



**TERMAL KORUYUCU TEKSTİLLERDE KUMAŞ
KONSTRÜKSİYONUNUN, KONFOR VE ISIL
KORUMAYA OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Fatih ÇETİN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TERMAL KORUYUCU TEKSTİLLERDE KUMAŞ KONSTRÜKSİYONUNUN,
KONFOR VE ISIL KORUMAYA OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Fatih ÇETİN
0009-0007-0656-9192

Prof. Dr. Recep EREN
0000-0001-9389-0281
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2024
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TERMAL KORUYUCU TEKSTİLLERDE KUMAŞ KONSTRÜKSİYONUNUN,
KONFOR VE ISIL KORUMAYA OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Fatih ÇETİN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep EREN

Bu çalışmada meta aramid, güç tutuşur viskon ve poliamid 66 lif harmanı takip edilerek, 3 farklı iplik büküm faktörüne sahip çözgü iplikleri, 5 farklı iplik büküm faktörüne sahip atkı iplikleri ve 3 farklı dokuma örgü yapısı kombinasyonu ile 45 farklı konstrüksiyona sahip numune dokuma kumaş üretilmiştir. Üretilen bu numune kumaşlara alevli ısı transferi, radyan ısı transferi ve dikey yanmazlık (aleve karşı koruma & sınırlı alev yayılımı) testlerini içeren güç tutuşurluk performans testleri, termal direnç, kumaş hava geçirgenliği, bağıl su buharı geçirgenliği, su buharı direnci ve kumaş kalınlık testlerini içeren kumaş konfor testleri ve aşınma dayanımı, kumaş kopma & yırtılma testlerini içeren kumaş mekanik özellik test paketleri uygulanmıştır.

Ölçüm sonuçlarına dayanarak kumaş konstrüksiyonlarının değişim parametreleri olan atkı & çözgü iplik büküm faktörü ve dokuma örgü yapısındaki değişimler ile yukarıda bahsedilen kumaş güç tutuşurluk, konfor ve mekanik özellikler arasındaki ilişkiler grafik olarak çizilerek analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Termal Koruyucu Tekstiller, Meta Aramid, FR Viskon, Poliamid 66, Güç tutuşurluk, Termal Konfor, Radyan ısı transferi, Alevli ısı transferi, Dikey yanmazlık

2024, viii + 118 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

THE INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FABRIC CONSTRUCTION ON FABRIC COMFORT AND THERMAL PROTECTION IN THERMAL PROTECTIVE TEXTILES

Fatih ÇETİN

Bursa Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Recep EREN

The aim of this study is to analyze the effect of fabric construction on fabric comfort and thermal protection.

For that purpose, 45 different woven samples were produced by the combination of 3 different weave structures and warp & weft yarns with the variety of twisting factors.

Flame retardancy performance tests (Convective heat transfer, Radiant heat transfer and Limited flame spread), fabric comfort tests (thermal resistance, air permeability, water vapor resistivity, relative water vapor permeability and fabric thickness) and mechanical tests (abrasion resistance, tensile and tear resistance) were applied to these 45 fabric samples.

Based on the testing results, the relations between the changes in the weft & warp yarn twisting factor and the weave structure, which are the change parameters of the fabric constructions and the above mentioned fabric flame retardancy, comfort and mechanical properties were analyzed.

Key words: Thermal Protective Textiles, Meta aramid, FR Viscose, Poliamid 66, Flame Resistant, Thermal Confort, Convective Heat Transfer, Radiant Heat Transfer, Limited Flame

2024, viii + 118 pages.

ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesinde ve değerlendirilmesinde sonsuz emeği geçen, tecrübe ve bilgi birikimiyle yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Recep EREN'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma kapsamında numune üretimlerinde destek olan, parçası olmaktan gurur duyduğum Coats Türkiye ailesine teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında deneysel aşamalarda güç tutuşurluk testleri kapsamında desteklerini esirgemeyen Aksa Akrilik ve Kıvanç Group firmalarına teşekkür ederim.

Tüm bunların yanında Tez çalışması boyunca bana verdiği manevi destek, göstermiş olduğu sabır ve anlayış için sevgili eşim başta olmak üzere tüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

Fatih ÇETİN
.../.../.....

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
1.GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Teknik Tekstillere Yönelik Genel Değerlendirme	3
2.2. Koruyucu Teknik Tekstiller	11
2.2.1. Balistik koruma amaçlı koruyucu tekstiller	18
2.2.2. Ağır hava şartlarına karşı koruyucu tekstiller	18
2.2.3. Elektromanyetik kalkanlama amaçlı koruyucu giysiler.....	18
2.2.4. Zararlı kimyasal ve gazlara karşı koruyucu tekstiller	19
2.2.5. Yüksek ısı ve alevden koruyucu tekstiller	20
2.3. TS EN ISO 15025 Sınırlı Alev Yayılımı	21
2.4. TS EN ISO 9151 Alevli (Konvektif) Isı Transferi.....	23
2.5. TS EN ISO 6942 Radyan (Işıma) Isı Transferi	25
2.6. Yapılan Önceki Çalışmalar	26
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	42
3.1. Materyal	42
3.2. Yöntem 52	52
3.3. Uygulanan Test Yöntemleri	52
3.4. İplik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler.....	52
3.4.1. Doğrusal yoğunluk (birim uzunluk başına kütle) tayini testleri.....	52
3.4.2. Büküm tayini testleri	53
3.4.3. Mukavemet ve Uzama testleri.....	53
3.5. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler	53
3.5.1. Kumaş Gramaj Testleri	54
3.5.2. Kumaş Kopma Mukavemeti Testleri	54
3.5.3. Kumaş Yırtılma Mukavemeti Testleri	54
3.5.4. Kumaş Aşınma Dayanımı Testleri	55
3.5.5. Kumaş Isıl Geçirgenlik (Alambeta) Testleri	55
3.5.6. Kumaş Su Buharı Geçirgenliği (Permetest) Testleri.....	57
3.5.7. Kumaş Hava Geçirgenliği Testleri.....	58
3.5.8. Koruyucu Giysi, Sınırlı Alev Yayılımı İçin Kumaş Testleri	58
3.5.9. Koruyucu Giysi, Alevli Isı (Konvektif) transferi için Kumaş Testi.....	58
3.5.10. Koruyucu Giysi, Radyan Isı (Işıma) Transferi için Kumaş Testi	59
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	60
4.1. Isıl Direnç Değişimlerinin Değerlendirilmesi	60
4.2. Kumaş Kalınlık Sonuçlarının Değerlendirilmesi	71
4.3. Kumaş Hava Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	72
4.4. Permetest Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	79
4.5. Alevli Isı Transferi Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi	96
4.6. Kumaş Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi	106

5. SONUÇ.....	111
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	119



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
PBI	Polibenzimidazol
PAN	Poli akrilonitril
PBO	Polyphenylene Benzobisoxazole

Kısaltmalar	Açıklama
Kg	Kilogram
LOI	Oksijen Limit İndeksi (Limited oxygen index)
°C	Santigrat Derece
mm	Milimetre
sn	Saniye
kW/m ²	Kilowatt/metrekare (ısı enerji birimi)
HTI24	Isı Transfer İndeksi
RHTI24	Radyan Isı Transferi İndeksi
TPP	Termal Koruma Performansı (Thermal Protective Performance)
Ne	İplik Numara Birimi
α	İplik Büküm Katsayısı
tex	İplik Numara Birimi
cm ²	Santimetre Kare
kPa	Kilo Paskal (Basınç birimi)
λ	Isıl İletkenlik Katsayısı
q	Isı Akış Miktarı
ΔT	Sıcaklık Farkı
l/m ² /s	Hava Geçirgenliği Birimi
(K.m ² /W) x 10 ⁻³	Isıl Direnç Birimi
Pa.m ² /W	Su Buharı Direnci
N	Newton
Ç1A1Ö1	Çözü 1, Atk1 1 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A1Ö1	Çözü 2, Atk1 1 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A1Ö1	Çözü 3, Atk1 1 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A1Ö2	Çözü 1, Atk1 1 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A1Ö2	Çözü 2, Atk1 1 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A1Ö2	Çözü 3, Atk1 1 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A1Ö3	Çözü 1, Atk1 1 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A1Ö3	Çözü 2, Atk1 1 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A1Ö3	Çözü 3, Atk1 1 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A2Ö1	Çözü 1, Atk1 2 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A2Ö1	Çözü 2, Atk1 2 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A2Ö1	Çözü 3, Atk1 2 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A2Ö2	Çözü 1, Atk1 2 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A2Ö2	Çözü 2, Atk1 2 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A2Ö2	Çözü 3, Atk1 2 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A2Ö3	Çözü 1, Atk1 2 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş

Ç2A2Ö3	Çözü 2, Atk1 2 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A2Ö3	Çözü 3, Atk1 2 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A3Ö1	Çözü 1, Atk1 3 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A3Ö1	Çözü 2, Atk1 3 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A3Ö1	Çözü 3, Atk1 3 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A3Ö2	Çözü 1, Atk1 3 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A3Ö2	Çözü 2, Atk1 3 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A3Ö2	Çözü 3, Atk1 3 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A3Ö3	Çözü 1, Atk1 3 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A3Ö3	Çözü 2, Atk1 3 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A3Ö3	Çözü 3, Atk1 3 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A4Ö1	Çözü 1, Atk1 4 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A4Ö1	Çözü 2, Atk1 4 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A4Ö1	Çözü 3, Atk1 4 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A4Ö2	Çözü 1, Atk1 4 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A4Ö2	Çözü 2, Atk1 4 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A4Ö2	Çözü 3, Atk1 4 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A4Ö3	Çözü 1, Atk1 4 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A4Ö3	Çözü 2, Atk1 4 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A4Ö3	Çözü 3, Atk1 4 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A5Ö1	Çözü 1, Atk1 5 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A5Ö1	Çözü 2, Atk1 5 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A5Ö1	Çözü 3, Atk1 5 ve 1 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A5Ö2	Çözü 1, Atk1 5 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A5Ö2	Çözü 2, Atk1 5 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A5Ö2	Çözü 3, Atk1 5 ve 2 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç1A5Ö3	Çözü 1, Atk1 5 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç2A5Ö3	Çözü 2, Atk1 5 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş
Ç3A5Ö3	Çözü 3, Atk1 5 ve 3 numaralı örgü ile üretilen kumaş

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Katı kristal, likit kristal ve likit yapıların şematik görünümü.....	13
Şekil 2.2. Piyasada ve literatürde yer alan en önemli aromatik poliamidlerin yapısal formülleri.....	15
Şekil 2.3. Yüksek performanslı liflerin ısıya karşı direnci ve yanmazlık özelliği.....	15
Şekil 2.4. Meta-aramid liflerinin A) Kullanım alanları B) Pazardaki oranları.....	16
Şekil 2.5. Koruyucu kıyafetler.....	18
Şekil 2.6. Radyoaktif bulaşmaya karşı koruyucu giysiler.....	19
Şekil 2.7. Zararlı kimyasallara karşı koruyucu kıyafetler.....	20
Şekil 2.8. Yüksek ısı ve aleve karşı koruyucu itfaiyeci kıyafeti	21
Şekil 2.9. TS EN ISO 15025 Metot A1 ve A2 Test Düzenegi özelliği.....	23
Şekil 2.10. EN 9151 Konvektif Isı Test Düzenegi.....	24
Şekil 2.11. TS EN ISO 6942 Radyan Isı Transferi Test Düzenegi.....	26
Şekil 4.1. Örgü 1 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi.....	61
Şekil 4.2. Örgü 1 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi.....	62
Şekil 4.3. Örgü 1 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi.....	63
Şekil 4.4. Örgü 2 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi.....	64
Şekil 4.5. Örgü 2 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi.....	65
Şekil 4.6. Örgü 2 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi.....	66
Şekil 4.7. Örgü 3 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi.....	67
Şekil 4.8. Örgü 3 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi.....	68
Şekil 4.9. Örgü 3 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi.....	69
Şekil 4.10. Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait ısı değerlerin karşılaştırması.....	71
Şekil 4.11. Örgü 1 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi.....	73
Şekil 4.12. Örgü 1 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi.....	73
Şekil 4.13. Örgü 1 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi.....	74
Şekil 4.14. Örgü 2 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi.....	75
Şekil 4.15. Örgü 2 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi.....	75
Şekil 4.16. Örgü 2 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi.....	76

Şekil 4.17.	Örgü 3 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi.....	77
Şekil 4.18.	Örgü 3 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi.....	78
Şekil 4.19.	Örgü 3 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi.....	79
Şekil 4.20.	Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait kumaş hava geçirgenliği değerlerinin karşılaştırması.....	80
Şekil 4.21.	Örgü 1 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, bağıl su buharı geçirgenliğine etkisi...	80
Şekil 4.22.	Örgü 1 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı direncine etkisi.....	80
Şekil 4.23.	Örgü 1 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı geçirgenliğine etkisi.....	81
Şekil 4.24.	Örgü 1 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı direncine etkisi.....	82
Şekil 4.25.	Örgü 1 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine etkisi.....	83
Şekil 4.26.	Örgü 1 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı direncine etkisi.....	83
Şekil 4.27.	Örgü 2 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine etkisi.....	84
Şekil 4.28.	Örgü 2 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı direncine etkisi.....	85
Şekil 4.29.	Örgü 2 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine etkisi.....	86
Şekil 4.30.	Örgü 2 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı direncine etkisi.....	86
Şekil 4.31.	Örgü 2 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine etkisi.....	87
Şekil 4.32.	Örgü 2 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı direncine etkisi.....	88
Şekil 4.33.	Örgü 3 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine etkisi.....	89
Şekil 4.34.	Örgü 3 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı direncine etkisi.....	89
Şekil 4.35.	Örgü 3 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine etkisi.....	90
Şekil 4.36.	Örgü 3 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı direncine etkisi.....	91

