş konstrüksiyonundan 2 adet olmak üzere toplamda 36 numunenin ses yutum ölçümleri, ASTM E 1050-12 standardına uygun olarak numunelerin arkasında 7 cm boşluk ayarlanarak yapılmış ve ses yutum katsayıları hesaplanmıştır.



Şekil 3.5. Empedans tüpü ses yutum cihazı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Havlu kumaş numunelerinin öncelikli olarak kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği testleri yapılmış olup elde edilen sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde sunulmuştur.

Atkı ipliği Ne16/1, hav çözgü ipliği Ne20/2 olan kumaş yapılarında 5 mm, 9 mm ve 14 mm hav uzunluklarına ve 15, 19 ve 24 atkı/cm atkı sıklıklarına sahip N1-N9 kodlu kumaş numunelerinin kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği ölçüm sonuçları Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3' te gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 15 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N1	2,475	353,45	502,5
N2	4,535	447,75	493
N3	5,950	649,4	467,5

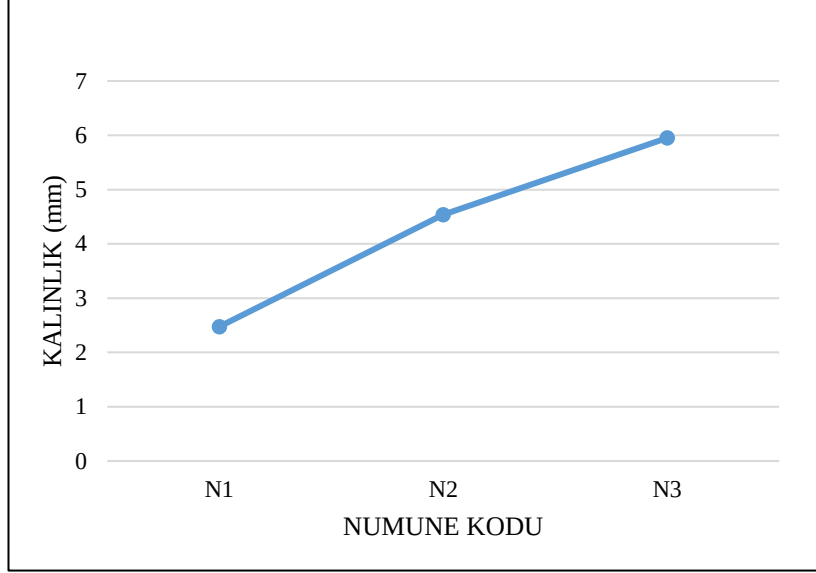
Çizelge 4.2. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 19 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N4	4,720	390,15	342,5
N5	5,150	556,0	336,5
N6	5,725	773,15	280,5

Çizelge 4.3. Atkı ipliği Ne16/1 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 24 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

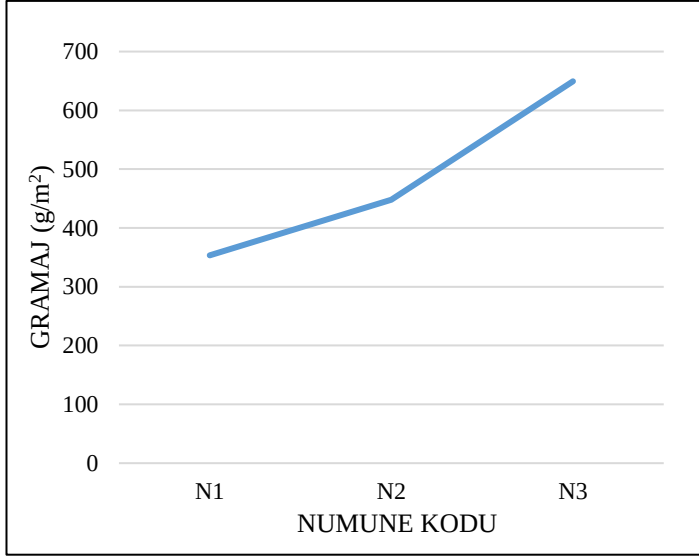
Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N7	3,495	441,1	172,5
N8	5,29	675,25	161,5
N9	7,795	979,45	137,75

15 atkı/cm atkı sıklığı sabitliğinde hav yüksekliğinde meydana gelen değişimlerin gramaj, kalınlık ve hava geçirgenliği üzerine olan etkileri Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3’ te gösterilmektedir.



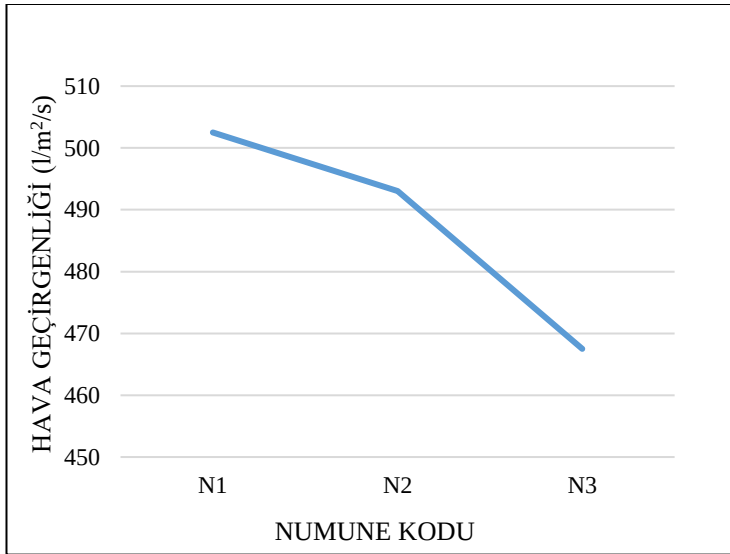
Şekil 4.1. N1, N2 ve N3 numunelerinin hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişimi

Şekil 4.1 de görmekte olduğumuz verilere göre 15 atkı/cm atkı sıklığında hav uzunluğu arttıkça havlu kumaş numunelerinin kalınlıkları doğru orantılı olarak artmaktadır. Ancak kalınlık değerleri hav uzunluğunun iki katından daha düşük değerler almaktadır. Bunun sebebinin havların dik kalmayıp kumaş üzerine yatmış olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.



Şekil 4.2 N1, N2 ve N3 numunelerinin hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi.

15 atkı/cm atkı sıklığında hav uzunluğu arttıkça Şekil 4.5’ te görüldüğü gibi kumaş gramajlarında beklendiği seviyede artışlar gerçekleşmiştir.

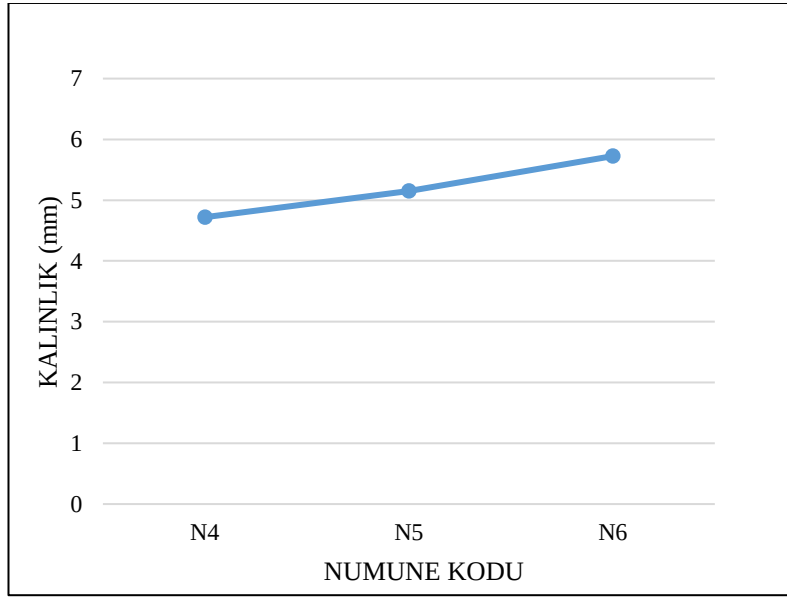


Şekil 4.3. N1, N2 ve N3 numunelerinin hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi

15 atkı/cm atkı sıklığında de artan hav uzunluğu değerlerine göre havlu kumaşların hava geçirgenlik değerleri Şekil 4.3 te görülmektedir.

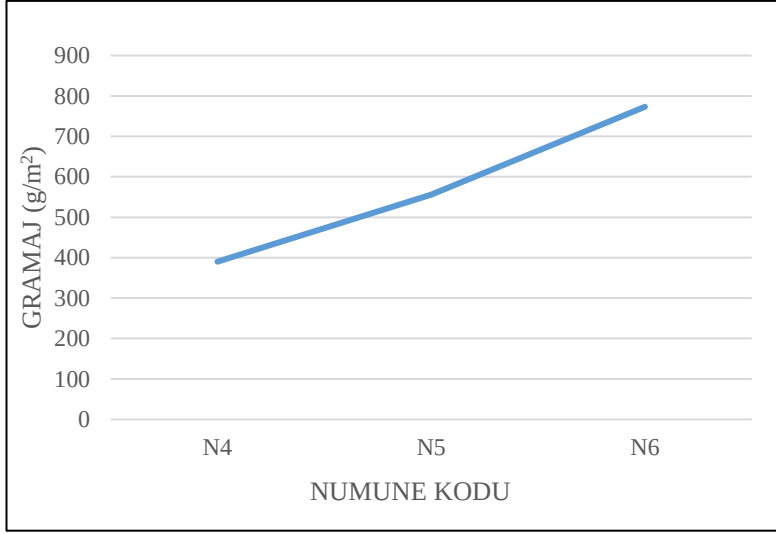
Sabit atkı sıklığında hav uzunluğu arttıkça kumaş kalınlığı ve kumaş gramajı artacağından hava geçişine karşı gösterilen direnç artacak olup kumaş içerisinden hava akış hızı ve dolayısıyla hava geçirgenliği değerlerinde azalma görülmektedir. Bu beklenen bir sonuçtur.

19 atkı/cm atkı sıklığı sabitliğinde hav yüksekliğinde meydana gelen değişimlerin gramaj, kalınlık ve hava geçirgenliği üzerine olan etkileri Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6’ da gösterilmektedir.



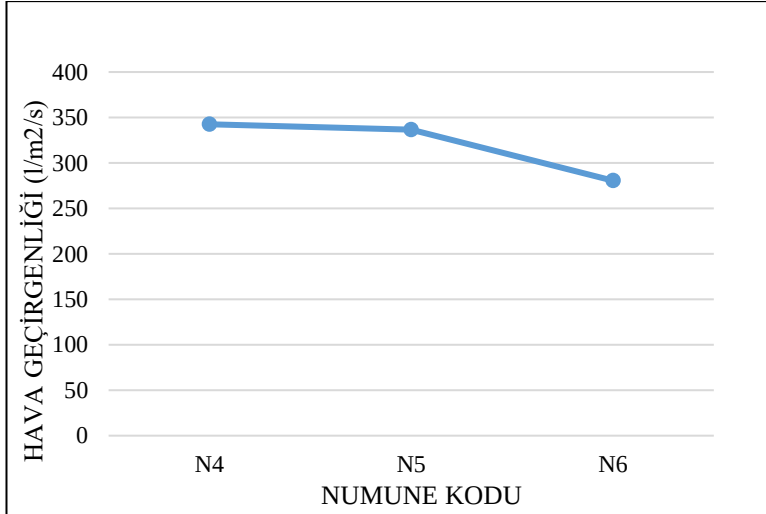
Şekil 4.4. N4, N5, N6 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişimi

19 atkı /cm atkı sıklığına sahip kumaş numunelerinde hav uzunluğunun artmasıyla birlikte kumaş et kalınlığının da artmakta olduğu Şekil 4.4’ te görülmektedir. Bu beklenen bir sonuçtur.



Şekil 4.5. N4, N5, N6 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi

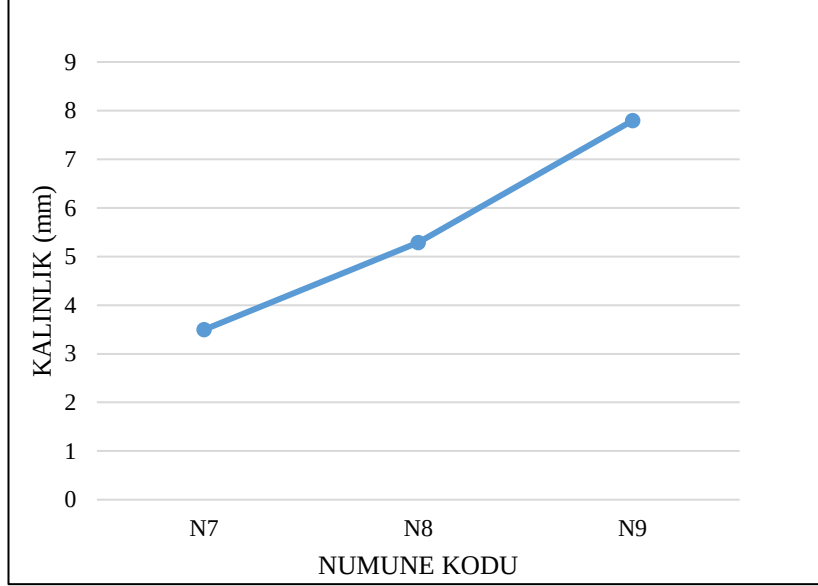
Şekil 4.5’ te görüldüğü üzere hav uzunluğu artmasıyla birlikte 19 atkı/cm atkı sıklığına sahip kumaş numunelerinin gramajları doğrusal bir ivmeyle artmaktadır. Bu beklenen bir sonuçtur. Birim alandaki lif yoğunluğunun artmasıyla gramajda aynı oranda artmaktadır.



Şekil 4.6. N4, N5, N6 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi

19 atkı/cm atkı sıklığına sahip kumaşlarda hav uzunluğunun artışı ile birlikte birim alandaki lif sayısı da artmıştır. Bu artış yüzeye çarpan havanın karşılaştığı engel sayısını da arttırarak hava geçirgenliği değerini azaltmaktadır.

24 atkı/cm atkı sıklığı sabitliğinde hav uzunluğunda meydana gelen değişimlerin gramaj, kalınlık ve hava geçirgenliği üzerine olan etkileri Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9’ da gösterilmektedir.

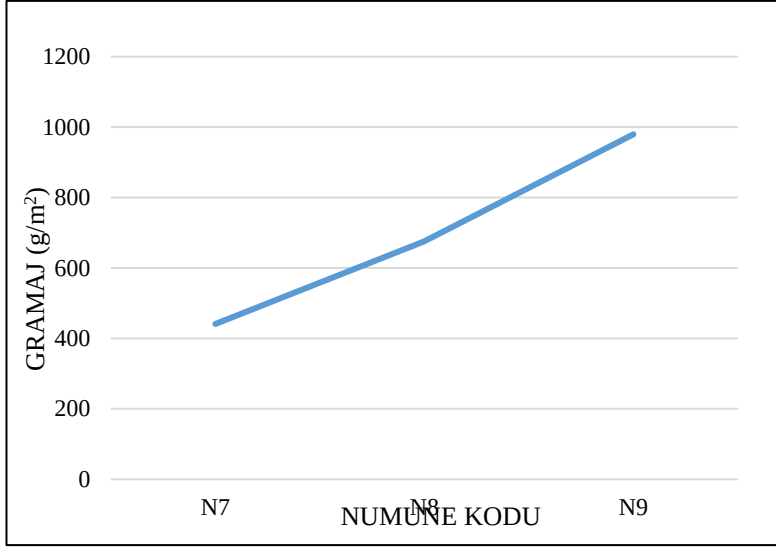


Şekil 4.7. N7, N8, N9 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişim

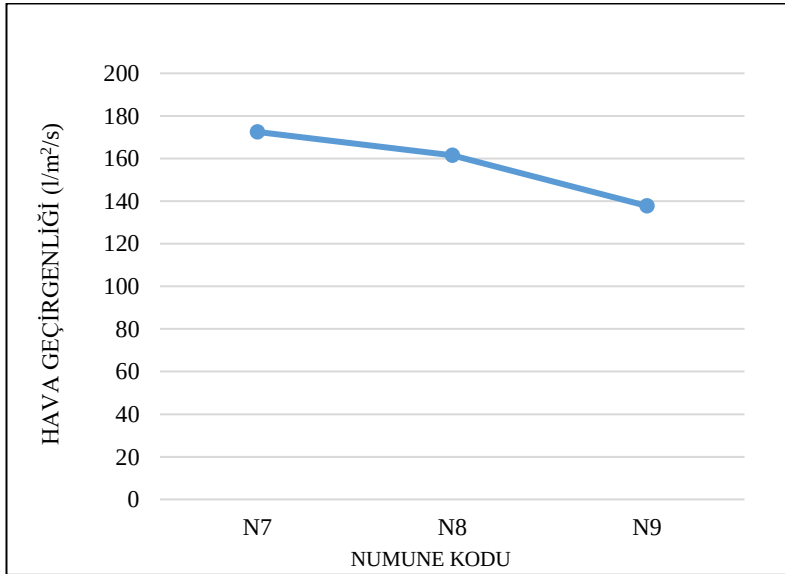
N7, N8 ve N9 numunelerine ait kalınlık değişimine bakıldığında tüm numune grupları arasında en kalın kumaş değerine sahip grubun bu grup olduğunu söylemek mümkündür. Hav uzunluğunun ve atkı sıklığının artması ile birlikte kumaş numuneleri doğru orantılı olarak en kalın değerine ulaşmaktadır.