Şekil 4.37.	Örgü 3 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine etkisi.....	92
Şekil 4.38.	Örgü 3 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı direncine etkisi.....	92
Şekil 4.39.	Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerlerinin karşılaştırması.....	94
Şekil 4.40.	Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait kumaşların su buharı direncine olan etkisi.....	95
Şekil 4.41.	Örgü 1 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi.....	96
Şekil 4.42.	Örgü 1 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi.....	96
Şekil 4.43.	Örgü 2 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi.....	97
Şekil 4.44.	Örgü 2 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi.....	98
Şekil 4.45.	Örgü 3 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi.....	99
Şekil 4.46.	Örgü 3 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi.....	99
Şekil 4.47.	Örgü 4 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi.....	100
Şekil 4.48.	Örgü 4 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi.....	100
Şekil 4.49.	Örgü 4 (kontrol numunesi), Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 (çift katlı) ait kumaş alevli ısı transferi değerlerinin karşılaştırması.....	102
Şekil 4.50	Örgü 4, Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait kumaş radyan ısı transferi değerlerinin karşılaştırması.....	103

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Dünya Teknik Tekstil İhracat Rakamları – İlk 10 Ülke (1000 \$).....	4
Çizelge 2.2. Bazı aramid liflerinin fiziksel özellikleri.....	14
Çizelge 2.3. Konvektif Isı Transfer İndisi Sınıflandırma Tablosu.....	25
Çizelge 2.4. Radyan Isı Transfer İndisi Sınıflandırma Tablosu.....	26
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan elyaf özellikleri.....	43
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan iplik özellikleri.....	44
Çizelge 3.3. Örgü 1.....	45
Çizelge 3.4. Örgü 2.....	46
Çizelge 3.5. Örgü 3.....	47
Çizelge 3.6. Çalışmada kullanılan, numune kumaş dokuma makinesinde üretilen kumaş tipleri	50
Çizelge 3.7. Çalışmada kullanılan, endüstriyel kumaş dokuma makinesinde üretilen kumaş tipleri.....	51
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan kumaşları kalınlık ölçüm sonuçları.....	72
Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan kumaşların Dikey Yanmazlık Ölçüm Sonuçları.....	104
Çizelge 4.3. Çalışmada kullanılan kumaşların Aşınma Dayanımı Ölçüm Sonuçları.....	107
Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan kumaşların Aşınma Dayanımı Ölçüm Sonuçları.....	108

1. GİRİŞ

Teknik tekstiller için “The Textile Institute” tarafından yayınlanan, “estetik ve dekoratif özelliklerinden ziyade, sahip oldukları teknik ve performans özellikleri için imal edilen tekstil malzemeleri ve ürünleri” tanımlaması yaygın bir kabul görmektedir.

Teknik tekstiller bir çok farklı ürünü bünyesinde barındırmakta ve tekstil sektörünün en hızlı büyüyen alanlarından bir tanesi olarak öne çıkmaktadır. Bu yükselen ivme sebebiyle, özellikle son 25 yılda bu alanda yapılan çalışmalar önem arz etmektedir. Konvansiyonel liflere ek olarak yeni nesil performans liflerindeki teknolojik gelişmeler de bu trendi destekleyen önemli bir faktör olmuştur.

Bu hızlı gelişim sürecinin doğal bir neticesi olarak, farklı son kullanım alanları oluşmuş, ve bu hızlı dönüşüm ve yenilikçi ürünler tekstil sektörünün sınırlarının yeniden tanımlanmasına sebep olmuştur. (Anonim 2021).

Teknik tekstiller içinde ise kişisel koruyucu tekstiller dikkat çekmektedir. Nihai kullanıcının çevresel etkilerden minimum düzeyde zarar görmesini sağlayan ürünleri bünyesinde barındıran bu segment içerisinde de, güç tutuşur özellikli ürünler öne çıkmaktadır.

Güç tutuşurluk kavramı, temel olarak ısı ve alev kaynağına maruz kalındığında, kolaylıkla tutuşmayan, tutuştuğu durumlarda ise kendi kendine sönebilen özellik gösteren ürünler olarak tanımlanmaktadır (Altay 2010).

Güç tutuşur özellik gösteren bu tekstil ürünleri, endüstriyel iş kıyafetleri, itfaiyeci tulumları, teknik kurtarma personel kıyafetleri, askeri ve savunma sanayi ürünleri gibi yüksek koruyuculuk performansı gerektiren ürünler için kullanılmakla beraber, yine döşeme ve perde gibi görece daha düşük performans gerektiren ev tekstili ürünlerinde de kullanılmaktadır (Erkut 2020).

Güç tutuşur tekstil ürünlerinden beklenen koruyuculuk performansı farklı nihai kullanım alanları için çeşitlilik göstermektedir. Örneğin teknik kurtarma personel kıyafeti, itfaiyeci

tulumu veya endüstride çalışan işçi kıyafeti için farklı riskler ve dolayısıyla farklı test normları takip edilmektedir. Bu normların altında yer alan test methodları farklılıklar göstermekle beraber, genel olarak tekstil malzemesinin ısı&alev kaynağı ile teması veya belirli bir mesafeden maruziyeti sonrasındaki deformasyonu incelenmektedir (Gökpınar 2011).

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, ısı ve yüksek sıcaklıklara dayanım gösterebilecek giysiler için dokuma kumaş geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla kumaş yapısı içerisindeki hava miktarının artırılması temel alınarak örgü yapısı ve iplik büküm faktörleri değiştirilerek dokuma kumaş konstrüksiyonları geliştirilmiş, numune ve endüstriyel makinelerde kumaş üretimi yapıp performans testlerine tabi tutulmuştur.

Performans testlerinde endüstriyel işçi kıyafetleri için sektör tarafından yaygın olarak takip edilen ISO 11612 sertifikasyon programı altında yer alan aşağıdaki test methodları takip edilmiştir.

- TS EN ISO 15025 Sınırlı alev yayılımı (method A1 ve A2)
- TS EN ISO 9151 Konvektif Isı Transferi
- TS EN ISO 6942 Radian Isı Transferi

Dokuma kumaşların tasarımında piyasada koruyucu tekstil giysi üretiminde kullanılan kumaş gramajları ile uyumlu tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Tasarımlarda farklı kullanım alanlarına hitap edecek şekilde, tek katlı ve çift katlı kumaş yapılarına yoğunlaşmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Teknik Tekstillere Yönelik Genel Değerlendirme

Teknik tekstillerin her geçen gün kullanımının yaygınlaşması yeni üretim alanları ve pazarlar oluşturmaktadır. Genellikle teknik tekstillerin üretimi için konvansiyonel üretim basamakları, yapılacak küçük modifikasyonlar ile kullanılabilir. Nadir durumlarda özel üretim proseslerine ihtiyaç duyulmaktadır (Mecit ve ark. 2007).

Dünyada tüketilmekte olan tekstil ürünlerinin ağırlık cinsinden üçte birinden fazlası teknik tekstil ürünlerinden oluşmaktadır. Bu rakam bazı gelişmiş ülkelerde 40%'tan fazla olabilmektedir. Bu alanda Kuzey Amerika dünyada önde gelen bölge olup Avrupa bölgesi bunu takip etmektedir.

Türkiye'ye bakılacak olursa teknik tekstile olan ilgi katlanarak artmakta ve firmalar bu alandaki yatırımlarını arttırmaktadır. Teknik tekstiller konvansiyonel tekstillerden daha katma değerli ürünler sunduğu için, uzak doğu kaynaklı yıkıcı fiyat rekabetinden kaçılabilir avantajları da sunmaktadır. Türkiye'de teknik tekstil üretimi ve ihracatı ithalatından daha yüksek seviyelerde olup aradaki fark ihracat lehine gelişmektedir. Çizelge 2.1 dünyadaki ilk 10 ülkeye ait 2016-2019 yılları arası teknik tekstil ihracat rakamlarını göstermektedir. Çizelgede görüldüğü gibi Çin bu alanda da dünya lideri olup Almanya, Amerika, İtalya, Meksika ve Japonya gibi teknolojik olarak gelişmiş ülkeler tarafından takip edilmektedir. Bu sıralama göstermektedir ki teknik tekstil üretimi dünyada ağırlıklı olarak know-how üreten gelişmiş ülkeler tarafından yapılmaktadır. Dolayısıyla konvansiyonel tekstile kıyasla çok daha yüksek katma değere sahip olmaktadır.

Çizelge 2.1. Dünya Teknik Tekstil İhracat Rakamları – İlk 10 Ülke (1000 \$)

ÜLKELER	2016	2017	2018	2019
ÇİN	26.426.087	27.945.784	30.477.644	30.182.345
ALMANYA	8.858.495	9.679.449	10.324.503	9.642.775
ABD	9.050.461	9.374.939	9.466.384	9.157.989
İTALYA	4.204.412	4.401.948	4.545.526	4.400.556
MEKSIKA	4.167.603	4.147.363	3.917.220	3.790.938
JAPONYA	3.287.783	3.581.816	3.674.370	3.486.399
GÜNEY KORE	3.033.382	3.093.270	3.241.805	3.200.909
FRANSA	2.789.400	2.956.005	3.131.666	2.998.209
BELÇİKA	2.087.529	2.595.723	3.005.598	2.973.666
VIETNAM	2.157.491	2.542.715	2.959.071	3.308.290
TÜRKİYE (20.SIRADA)	1.588.435	1.674.233	1.883.141	1.858.734
TOPLAM	103.906.258	111.458.297	118.064.772	114.872.381

2019 yılı rakamları baz alındığında dünyada toplam teknik tekstil ihracatı 114 milyar dolar seviyelerinde gerçekleşmiştir. Bu ihracat rakamının %26,2'si Çin tarafından karşılanmış olup en fazla teknik tekstil ihracatı yapan 2. ülke ise %8,3 ile Almanya olmuştur. Türkiye ise dünya teknik tekstil ihracatından %1,6'lık pay alarak 20. sırada yer almaktadır. Türkiye kendi içerisinde ihracatını 2018 yılında geçen yıla göre %12,5 arttırarak 1,8 milyar dolar seviyesine taşımış ve bu artış takip edilen yıllardan günümüze devam etmektedir (Anonim 2021).

Teknik tekstillerin sınıflandırılmasında en kapsamlı çalışma Alman fuar organizatörü Messe Frankfurt tarafından yapılmıştır. Yapılan sınıflandırmada teknik tekstiller 12 ana gruba ayrılmış ve aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

1. Agrotech: Tarım teknik tekstilleri
2. Geotech: Jeotekstiller
3. Homotech: Ev teknik tekstilleri
4. Mobiltech: Taşımacılık teknik tekstilleri
5. Packtech: Ambalaj teknik tekstilleri
6. Indutech: Endüstriyel teknik tekstiller
7. Medtech: Tıbbi ve hijyenik teknik tekstiller
8. Buildtech: İnşaat ve yapı teknik tekstilleri

9. Oekotech: Ekolojik ve çevre amaçlı teknik tekstiller
10. Sportech: Spor teknik tekstilleri
11. Clothtech: Ayakkabı ve giysilerin teknik bileşenleri
12. Protech: Koruyucu teknik tekstiller

(https://www.corlutso.org.tr/uploads/docs/teknik_tekstiller_sektoru.pdf, 2024).

Aşağıda bu teknik tekstil gruplarına ait kısa açıklamalar verilmektedir.

- Tarım teknik tekstilleri (Agrotech)

Agrotech; tarım, bahçecilik ve su ürünlerinde kullanılan tekstil malzemelerini içermektedir. Tarımsal ürünlerin üretilmesinde olumsuz doğa koşullarının etkisinin en aza indirilmesi için ürünlerin korunması, toplanması ve saklanması amacıyla tarım teknik tekstilleri kullanılmaya başlanmıştır.

Tarım teknik tekstilleri grubundaki başlıca teknik tekstil ürünleri; balık ağları, halatlar, çuvalar, bitkiler için gölgelikler, yine bitkiler ve hayvanlar için ısı yalıtım malzemeleri, rüzgar ve dolu gibi doğa olaylarına karşı korunma, hortumlar, taşıma bantları ve filtreler olarak sıralanabilir.

Agrotech alanında kullanılan teknik tekstiller uzun yıllardır kullanılıyor olmaları sebebi ile pazar doygunluğa ulaşmıştır ve üretimlerinde büyük bir artış beklenmemektedir (Mecit ve ark. 2007).

- Jeotekstiller (Geotech)

Jeotekstiller; inşaat ve jeoteknik mühendisliği alanlarında toprak altı uygulamalarda kullanılan örme, dokuma ya da dokusuz tekstil yüzeylerinden olup, doğal ve yapay liflerden üretilmektedirler. Karayolu, demir yolu gibi ulaşım alt yapı çalışmalarında, baraj ve benzeri yapılarda zemin sızdırmazlık ekipmanı olarak kullanılmaktadır (Burhan ve Soyaslan 2007).

- Ev teknik tekstilleri (Hometechn)

Hometechn; teknik tekstillerin halı tabanları, perdeler, mobilyalar, yataklar, duvar kaplamaları, yalıtım malzemeleri gibi uygulama alanlarını kapsayan alt sınıfıdır.

Bu alanda içi boş lifler özellikle yatak ve uyku tulumlarının yalıtım özelliğini artırmak için kullanılırken, antimikrobiyal ve güç tutuşur özellikleri olan lifler de mobilyalardaki köpüklerin yerini almaktadır. Yine mobilya üretiminde de elastik dar dokuma bantlar metalik yayların yerini almaktadır (Mecit ve ark. 2007).

- Taşımacılık teknik tekstilleri (Mobiltechn)

Mobiltechn; kara, deniz, hava taşıma araçlarında ve uzay sanayinde kullanılan teknik tekstillerdir. Bu grupta kullanılan teknik tekstiller değer olarak yaklaşık % 20'lik payları ile teknik tekstillerin en önemli grubunu oluşturmaktadırlar. Güvenlik, dekorasyon, izolasyon, filtreleme gibi işlevlerin yanı sıra, araçlarda konfor ve güvenlik sağlamaktadırlar. Standart bir otomobilde; koltuk kılıfları, zemin kaplama, kemer ve hava yastığı gibi emniyet ürünleri ve izolasyon malzemeleri gibi ürünlerde ortalama 14 kg tekstil malzemesi kullanılmaktadır (Çokkeser ve Çeven 2011).