Şekil 4.8’ de hav uzunluğunun artmasıyla birlikte gramajında doğru orantılı artış gösterdiği görülmektedir. Birim alanda bulunan lif sayısının artmasıyla gramaj değeri de beklenen bir seviyede artış göstermiştir.

Şekil 4.9 incelendiğinde 15 atkı ve 19 atkı sıklığındaki kumaş numuneleri ile kıyaslandığından en iyi hava geçirgenliği sonuçlarının 24 atkı grubuna ait olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 4.8. N7, N8, N9 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi



Şekil 4.9. N7, N8, N9 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi

Kalınlık ve gramaj olarak da en yüksek değerlere sahip olan 24 atkı grubundan kumaş yüzeyine çarpan hava akımı çok fazla lif ile karşılarak kumaşın diğer tarafına 5 mm hav uzunluğundan 14 mm hav uzunluğuna daha az hava geçirerek azalan bir ivme göstermiştir. Bu sonuç beklenen bir sonuçtur.

İkinci bir kombinasyon olarak kumaş konstrüksiyonlarında atkı ipliği Ne20/2 olarak değiştirilmiştir. 5 mm, 9 mm ve 14 mm hav yüksekliklerinde 15, 19 ve 24 atkı/cm atkı sıklıklarında dokunmuş olan kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6’ da gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 15 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N10	2,24	358	331,5
N11	4,585	500,8	320,5
N12	5,75	676,8	315

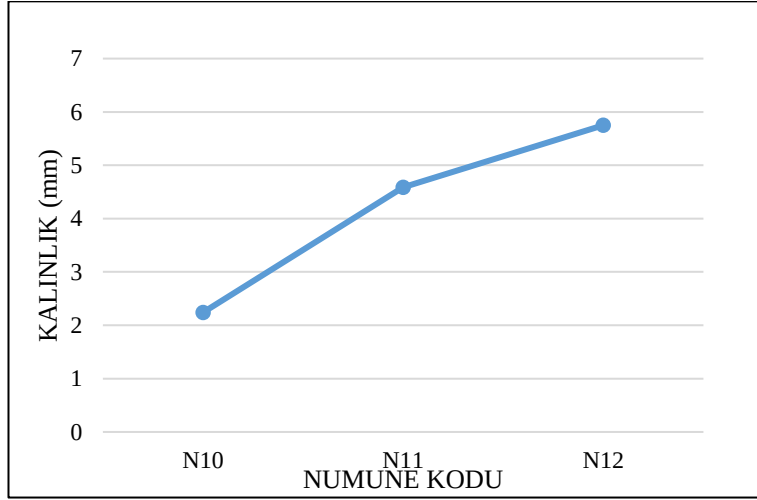
Çizelge 4.5. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 19 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N13	2,61	430,7	154,5
N14	4,28	598,4	150,3
N15	6,57	814,3	146,5

Çizelge 4.6. Atkı ipliği Ne20/2 hav çözgü ipliği Ne20/2 atkı sıklığı 24 atkı/cm havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

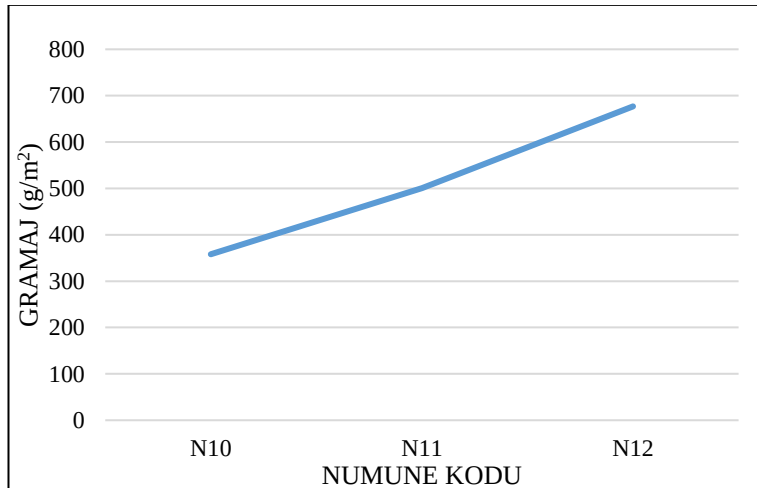
Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N16	2,175	305,5	589,25
N17	3,41	423,1	554,5
N18	5,3	569,6	536

15 atkı/cm atkı sıklığı sabitliğinde hav yüksekliğinde meydana gelen değişimlerin gramaj, kalınlık ve hava geçirgenliği üzerine olan etkileri Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12’ de gösterilmektedir.



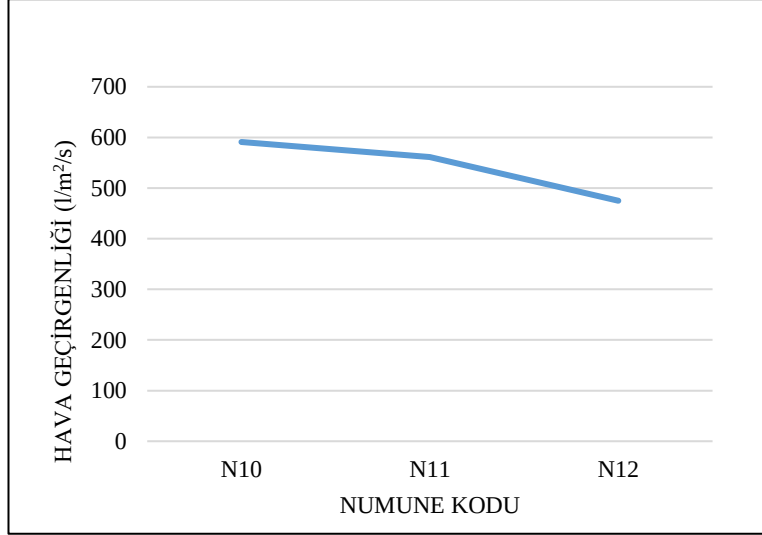
Şekil 4.10. N10, N11, N12 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişimi

Şekil 4.10’ da görüldüğü üzere 15 atkı/cm atkı sıklığında hav uzunluğunun artması kumaş kalınlığını N1, N2 ve N3 kalınlık değişimi ile kıyaslandığında değerlerde bir miktar artış görülse de bu önemli ölçüde olmamıştır. Buradan hareketle atkı ipliği numara değişiminin kalınlık üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmadığı belirtilebilir.



Şekil 4.11. N10, N11, N12 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi

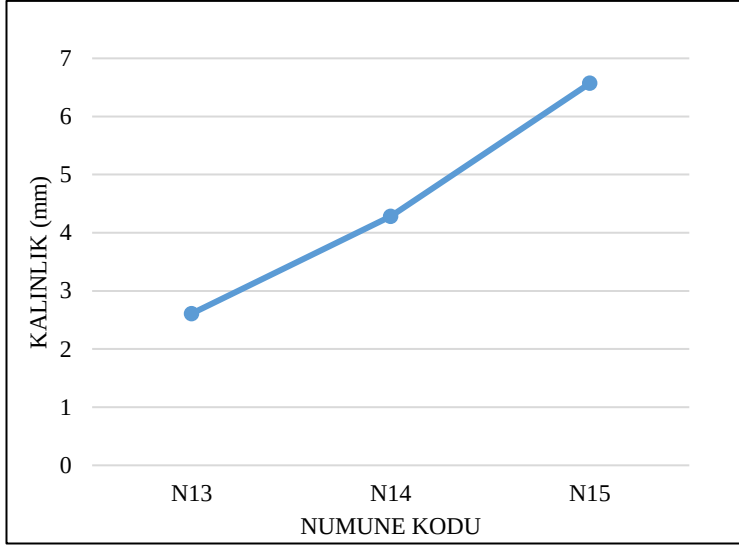
Şekil 4.11’ de görülen hav uzunluğu değişiminin gramaja etkisi tüm hav uzunluklarında olduğu gibi doğru orantılı bir değişim göstermektedir.



Şekil 4.12. N10, N11, N12 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi

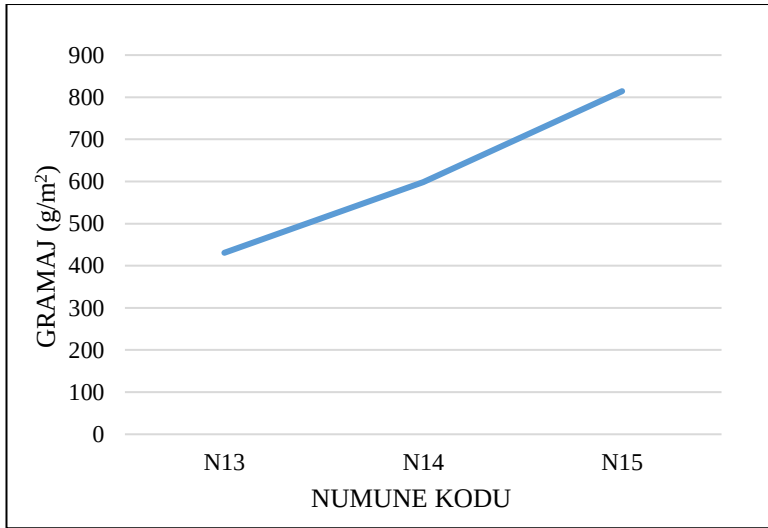
Şekil 4.12’ de görülen hav uzunluğu değişimi incelendiği, uzunluğun arttıkça hava geçirgenliğinin ters orantılı bir etki göstererek azalmakta olduğu söylenebilir. Bu durum hava dalgalarının temas ettiği lif yüzey sayısının artmasıyla ilişkilendirilmektedir.

19 atkı/cm atkı sıklığı sabitliğinde hav uzunluğunda meydana gelen değişimlerin gramaj, kalınlık ve hava geçirgenliği üzerine olan etkileri Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15’ de gösterilmektedir.



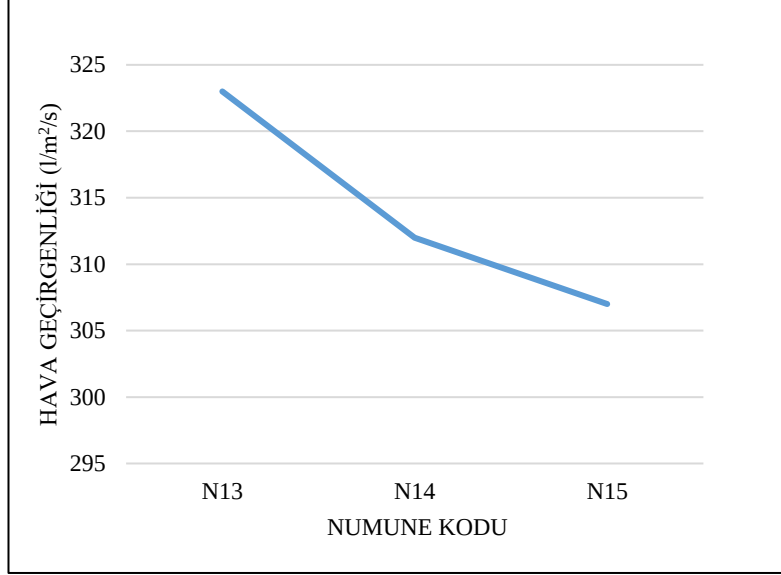
Şekil 4.13. N13, N14, N15 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişimi

Ne20/2 atkı ipliği ile dokunmuş olan 15 atkı/cm atkı sıklığındaki numune grubunda görüldüğü gibi, beklenen şekilde 19 atkı/cm atkı sıklığında da hav uzunluğunun artması ile birlikte kalınlık değerinde artış gerçekleşmektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.14. N13, N14, N15 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi

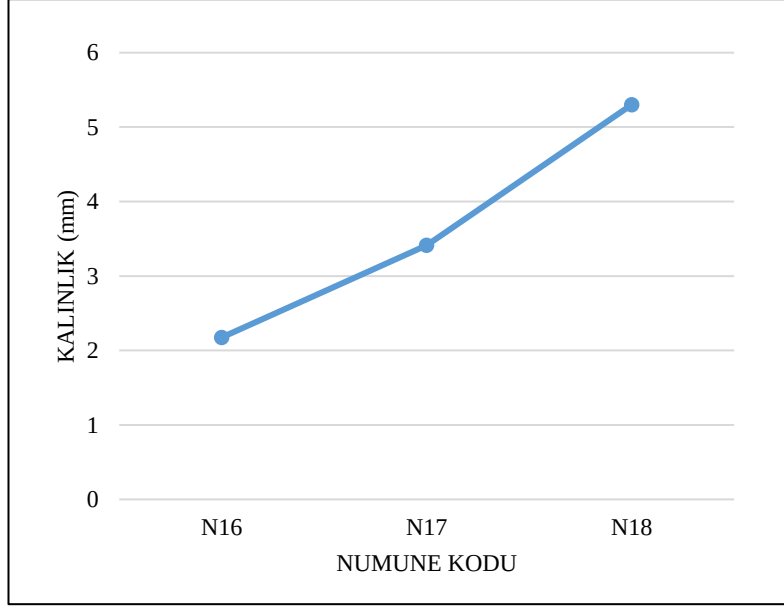
Şekil 4.14’ de görüldüğü gibi 19 atkı/cm atkı sıklığı grubunda da hav uzunluğu ya da yüksekliğinin artışı ile birlikte kumaş birim alanında daha fazla lif sayısı oluşacağından doğru orantılı bir değişimle kumaş gramajı artmaktadır.



Şekil 4.15. N13, N14, N15 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi

Hav uzunluğu artışı, numune grupları üzerinde ters orantılı bir etkiyle değişim göstererek numunelerin hava geçirgenliğini azaltmaktadır. Hav uzunluğu arttıkça kumaş yüzeyinde yer alan hav ilmekleri yükseklikleri artmakta ve büyük gözenekli yapılar haline gelmektedir. Bu durum kumaş yüzeyi ile hava dalgaları arasındaki sürtünmeyi arttırarak hava geçirgenliğini azaltmaktadır.

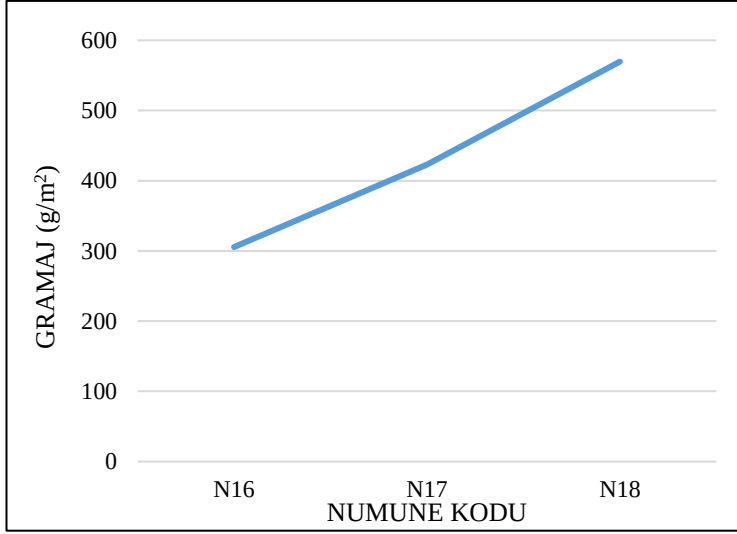
24 atkı/cm atkı sıklığında hav uzunluğunda meydana gelen değişimlerin gramaj, kalınlık ve hava geçirgenliği üzerine olan etkileri Şekil 4.16, 4.17 ve 4.18’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.16. N16, N17, N18 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak kalınlık değişimi

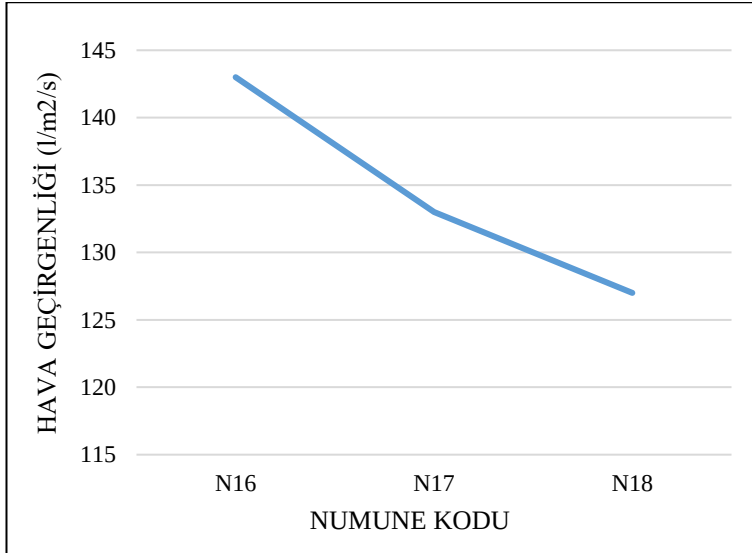
24 atkı/cm atkı sıklığına ait kumaş numunelerinin kalınlık değerleri tüm numune gruplarında hav uzunluğu arttıkça beklendiği gibi yükseliş göstermektedir.