- Ambalaj teknik tekstilleri (Packtechn)

Ambalaj teknik tekstilleri; paketlenme ve ambalaj sanayinde; endüstriyel, tarımsal ve diğer malzemelerin paketlenmesi, taşınması, depolanması ve korunması için kullanılan tüm tekstil yapılarını içermektedir. Bu ürünlere büyük paketlenme malzemelerinden küçük alışveriş çantalarına kadar tüm ürünler dahildir. Geleneksel olarak, jüt, pamuk gibi selülozik doğal liflerden üretilmiş çanta, çuval gibi ürünler, yavaş yavaş yerlerini sentetik liflerden üretilen ürünlere bırakılmaktadırlar (Mecit ve ark. 2007).

- Endüstriyel teknik tekstiller (Indutech)

Bu alandaki teknik tekstiller; endüstriyel amaçlı ürünlerde kullanılan tekstilleri içermektedir. Önceleri teknik tekstillerin tümü için endüstriyel tekstiller tanımı kullanılmıştır. Belirli bir işlev gören ve performans artırıcı tekstil ürünlerinin: sağlık, spor, tarım gibi sektörlerde de yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmasıyla, endüstriyel tekstiller, teknik tekstillerin bir alt dalı olarak görülmeye başlanmıştır. Endüstriyel tekstiller, geniş bir uygulama alanına sahiptir. Genel olarak bu gruba aşağıdaki ürünler girmektedir.

- Endüstriyel filtrasyon ürünleri
- Taşıyıcı bantlar
- Sızdırmazlık elemanları (Mecit ve ark. 2007).

- Tıbbi ve hijyenik teknik tekstiller (Medtech)

Tıbbi tekstiller olarak cerrahi giysiler, maskeler, ameliyat iplikleri, sargı bezleri, yara örtüleri, bandajlar, yapay deri ve organlar sayılabilir. Bazı akıllı tekstil uygulamaları ile giysiye entegre edilen sensörler ve iletişim sistemleri aracılığıyla hastadan tıbbi göstergelerinin elde edilmesi, izlenmesi ve bunların doktora, hastaneye veya acil servise bildirilmesi mümkün olabilmektedir. Bununla birlikte tıbbi talimatlara göre entegre elektronik sistemler ve ilaç uygulayabilen özel tekstiller vasıtasıyla ilaçların hastaya uygulanması da sağlanabilmektedir. Bu teknolojiler özellikle yaşlı ve kronik hastalar için zaman kaybı olmadan hastane ve doktor ziyaretleri sonucunda oluşan maliyetlere gerek kalmadan sürekli tıbbi izleme ve optimal tıbbi bakımı mümkün kılmaktadır.

Tıbbi tekstiller şu şekilde sınıflandırılır:

1- Cerrahi Tekstiller

İmplant Edilen Tekstiller:

- Ameliyat iplikleri

- Yapay tekstil damarları

İmplant Edilemeyen Tekstiller:

- Bandajlar
- Sargı bezi
- Yara örtüleri

2- Vücut dışı cihazlarda kullanılan tekstiller

- Yapay organlar

3- Bakım ve hijyen ürünleri

- Yatak takımları
- Koruyucu giysiler
- Cerrahi giysiler (Ersoy ve ark. 2015).

- İnşaat ve yapı teknik tekstilleri (Buildtech)

İnşaat ve yapı teknik tekstilleri; inşaat mühendisliğinin toprak üstünde olan uygulamalarında yaygın bir kullanıma sahip tekstil malzemeleridir. Hafiflik, mukavemet gibi inşaat mühendisliği uygulamalarına uygun mekanik özelliklerin yanı sıra güneş ışınları, çevresel yıpratıcılar, kimyasallar gibi farklı dış faktörlere direnç sunarlar.

Tekstil malzemelerinin yapılarda kullanılmasının; esneklik, dayanıklılık, hafiflik, maliyet gibi avantajları bulunmaktadır. Örneğin bir kumaş örtüsünün ağırlığı, eşdeğer bir tuğla çelik veya betondan oluşan örtülere göre 30 kat daha hafif olabilmektedir. Bunların yanı sıra uygulama kolaylıkları, kolay taşınım ve tekrar eden kullanım ömürleri ile ön plana çıkmaktadırlar.

İnşaat tekstilleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler:

1) Bina yapımında kullanılan inşaat tekstilleri

- a) izolasyon malzemesi; su, ısı ve ses izolasyonu
- b) Deprem takviyesi

2) Membran konstrüksiyonlarında kullanılan inşaat tekstilleri

- a) Spor kompleksleri
- b) Fuar merkezleri
- c) Otel vb. alanlarda kullanılmaktadır.

3) Geçici yapılarda kullanılan inşaat tekstilleri

- a) Çadırlar
- b) Tenteler
- c) Güneşlikler

4) Barajların yapımında kullanılan inşaat tekstilleri

5) Köprülerin yapımında kullanılan inşaat tekstilleri

6) İnşaat esnasında kullanılan inşaat tekstilleri (Varan ve Durur 2014).

- Ekolojik ve çevre amaçlı teknik tekstiller (Oekotech)

Ekolojik teknik tekstiller; doğanın korunması amacı ile geliştirilen teknik tekstil malzemeleridir. Çevre dostu bu tekstiller ekolojik dengeyi bozmadan, çevre sağlığına ve insan sağlığına zarar vermeden üretilebilen, kullanılabilen ürünlerdir. Bu ekolojik tekstil ürünleri insan ve çevre sağlığına zarar vermeden geri dönüşüme de sokulabilen ürünlerdir. Son yıllarda çevre bilincinin artması, çevreye ve insana zarar vermeyen bu ekolojik ürünlere olan talebi de arttırmıştır (<https://aygenteks.com/blog/teknik-tekstil-ve-kullanim-alanlari/>, 2022).

Ekolojik tekstillerin uygulama alanları:

- Erozyon kontrolü
 - Doğayı tehlikeli maddelere karşı koruma
 - Kontamine atık suları için mobil depolar
 - Ses bariyerleri
 - Temiz hava/su filtreleri
 - Katı atık depo alanları (Aydın, 2013).
- Spor teknik tekstilleri (Sportech)

Sportech teknik tekstilleri; sporcular tarafından giyilen kıyafetleri ve kullandıkları malzeme ve ayakkabıları kapsamaktadır. Tenis racketleri, kar ve su kayakları, balık oltaları, dağcılık halatları, kompozit kano, yat ve bot gövdeleri, performans spor ayakkabıları, sörf tahtaları, spor giysileri, çim sahalar, çadırlar, bayrak ve flamalar, uyku tulumları gibi geniş bir kullanım alanı vardır.

Günlük yaşamda genelde pamuklu giysiler tercih edilmesine rağmen, yetersiz nem yönetimi farklı tekstil malzemelerinin geliştirilmesine sebep olmuştur. Örneğin aktif spor giysilerinde, teri mümkün olduğunca çabuk dış yüzeye vererek cildi kuru tutan özel sentetik lifler tercih edilmektedir. Günümüzde spor giysilerinde istenen önemli özellikler sırası ile: rüzgâr, su ve hava şartlarından koruma, ısı yalıtımı, buhar geçirgenliği ve esnekliktir.

Sporcuların kullandıkları spor malzemesi noktasında ise karbon ve cam lifleri düşük ağırlıklı ve yüksek mukavemetli özellikleri ile ön plana çıkmaktadırlar. Bu özellikleri sayesinde hafiflik ve darbe dayanımı gerektiren spor ekipmanlarında tercih edilmektedirler. Örneğin bisiklet gövdesi, tenis racketi, golf sopaları, kayak ve sörf ekipmanları gibi (Mecit ve ark. 2007)

- Giyim teknik tekstilleri (Clothtech)

Giyim teknik tekstilleri; hazır giyim ve ayakkabı sektörlerinde kullanılan telalar, vatıklar, dikiş iplikleri vb. ayakkabı üstlükleri, astarlar, bağcıklar ve yalıtım malzemelerinden

oluşmaktadır. Genel olarak bu destekleyici/yardımcı malzemeler örme, dokuma yada dokusuz tekstil yüzeylerinden olabilmektedirler (Erkut 2010).

- Koruyucu teknik tekstiller (Protech)

Koruyucu teknik tekstiller; kullanıcının zararlı etkenlere karşı korunmasını sağlayan giysiler, ve diğer tekstil yüzeylerinden oluşmaktadır.

Bu ürün grubunun yaygın kullanım alanları;

- Ateşli silahların yaralayıcı etkilerinden korunma
- Kimyasal, biyolojik, nükleer atıklardan korunma
- Alev ve ısı kaynaklarından korunma
- Kesici ve deliciye karşı korunma
- Yüksek voltajdan korunma
- Statik elektriklenmeye karşı korunma

Bu kullanım alanları göz önünde bulundurulduğunda, bunlardan birden fazlasını bünyesinde bulunduran, endüstriyel işçi kıyafetleri ve askeri koruyucu giysiler ön plana çıkmaktadır. Dünyada farklı lokasyonlarda, farklı endüstri kollarında çalışanların sağlık ve güvenliklerinin tehlikede olması nedeniyle, koruyucu giysi kullanılmasını zorunlu hale getiren yasal düzenlemeler oluşturulmuştur. Bu vesile ile oluşan farkındalık ve yasal zorunluluklar koruyucu kıyafetlere olan ilgiyi arttırmaktadır. Bunun yanında dünyadaki kutuplaşmanın bir neticesi olarak artan askeri yatırımlar çerçevesinde yine koruyucu teknik tekstillere olan talep artmaktadır (Mecit ve ark. 2007).

2.2. Koruyucu Teknik Tekstiller

Koruyucu tekstiller, yukarıda anlatıldığı üzere kullanıcı için yüksek koruyuculuk gerektiren ve hayati önem taşıyan tekstil ürünleridir. Korucuyu giysilerde ilk şart insan hayatının korunmasıdır. Koruyucu tekstil ürünleri, yüksek dayanım gerektiren ve güç tutuşurluk gibi yüksek performans özellikleri gösteren elyafların kullanımı ile elde edilirler. Koruyucu giysilerin kullanıldığı alanlar; güvenlik personelleri, polisler,

itfaiyeciler, denizciler, uçak personeli, astronotlar, motorlu araç yarış sürücüleri, endüstriyel işçi kıyafetleri, dağcılık, madencilik gibidir. Bu ürünlerin özellikleri kullandıkları son kullanım alanının beklenti ve ihtiyaçlarına göre değişkenlik göstermektedir.

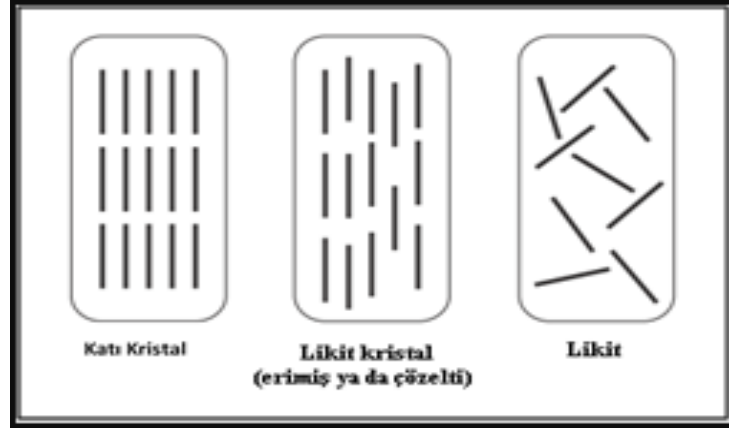
Genel itibarıyla koruyucu tekstiller alanında kesilmeye karşı koruma, balistik koruma ve yüksek ısı ve alevden koruyucu tekstiller ön plana çıkmaktadır. Bu alanda kullanılacak tekstil malzemelerinin performans özelliklerinin, kalıcılık yönünden zayıf olan kimyasal bitim işlemleri ile kazandırılması tercih edilmemektedir. Bu sebepten ki, performans özellikleri polimer yapısından gelen yeni nesil performans lifleri tercih edilmektedir. (Duran ve ark. 2007).

Bu alanda kullanımları öne çıkan bazı lifler:

- Aramidler (Meta Aramid & Para Aramid)

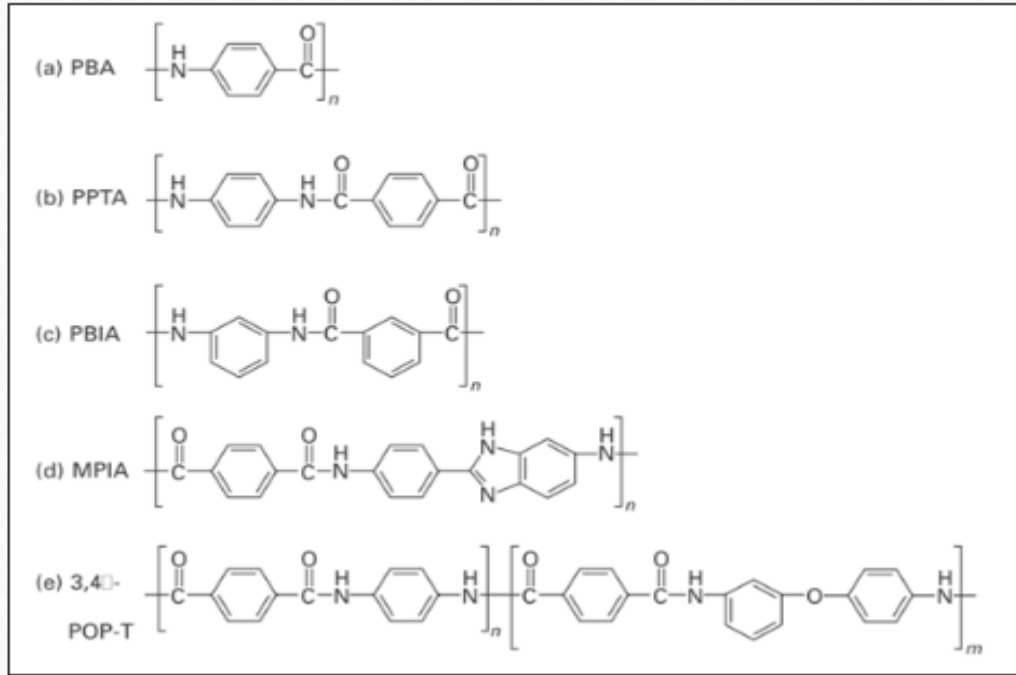
ABD Federal Ticaret Komisyonu aromatik poliamidin kısaltılmışı olan aramidi, “Zincirindeki amid ($-\text{CO}-\text{NH}-$) bağlarının en az %85’inin doğrudan 2 aromatik halkaya bağlı olduğu lifler” olarak tanımlamıştır

Aramidlerin kimyasal yapıları rijit çubuk görünümündedir. Bu yapı nedeniyle camlaşma sıcaklıkları çok yüksek ve çözünürlükleri çok düşüktür. Bu nedenle polimerlerin işlenmesi için konvansiyonel yöntemler dışında likit kristalin polimer çözeltileri oluşturulması gerekmektedir. Şekil 2.1’de katı kristal, likit kristal ve likit yapıların şematik görünümü gösterilmektedir. Katı kristal yapıda zincir molekülleri oldukça düzenli bir şekilde lif yapısında dizilmişken, likit yapıda değişik doğrultularda yönlenmiştir. Likit kristal yapıda ise zincir molekülleri paralel olmalarına rağmen bir birine göre kaymış olarak konumlanmaktadır.