Atkı ipliği Ne20/2 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 havlu kumaş numunelerinde de diğer kumaş numunelerinde olduğu gibi atkı sıklığı ve hav yüksekliğinin artması, yüzeydeki hav ilmekleri yüksekliğinin artmasından dolayı kalınlık değerlerini arttırmaktadır. Atkı ipliği Ne16/1 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 open-end pamuk ipliği olan havlu kumaş numuneleri ile kalınlık değerleri karşılaştırıldığında atkı ipliğinde yapılan değişikliğin kalınlık değerleri üzerinde belirleyici bir etkisi olmadığını söylemek mümkündür.



Şekil 4.17. N16, N17, N18 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak gramaj değişimi

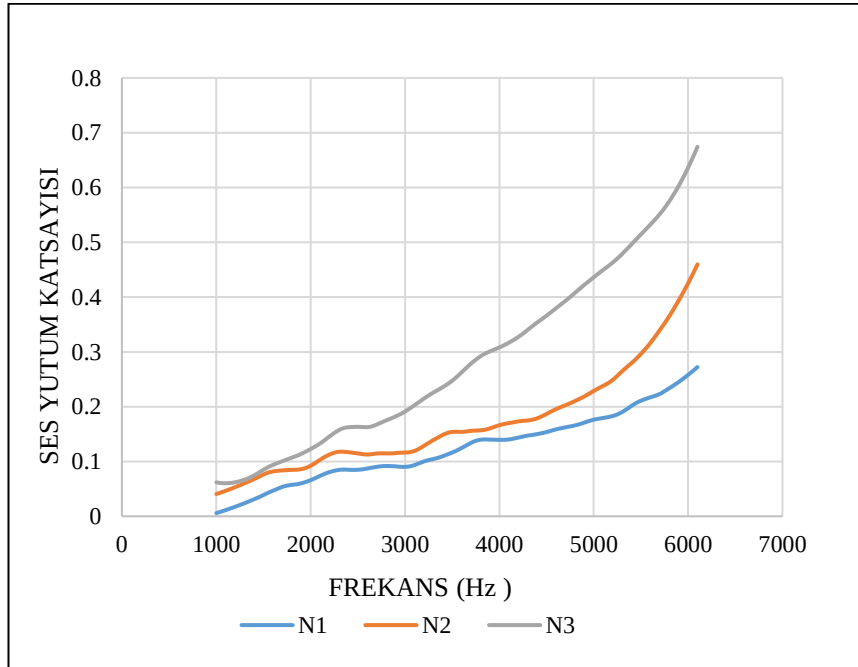
Şekil 4.17’ de görüldüğü gibi 24 atkı/cm atkı sıklığında hav uzunluklarının artışı diğer numunelerde olduğu gibi kumaş gramajını arttırmıştır. N18 incelendiğinde en uzun hav ve en yüksek atkı sıklığı değerine sahip olması sebebiyle birim alandaki lif sayısı en fazla olan kumaş numunesidir. Bu durum sebebiyle gramajı en yüksek numunenin N18 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.18. N16, N17, N18 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak hava geçirgenliği değişimi

Hava geçirgenliği değerlerini etkileyen en önemli parametre, iplik yüzey alanı ve birim alan lif sayısıdır. Bu parametreler kumaş yüzeyi üzerinde hava dalgaları için engel oluşturarak, hava dalgalarının kumaş yüzeyine hapsedilmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda 24 atk/cm atkı sıklığı kumaş numuneleri arasında N18' in hava geçirgenliği en az olan numune olduğu görülmektedir.

Şekil 4.19 Ne16/1 atkı ipliği ile 15 atk/cm atkı sıklığında 5, 9, 14 mm hav uzunluklarında dokunmuş havlu kumaşlarda 1000-6000 Hz arasındaki frekans değerlerinde ses yutum değerlerini göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi hav uzunluğu (yüksekliği) arttıkça tüm frekanslarda ses yutum değerlerinde artış olmaktadır. Bu beklenen bir sonuç olup artan hav uzunluğu ile birlikte ses dalgaları ile sürtünen yüzey alanı artacağından ses yutumu değerlerinde artış ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Şekil 4.3' de ki hava geçirgenliği eğrisi ile karşılaştırıldığında hav yüksekliği arttıkça hava geçirgenliği değerleri azalmakta ve buna bağlı olarak ses yutum değerlerinde artış ortaya çıkmaktadır. Hava geçirgenliğinin azalması hava ile sürtünen lif yüzeyinin artışı ile ilgili olup aynı durum ses yutumunu sürtünen yüzey alanından dolayı yükseltmektedir.

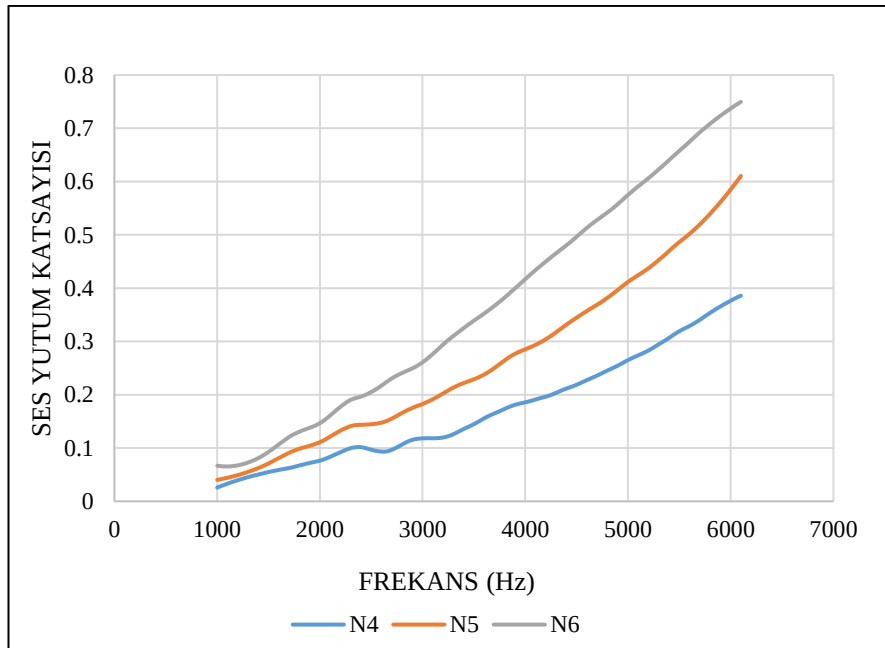


Şekil 4.19. N1, N2, N3 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları

Şekil 4.20’ de Ne16/1 atkı ipliği ile 19 atkı/cm atkı sıklığında 5, 9, 14 mm hav uzunluklarında dokunmuş havlu kumaşlarda 1000-6000 Hz arası frekans aralığında ses yutum değerlerini göstermektedir.

Burada da hav uzunluğu 5 mm’den 14 mm’ye artış gösterirken ses yutum değerlerinde tüm frekanslarda ciddi oranda artışlar gerçekleşmektedir. Bunun sebebi yukarıda açıklandığı gibi hav uzunluğu arttıkça ses dalgalarının temas edeceği ve ses yutumuna sebep olan iplik yüzey alanı artmaktadır.

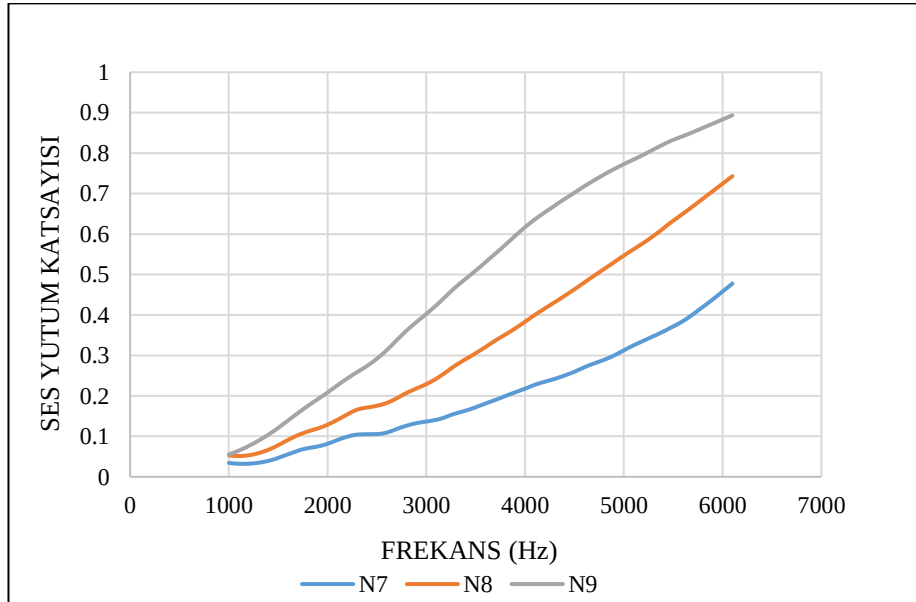
Diğer yandan Şekil 4.19 ile karşılaştırıldığında Şekil 4.20’ de görülen ses yutumu tüm hav yüksekliklerinde daha yüksek değerler almaktadır. Bu durum atkı sıklığı arttıkça daha da sıkılaştıran kumaş yapısının ses yutumunu arttırdığını göstermektedir.



Şekil 4.20. N4, N5, N6 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları

Şekil 4.21 Ne16/1 atkı ipliği ile 24 atkı/cm atkı sıklığında 5, 9, 14 mm hav uzunluklarında dokunmuş havlu kumaşlarda 1000-6000 Hz aralığında ses yutum değerlerini göstermektedir. Yukarıda açıklandığı gibi hav uzunluğunun artması ses dalgalarının kumaşa temas ettiği iplik yüzey alanını arttıracığından ses yutum değerlerinde artış gerçekleşmektedir. Ayrıca Şekil 4.19 ve 4.20 ile karşılaştırıldığında tüm hav uzunluklarında ses yutum değerlerinde çok yüksek olmasa da bir miktar artış gerçekleşmiştir. Bunun sebebi artan atkı sıklığı ile birlikte havlu kumaş zeminin daha sıkı hale gelmesi ve ses dalgalarının temas edeceği iplik yüzey alanının artmasıdır.

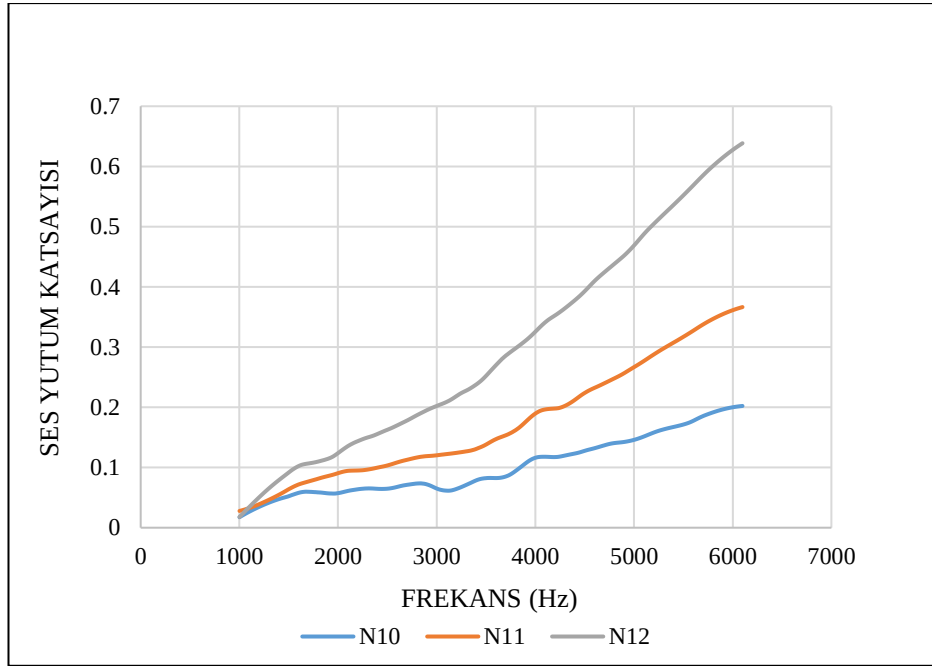
Ne16/1 atkı iplikleri ile dokunmuş 3 farklı atkı sıklığına sahip havlu kumaşların hava geçirgenlik değerleri ile ses yutum değerleri arasında önemli bir paralellik tespit edilmiştir. Tüm hav uzunluklarında atkı sıklığı arttıkça kumaş yapısı daha sıkı bir hale gelmekte ve hava geçişine gösterilen direnç artmaktadır. Bu direnç hava ile sürtünen iplik veya lif yüzeyinin artması ile açıklanabilir. Hava geçişini azaltan bu etki aynı şekilde ses dalgaları için engel oluşturmakta ve ses yutum değerlerinde artışa sebep olmaktadır. Gerek atkı sıklığı gerekse hav uzunlukları kumaşın yapısal parametreleri olup kumaş yapısal parametrelerinin ses yutumuna etkisini açıklamaktadır.



Şekil 4.21. N7, N8, N9 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları

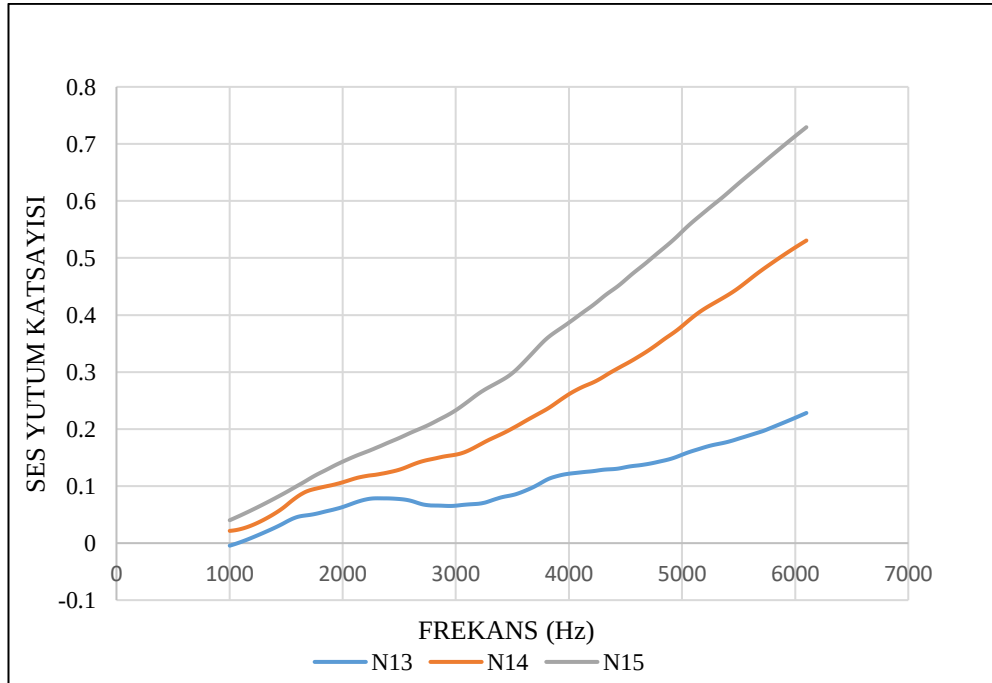
Şekil 4.22 Ne20/2 atkı ipliği kullanılarak 15 atkı/cm atkı sıklığında 5, 9, 14 mm hav uzunluklarında dokunmuş havlu kumaşların 1000-6000 Hz aralığında ölçümü gerçekleştirilen kumaş numunelerinin ses yutum değerlerini göstermektedir. Şekil 4.22’ de görüldüğü gibi hav uzunluğunun 5 mm ile 14 mm aralığında artmasıyla birlikte ters orantılı bir seviyede ses yutum değerlerinde bir düşüş göstermektedir. Hav uzunluğu kumaş numune yüzeyinde ses dalgalarının temas ettiği engelleri artırarak ses yutum performansını iyileştirmiştir.

Bununla birlikte Şekil 4.12’ de yer alan hava geçirgenliği grafiği incelendiğinde ses yutumu ile hava geçirgenliği arasında doğru orantılı bir değişim olduğu görülmektedir. Ses dalgalarının ve hava akışının malzeme içinde hapsolmasındaki en belirgin etmenlerden birinin birim alandaki lif sayısı olduğu ve bu durum Şekil 4.11’ de yer alan gramaj sonuçlarından da görülmektedir.