Şekil 2.1. Katı kristal, likit kristal ve likit yapıların şematik görünümü

Ticari olarak en çok bilinen PPTA yapıdaki aramidler; Kevlar® (DuPont, ABD), Twaron® (Teijin Aramid, Japonya), MPIA yapıdaki Nomex® (DuPont, ABD), Teijinconex® (Teijin Aramid, Japonya) ve 3,4'-POP-T kopolimer yapıdaki Technora® (Teijin Aramid, Japonya) lifleridir. Şekil 2.2'de literatürdeki önemli aromatik poliamidlerin yapısal formülleri verilmektedir. PBA'dan POP-T yapısına doğru gidildikçe, molekül zincir uzunluğundaki artış görülmektedir.



Şekil 2.2. Piyasada ve literatürde yer alan en önemli aromatik poliamidlerin yapısal formülleri

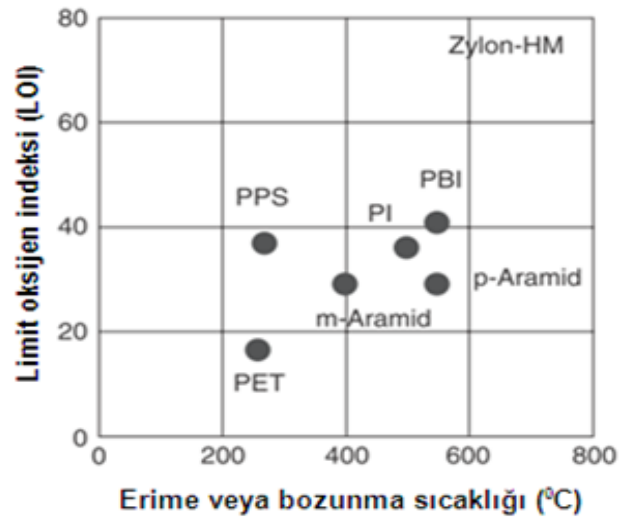
Para-aramidler, Dupont firmasının geliştirdiği dry-jet wet spinning işlemine göre; meta-aramidler ise kuru veya yaş lif çekim yöntemine göre üretilirler. Çizelge 2.3 PPTA liflerindeki amid grupları ve aromatik halkalar arasındaki çekim, rijitliği arttırdığı gibi bozunma sıcaklıklarını (550°C) da arttırır. LOI (limit oksijen indeksi) değerleri 28-32 arasındadır.

Çizelge 2.2. Bazı aramid liflerinin fiziksel zellikleri (Lewin 2007)

Ticari İsmi	Nomex	Teijinconex		Kevlar		Twaron		Technora
Polimer	MPDI	MPDI		PPTA		PPTA		ODA/PPTA
Lif türü	430	Std	HT	K-29	K-49	Std	HM	std
Yoğunluk (g/cm ³)	1.38	1.38	1.38	1.44	1.44	1.44	1.45	1.39
Mukavemet (Gpa)	0.59	0.61-0.68	0.73-0.86	2.9	3	2.9	2.9	3.4
Uzama (%)	31	35-45	20-30	3.6	2.4	3.6	2.5	4.6
Modül (Gpa)	11.5	7.9-9.8	11.6-12.1	71	112	70	110	72

Çizelge 2.2.'de görüldüğü üzere, sahip oldukları yüksek mukavemet, yüksek modül ve boyutsal stabilite özellikleri nedeniyle, para aramid lifleri daha çok balistik koruma alanında kullanılmaktadır. Tabanca mermileri, bıçak gibi kesici ve delici aletlere karşı korunma gibi alanlarda kullanımları oldukça yaygındır.

Meta aramid lifleri ise daha çok güç tutuşur özellikleri ile bilinirler. Boyanabilir olmaları, polimer safhasında renklendirilebiliyor olmaları, farklı elyaflarla harmanlanabiliyor olmaları, doğal elyaflara yakın konfor özellikleri sergiliyor olmaları gibi özellikleri ile güç tutuşur giysilerde para-aramitlere göre daha çok tercih edilirler. Temel sebebi meta-aramid kumaşların daha konforlu, yumuşak tuşeli ve elastikiyet değerlerinin daha iyi olmasıdır.



Şekil 2.3. Yüksek performanslı liflerin ısıya karşı direnci ve yanmazlık özelliği (Lewin 2007).

Meta-aramidler daha yüksek camlaşma sıcaklığı (275°C) ve kristalin faza geçiş erime noktası (425oC) gösterebilirler de %100 meta-aramid giysiler aleve maruz kaldığında çekerler ve kopma-açılma deformasyonuna uğrayarak koruyucu bariyerlik işlevini yitirebilirler. Bu nedenle aleve maruz kaldıklarındaki çekme ve açılma gibi problemleri gidermek için çoğu zaman para-aramidlerle karışım yapılarak kullanılırlar. Çok yüksek sıcaklıklarda aleve maruz kaldığında ise meta-aramid kömürleşir ve oluşan sert kömür yapı ayrıca ilave bir katman oluşturarak koruyuculuk sağlamaktadır (Lewin 2007).

Meta-aramidler giysi uygulamaları dışında, non-woven formunda filtrasyon için ve filament formunda kauçuk hortumların kuvvetlendirilmesinde de kullanılabilir. Şekil 2.4 meta aramid liflerinin kullanım alanlarına ait örnekler ve bu kullanım alanlarının pazardaki dağılımını göstermektedir. Burada koruyucu tekstiller ve elektrik yalıtım kağıtları en yüksek kullanım alanına sahip görünmektedir.



Şekil 2.4. Meta-aramid liflerinin A) Kullanım alanları B) Pazardaki oranları (Erkut 2020)

- FR viskon lifleri

Güç tutuşur viskon lifleri koruyucu teksitlerde farklı alanlarda kullanılmakta olup en çok petrokimya, havacılık ve askeri uygulamalarda kullanılmaktadır. Bunlar genellikle bir amin grubu ve bir karboksilik asit halojenür grubunun reaksiyona sokulmasıyla hazırlanır.

Güç tutuşur viskon lifleri ekstrüzyondan önce FR katkı ve dolgu malzemeleri ilave edilerek üretilir. Bu liflerin yanması boyunca alev noktası çok az miktarda azot oksit üretir, oksit lifin alev kaynağını oksijenden izole eder ve böylece güç tutuşurluk özelliği kazandırılır. Selüloz bazlı lifler oldukları için, üstün nem yönetimi ve konfor özellikleri ile ön plana çıkmaktadırlar (Sonee ve ark. 2019).

- Modakrilik Lifleri

Bileşiminde %35–85 arasında akrilonitril içeren lifler modakrilik lifi olarak tanımlanmaktadır. Modakrilik liflerinde akrilonitrilin yanında komonomer olarak vinil klorür, viniliden klorür ve vinil disayinit bulunur. Lifler kuru veya yaş çekim yöntemine göre üretilmektedir.

Modakrilik lifleri, akrilik ile benzer özelliklere sahiptir. Ancak modakrilikler alev geciktiricidir ve güç tutuşur özelliktedir, lifleri tutuşturmak zordur ve kendi kendine sönmektedirler.

Modakrilik lifleri alev geciktirici özelliklerine ek olarak güneş ışığına karşı ve kimyasal maddeler ile aleve karşı dayanıklılık göstermekte olup düşük nem çekme özelliğine sahiptir. Nem çekme miktarı % 0,4–3 arasında değişiklik göstermektedir. Buna karşılık sürtünmeden dolayı modakrilik liflerinde tüylenme problemi ile karşılaşılabilir. Modakrilik liflerden üretilen ürünler 110 °C ve daha düşük sıcaklıklarda ütülenmelidir (<https://www.aksa.com/tr/urunler/armora/modakrilik-elyaflar/armora-modakrilik-elyaflar/i-450>, 2024).

Aşağıdaki listelenen lifler de yine koruyucu tekstiller alanında kullanılan lif çeşitleri olarak karşımıza çıkmaktadırlar.

- Yün
- Pamuk
- Lyocel
- Naylon 66
- FR Naylon 66
- FR Poliester
- PBI (Polibenzimidazol)
- PBO (Polyphenylene Benzobisoxazole)
- Oksidize olmuş PAN (poli akrilonitril)

Koruyucu teknik tekstillerin sınıflandırılması

- Balistik koruma amaçlı koruyucu tekstiller
- Ağır hava şartlarına karşı koruyucu tekstiller
- Elektromanyetik kalkanlama amaçlı koruyucu giysiler
- Zararlı kimyasal ve gazlara karşı koruyucu tekstiller
- Yüksek ısı ve alevden koruyucu tekstiller



Şekil 2.5. Koruyucu Kıyafetler (<https://www.ist.com.tr/k-4-koruyucu-elbiseler.html>, 2024)

2.2.1. Balistik koruma amaçlı koruyucu tekstiller

Balistik koruyucu tekstiller, merminin ve şarapnel gibi parçaların vücuda zarar vermesini engellemek amacı ile kullanılmaktadır. Balistik koruyucu tekstil ürünleri yüksek mukavemet ve düşük uzama özelliklerine sahiptir. Balistik kumaşların üretiminde aramid (Kevlar, Twaron, Technora), yüksek-molekül ağırlıklı polietilen (Spectra, Dyneema) lifleri yaygın olarak tercih edilmektedir (Erkut 2020).

2.2.2. Ağır hava şartlarına karşı koruyucu tekstiller

Ağır hava koşulları altında çalışarak görevlerini daha verimli yapabilmeleri amacıyla işçi ve askeri personellerin giysilerini içermektedir. Ağır hava koşullarında, soğuk ve yağışlı ortamlarda kullanılacak bu giysilerde ısı izolasyonunun gerçekleşmesi, giysinin dış katmanındaki yağmur veya kar suyunun iç tarafa nüfus etmemesi ve içerde oluşan terin dışarıya atılması beklenmektedir. Bu kumaşlar genellikle üç katmanlıdır. En dış katmanda su geçirmez kumaş, orta katmanda ısı transferini sağlayan nefes alabilir membran yapı ve iç kısımda ince astar olacak şekilde üretilmektedir (Duran ve ark. 2007).

2.2.3. Elektromanyetik kalkanlama amaçlı koruyucu giysiler

Günümüzde televizyon, bilgisayar, cep telefonu vb. kullanımının artması ile birlikte insanlar uzun süreli elektromanyetik radyasyon etkisine maruz kalmaktadır. Uzun süreli radyasyona maruz kalan insanlarda halsizlik, hafıza kaybı, kalp atışında hızlanma veya yavaşlama gibi sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir. Radyasyonun insanlar üzerindeki

olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla elektromanyetik radyasyondan korunma amaçlı tekstil yüzeyleri üretilmektedir.



Şekil 2.6. Radyoaktif bulaşmaya karşı koruyucu giysiler (<https://www.laboratuar.com/testler/koruyucu-giysi-testleri/ts-en-1073-2-radyoaktif-bulasmaya-karsi-koruyucu-giysiler/>, 2024)

2.2.4. Zararlı kimyasal ve gazlara karşı koruyucu tekstiller

Endüstriyel koruyucu iş kıyafetleri zararlı kimyasal ve gazlardan korunma amacıyla kullanılmaktadırlar. Kimyasal maddeler toksik, korozyif, reaktif ve alev alabilir özellikte olabilirler. Bu zararlı kimyasallara maruziyet sonucu oluşabilecek tehlikelere karşı koruyucu giysi ve ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Zararlı kimyasallara karşı koruyucu tekstil malzemelerini giyen kişi ile kimyasal arasında koruyucu bir bariyer oluşturulması gerekmektedir. Zararlı kimyasallara karşı bariyer işlevi ile koruyucu görev gören tekstil malzemesinin aynı zamanda termal konfor özelliğine de sahip olması beklenmektedir. Kimyasal koruyucu kıyafetlerin, maksimum koruyuculuk özelliğine sahip olarak zararlı kimyasalların vücuda temasını en aza indirmesi gerekmektedir (Beyit 2006).



Şekil 2.7. Zararlı kimyasallara karşı koruyucu kıyafetler (<https://isguvenligitakip.wordpress.com/2018/12/03/koruyucu-giyecekler>, 2018)

2.2.5. Yüksek ısı ve alevden koruyucu tekstiller

Yüksek ısı ve alev karşı koruyucu tekstil ürünleri; kullanıcının alev, ısıya, erimiş polimer damllarına, sıcak gazlar ve buharlara karşı korunmasını sağlar. Bu koruyucu giysilerin ısıya ve alev karşı dayanımları, kullanım yerlerine ve kullanım özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Yüksek ısı ve alev karşı koruyucu tekstillerde kullanılan elyafların yüksek sıcaklıklarda bile bozulmayıp fiziksel ve kimyasal özelliklerini korumaları gerekmektedir. Yüksek ısı ve alevden koruyucu tekstil ürünlerinde son kullanıcının konforu oldukça önemlidir. Bu sebeple yüksek ısı ve alev karşı koruyucu tekstil ürünlerinde termal konfor özelliği ön plana çıkmaktadır.

Şekil 2.8’de yüksek ısı ve alev karşı koruyucu bir itfaiyeci kıyafeti gösterilmektedir.

Yüksek ısı ve alev karşı koruyucu tekstil ürünlerinin sahip olması gereken özellikler aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Alev karşı dayanıklılık: Sıcaklık ve ısıya karşı dayanımı yüksek olmalı, sürekli yanmamalı, yandığı zaman anında sönebilmeli ve tehlike oluşturmamalıdır.

- Bütünlük: Tekstil materyali deforme olmamalı, eriyip büzüşmemeli ve yapısında bozulma olmamalıdır.
- İzolasyon: Tekstil ürünü yüksek ısı ve nem transferine sahip olmalı, olası bir tehlike anında kaçış için gerekli zamana olanak sağlamalıdır. Yanma süresince katran veya iletken çözeltileri üzerinde tutmamalıdır.
- Sıvı iticilik: Tekstil materyaline su, kimyasal, yağ vb. diğer sıvıların nüfuz etmesine engel olmalıdır (Altay 2010).



Şekil 2.8. Yüksek ısı ve aleve karşı koruyucu itfaiyeci kıyafeti (<https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2012/11/koruyucu-tekstiller.html>, 2012)

Tekstil ürünlerinin yüksek sıcaklık ve aleve karşı koruma etkisi değişik standartlar ile tanımlanan test metotlarıyla belirlenmektedir. Bu test metotları ve kısa açıklamaları aşağıda verilmektedir.

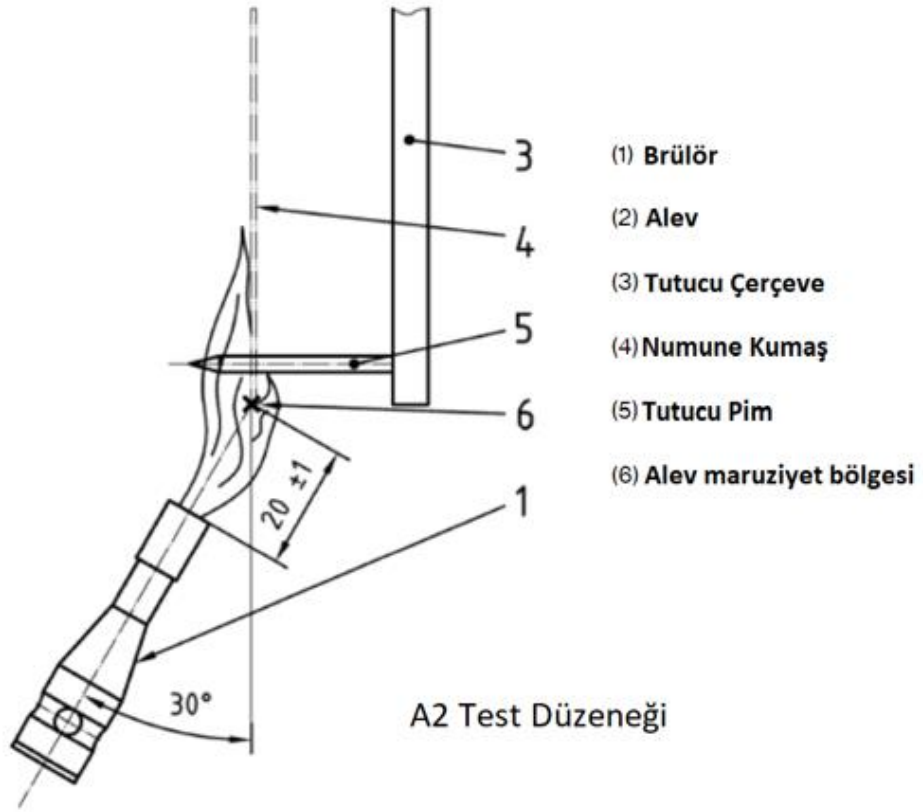
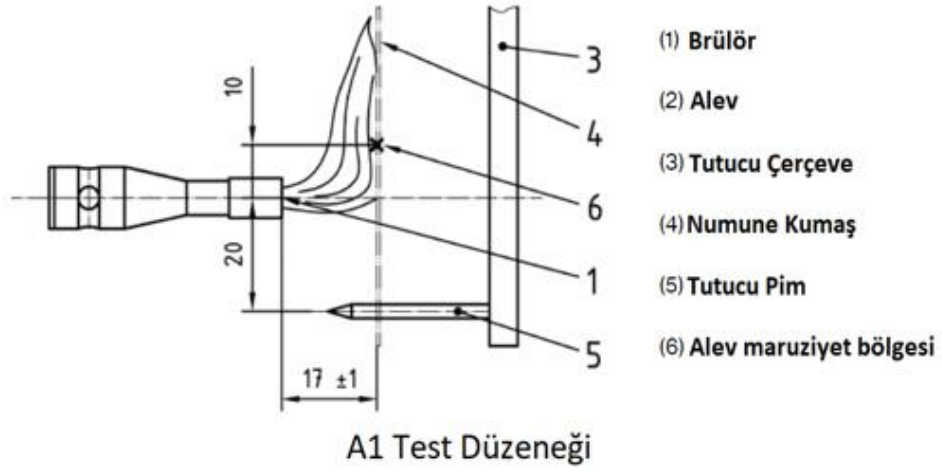
2.3. TS EN ISO 15025 Sınırlı Alev Yayılımı

Bu test yöntemi A1 (yatay alev) ve A2 (dikey alev) olmak üzere 2 bölümden oluşmaktadır. A1 test yöntemi en yaygın endüstriyel iş kıyafeti sertifikası olan EN ISO 11612 için bir gereklilik iken, A2 test yöntemi isteğe bağlı olarak kullanılmaktadır. Bu

test yönteminde kumaş boyu ve kumaş eni doğrultularında ayrı ayrı olmak üzere 3'er adet 200 mm × 160 mm boyutlarında kumaş numunesi hazırlanır. Hazırlanan her bir numuneye 10 saniye boyunca yatay yönde alev kaynağına (propan) maruz bırakılır ve alev kaynağı maruziyeti sonlandırıldıktan sonra kumaşın davranışı gözlemlenir. Bu testin başarılı olduğunu söyleyebilmek için sağlanması gereken şartlar aşağıdaki gibi sıralanır:

- Kumaşta delik oluşumu gerçekleşmemelidir.
- Kumaş üst veya yan kenarlarından alev almamalıdır.
- Erime veya erimiş kalıntılar oluşmamalıdır.
- Alev sonrası, kendiliğinden sönme süresinin ortalama değeri 2 saniye veya 2 saniyeden daha küçük olmalıdır.
- Alev sonrası, kor oluşma süresinin ortalama değeri 2 saniye veya 2 saniyeden daha küçük olmalıdır.

Şekil 2.10'de kumaşın güç tutuşurluk özelliğinin test edilebilmesi için uygulanan test düzeneği gösterilmektedir. Sol taraftaki A1 test metodu düzeneğinde alev kumaş numunesine 20 cm mesafeden tutulmaktadır. A2 test metodunda ise alev kumaş numunesinin alt kenarından uygulanmaktadır.



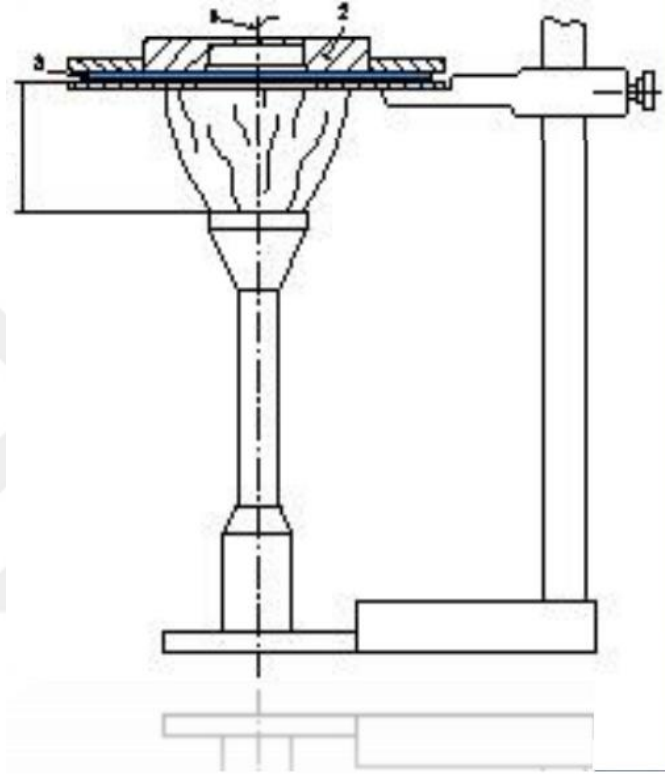
Şekil 2.9. TS EN ISO 15025 Metot A1 ve A2 Test Düzenegi ([Textile testing in the Ellefeld test laboratory | uvex safety \(uvex-safety.com, 2024\)](https://www.uvex-safety.com/en/uvex-safety-laboratory))

2.4. TS EN ISO 9151 Alevli (Konvektif) Isı Transferi

Bu test yöntemi için 140 mm x 140 mm boyutlarında en az 3 adet kumaş numunesi hazırlanıp teste tabi tutulur. Kumaş numuneleri $80 \text{ kW/m}^2 \pm \%5$ 'lik bir ısı akımına tabi tutulur. Numuneden geçen ısı, kumaş numunesinin üzerine yerleştirilen bir kalorimetre

yardımıyla ölçülür. Ölçme işleminde kalorimetre sıcaklığının $24^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ artması için gereken süre saniye cinsinden ölçülüp kaydedilir.

Şekil 2.10’da kumaşın güç tutuşurluk ve konvektif ısı transfer özelliğinin test edilebilmesi için kullanılan test düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 2.10. EN 9151 Konvektif Isı Test Düzeneği
(<https://www.ist.com.tr/images/menuler/efb5e20e39b394f.pdf>, 2024)

Ölçülen değerler, Çizelge 2.3’de belirtilen aralıklara göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırmada B3 seviyesi en koruyucu, B1 seviyesi en az koruyucu olmak üzere kumaşın koruyuculuk performansını belirtmektedir.

Çizelge 2.3. Konvektif Isı Transfer İndisi Sınıflandırma Tablosu (<https://marinatextil.com/>, 2024)

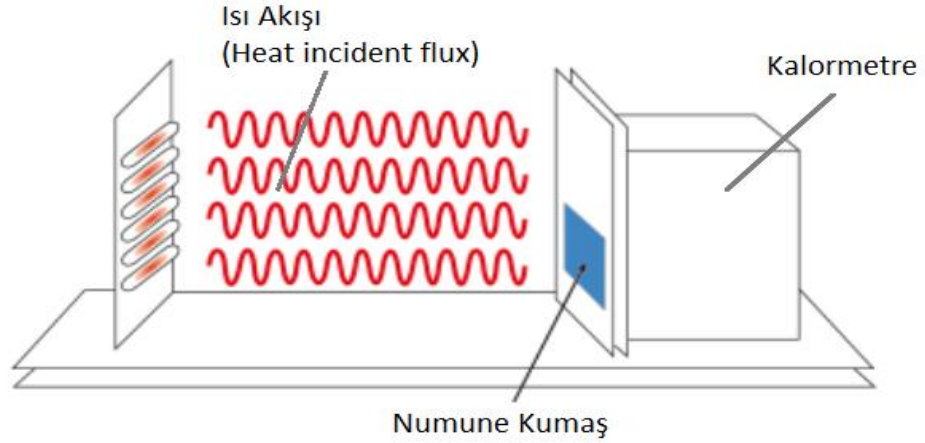
Sınıf	Isı transfer indisi (<i>HTI24, sn</i>)	
	Min	Max
B1	4	10
B2	10	20
B3	20	-

2.5. TS EN ISO 6942 Radyan (Işıma) Isı Transferi

Bu test yöntemi için 230 mm x 70 mm boyutlarında en az 3 adet kumaş numunesi hazırlanıp teste tabi tutulur. Kumaş numunesi, test standardına göre $20-40 \text{ kW/m}^2 \pm \%5$ 'lik bir radyan ısı akışına tabi tutulur. Numuneden geçen ısı, kumaş numunesinin arkasına ve onunla temas halinde bulunan bir kalorimetre kullanılarak ölçülür. Kalorimetredeki sıcaklık göstergesi 24°C 'ye ulaştığında veya 5 dakika sonra radyasyon durdurulmaktadır. Kalorimetredeki sıcaklık artışı sağlamak için geçen süre saniye cinsinden ölçülür. Bu süre, elbiseyi kullanan kişinin, ısı artışından kaynaklanan ikinci derece yanık nedeniyle ağrı hissetmeye başlamasına kadar geçen süreyi temsil etmektedir.

Şekil 2.11'da kumaşın güç tutuşurluk ve radyan ısı transfer özelliğinin test edilebilmesi için kullanılan test düzeneği gösterilmektedir. Isı kaynağından kumaş numunesine radyasyon yoluyla kumaşa iletilen ısı, kumaşın arka yüzeyinde meydana getirdiği sıcaklık temas edilen kalorimetre ile doğrudan ölçülmektedir.

Ölçülen değerler, Çizelge 2.4'de belirtilen aralıklara göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırmada C4 seviyesi en yüksek koruyuculuk değerini tanımlarken, C1 seviyesi en düşük koruyuculuk değerini belirlemektedir.