Şekil 4.22. N10, N11, N12 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları

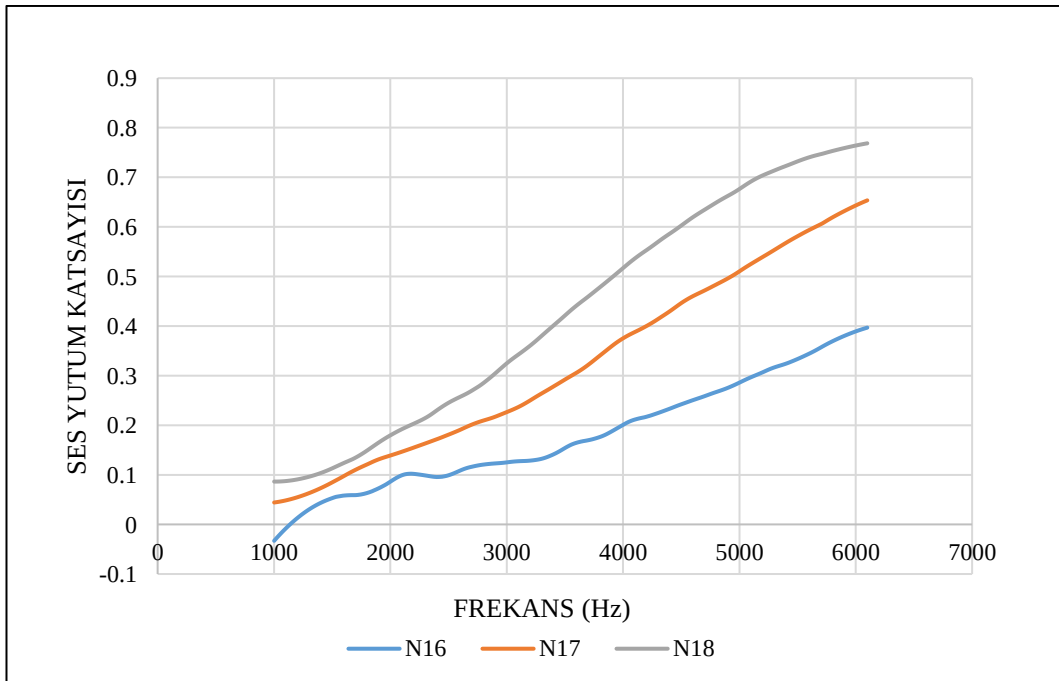
Şekil 4.23, Ne20/2 atkı ipliği ile 19 atkı/cm atkı sıklığında 5, 9, 14 mm hav uzunluklarında dokunmuş havlu kumaşlarda 1000-6000 Hz arası frekans aralığında ses yutum değerlerini göstermektedir. Burada da hav uzunluğunun artması ile beraber ses dalgalarının temas edeceği yüzey alanı artmış olacağından ses yutum değerleri hav uzunluğunun artışı ile doğru orantılı bir değişim göstererek iyileşmiştir. Diğer yandan Şekil 4.22’ de görülen 15 atkı/cm atkı sıklığında dokunmuş olan havlu kumaşların ses yutum sonuçları ile Şekil 4.23 karşılaştırıldığında atkı sıklığındaki artışın ses yutum performansını iyileştirdiğini söylemek mümkündür. Atkı sıklığının artmasıyla birim alanda yer alan lif sayısı ve iplik yüzey alanı artmaktadır. Bu durum beklendiği şekilde ses yutumunun artmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.23. N13, N14, N15 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları

Şekil 4.24, Ne20/2 atkı ipliği ile 24 atkı/cm atkı sıklığında 5, 9, 14 mm hav uzunluklarında dokunmuş havlu kumaşlarda 1000-6000 Hz aralığında ses yutum değerlerini göstermektedir. Şekil 4.23 ve 4.22’ de açıklandığı gibi hav uzunluğunun artması ile birlikte 24 atkı/cm atkı sıklığında ses dalgalarının temas ettiği yüzey alanının artması ses yutum performansını da yükseltmiştir. Bunun yanında Şekil 4.23 ve 4.22’ de yer alan tüm hav uzunluklarının tüm frekans değerlerinde ki ses yutum sonuçları değerlendirildiğinde

24 atk/cm atkı sıklığına ait kumaşların ses yutum performanslarının diğer atkı sıklıklarına göre daha iyi değerler olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum atkı sıklığının artması ile birlikte iplik yüzey alanı ve birim alan lif sayısının artmasıdır. Ne20/2 atkı iplikleri ile tüm atkı sıklıklarında dokunan kumaş numunelerinin hava geçirgenlik ve ses yutum performansları arasında kayda değer bir uyum görülmektedir. Atkı sıklığının artmasıyla beraber kumaş yapısı daha sıkı bir forma dönüşmekte ve hava dalgalarının geçişi aynı oranda azalmaktadır. Hava geçişini engelleyen bu yapı benzer bir şekilde ses dalgaları için de engel oluşturmakta ve ses yutum performansını iyileştirmektedir. Kumaş yapısal parametreleri olan atkı sıklığı ve hav uzunluğunun ses yutumu üzerine olan etkisi beklenen düzeyde olumlu sonuçlar vermiştir. Ancak özellikle 3000 Hz frekanslara kadar olan ses yutum değerleri oldukça düşük bir düzeyde kalmaktadır. Buna sebep olarak paketlenmiş lif yapıları olan ipliklerin içine ses dalgaları ve havanın girememesi olup iplikler arasındaki boşluklardan ilerlemesidir. Bu durum hava ve ses dalgalarının temas edeceği yüzey alanını azaltmakta ve ses yutum değerlerini düşürmektedir.



Şekil 4.24. N16, N17, N18 numunelerine ait hav uzunluğu değişimine bağlı olarak ses yutum sonuçları

4.1 Şardonlanmış Havlu Kumaşların Testleri

Havlu kumaş numunelerinde ses yutum davranışlarına etki eden en önemli parametrelerden biri birim alandaki lif sayısı ve sıklığıdır. Havlu kumaş numunelerinde kumaş yüzeyi üzerindeki lif sayısını arttırabilmek amacıyla kumaşlar üzerine şardonlama işlemi uygulanmıştır. Bu işlem Yeşim Tekstil A.Ş.' de bulunan GRI228 şardon makinesinde Şekil 4.25 de gösterilen parametrelerle gerçekleştirilmiştir.

Şardonlanmış kumaş numunelerine sırasıyla kalınlık, gramaj, hava geçirgenliği ve ses yutum testleri uygulanmıştır. Testleri uygulanması sırasında kumaş numuneleri tek yüzü şardonlu tek kat olarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Tek yüzü şardonlu tek kat atkı ipliği Ne16/1, hav çözgü ipliği Ne20/2 olan kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları Çizelge 4.7, 4.8 ve 4.9 ile gösterilmektedir.



Şekil 4.25. Şardon üretim verileri

Çizelge 4.7. Atkı ipliği Ne16/1/, hav çözgü ipliği Ne20/2 ve atkı sıklığı 15 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N1	1,8	318,4	592
N2	3,6	455,9	537
N3	6.6	642,5	471

Çizelge 4.8. Atkı ipliği Ne16/1, hav çözgü ipliği Ne20/2 ve atkı sıklığı 19 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N4	4,2	396,4	366
N5	5,5	562,6	334
N6	6,3	766,9	281

Çizelge 4.9. Atkı ipliği Ne16/1, hav çözgü ipliği Ne20/2 ve atkı sıklığı 24 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N7	4,3	438,6	220
N8	5,3	660,3	161
N9	7,1	967,4	147

Tek yüzü şardonlanmış tek katlı, atkı ipliği Ne20/2 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj, hava geçirgenliği sonuçları Çizelge 4.10, 4.11 ve 4.12 ile gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Atkı ipliği Ne20/2, hav çözgü ipliği Ne20/2 ve atkı sıklığı 15 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N10	2,75	373,7	324.0
N11	4,88	508,2	316.0
N12	5,03	645,5	294.0

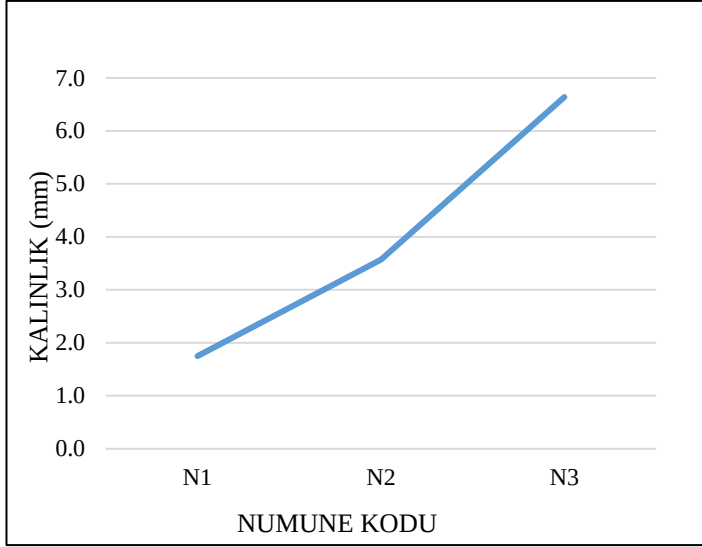
Çizelge 4.11. Atkı ipliği Ne20/2, hav çözgü ipliği Ne20/2 ve atkı sıklığı 19 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N13	4,21	434,4	182.0
N14	4,7	580,7	169.0
N15	7,64	764,4	165.0

Çizelge 4.12. Atkı ipliği Ne20/2, hav çözgü ipliği Ne20/2 ve atkı sıklığı 124 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

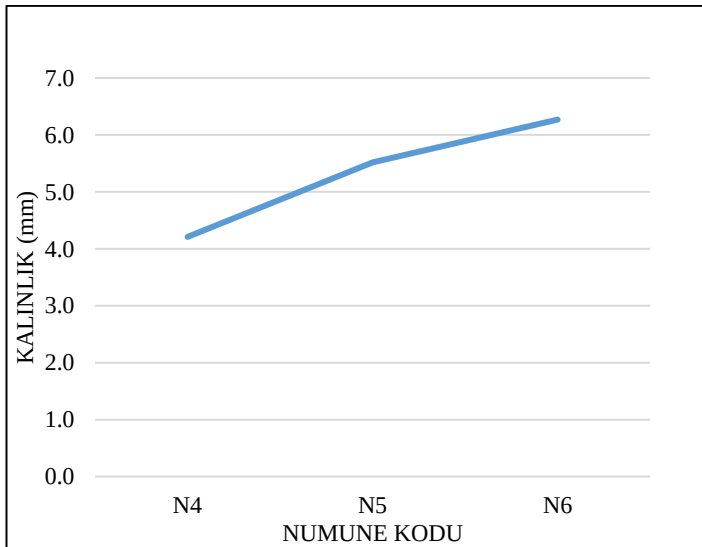
Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N16	2,51	317,3	445.0
N17	3,85	421.0	399.0
N18	4,5	551.0	354.0

15, 19 ve 24 atkı/cm atkı sıklıklarında atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış, tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık değişimi Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’ de gösterilmektedir.

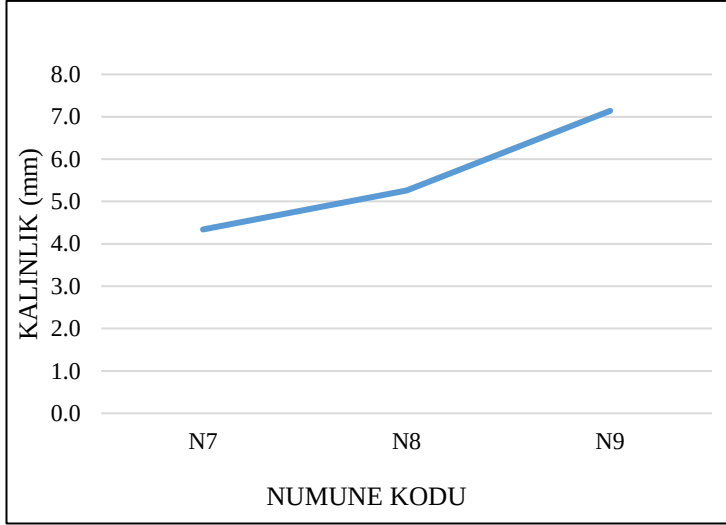


Şekil 4.26. 15 atk/cm atk sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki kalınlık sonuçları

15 atk/cm atk sıklığında tek yüzü şardonlanmış tek kat havlu kumaş numuneleri ile şardonlanmamış 15 atk/cm atk sıklığına sahip havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu artışına bağlı olarak kalınlık değişimi sonuçları karşılaştırıldığında şardonsuz kumaşların kalınlıklarının az da olsa daha fazla olduğu, bu farkın yüzeydeki hav ilmeklerinin şardonlama işleminden sonra kumaş yüzeyinden kazındığı ve bu durumun şardonlu kumaş numunelerinin kalınlık değerini az da olsa azalttığını söylemek mümkündür.



Şekil 4.27. 19 atk/cm atk sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki kalınlık sonuçları

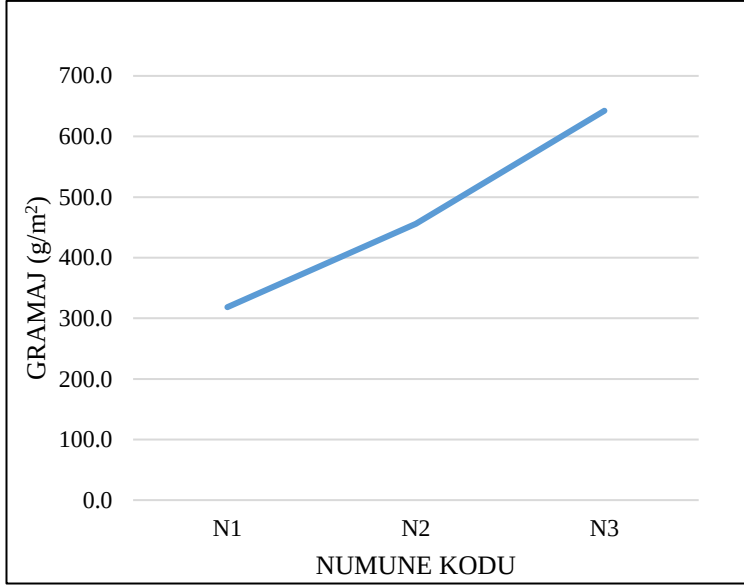


Şekil 4.28. 24 atkı/cm atkı sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki kalınlık sonuçları

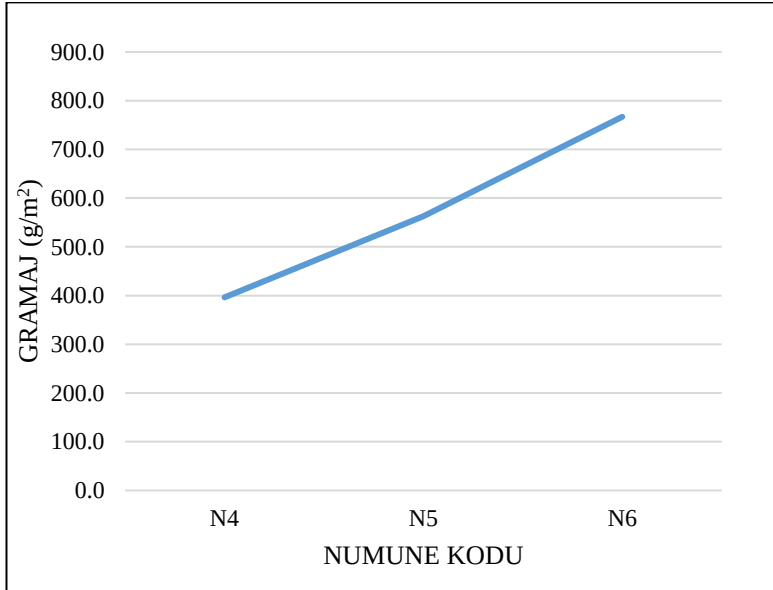
En yüksek kalınlık değerine sahip numunenin beklendiği şekilde N9 olduğu grafiklerden açıkça görülmektedir.

Şardonsuz kumaş numuneleri ile karşılaştırıldığında az bir miktar da olsa kalınlık değerlerinde azalma gösteren kumaş numuneleri vardır. Bunun sebebi şardonsuz kumaş numunelerinde havların yüzeyde yapmış olduğu ilmeklerin yatış yönü doğrultusunda kalınlık değerini etkilemesi ve şardonlama işlemi ile yüzeyin daha düzgün bir yüzeye dönüşmesi olarak açıklanabilir.

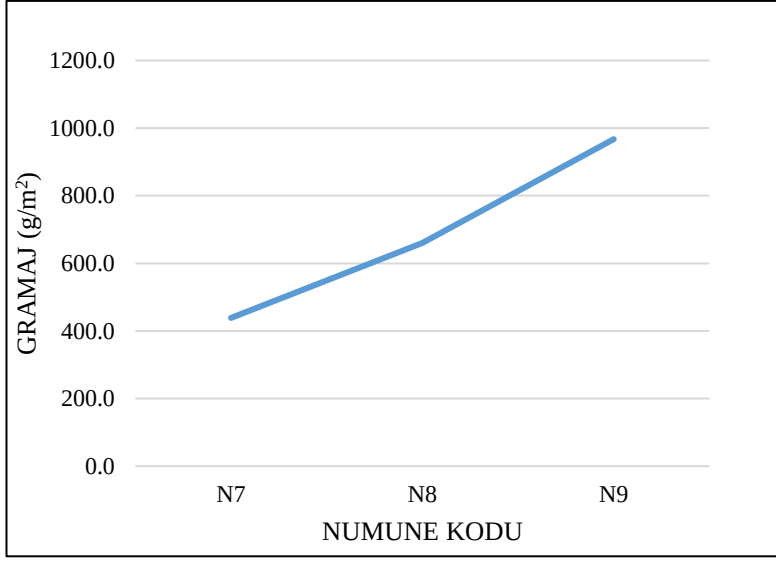
15, 19 ve 24 atkı/cm atkı sıklıklarında atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış, tek katlı havlu kumaş numunelerine ait gramaj değişimi Şekil 4.29, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.29. 15 atk/cm atkı sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki gramaj sonuçları



Şekil 4.30. 19 atk/cm atkı sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki gramaj sonuçları

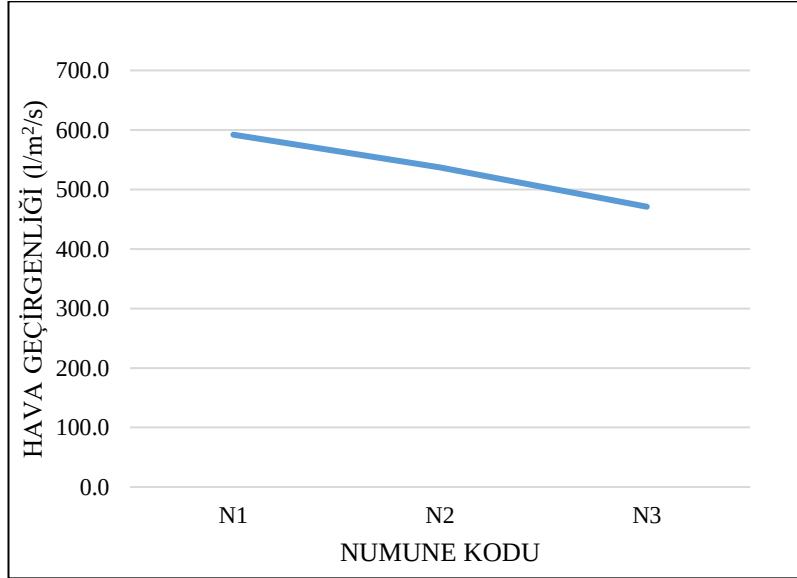


Şekil 4.31. 24 atkı/cm atkı sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki gramaj sonuçları

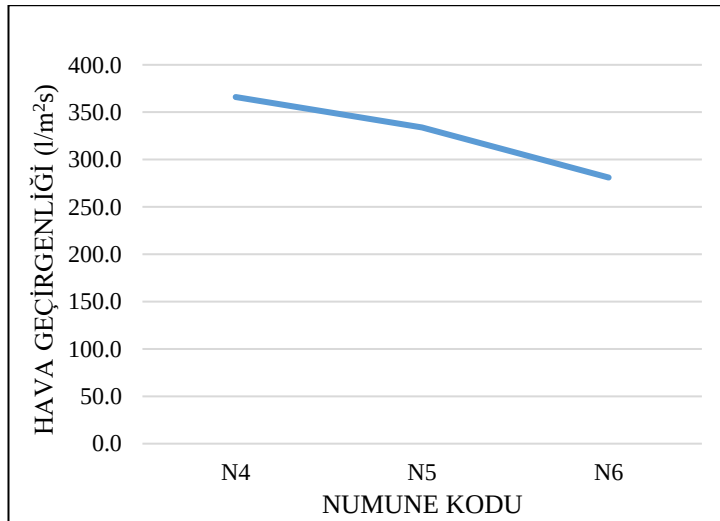
Gramaj sonuçları incelendiğinde kalınlık sonuçları ile doğru orantılı olarak 15, 19 ve 24 atkı/cm atkı sıklıklarında hav uzunluğunun artmasıyla birlikte gramaj değerleri de artmaktadır. Yine aynı orantı ile beklenen şekilde aynı hav yüksekliğine sahip olan havlu kumaş numunelerinde atkı sıklığının artması kumaş gramajlarını arttırmıştır.

Atkı ipliği Ne16/1 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 open-end pamuk ipliği ile dokunan tek yüzü şardonlu tek kat havlu kumaşlar ile şardonsuz havlu kumaşlar karşılaştırıldığında şardonlama işlemiyle birlikte kumaş yüzeyinde yer alan hav ilmeklerinden lif kayıplarının gerçekleşmesi sebebiyle şardon işleminin havlu kumaşların gramajının bir miktar azalmasına sebep olduğunu söylemek mümkündür.

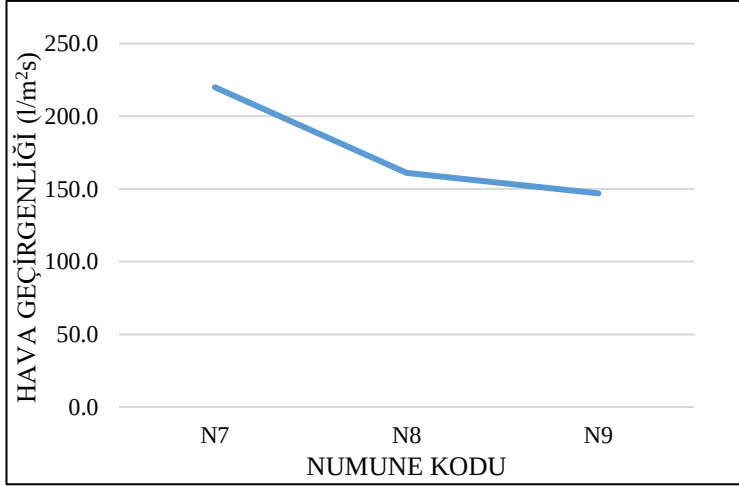
15, 19 ve 24 atk/cm atkı sıklıklarında, atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış, tek katlı havlu kumaş numunelerine ait hava geçirgenliği değişimi Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34' te gösterilmektedir.



Şekil 4.32. 15 atk/cm atkı sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki hava geçirgenliği sonuçları



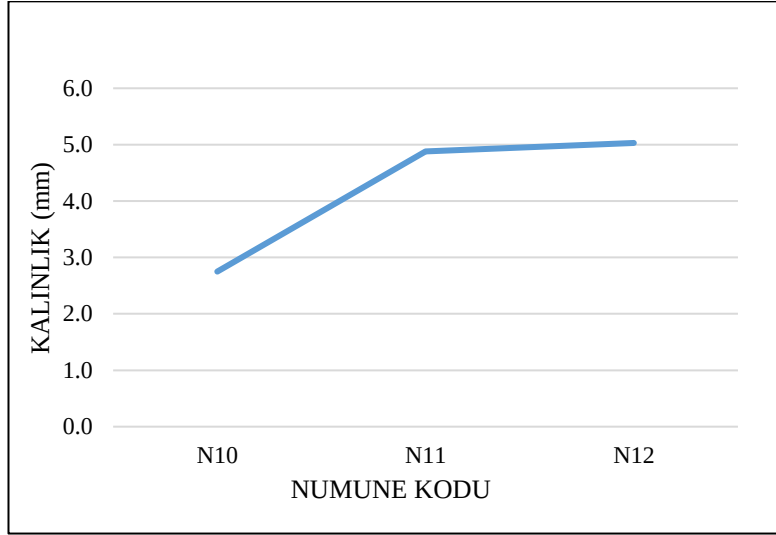
Şekil 4.33. 19 atk/cm atkı sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki hava geçirgenliği sonuçları



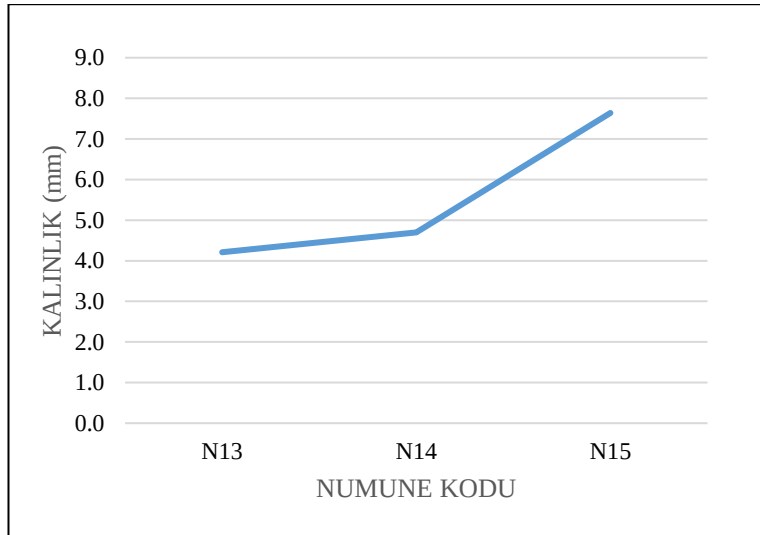
Şekil 4.34. 24 atkı/cm atkı sıklığında tek yüzü şardonlu, tek kat havlu kumaş numunelerinin hav uzunluğu değişimindeki hava geçirgenliği sonuçları

Atkı ipliği Ne16/1 hav ve çözgü ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlu tek katlı havlu kumaş numunelerinin hava geçirgenliği sonuçları atkı sıklığı ve hav yüksekliğinin artmasıyla birlikte hava ile kumaş yüzeyi arasındaki sürtünmenin artmasından dolayı hava geçirgenliğinin azaldığını göstermektedir. Şardonsuz kumaş numuneleri ile karşılaştırıldığında şardonsuz kumaşların kalınlık ve gramaj değerleri daha yüksek olduğu halde şardonlu kumaşların hava geçirgenliği daha düşük değerler almaktadır. Bu durum şardonlama işlemiyle birlikte havanın akışına engel teşkil eden lif sayısının artması ve hava dalgaları için daha fazla engel oluşturarak sürtünme yüzeyinin artışı ile açıklanabilir.

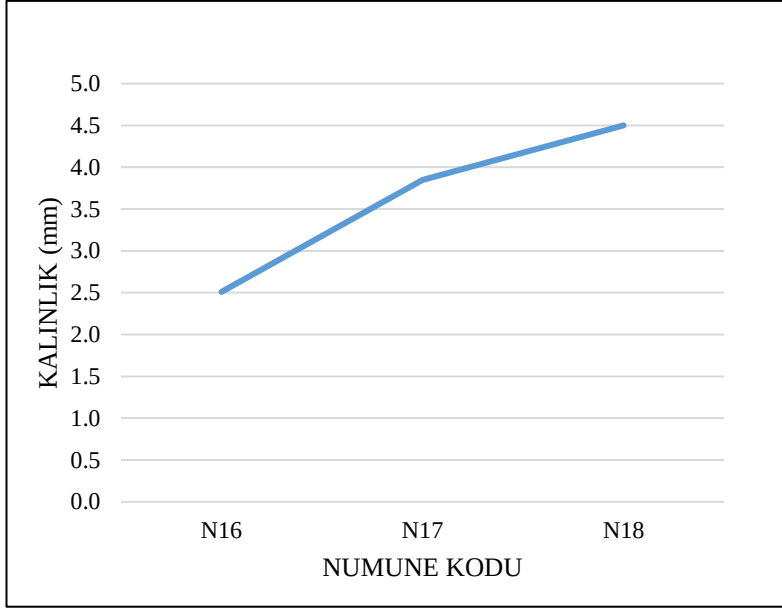
15, 19 ve 24 atkı/cm atkı sıklıklarında atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış, tek katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık değişimi şekil 4.35, şekil 4.36 ve şekil 4.37’ de gösterilmektedir.



şekil 4.35. 15 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki kalınlık değişimi



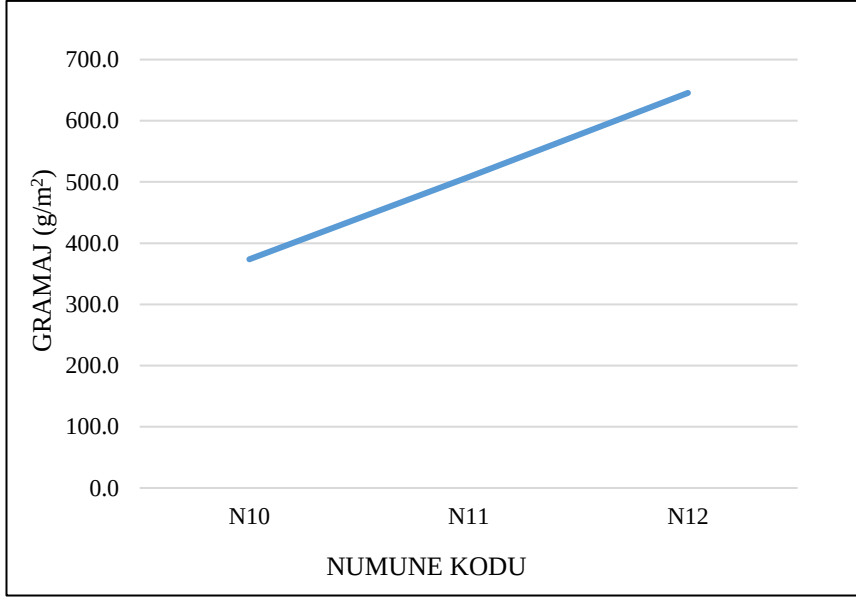
şekil 4.36. 19 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki hava kalınlık değişimi



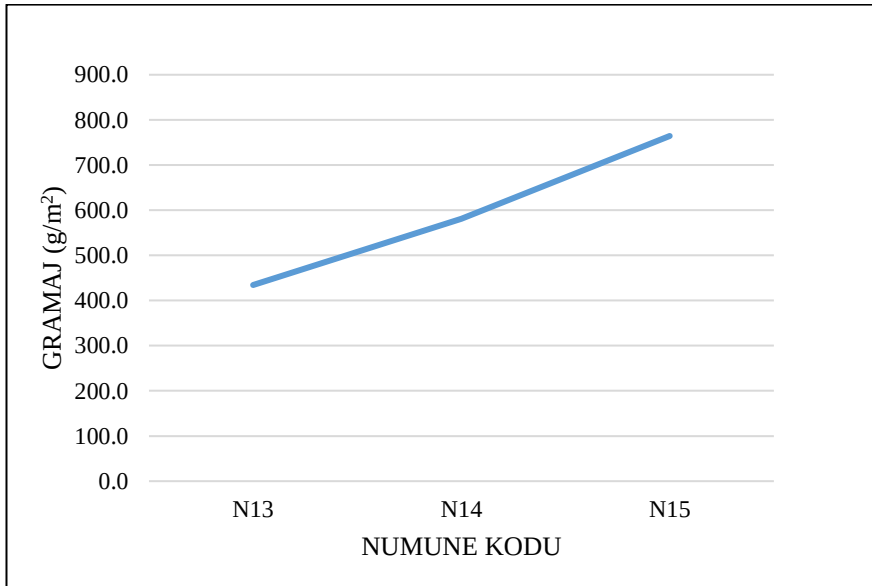
Şekil 4.37. 24 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki hava kalınlık değişimi

Atkı ipliği Ne20/2 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 olan 15,19 ve 24 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlu tek kat havlu kumaş numunelerine ait kalınlık değişimi sonuçları incelendiğinde hav yüksekliğinin artmasıyla beraber kalınlık değerlerinin de arttığını görülmektedir.

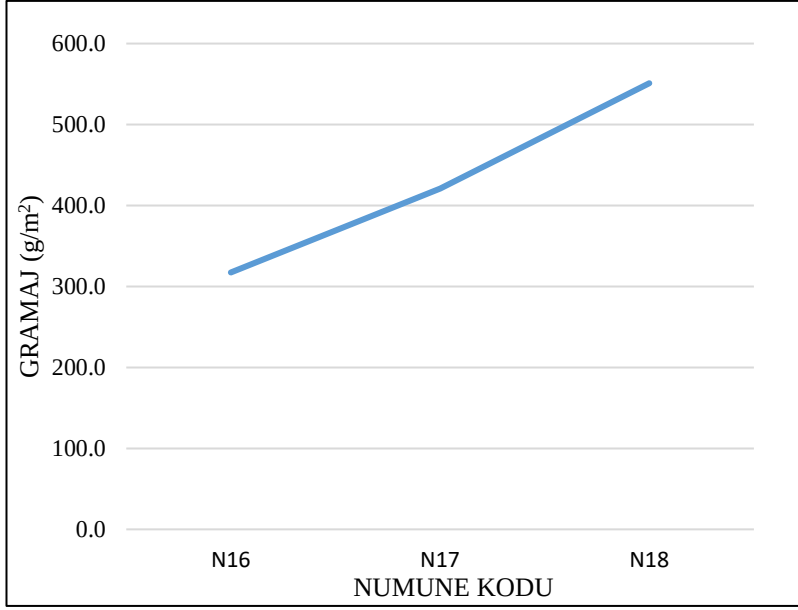
15, 19 ve 24 atkı/cm atkı sıklıklarında atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış, tek katlı havlu kumaş numunelerine ait gramaj değişimi Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40' ta gösterilmektedir.