Şekil 2.11. TS EN ISO 6942 Radyan Isı Transferi Test Düzeneği (<https://texfire.net/>, 2024)

Çizelge 2.4. Radyan Isı Transfer İndisi Sınıflandırma Tablosu (<https://marinatextil.com/>, 2024)

Sınıf	Isı transfer indisi ($RHT_{24, sn}$)	
	Min	Max
C1	7	20
C2	20	50
C3	50	95
C4	95	-

2.6. Yapılan Önceki Çalışmalar

Bu çalışma kapsamında, güç tutuşur iplik ve kumaşlarla ilgili yapılan literatür araştırması neticesinde alev almazlık ve güç tutuşurluk özelliklerinin kumaşlara genellikle terbiye ve bitim işlemleri ile ya da FR özellikli elyafların kullanımı ile kazandırılarak yapılan çalışmalar üzerine yoğunlaştığı görülmüştür. Doğası gereği güç tutuşur özelliğe sahip olan Aramid grubu elyaflar ve bu elyafların karışımı ile elde edilen kumaşlarla yapılan çalışma sayısının az olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu liflerden elde edilen kumaşların konfor özellikleri açısından da yapılan çalışmaların az olduğu literatür taraması sırasında karşımıza çıkmıştır.

Ömeroğulları 2010 yılında yaptığı çalışmada, ev tekstili içerisinde döşemelik ve perdelik gibi pek çok alanda kullanılan %100 polyester kumaşlara güç tutuşurluk özelliğini, gerekli apre işlemleriyle çeşitli oranlarda kimyasal kullanarak vermiş ve kumaşların

sergiledikleri güç tutuşurluk davranışlarını incelemiştir. Yapılan çalışmada, konvansiyonel yöntemin dezavantajlarını minimize etmek için, kullanılan kimyasalların miktarını azaltmak hedeflenmiştir. Bu amaçla, poliester kumaşlara oksijen gazıyla plazma polimerizasyonu ile hidrofil özellik kazandırma işlemi uygulanmıştır. Böylece plazma polimerizasyonu ile kumaşa kazandırılan hidrofil özelliğin, kumaşın güç tutuşurluk özelliğine olan etkisi ve madde alım miktarındaki değişim incelenmiştir. Ayrıca güç tutuşurluk özelliğini genel olarak inceleyebilmek amacıyla güç tutuşur ipliklerden üretilmiş kumaş, apre işlemi ile güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış kumaş ve plazma polimerizasyonu ile yüzey modifikasyonu yapıldıktan sonra apre işlemine tabi tutulmuş kumaş, her iki kimyasal madde de göz önünde bulundurularak karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda, genel olarak tüm kumaşlarda yapılan plazma polimerizasyonu ile hidrofil özellik kazandırma işleminin madde alımına olumlu etkisinin olduğu görülmüştür. Dolayısıyla plazma polimerizasyonu yöntemiyle hidrofil özellik kazandırılan kumaşın yanma davranışına da olumlu etki yapmıştır. Yapılan yıkamaların ise tüm kumaşlarda güç tutuşurluk etkisini azalttığı gözlemlenmiştir. Yapılan tüm testlerin sonucunda plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirme işleminin kumaş tarafından alınan madde miktarına, dolayısıyla kumaşa kazandırılan güç tutuşurluk özelliğine olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir (Ömeroğulları ve Kut 2012).

Altay 2010 yılında yapmış olduğu çalışmada, % 100 poliester kumaşa, yeni geliştirilmiş olan kimyevi maddelerle emdirme ve çektirme yöntemlerine göre güç tutuşurluk bitim işleminin etkilerini incelemiştir. Güç tutuşurluk maddelerinin uygun konsantrasyonları ile güç tutuşurluk ve boyama işlemi birlikte uygulanarak yapılan deneylerin sonuçları incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda, emdirme yöntemine göre yapılan deneylerin güç tutuşurluk özelliklerinin yıkama dayanıklılığının çektirme yöntemine göre yapılan deneylere göre daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada hem çektirme hem de emdirme yönteminde, fosfat esaslı bileşiklerin, halojen esaslı bileşiklere göre daha etkili olduğu görülmüştür. Fosfat esaslı bileşikler, halojenli bileşiklere göre renk verimliliğinde daha fazla düşüşe sebep olmuştur. Madde konsantrasyonlarındaki artış yıkama dayanıklılığında önemli bir gelişme sağlamadığı görülmüştür (Altay 2010).

Ülger 2012 yılında yaptığı çalışmada, yeni nesil teknik lifleri kullanarak (karbon, viskon FR, meta aramid, para aramid) güç tutuşur özellikli iplik üretiminde kaliteye etki eden makine ve üretim parametrelerini incelemiştir. Yapılan çalışmada lifler seçilirken, pazardaki tercih edirliliği, çalışılabilirliği ve maliyeti dikkate alınmıştır. Ring iplik makinesinde farklı karışımlarla iplikler üretilmiş olup güç tutuşurluk testleri için bu ipliklerden numune kumaş üretimi yapılmıştır. Yün/Viskon FR karışımı kumaş numunelerine uygulanan güç tutuşurluk testlerinin sonuçlarına bakıldığında, TS ISO EN 15025:2006 standardına göre yapılan testte kabul edilebilir sonuçlar elde edilemediği görülmüştür. Meta Aramid/Viskon FR karışımı numunelerde ise, iplik testleri ve kumaşa uygulanan güç tutuşurluk testleri birlikte değerlendirildiğinde uygulanan karışımların hepsinde olumlu sonuç alındığı görülmüştür. Yapılan çalışmada modakrilik/pamuk karışımında modakrilik oranı azaldıkça aleve direncin düştüğü gözlemlenmiştir. Modakrilik/pamuk karışımında üretilen kumaşların sonuçlarına bakıldığında ise sadece modakrilik ve pamuktan oluşan karışımların TS ISO EN 15025:2006 standardına göre güç tutuşurluk yönünden zayıf kaldığı görülmüştür. Meta aramid/para aramid/karbon lifleri kullanılarak yapılan karışımların tamamında güç tutuşurluk testlerinde olumlu sonuç elde edildiği görülmüştür (Ülger 2012).

Ertekin ve Kırtay 2014 yılında yaptıkları çalışmada, ısı ve aleve karşı korunma dayanımını incelemek üzere ring iplik makinesinde para-aramid, meta-aramid ve güç tutuşur poliester iplikler üretilmiş ve bu ipliklerden kumaşlar dokunmuştur. Para-aramid, meta-aramid ve FR PES esaslı farklı elyaf tipleri kullanılarak farklı iplik numaralarında atkı ve çözgü iplikleri üretilmiştir. Bu çalışma ile iplik numarasının ve lif tipinin kumaşların yanma davranışı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışma neticesinde para aramid iplik ve bu ipliklerden üretilen kumaşların daha yüksek kopma mukavemeti ve daha düşük kopma uzaması değerine sahip olduğu görülmüştür. Yanmazlık testi neticesinde, FR PES elyaf ile üretilen kumaşların para-aramid elyaflar ile üretilen kumaşlara göre nispeten daha zayıf performans gösterdiği görülmüştür. Atkı iplik numarası kalınlaştıkça FR PES iplikleri ile üretilen kumaşların karbonize alanlarının arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca %100 para-aramid kumaşların daha küçük karbonize alanlar oluşturmaması ve hiçbir delik veya çatlak oluşturmaması

nedeniyle termal olarak meta-aramid ve FR PES ipliklerinden üretilmiş kumaşlardan daha kararlı olduğu gözlenmiştir (Ertekin ve Kırtay 2014).

Sonee ve arkadaşları 2019 yılında yapmış oldukları çalışmada, farklı oranlarda FR viskon ve meta-aramid ile yine farklı oranlarda FR viskon, meta-aramid ve nylon 6.6 elyaf karışımlarıyla ring iplik eğirme sisteminde iplikler üretilerek bu ipliklerden dokuma kumaş numuneleri tasarlanmışlardır. Üretilen kumaşların LOI değerleri, radyan ısı ve konvektif ısı indeksleri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, farklı elyaf karışımlarının alev ve termal dayanım özelliklerine etkisi olduğu görülmüştür. %100 FR viskon kumaşların %100 meta-aramid ve nylon 6.6 kumaşlara göre daha düşük kopma mukavemetine ve daha düşük uzama değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca FR viskon/meta-aramid ve FR viskon/meta-aramid/nylon 6.6 karışimli kumaşların %100 FR viskon kumaşlara göre daha iyi kopma mukavemeti değerine sahip olduğu görülmüştür. Meta-aramid elyafı daha yüksek LOI değerine sahip olsa da, 70/30 meta aramid/viskon FR karışimli kumaşın daha iyi “radyan ve konvektif ısı” dayanımına sahip olduğu görülmüştür (Sonee ve ark. 2019).

Erkut 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada farklı karışım oranlarında meta aramid, para aramid ve FR viskon liflerinden elde edilen ipliklerin ve bu ipliklerden üretilen örme kumaşların fiziksel özellikleri, konfor özellikleri ve yanma davranışlarını incelemiştir. Bu amaçla güç tutuşur kumaşların üretiminde sıklıkla kullanılan farklı karışım oranlarında, farklı iplik numaralarında iplikler üretilmiştir. Üretilen örme kumaşların mukavemet ve uzama özellikleri başta olmak üzere mekanik özellikleri (patlama mukavemeti, sabit yük altında kopma uzaması) ve konfor özellikleri (hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, ısı geçirgenliği) test edilmiştir. Ayrıca üretilen kumaşlar güç tutuşurluk testlerine de tabi tutulmuş olup, elde edilen veriler görsel olarak ta değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda, meta aramid, para aramid ve FR viskon liflerinin karışım oranlarının ipliklerin mukavemet, düzgünlük ve rutubet özellikleri ile kumaşların mukavemet ve konfor özelliklerine etkisi olduğu görülmüştür. Karışım da aramid elyaf oranı arttıkça ipliklerin ve kumaşların mukavemet değerlerinin artış eğiliminde olduğu, su buharı, hava geçirgenliği ve termal geçirgenlik gibi konfor özelliklerinin ise FR viskon karışimli kumaşlara yakın seviyelerde olduğu görülmüştür. Yine çalışma kapsamında uygulana güç

tutuşurluk testinde ise en yüksek kütle kaybı değerinin FR viskon içeren kumaşlarda olduğu görülmüştür (Erkut 2020).

Eryuruk 2019 yılında yaptığı çalışmada çok katmanlı koruyucu kumaş yapılarında kumaş katmanlarının kumaş konforuna olan etkisini incelemiştir. Yapılan çalışmada 3 katmanlı kumaş sonuçları çok katmanlı kumaş sonuçları ile kıyaslanmış ve buna göre yorumlanmıştır. Termal koruyucu giysi üretiminde kullanılan çok katmanlı kumaş numunelerinin farklı kumaş katmanları ve farklı kombinasyonlarının termal konfor özelliklerine etkisi incelenmiş olup sonuçlardan da anlaşılaacağı üzere ısı konfor özellikleri termal koruyucu kumaşların büyük ölçüde türüne ve kumaş katmanlarının kombinasyonlarına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Deneysel çalışmalar sonucunda ısı iletkenlik açısından özellikle dış kabuk ve ısı bariyer kumaşlarının önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Temel olarak tüm tekstil malzemelerinin termal iletkenliği, sıkışan havadan daha yüksektir, bu sebeple de daha fazla elyaf ve daha az hava içeren kumaş yapıları, önceki çalışmalarda belirtildiği gibi daha fazla termal iletkenlik değerlerine sahiptir.

Test sonuçları incelendiğinde yine kumaşların termal direnci ile kumaş kalınlığı arasında ciddi bir ilişki olduğu görülmüştür.

Kumaş yapısının diğer bir katmanını oluşturan nem bariyeri ise esas olarak kumaşların nem yönetimi özellikleri açısından önemlidir. Farklı nem bariyeri malzemelerinin su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci test sonuçları üzerinde büyük etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Çalışma kapsamında çok katmanlı kumaş performansları ile tek katmanlı kumaş davranışları analiz edildiğinde; dış kabuğun, nem bariyerinin, ve termal bariyer kumaşlarının termal konfor davranışında önemli bir role sahip olduğu görülmüştür. Öte yandan yukarıda belirtilen sonuçların yalnızca bu çalışma için seçilen materyaller için geçerli olduğu dikkate alınmalıdır. Bu sonuçların farklı kumaş türleri ile doğrulanması için daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır (Eryuruk 2019).

Rossi 2013 yılında yapmış olduğu çalışmada güç tutuşur koruyucu kumaş ve kıyafetlerin konfor özelliklerini incelemiştir. Koruyucu iş kıyafetlerinin konfor özellikleri, nihai kullanıcının ürünü kabulü açısından oldukça önemlidir. Koruyuculuk performansı ve konfor birbiriyle çelişen özellikler olup daha yüksek koruma performansı daha düşük konfor anlamına gelmektedir. Isı ve alev maruziyeti noktasında bu çelişki en belirgin halini almaktadır, çünkü koruyucu giysiden beklenti, gelen ısı ve alevlerden koruma sağlaması ve ortamdan vücuda ısı transferini azaltmasıdır. Buna paralel ortam sıcaklığının artması neticesinde vücut tarafından üretilen aşırı ısıya da hızlı bir şekilde tahliye edilmesine de izin vermesidir. Bu nedenle düşük termal dirence ve yüksek su buharı geçirgenliğine ihtiyaç duyduğu görülmektedir.