Şekil 4.38. 15 atkı/cm atkı sıklığında atkı ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki gramaj değişimi



Şekil 4.39. 19 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 hav ipliği Ne20/2, tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki gramaj değişimi

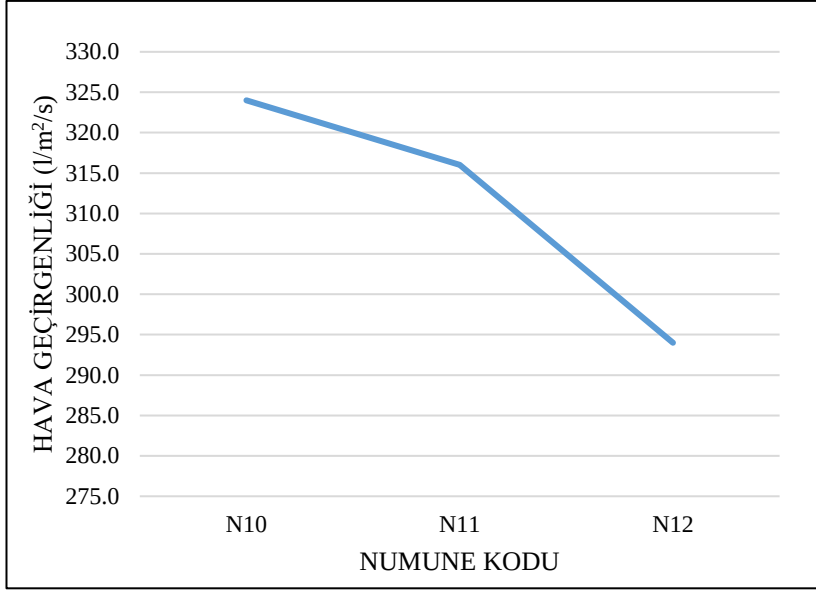


Şekil 4.40. 24 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki gramaj değişimi

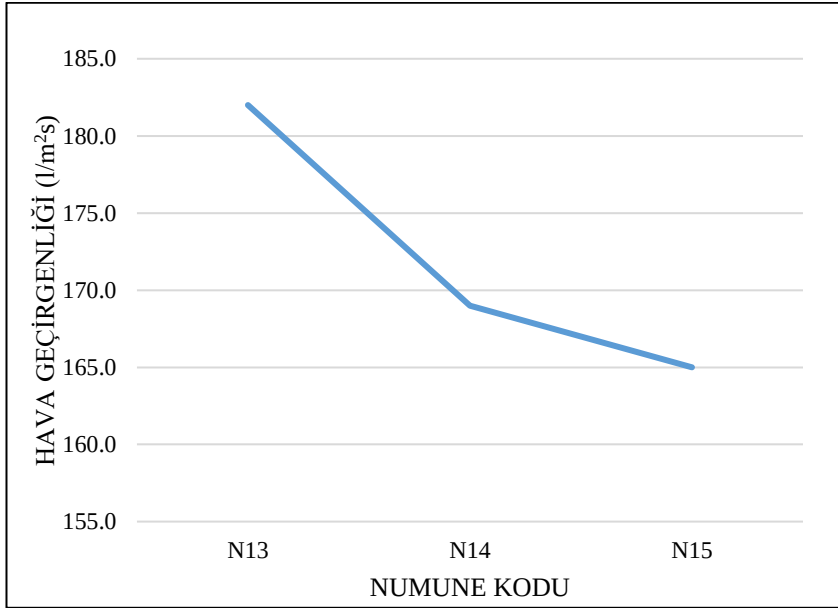
Atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan şardonlanmış havlu kumaş numuneleri incelendiğinde atkı sıklığı ve hav yüksekliği arttıkça birim alandaki lif sayısının artmasıyla birlikte gramaj sonuçlarında beklendiği gibi artış gözlenmektedir.

Atkı ipliği Ne16/1 tek yüzü şardonlanmış tek kat havlu kumaş numuneleri ile karşılaştırıldığında atkı ipliğindeki değişimin gramaj üzerinde belirleyici bir etkisinin görülmediği söylenenebilir.

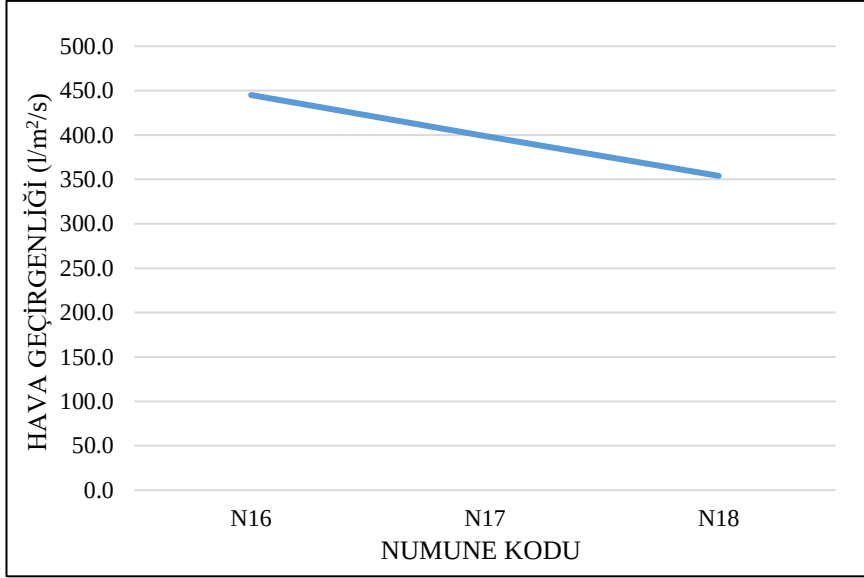
15, 19 ve 24 atkı/cm atkı sıklıklarında atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış, tek katlı havlu kumaş numunelerine ait hava geçirgenliği değişimi Şekil 4.41, Şekil 4.42 ve Şekil 4.43' te gösterilmektedir.



Şekil 4.41. 15 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki hava geçirgenliği değişimi



Şekil 4.42. 19 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki hava geçirgenliği değişimi

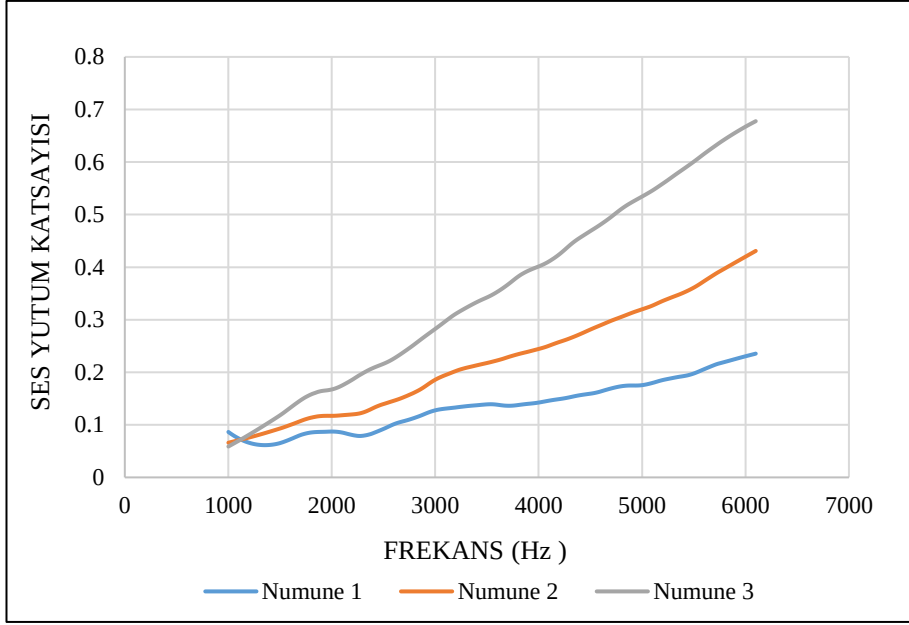


Şekil 4.43. 19 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki hava geçirgenliği değişimi

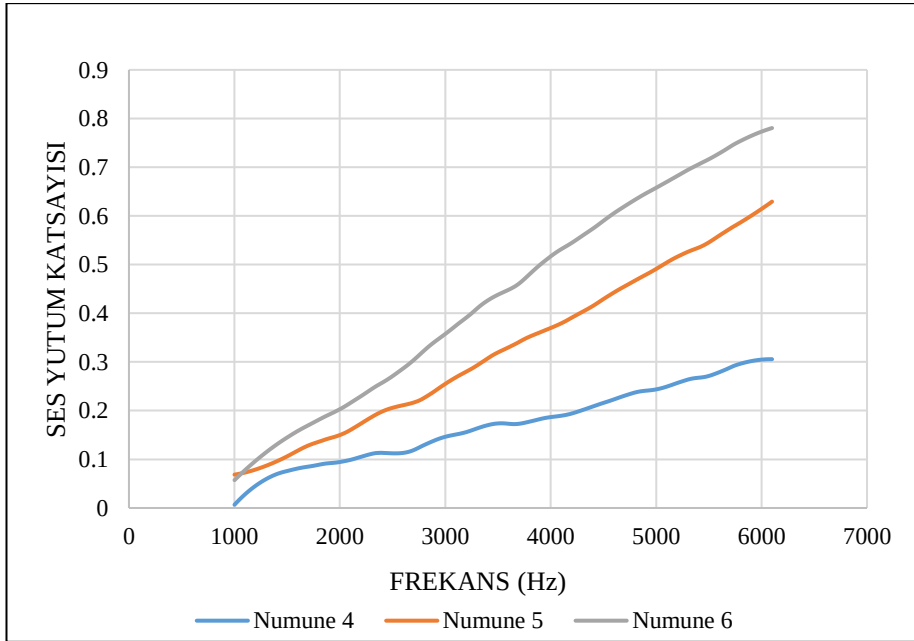
Atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan şardonlanmış havlu kumaş numunelerinin hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde hav yüksekliği ve atkı sıklığının artmasının diğer numunelerde olduğu ve beklendiği gibi bu grupta da hava geçirgenliği üzerine ters orantılı bir etki göstererek hava geçirgenliğini azalttığı görülmektedir.

Şardonlanmamış aynı grup kumaş numuneleri ile şardonlu ve şardonsuz tüm kumaş numuneleri karşılaştırıldıklarında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan şardonlu kumaş numunelerinin hava geçirgenlikleri sonucunun beklenen ölçüde en düşük seviyede çıktığı görülmektedir. Bu durumu atkı sıklığının ve hav yüksekliğinin artmasının üzerine şardonlama işleminin de yapılmasıyla birim alandaki lif sayısının maksimum lif sayısına çıkarak hava dalgalarının karşılaştığı engelleri arttırması ve hava geçirgenliği değerlerini düşürmesi olarak yorumlanabilir.

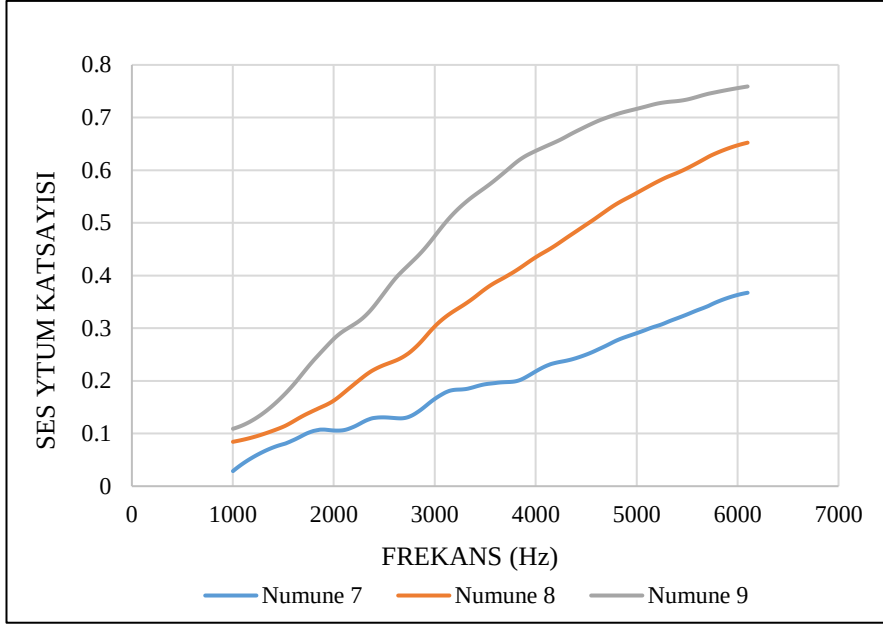
Tek yüzü şardonlanmış, tek katlı havlu kumaş numunelerine ait ses yutum sonuçları Şekil 4.44, Şekil 4.45 ve Şekil 4.46 da görülmektedir.



Şekil 4.44. 15 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları

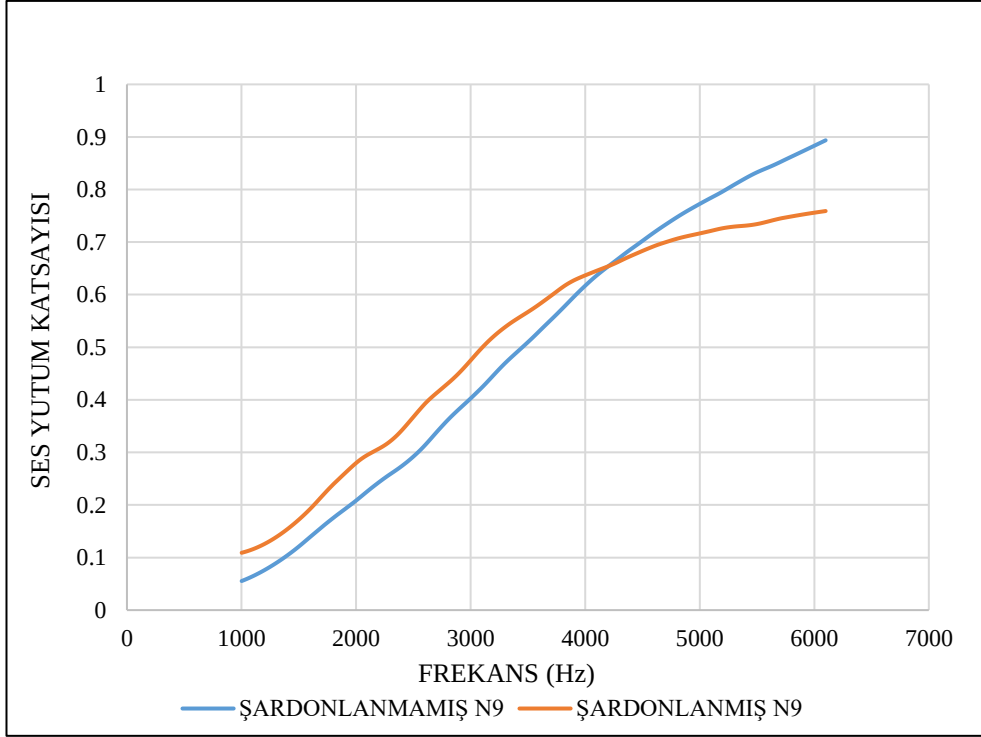


Şekil 4.45. 19 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları



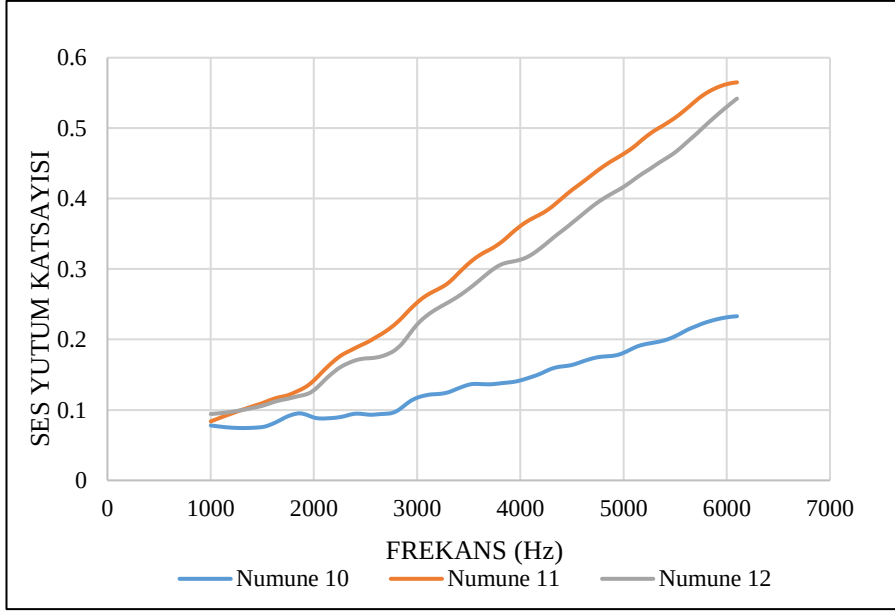
Şekil 4.46. 24 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları

Atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerinde atkı sıklığı ve hav yüksekliğinin artması ile birlikte birim alan lif sayısı artmıştır. Bu yüzden şardon işlemi uygulanmış kumaş yüzeyleri, şardonsuz kumaş numunelerinin yüzeyine kıyasla daha fazla life sahip olduğundan ses hava dalgaları için daha büyük engel oluşturmakta ve kumaşların ses yutum davranışları artmaktadır. Bu etki şardonsuz kumaşlar ile beklendiği gibi paralellik göstermektedir. Şardon işleminin ses yutumu üzerine etkisini net olarak görebilmek için aynı parametrelerle dokunmuş şardonlu ve şardonsuz kumaş numunelerinin ses yutum eğrilerini karşılaştırmak gerekir. Şekil 4.47 19 atkı/cm sıklıkta 14 mm hav uzunluğu ile dokunmuş havlu kumaşlarda şardonsuz ve tek yüzü şardonlu havlu kumaşların ses yutum eğrilerini göstermektedir. Şardonlanmış kumaş yapısı 4000 Hz frekansa kadar daha yüksek ses yutumu özelliği göstermektedir. 4000 Hz den sonra durum tersine dönmüş olup şardonlanmamış kumaş daha yüksek ses yutum davranışı göstermiştir. 4000 Hz e kadar şardonlanmış kumaşlarda daha yüksek ses yutumu davranışı gözlene de elde edilen kazanım çok yüksek seviyelerde olmamıştır.

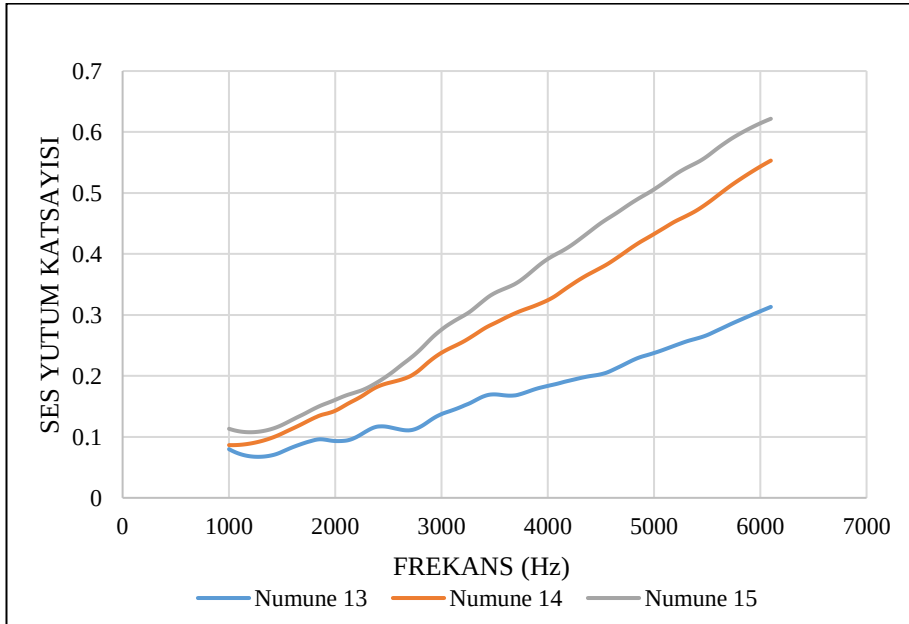


Şekil 4.47. 19 atkı/cm atkı sıklığı 15 mm hav yüksekliğinde tek katlı şardonlu ve şardonsuz havlu kumaş numunelerinin ses yutum sonuçları

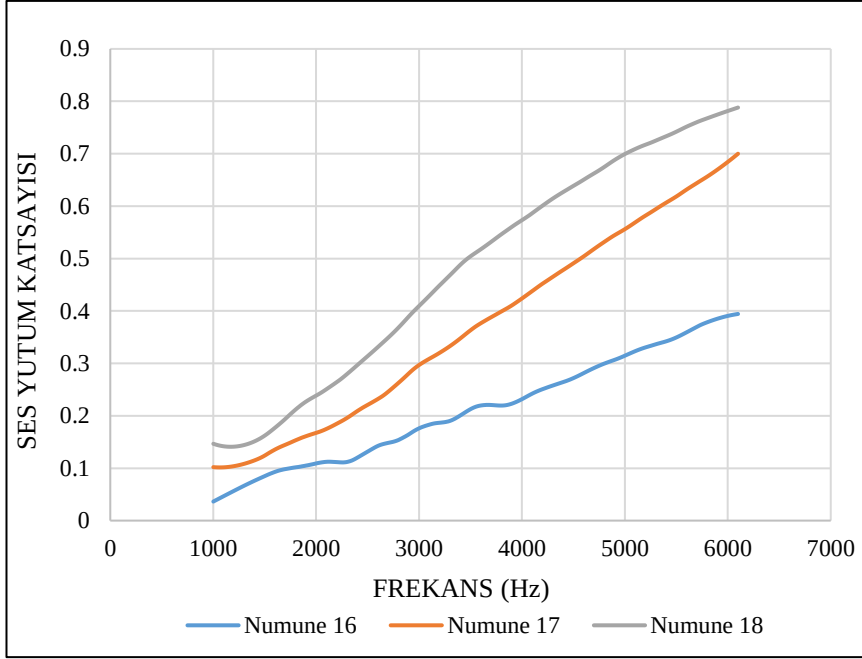
Şekil 4.48, Şekil 4.49 ve Şekil 4.50, Ne20/2 hav çözgüsü ve Ne20/2 atkı ipliği kullanılarak üretilen tek yüzü şardonlu havlu kumaşların ses yutum eğrilerini göstermektedir. Tüm atkı sıklıklarında hav yüksekliği (veya hav uzunluğu) arttıkça ses yutumu ciddi oranda artış göstermektedir. Bu durum beklenen bir sonuçtur. Şardonlamanın etkisini görmek için aynı kumaş numunelerinin şardonsuz olarak elde edilen ses yutum eğrileri ile aşağıdaki 3 adet şekle ait eğrileri karşılaştırmak gerekir. Yapılan karşılaştırmalar genel olarak tüm sıklık ve hav yüksekliklerinde şardonlu kumaş numunelerinin 4000 Hz e kadar bir miktar daha yüksek ses yutum davranışı gösterdiği ancak 4000 Hz den sonra şardonsuz kumaş numunelerinin daha yüksek ses yutum özelliğine sahip olduğu görülmektedir. 4000 Hz in altında ses yutumunun getirdiği artış en fazla 0,1 değerinde gerçekleşmektedir. Bu durum havlu kumaşlara pratikte uygulama alanı açacak büyüklükte bir artış olarak değerlendirilemez.



Şekil 4.48. 15 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları



Şekil 4.49. 19 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları



Şekil 4.50. 24 atkı/cm atkı sıklığında, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlanmış tek katlı havlu kumaş numunelerindeki ses yutum sonuçları

Havlu kumaşların ses yutumu ile ilgili ilave bir çalışma, tek yüzü şardonlanmış havlu kumaşları 2 kat yaparak gerçekleştirilmiştir. Bu durumda atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan havlu kumaş numunelerine ait kalınlık gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları Çizelge 4.13, 4.14 ve 4.15’ te görülmektedir.

Çizelge 4.13. Atkı ipliği Ne16/1 hav ve hav çözgü ipliği Ne20/2 olan 15 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N1	3.5	636.8	320.0
N2	7.1	911.8	290.0
N3	13.3	1280.4	273.0

Çizelge 4.14. Atkı ipliği Ne16/1 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 olan 19 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N4	8.4	792.8	190.0
N5	7.1	1124.8	178.0
N6	12.5	1284.5	144.0

Çizelge 4.15. Atkı ipliği Ne16/1 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 24 olan atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N7	8.7	877.2	117.0
N8	10.5	1320.6	84.0
N9	14.3	1934.8	75.0

Tek yüzü şardonlu çift kat, atkı ipliği Ne20/2 ve hav ipliği Ne20/2 olan havlu kumaş numunelerine ait kalınlık gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları ise Çizelge 4.16, 4.17 ve 4.18’ de görülmektedir.

Çizelge 4.16. Atkı ipliği Ne20/2 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 olan 15 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N10		747.4	178.0
N11		1016.4	158.0
N12		1291.0	157.0

Çizelge 4.17. Atkı ipliği Ne20/2 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 olan 19 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

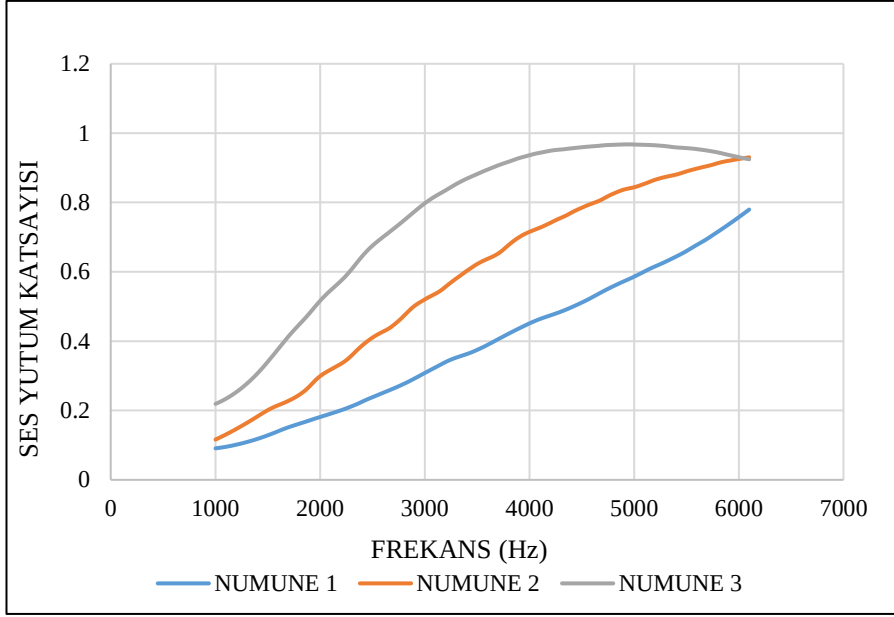
Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N13	8.4	868.8	93.0
N14	9.4	1161.4	87.0
N15	15.3	1528.8	74.0

Çizelge 4.18 Atkı ipliği Ne20/2 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 olan 24 atkı/cm atkı sıklığına sahip tek yüzü şardonlanmış çift katlı havlu kumaş numunelerine ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği sonuçları

Numune Kodu	Kalınlık(mm)	Gramaj(g/m ²)	Hava geçirgenliği(l/m ² /s)
N16	5.0	634.6	238.0
N17	7.7	842.0	185.0
N18	9.0	1102.0	161.0

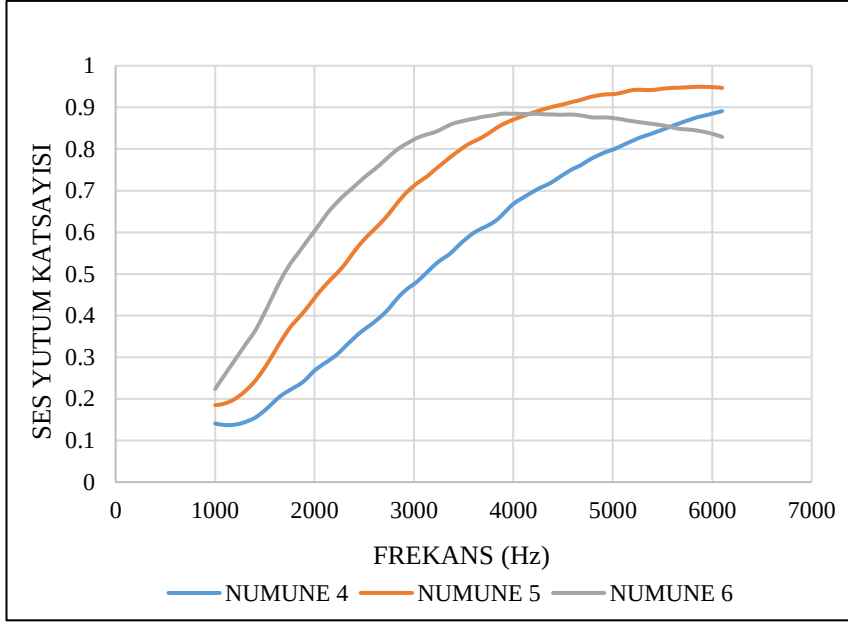
Tek yüzü şardonlu tek kat havlu kumaş numuneleri ve tek yüzü şardonlu çift kat havlu kumaş numunelerinin kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği değerleri incelendiğinde iki yüze de kumaşın şardonlu yüzü gelecek şekilde katlanarak çift kat bir yapı elde edilen havlu kumaş numunelerinin ölçüm sonuçlarının tek kat kumaş numunelerinin iki katı değerinde olduğu ve buna bağlı olarak da birim alan lif sayısının aynı oranda artış gösterdiğini ve kalınlık ve gramaj değerlerinin yaklaşık 2 kat artış gösterdiği, hava geçirgenliği sonuçlarının ise tek kat kumaşların yaklaşık yarısı olduğunu söylemek mümkündür.

Bu değerler göz önüne alındığında atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan çift kat şardonlanmış havlu kumaş numunelerine ait ses yutum sonuçları Şekil 4.51, 4.52 ve 4.53 ile gösterilmektedir. Şekil 4.51 de görüldüğü gibi çift katlı şardonlu havlu kumaş yapısında ses yutumu büyük artış göstermiştir. Özellikle 14 mm hav uzunluğunda 200 Hz de 0,5 olan ses yutum seviyesi 3000 Hz de 0,8 seviyelerine çıkmıştır. 4000-5000 Hz arası frekanslarda 0,95 üzeri ses yutumu elde edilmiştir. Ancak özellikle 5 mm hav uzunluğundaki ses yutum performansı anlamlı bir seviyeye çıkamamıştır.



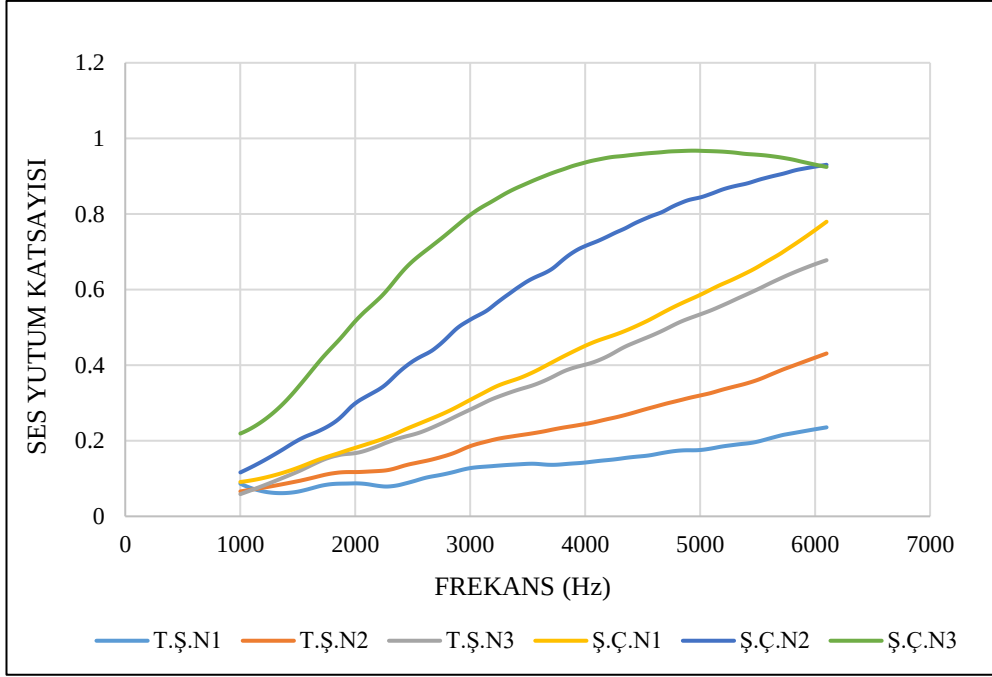
Şekil 4.51. Çift kat şardonlu 15 atkı/cm atkı sıklığında atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan havlu kumaş numunelerinin ses yutum sonuçları

19 atkı/cm atkı sıklığına sahip havlu kumaşların hav yüksekliğindeki değişime bağlı şardonlu çift katlı durumda 1000-6000 Hz frekans aralığındaki ses yutum sonuçları incelendiğinde şardonlu tek kat havlu kumaşlara kıyasla kalınlığın ve gramajın dolayısıyla birim alandaki lif sayısının artmasının etkisiyle gelen ses yutum performansındaki bir miktar gerçekleşen iyileşme grafikte görülmektedir. Bununla birlikte 19 atkı/cm atkı sıklığında en iyi performansı gösteren havlu kumaş 14 hav yüksekliğine sahip 6.numunedir. 6. numune incelendiğinde 4000 Hz'in üstündeki frekans değerlerinde ses yutum performansının düştüğü görülmektedir. Ancak 2000 Hz frekansta 0,6 seviyelerinde ses yutum davranışı sergileyen şardonlu çift katlı havlu kumaş 3000 Hz frekansta ,85 seviyelerinde ses yutum performansı göstermiştir. Bu durum çift katın önemli etkisini göstermektedir.