Alev geciktirici tekstillerin sıklıkla kullanıldığı sıcak ortamlarda çalışırken insan vücudu büyük miktarda ter üretir. Nemin iş giysisi veya koruyucu giysi katmanlarında depolanması termal korumayı olumsuz yönde etkilemesi beklenmektedir. Kumaş katmanları arasında depolanan ter buharlaşıp cilde doğru akarak buhar yanıklarına neden olabilir. Bu nedenle nem transferi ve depolanmasının ayrıntılı olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Islak kumaşın ısı iletkenliğinin kuru kumaşa göre daha fazla olduğu bilinen bir durumdur. Bu nedenle iletken ısı korumasının genellikle kumaşlar ıslandığında negatif yönde etkilendiği görülmektedir. Ancak nemin radyan ısı koruması üzerindeki etkisi çok daha karmaşıktır. Az miktardaki nem olumsuz etki yaratırken, yüksek miktardaki nemin olumlu etki yarattığı görülmüştür. Yapılan çalışmada bu kritik nem miktarının kumaş ağırlığının yaklaşık %15'i olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar ortamdan gelen buhardan en iyi korunmanın tamamen geçirimsiz bir dış katman kullanmak olduğunu göstermektedir (Rossi 2013).

Dai ve ark. 2022 yılında yapmış olduğu çalışmada kumaş yapısındaki farklı hava boşluk yapılarının termal koruyuculuk üzerine etkisini araştırmıştır. Genel olarak yapılan çalışmada hedeflenen, içi boş yapılar için termal koruma ile termal konfor ve nem yönetiminin dengelenmesidir. Üç boyutlu kumaş yapıları elde edilerek ısı koruma ve nem konforu analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Petek kumaş sistemleri etkileyici bir termal koruma gösterdiği ve içi boş bölümün TPP (Thermal Protective Performance) değerini etkilediği görülmüştür. A tipinin TPP değeri 38,3 cal/cm² olup düz yapıya göre %9,43 daha yüksek bulunmuştur.

- Yüksek sıcaklık ortamında, dış kabuğa yakın petek çekirdeğinin gözenekliliği ne kadar küçük olursa, radyan ısı transferinin o kadar az olduğu ve termal koruma performansının da o derece iyi olduğu görülmüştür.

- Kılcal iletim, gözeneklilikten ve kumaş üzerindeki deliklerde su buharının yoğunlaşma olasılığından etkilenen nem transferinin ana yoludur. Termal bariyerin üçüncü katmanının gözenekliliği ne kadar küçükse, kılcal iletimin kütlesinin de o kadar fazla olduğu görülmüştür. TPP değeri ve THL değerinin deneysel sonuçları, varyans analizi ile birleştirildiğinde, A tipinin termal koruma ile termal ve nem konforunu dengelemede faydalı olduğu sonucuna varılabilir. A tipi kesit şeklindeki içi boş yapı, termal koruyucu giysilerde kullanım için daha iyi bir seçenek olacaktır. Gelecekte, bu içi boş yapının kalınlık tasarımı ve giysinin açılma tasarımı, performansı daha da optimize etmek için giysinin farklı parçalarıyla birleştirilebilir (Dai ve ark. 2022).

Udayraj ve arkadaşları 2016 yılında kumaşların yapısal parametrelerinin termal koruyuculuk ve kumaş konfor özelliklerine olan etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada, farklı yapıdaki kumaşların termal koruyuculuk özellikleri ve konfor testleri analiz edilmiştir. Bu amaçla farklı yapı ve gramajlarda kumaşlar üretilmiş olup kumaş numunelerinin TPP performansları ve hava geçirgenlik değerleri ölçülmüş ve kumaş yapısal parametrelerinin bu değerlere olan etkisi incelenmiştir.

Regresyon analizlerine dayanarak “n” index değeri kumaşın maruz kaldığı ısı tipi ve yoğunluğuna bağlı olarak 1.0 – 3.0 arasında olduğu bulunmuştur. Önerilen parametrenin geçerliliği ve önemi, radyan ısı, alev ve çeşitli yoğunluklardaki birleşik konvektif/radyan ısıya maruz kalma açısından kontrol edilip ve analiz edilmiştir.

Hava geçirgenliği ile kumaş gözenekliliği arasında iyi bir korelasyon olduğu bilinmektedir. Buradan yola çıkarak saten örgü ile üretilen kumaşların hava

geçirgenliğinin ve ısı konforunun aynı gramdaki bez ayağı ve dimi örgülere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Daha yüksek gramajlı kumaşlar daha düşük hava geçirgenliğine sahip olduğu ve hava geçirgenliğinin kumaş yapısındaki boşluklar ile önemli oranda arttığı görülmüştür. Radyasyonun kumaşlardan spektral iletimi, daha yüksek gözenekliliğe sahip kumaşlarda daha yüksek bir değer olarak bulunmuştur. Daha yüksek gözenekli yapısından dolayı saten örgü ile dokunmuş kumaşların spektral ısı iletimi bez ayağı ve dimi örgüler ile karşılaştırıldığında daha yüksek olarak elde edilmiştir. Düşük kumaş kalınlıklarında kumaştan ısı iletimi sadece gözeneklilik tarafından etkilenmiş olup nispeten daha yüksek kalınlığa sahip kumaşlarda hem gözeneklilik hem de kumaş kalınlığı spektral ısı iletimini etkilemiştir. Tüm ısı tiplerine maruz kaldıklarında aynı gramajda dokunan kumaşlar için bez ayağı ve dimi örgülere göre saten örgü dokunan kumaşların TPP değerlerinde önemli iyileşme gözlemlenmiştir. Saten örgü ile dokunmuş kumaşlar hem koruma performansı hem de konfor karakteristikleri açısından tavsiye edilmektedir. Daha yüksek gramaja sahip tüm kumaşlarda kumaşların koruma performansının daha yüksek olduğu bulunmuştur (Udayraj ve ark. 2016).

Lei 2022 yılında yaptığı çalışmada itfaiyeci kıyafetlerinde termal koruma ile termal konfor arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yapılan çalışmada standart ve standart dışı testler takip edilerek kumaş ve giysilerin termal koruma performansı ve termal konfor performansları arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Çalışmada takip edilen testler ısı radyasyon, ısı konveksiyon, aleve maruz kalma gibi testleri kapsamaktadır. Bu makale kapsamında itfaiyeci kıyafetlerinin yeni bir standardının formülasyonunu ve iyileştirilmesini teşvik etmesi beklenmektedir. Isıl koruma performansı ve ısı konfor performansı üzerine gelecekte yapılacak araştırmalar gerçek yangın ortamına yakın olmalıdır. Makalede aynı zamanda itfaiyeci giysilerinin ısı koruma ve ısı konfor performansları arasındaki ilişkiye yönelik çalışmalar da gözden geçirilmektedir. Mevcut araştırmalardaki eksiklikler ve gelecek araştırmalarda olması gereken odaklanmalar açıklanmaktadır. Bu inceleme itfaiyeci giysi seçimi, tasarımı, geliştirme ve araştırması için öneri ve yol göstericiliği sağlamakla kalmayıp itfaiyeci giysilerinin ısı koruma ve termal konfor performansları arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılmasına da yardımcı

olmaktadır. Bunlara ilave olarak bu çalışma itfaiyeci giysilerinin test metotlarının iyileştirilmesi ve test standartlarının oluşturulması için bir referans sağlamaktadır (Lei 2022).

Lu ve arkadaşları 2012 yılında yapmış olduğu çalışmada, termal koruyucu giysi yapılarındaki hava boşlukları ve nem dağılımının, termal koruma performansı üzerine olan etkisini araştırmıştır.

Hava boşluğu boyutunun, farklı nem içeriğine sahip güç tutuşur kumaşların yoğun ısı ve alev kaynağına maruz bırakıldığı durumlarda termal koruma performansına olan etkisi araştırılmıştır.

0 ila 24 mm arasındaki hava boşluğu boyutları sahip kumaşların farklı nem değerlerinde sergiledikleri termal koruma performansları değerlendirilmiştir. Farklı sonuçlar göstermiştir ki kumaşlara verilen rutubet miktarı hava boşluklarından etkilendiği ve ayrıca kumaştaki nemin termal koruma performansını önemli ölçüde arttırdığı da belirlenmiştir. Nemin etkisi hava boşluk boyutu 12mm'den az olması durumunda pozitif yönde gerçekleşirken, boşluk boyutunun 12mm üzerine çıktığı durumlarda ise değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Bu durum koruyucu giysi tasarımı esnasında hava boşluğu ve nemin etkisinin birlikte göz önüne alınması gerektiğini göstermektedir.. Mevcut çalışmaya göre 9-12 mm arasındaki hava boşluklarının en yüksek ısı koruma gerçekleştirdiği görülmektedir (Lu ve ark. 2012).

Mandal ve arkadaşları 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada belirli sayıda koruyucu tekstil kumaş sistemini laboratuvar şartları için tasarlamış, alev, radyan ısı, sıcak yüzey ve sıcak su/buhara maruz bırakmış ve bu kumaşların koruma performansları deri yanma modeline (2nd degree skin burn model) karakterize etmişlerdir. Bulgular kumaş sistemlerinin koruma performanslarının kumaş sistemi özellikleri ve ısıya maruz kalma tipine göre değiştiğini göstermektedir. Bir kumaş sisteminin ısı yalıtım miktarı ve yayma gücü veya emiciliği öncelikle onun radyan ısıya maruz kalma durumundaki koruyucu performansını kontrol etmektedir. Düşük emisyonlu bir kumaş sistemi yüzeyinin yüksek yansıma ve düşük emilim yoluyla korumayı arttırdığı değerlendirilebilir. Radyan

ısı ve aleve maruz kalmaya karşı yalıtım, ısı enerjisinin sensöre ulaşmasını engelleyen kumaş sisteminin içindeki hava hacimleri tarafından sağlandığı bulunmuştur. Sıcak yüzey teması, sıcak su sıçraması, yüksek basınçlı buhara maruz kalma durumlarında ise kumaş sistemi üzerine belirli miktarda basınç etki eder. Bu basınç kumaş sistemi ve sensör arasındaki temas direncini düşüren çekmeye sebep olur. Bu da sensöre doğru ısı transferini arttırarak, kumaş sisteminin koruyucu özelliğini azaltmaktadır.

Kumaş sisteminin termofiziksel özellikleri (ısı iletim ve ısı kapasitesi) değişik ısı etkilere maruz kaldığında değişiklik göstermiştir. Böylece kumaş kömürleşebilir yada kumaş yapısında değişiklikler oluşabilir bu da kumaş koruyuculuk performansında düşüklüğe sebep olur.

İletilen ısıya ek olarak, sıcak su ve buhara maruz kalındığında kumaş sistemi boyunca kütle transferi esas endişe kaynağı olabilmektedir. Bu çalışma göstermiştir ki geçirgen olmayan kumaş sistemleri kütle transferi azaltabilir ve kumaş sisteminin koruyuculuk performansını artırabilir. Sıcak su ve buhara maruz kalmada temas noktasında kütle transferini durdurmak yada minimize etmek yoluyla daha iyi bir koruyuculuk elde edilebilir. Aksi taktirde önemli miktarda sıcak su kumaş sistemi içinde tutulabilir ve insan bedenine anlık olarak iletilebilir. Bundan sonraki çalışmalarda bu çalışmada belirlenen kritik kumaş karakteristiklerinin modellenmesi kumaş sistemlerinin ısı koruma performansını optimize etmek için kullanılacaktır. Model oluşturma deneylerinden kazanılacak bilgi her türlü ısı etki tipine karşı koruma sağlayacak giysilerin geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

Diğer yaklaşım kumaş sistemlerinin termofiziksel özelliklerinin termal maruz kalma tipi ve süresinin bir fonksiyonu olarak değişiminin ampirik olarak belirlenmesi, belirli tehlikelere yönelik kumaş sistemlerinin tasarımına yardımcı olacaktır (Mandal ve ark. 2013).

Kis ve arkadaşları 2020 yılında yaptıkları çalışmada çok katlı dokuma kumaşların yapısal parametrelerinin, birbiriyle çelişen iki özellik olan nefes alabilirlik ve termal koruma üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Isı iletim faktörü en çok, yapısal olarak birkaç katman (birbirinin üstünde) halinde konumlandırılan iplik yoğunluğundan (atki) etkilenir. Atki

sistemlerinin sayısının (ve dolayısıyla kumaşın kalınlığının ve kütlesinin) artırılmasıyla kumaşın ısı radyasyonuna karşı korunması da önemli ölçüde artmaktadır. Yapıdaki gözenekliliğe bağlı olarak çok katmanlı Malzemeler nefes alabilirlik dolayısıyla konfor özelliğini hemen hemen muhafaza etmektedir. Aynı zamanda atkı sayısı çok katmanlı olması sebebiyle kumaşın ısı izolasyon özellikleri pozitif olarak etkilemektedir. Kumaş tabakalarındaki Aramid modakrilik/pamuk aleve dayanıklı elyaf karışımlarının oranı, ısı iletim faktörüyle büyük ölçüde ilişkilidir. Daha yüksek oranda modakrilik/pamuk FR karışımı içeren kumaşlar, ısı radyasyonuna karşı daha iyi koruma sağlamaktadır. Bununla birlikte temas alevlerine karşı koruma sağlamak için koruyucu malzemenin dış tabakasına Aramid elyaf konulması gerekmektedir. Dokuma kumaşın yapısal parametreleri ve su buharı direnci arasında çok açık bir ilişki vardır; yani kumaş kalınlığı ve kütlesi ne kadar büyükse, su buharı direnci de o kadar büyüktür. Farklı lif kompozisyonları kullanılarak hazırlanan atkı iplikleri kullanılarak ısı koruma ve nefes alabilirlik özelliklerini optimize etmek mümkündür. Atkı sistemlerinin sayısını optimize ederek ve iplik malzemesinde modakrilik pamuk liflerinin mümkün olduğu kadar çok katmanlı kumaş yapısına dahil ederek optimum ısı koruma ve konfor özellikli dokuma kumaş geliştirmek mümkün olabilmektedir (Kis ve arkadaşları 2020).

Wang ve arkadaşları 2011 yılında yaptıkları çalışmada çok katmanlı koruyucu giysi sistemlerinde oluşturulan hava boşluklarının termal koruyuculuk performansı üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Termal koruyucu giysiler, kullanıcıların ısı ve aleve maruz kaldığı durumlarda yaralanmaları önlemek için cilde gerçekleşecek olan ısı transferini azaltmak için kullanılırlar. Giysilerin koruyuculuk performansı kumaş kombinasyonlarının termofiziksel özelliklerine, tasarım faktörlerine ve giysi mikro iklimine bağlı olduğu görülmüştür.