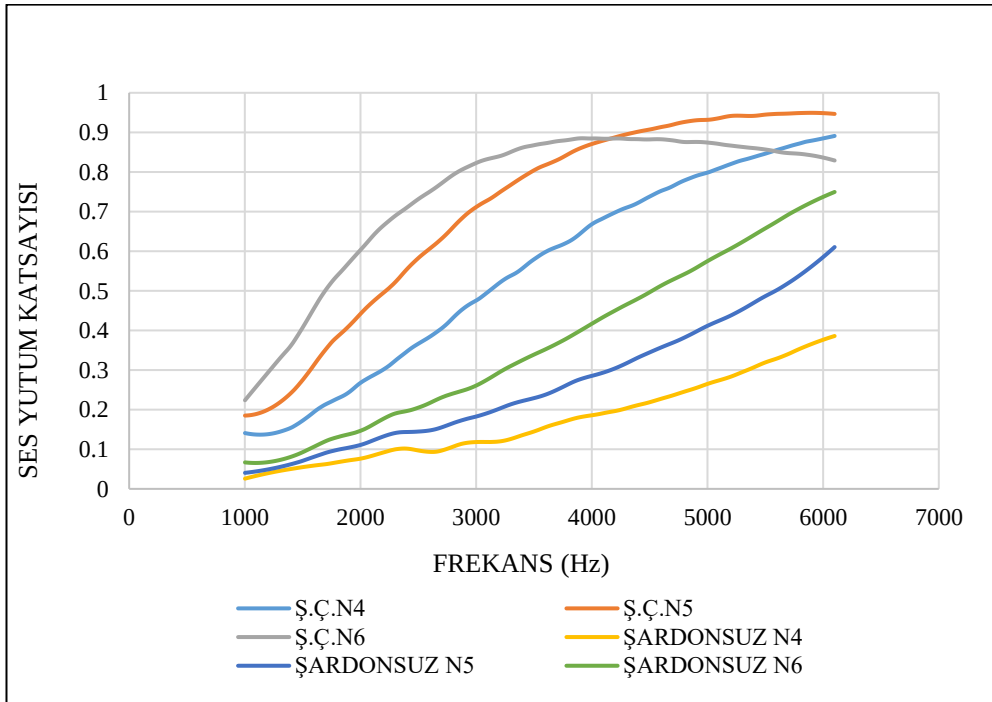


Şekil 4.52. Çift kat şardonlu 19 atkı/cm atkı sıklığında atkı ipliği Ne16/1 ve hav ipliği Ne20/2 olan havlu kumaş numunelerinin ses yutum sonuçları

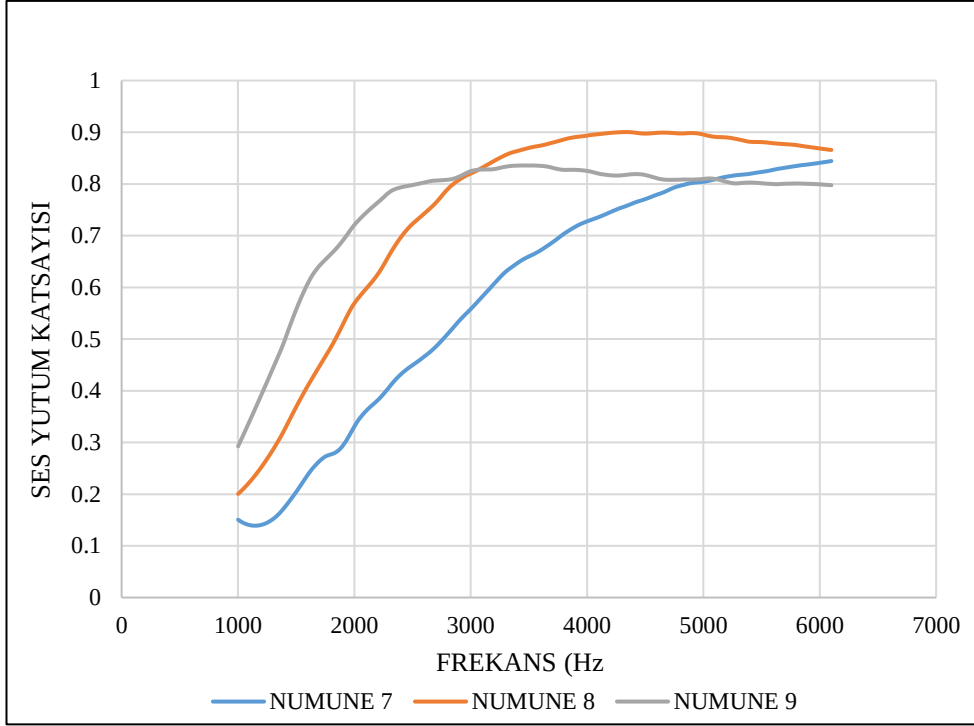
Şekil 4.53 te 15 atkı/cm atkı sıklığında N16/1 atkı ipliği ile dokunan havlu kumaşlarda şardonlu tek kat ve çift kat havlu kumaşların ses yutum performansları birlikte görülmektedir. Özellikle çift kat şardonlu kumaş yapılarında tek katlıya nazaran oldukça ciddi ses yutum artışı gözlenmiştir. Benzer durum 19 atkı/cm atkı sıklığı için Şekil 4.54 te görülmektedir. Bu şekilde şardonsuz kumaş numuneleri ile şardonlu çift kat kumaş numunelerinin ses yutum değerleri birlikte verilmiştir. Bu durumda şardonsuz numunelere göre şardonlu çift kat kumaşların ses yutum değerleri çok daha yüksek değerler almıştır. Bu durum beklenen bir sonuç olmakla birlikte ses yutumundaki artışın gösterilmesi açısından önem arz etmektedir. 24 atkı/cm atkı sıklığı ve Ne16/1 atkı ipliği ile dokunan şardonlu çift kat kumaşların 3 farklı hav yüksekliğinde ses yutum eğrileri Şekil 4.55 görülmektedir. Bu durumda ses yutum performansı, sıkılaşıp ses dalgaları ile daha yüksek sürtünme oluşturmasından dolayı en yüksek seviyeye çıkmıştır. 14 mm hav uzunluğunda 2000 Hz frekansta ses yutum değeri 0,75 seviyelerine kadar çıkmıştır. 24 atkı/cm atkı sıklığında 9 mm hav uzunluğu ile elde edilen ses yutum performansı 19 atkı/cm atkı sıklığı ile yaklaşık olarak 14 mm hav uzunluğunda elde edilmiştir.



Şekil 4.53. Atkı ipliği Ne16/1 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 olan tek yüzü şardonlu tek katlı ve tek yüzü şardonlu çift kat havlu kumaşların ses yutum performanslarının karşılaştırılması



Şekil 4.54. Atkı ipliği Ne16/1 ve hav çözgü ipliği Ne20/2 olan şardonlu çift kat havlu kumaşlar ile şardonsuz havlu kumaşların ses yutum performanslarının karşılaştırılması



Şekil 4.55. Çift kat şardonlu 24 atkı/cm atkı sıklığında atkı ipliği Ne16/1 hav ipliği Ne20/2 havlu kumaş numunelerinin ses yutum sonuçları

Deneyisel çalışmalar Ne16/1 atkı ipliği yerine Ne20/2 atkı ipliği ile dokunmuş aynı konstrüksiyona sahip şardonlanmış çift kat havlu kumaşlar ile de yapılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu yüzden burada tekrar verilmeyecektir.

5. SONUÇ

Bu yüksek lisans tez çalışmasında yüzeye dik doğrultuda hav ipliklerin konumlanmasından dolayı ses yutum özelliklerinin iyi olması beklenen havlu kumaşların değişik kontsrüksiyonlarda üretilmesiyle ses yutum davranışları araştırılmıştır. Bu amaçla toplam 18 farklı yapıda havlu kumaş numunesi üretilerek kalınlık, gramaj, hava geçirgenliği ve ses yutum davranışları ölçülmüş ve ses yutumu ile havlu kumaş yapısal parametreleri arasındaki ilişki hava geçirgenliği, gramaj ve kalınlık göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

Havlu kumaşların bütün olarak bakıldığında ses yutum değerleri düşük frekanslarda oldukça düşük kalmakta artan frekansa bağlı olarak yükselmekte ve 6000 Hz frekanslarda 14 mm hav uzunluklarında 0,7-0,9 seviyelerine çıkmaktadır. Tüm havlu kumaş yapılarında 2000 Hz' e kadar ses yutumu 0,2 oranının altında kalmıştır.

Havlu kumaş konstrüksiyonları açısından inceleme yapıldığında her atkı sıklığında hav uzunluğu arttıkça ses yutum değerlerinin önemli oranda arttığı görülmektedir. Bunun sebebi artan hav uzunluğu veya yüksekliği ile birlikte ses dalgalarının teması geçerek sürtündüğü yüzey alanı artmakta ve bu durum ses yutumunu arttırmaktadır. 15, 19 ve 24 atkı/cm atkı sıklıklarındaki kumaşların ses yutum davranışları incelendiğinde tüm hav yüksekliklerinde atkı sıklığındaki artışa bağlı olarak ses yutumunda artış görülmektedir. Ancak bu artış hav uzunluğundaki artışın sebep olduğu artışla karşılaştırıldığında daha düşük seviyede kalmaktadır. Bunun sebebi atkı sıklığı artışının sebep olduğu iplik yüzey alanı artışının hav uzunluğu artışıninkine göre daha düşük düzeyde kalması olarak değerlendirilebilir. Atkı ipliği numarasının Ne16/1 den Ne20/2 ye değiştirilmesi ile dokunan havlu kumaş numunelerinde ses yutumunda kısmen bir artış olsa da bu belirgin bir boyutta olmamıştır.

Havlu kumaş yapılarındaki değişimin ses yutumu değişimine etkisi hava geçirgenliği değerleri ile de kolayca ilişkilendirilebilir. Havlu kumaş yapılarında hava geçirgenliğinin artması ile ses yutumunda azalma görülmüştür. Bunun sebebi havanın havlu kumaş yapısından geçerken gördüğü direnç azaldıkça hava geçiş hızının artmasıdır.

Havlu yapısının hava geçişine gösterdiği direncin azalması sürtünen iplik yüzeyinin azalması anlamına gelir. Bu durum ses dalgalarının temas ettiği iplik yüzeyinin azalmasına yol açar. Bunun sonucu olarak havlu kumaşlarda hava geçirgenliği artıkça ses yutumu azalmaktadır. Tersine hava geçirgenliği azaldıkça ses yutumu artmaktadır.

Şardonlu tek kat havlu kumaş numunelerinde şardonun etkisiyle artan yüzey alanı ses yutum performansı üzerinde bir miktar artışa sebep olmuştur. Şardonlanmış tek kat havlu kumaş numunelerinde ses yutumundaki artış 4000 Hz ye kadar en fazla 0,1 olarak değer artışı göstermiştir.

Şardonlu çift kat havlu kumaş numuneleri incelendiğinde kalınlık ve çift yüzdeki şardon tabakasının etkisi ses yutum performansı üzerine görülür etki oluşturmıştır. Havlu kumaş konstrüksiyonuna bağlı olarak 19 ve 24 atk/cm atkı sıklıkları ile 9 ve 14 mm hav uzunluklarında 2000-3000 Hz arası frekanslarda %60-85 arası ses yutum oranları elde edilmiştir. Ancak şardonlu çift kat havlu kumaş yapıları numune kalınlığını da önemli oranda arttırmıştır.

Bu çalışma havlu kumaşlarda ses yutumuna yönelik olarak yapılan ilk çalışmadır. Havlu kumaşların kadife yüzey yapılarının ses yutum davranışının bundan sonraki çalışmalarda araştırılması bu alana katkı yapacaktır.

KAYNAKLAR

AKSA Akustik, 2020 <https://www.aksaakustik.com/ankara-aksa-akustik-sube/>.

Ala, D. M., İkiz, Y. Dokuma Üretimi Süresince Oluşan Kumaş Hatalarının Belirlenmesine Yönelik İstatistiksel Bir Araştırma. (*Araştırma Makalesi*, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 21(7): 282-287 (2015), Denizli).

Altınmakas, S., Şahan, K. (2007). Akustik Empedans Tüpü Deneyinin Otomasyonu Ve Simulasyonu. (*Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir).
Anonim (2019). Sosyal Sigortalar Kurumu, Ankara.

ASTM C423, “Standart Test Method For Sound Absorption And Sound Absorption Coefficients By The Reverberation Room Method”..

Aydemir, H. (2013). Seçilmiş Perdelik Kumaşların Ses Yalıtımı Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. (*Yüksek Lisans Tezi*, Fen bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri).

Bozgeyik, K., (1991). Havlularla İlgili Kalitatif Bir Araştırma. (*Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir).

Dornier Kataloğu, (2017).

Embibe institutes, 2019. longitudinal waves. Erişim tarihi: 15.10.2020. https://www.embibe.com/study/longitudinal-wavesconcept? entity_code=ktws64.

Ersoy, S. (2007). Endüstriyel Çay-Yaprak-Fiber Atıklarının Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi. (*Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).

Eren, R., Alpay, H.R., Karahan, M., (2004). Havlu Dokuma Teknolojisi, Üretim Parametreleri ve Son Gelişmelerin Değerlendirilmesi. *Tekstil&Teknik Dergisi*, Sayfa:188-202, Aralık.

Günel, U. (2020). Ses İletim Kaybı Özelliği Artırılmış Dokuma Kumaş Tasarımı. (*Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa).

Havlu kumaş üretim teknikleri, 2019, Bursalı
(https://uludag.edu.tr/dosyalar/tekstil/seminer/seminer_20192020_guz/20191211_bursal_itarimmerkezi.pdf)

<http://haliccevre.com/images/pdf/s-17.pdf>. Erişim tarihi: 15.10.2021.

<https://tekstilbilgi.net/etiket/hibrit-kompozit-yapilar>. Erişim tarihi: 18.11.2021

<https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2013/01/dokusuz-yuzeyler-nonwovens.html>. Erişim tarihi: 05.11.2021

<https://www.elektrikde.com/kompozit-malzeme-nedir-kullanimi-ve-ornekleri/>. Erişim tarihi: 03.02.2021

Jerry R. Veen, Jian Pan, Pranab Saha, Development Of A Small Size Reverberation Room Standardized Test Procedure For Random Incidence Sound Absortion Testing, SAE 2005 Noise And Vibration Conference And Exhibition Traverse City, Michigan, 2005

Kadam, V.V., Nayak, R., (2016). Basics of Acoustic Science. In Padhye, R., Nayak, R., Acoustic Textiles

Kaya, A. İ., Dalgar, T., (2017), Ses Yalıtımı Açısından Doğal Liflerin Akustik Özellikleri. (*Araştırma Makalesi*, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı (1):25-37, Burdur)

Küçük, M., Korkmaz, Y., (2012), "The Effect Of Physical Parameters On Sound Absorption Properties Of Natural Fiber Mixed Nonwoven Composites", Textile Resarch Journal, 82(20), 2043-2053.

Liu, W., (2020). Development And Application Of Novel Sound Absorbers. (Theses and Dissertations, Mechanical Engineering, University Of Kentucky, https://uknowledge.uky.edu/me_etds/161)

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

Marmaralı, A., Ertekin, G., Çay, A. (2014). Çeşitli Kumaş Parametrelerinin Yuvarlak Örm Sandviç Kumaşların Ses Yutum Özelliklerine Etkisi. (*Araştırma Makalesi*, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 20 (7), 281-286, Denizli)

Neithalath, N. (2004). Development Characterization Of Acoustically Efficient Cementitious Materials. (*Doktora Tezi*, Purdue University, Indiana)

Nursal, I. M., Tavukçuoğlu, A., Çalışkan, M., (2014). Malzemelerin Gözenek Yapısı İle Ses Yutma Nitelikleri Arasındaki İlişki. (*Araştırma Makalesi*, Yalıtım Dergisi, 18(128): 58-70 ODTÜ, Ankara)

Owen S. M. 2009. Ashrae Handbook Fundamentals, Ashrae, Atlanta.

Öz, H. M., Köse, E. (2020). Gürültü Önleyici Akustik Malzemelerin Performans Düzeylerinin İncelenmesi. (Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (18), 1-10).

Özer, M. 1979. Yapı Akustiğı Ve Ses Yalıtımı, Arpaz Matbacılık, İstanbul.

Özkal, A., (2019). Nanolif Takviye Edilmiş Geridönüşüm Dokusuz Yüzey Kumaşların Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi. (*Doktora Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta)

Palak, H., (2019). Design And Development Of Nonwovens With Sound Absorption Properties For Automotive Applications. (*Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Ve Teknoloji Fakültesi, İstanbul)

Ryu, Yunseon, Choi, Man-Rim: Transmission Loss Measurement Of The Exhaust System Using 4- Microphones With İmpedance Tube, Bruel And Kjaer Sound And Vibration Measurement. Denmark

Singh, V., Mukhopadhyay, S., 2016. Manufacturing Methods for Acoustic Textiles In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), Acoustic Textiles (93-114). Springer, 237p, Singapore.

Tascan, M., Vaughn, E. A. (2008). Effects Of Fiber Denier, Fiber Cross-Sectional Shape And Fabric Density On Acoustical Behavior Of Vertically Lapped Nonwoven Fabrics, Journal Of Engineered Fibers And Fabrics, 3(2), 32-38

Ünal, Zervent, B., (2007). Dokunmuş Havlu Kumaşların Üretim Parametreleri Ve Performans Özelliklerinin Optimizasyonu. (*Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana)

Uzundağ, U., Tandoğan, O. (2011). Malzemelerin Akustik Performans Testleri, novasim, <http://www.yapi.com.tr>. Erişim tarihi: 19.12.2021

Ursa Insulation (2011). Ses Yalıtımının Temelleri, Madrid.

Yılmaz, N. D. (2009). Acoustic Properties Of Biodegradable Nonwovens. (*Doktora Tezi*, North Carolina State University, College Of Textiles, USA)

Yılmaz, N. D., Powell, N. B. (2005). The Technology Of Terry Towel Production. Journal Of Textile And Apparel Technology and Management

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şule IHLAMUR

Doğum Yeri ve Tarihi :

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Karamürsel Dr. Pembe. Müjgan Calp Gökçora A.S.M.L

Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği / Çalışma

Ekonomisi (Yandal)

Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Yeşim Tekstil (2018-devam)

İletişim (e-posta) :

Yayınları :