Giysi yapısındaki hava boşluğunun boyutu ve konumu termal koruma performansı üzerinde büyük etkiye sahipti. Daha büyük hava boşluğu boyutu ve alevden daha uzaktaki hava boşluğu konumları, daha yüksek termal koruma performansı üretebilirler. TPP ile farklı pozisyonlardaki hava boşluğu boyutları arasında güçlü pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, katmanlar arasındaki hava boşluğunun küçük tutulması durumunda bile ısı ve aleve karşı korumanın ciddi oranda artacağını göstermiştir. Sonuç

olarak, durgun hava boşluğuna sahip kumaş sistemi, termal koruyucu giysiler için iyi bir seçim olabilir.

Yapılan çalışmada ayrıca hava boşluğunun ısı transferine etkisinin, eklenen nemden de etkilendiği görülmüştür. Nemin dış katman kumaşı ile küçük boyutlu nem bariyeri arasında mevcut olan hava boşluğu haricindeki tüm alanlarda TPP değerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Özetle yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar, hava boşluğu boyutlarının doğru şekilde üretilmesinin ve konumlarının belirlenmesinin, daha iyi termal koruma sağlamak için çok önemli iki faktör olduğunu göstermiştir. Yangınla mücadele ve kurtarma sırasında aşırı terlemenin etkisi de itfaiyeci kıyafetlerinin kullanımı konusunda yararlı bir rehberlik sağlamak amacıyla dikkate alınması gereken durumlardan olduğu anlaşılmış olup koruyucu giysi tasarımcılarına temel pratik altyapı sağlayacaktır (Wang ve ark. 2011).

Xin ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları çalışmada çok katmanlı itfaiyeci kıyafetlerinin koruyuculuk ve konfor özelliklerine ortam neminin etkisi araştırmak üzere sekiz adet çok katmanlı aleve dayanıklı kumaş üretilmiş ve bu kumaşlar 4 farklı nem seviyesi altında termal koruma performansı (TPP) ve toplam ısı kaybı (THL) açısından test edilmiştir. Test sonuçlarından görülmüştür ki kumaşlardaki nem seviyesi hem TPP hem de THL değerleri ile istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ilişkilidir.

Aleve ve ısıya maruz kalma noktasında itfaiye personelinin kurtarma operasyonu sırasında terlemesinden kaynaklanabilecek kumaş yapısı içerisindeki nemin, hem termal koruma performansı hem de toplam ısı kaybı üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Nemli koşullar altındaki TPP, kuru koşullar ile kıyaslandığında, kumaşların TPP değeri üzerindeki nemin pozitif etkisi, üç nemli koşul altında %11 (i), %28 (ii) ve %47 (iii) olarak ölçülmüştür. Bu nemin buharlaşmasıyla ısı emiliminin bir sonucu olarak yorumlanmaktadır.

Nemin ayrıca toplam ısı kaybı üzerinde kademeli olarak olumlu etkisi, (i) ve nemsiz (o) kumaşlar arasında %66'lık bir fark ile gözlemlenmiştir. Bu büyük farkın nedeni ise

iletken ısı kaybında kumaş-nem sisteminin en büyük ısı iletimini artırması olarak açıklanabilmektedir.

Nemin farklı kumaşların ısı iletkenliği ve ısı kapasitesi üzerindeki çeşitli etki dereceleriyle, kuru koşullar altında TPP ve THL arasındaki negatif korelasyonlu ilişkinin değiştiği gösterilmiştir.

İtfaiyeci koruyucu giysilerinde kullanılan çok katmanlı kumaş sistemi aracılığıyla nemin ısı transferine etkisi, giysi tasarım özelliği, mikro iklimdeki hava boşluğu, nem miktarı, ısı kaynağının şekli ve yoğunluğu, maruz kalma süresi vb. birçok faktöre bağlıdır.

Bu çalışmada sadece bazı faktörler araştırılmış olup diğer faktörler gelecekteki çalışmalarda dikkate alınacaktır (Xin ve ark. 2015).

Kothari ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları çalışmada ısıya dirençli tekstil malzemelerinden 3 katmanlı bir giysi üretilmiştir. Orta katmanda kullanılan termal astarlar için diğer parametreleri sabit tutularak iki farklı incelikte Nomex (meta aramid) elyaftan tekstil yüzeyi tercih edilmiştir. Üretilen 3 katmanlı kumaş kombinasyonlarının radyan ısıdan koruma performansları kıyaslanmıştır.

Deneyisel sonuçların analizi, dış katman kumaşının özelliklerinin ve bunun uygulanan ısı akışıyla etkileşiminin giysi düzeneklerinin termal tepkisini etkileyen önemli faktörler olduğunu göstermiş olup dokusuz tekstil yüzeyinden oluşan termal astarın koruyuculuk performansı elyaf inceliğinden önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur. Giysi katmanlarının termal özellikleri, gözenekliliği ve optik özelliklerinin giysi düzeneği tarafından sağlanan ısı korumasını etkilediği görülmüştür.

Giysi bileşeninin özellikleri, termal astarın kalınlığı, örtücülüğü, yansıtıcılığı, geçirgenliği, yoğunluğu, termal direnci, fiber inceliği gibi parametrelerin 2. derece yanığa karşı koruyuculuğu etkileyen önemli faktörlerdir. Koruyuculuk performansında en önemli faktör ise dış katman kumaşının koruyuculuğu olarak görülmüştür. En yüksek yansıtıcılığa, mükemmel kaplamaya, daha yüksek kalınlığa ve daha yüksek termal

dirence sahip bir dış kabuk kumaşının, diğer değişkenlerin aynı tutulduğu şartlarda en iyi korumayı sağlaması beklenmektedir.

Bunun yanında ısı yalıtımlı dokusuz yüzeylerin performansında elyaf inceliğinin, kumaş hacmini arttırarak koruyuculuk üzerinde önemli ölçüde pozitif bir etkisinin olduğu görülmüştür (Kothari ve ark. 2015).

Su ve arkadaşları 2016 yılında yaptıkları çalışmada itfaiyeciler için kullanılan koruyucu giysilerdeki hava boşluğunun, ıslak ve kuru ortamlarda termal korumaya olan etkisi incelemişlerdir. Sonuçlar termal koruma performansının sadece kumaş kalınlığı, kumaş ağırlığı ve hava geçirgenliği ile ilişkili olmadığı aynı zamanda hava boşluğunun kalınlığı ile de direk bağıntılı olduğunu göstermiştir.

Kuru ısıya maruz kalma durumunda, hava boşluğu kalınlığının artması itfaiyecinin koruyucu giysilerinin termal korumasını arttırdığı ancak maruz kalma sonrasında soğuma hızını yavaşlattığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında ıslak ısıya maruz kalma durumunda ise sıcak buharın kumaş sistemi boyunca ısı transfer hızının yüksek olduğu, ancak hava boşluğunun büyük olduğu durumda ise ısı transfer hızını açıkça azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, derinin soğuma etkisi esas olarak derinin yüzeyindeki yoğunlaşmış suya bağlı olduğu ve bunun hava boşluğu kalınlığı ile anlamlı bir ilişkisi olmadığı görülmüştür. Ek olarak, değişen eğilimi açıkça göstermek ve çeşitli hava boşluklarıyla kumaş sisteminin termal korumasını tahmin etmek için uygun bir yol sağlamak üzere basit tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu model hava boşluğu kalınlığının sıcak buhar ve termal radyasyon altında termal koruma performansı üzerindeki etkisini niteliksel olarak karakterize etmiştir. Çalışma neticesinde elde edilen bir takım önemli sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak hava boşluğunun termal koruma performansını karakterize edecek ve kumaşın termal korumasıyla karşılaştıracak niceliksel bir değerlendirme yöntemi mevcut değildir. Bu nedenle, sıcak buhar ve termal radyasyon altında hava boşluğundaki ısı ve nem transferini açıklamaya yönelik sayısal modelin geliştirilmesi için daha ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Geliştirilecek bu yeni model boşluğunun termal koruma performansını değerlendirmek ve tahmin etmek için yeni bir öngörü sağlayacaktır (Su ve ark. 2016).

Rathour ve arkadaşları 2022 yılında yaptıkları çalışmada dokuma kumaşın temel yapı parametrelerinin kumaşın ısı koruma ve konfor performansına etkisini incelenmişlerdir. Kumaşın termal koruma performansının TPP derecesi ve konfor davranışını etkileyen termal direnç ve su buharı geçirgenlikleri (WVTR) farklı kumaş dokuma örgüleri kullanılarak incelenmiştir.

Mevcut araştırma öncelikle 2 katlı ve 3 katlı Aramid (Meta ve Para Aramid) iplikler kullanılarak, düz, dimi 2/2, dimi 3/1, saten ve petek gibi dokuma örgüler ile kumaş üretilmiştir. Hazırlanan kumaşlar radyan ısı ve aleve maruz bırakılarak TPP dereceleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, diğer parametreler sabit tutulduğunda petek dokuma örgülü kumaşın TPP derecesinin diğerlerine kıyasla çok daha iyi olduğu görülmüştür. Yine diğer parametreler sabit tutulduğunda iplik katını 3 kattan 2 kata değiştirdiğimizde, TPP derecesinin ve alan yoğunluğunun düştüğü görülmüştür. Ancak alan yoğunluğundaki düşüş TPP derecesinden daha fazla olarak gerçekleşmiştir (Rathour ve ark. 2022).

Zhang ve arkadaşları 2022 yılında yapmış oldukları çalışmada hava boşluğunun tipi (açık ve kapalı) ve kalınlığının termal bozulmaya etkisini araştırmışlardır. Hava boşluğu tipinin, aleve dayanıklı kumaşın termal bozulma sonrasında görünümü, kütle kaybı ve çekme mukavemeti üzerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür. Moleküller arası suyun kaybı termal bozulmadan sonra kütle kaybının temel sebebi olduğu görülmüştür. Kumaş numunelerinin çekme mukavemetindeki azalmanın temel nedeni ise, termal ayrışma nedeniyle liflerin kırılması ve zarar gördüğü olduğu görülmüştür. Termal bozulma kaynaklı yapıdaki bu mekanik deformasyon kumaşın dayanabileceği gerilimi azaltarak çekme mukavemetinde azalmaya neden olmuştur.

Kumaş numuneleri 30 ve 50 kw/m²'de 40 saniyelik ısıya maruz bırakıldığında, açık hava boşluğunun kütle kaybı oranları, kapalı hava boşluğuna göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Kopma dayanımı ise açık hava boşluğu tipinde kapalı hava boşluğu tipine göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Hava boşluğunun tipi ve kalınlığı kumaş sisteminin ısı transferini etkileyerek dış kabuğun yüzey sıcaklığının farklılaşmasına neden olabilmektedir. Böylelikle aleve dayanımlı kumaşın kırılma derecesi ve bozulma derecesi de etkilenmiş olacağı görülmüştür.

Bu araştırma sonuçları, yangınla mücadele giysilerinin kumaşı ve tasarımı için teorik destek sağlayabilir ve aynı zamanda giysinin hizmet ömrünün tahmin edilmesine ve uzatılmasına yardımcı olabilecek bir referans yayın niteliğindedir (Zhang ve ark. 2022).

He ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları çalışmada nihai kullanım alanı olan arazi şartlarındaki Teknik kurtarma personelinin kullandığı çok katmanlı kumaş sistemindeki katlar arasına hapsedilen hava miktarı ve kumaşlardaki nem miktarının ısı koruyuculuk performansına (TPP) olan etkisi araştırmışlardır. Araştırmada boşluklu yapı ile ortam rutubetinin etkisi kumaşlar 21 kW/m²'lik radyan ısıya maruz bırakılarak analiz edilmiştir. 0 ve 5.2 mm'lik hava aralık boyutlarının etkisi, hava aralığı yükseklik ayarlama cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Çok katlı kumaş kombinasyonlarının 0-70% arasındaki rutubet içeriği değişken miktarlardaki ter emilimini simüle etmek için artırılmış su püskürtülmesi ile elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar hem kuru hem de ıslak çok katlı kumaş kombinasyonlarında katlar arasındaki hava aralıklarının TPP üzerinde pozitif etkisi olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte kuru ve ıslak kumaş konstrüksiyonlarında hava aralığı farklı pozisyonlara hareket ettirildiğinde aşırı bir şekilde ısı korumada eğilim değişiklikleri gözlenmiştir.

Islak kumaş kombinasyonu için hava aralığı ısı kaynağından daha uzağa alındığı durumda ise ikinci derece yanık oluşma zamanının arttığı görülmüştür. Bu durumda kuru kumaşlar ile elde edilen aynı kombinasyonda ikinci derece yanık oluşma zamanı tersi bir eğilim göstermiştir. Bu bulgular termal koruma üzerine rutubet ve hava aralığının karmaşık bir davranış ile birbirine zıt etki gösterdiğini ortaya koymaktadır (He ve arkadaşları 2015).

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada 45%/45%/9%/1% karışım oranlarına sahip Meta-Aramid/FR Viskon/Nylon 6.6/Antistatik Nylon elyaflarından oluşan bir harman takip edilerek, α : 3,94, α : 3,26 ve α : 2,71 büküm katsayıları ile Ne 36/2 numaralı çözgü iplikleri ile beraber α : 3,95, α : 3,59, α : 3,29, α : 2,99 ve α : 2,71 büküm kat sayılı Ne 18/1 numaralı atkı iplikleri kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan elyaf uzunlukları ve incelikleri sırası ile meta-aramid elyafları için elyaf uzunluğu 51 mm ve inceliği 1,7 dtex, Nylon 6.6 elyafları için elyaf uzunluğu 50 mm ve inceliği 1,7 dtex, viskon elyafları için elyaf uzunluğu 51 mm ve inceliği 2,2 dtex, antistatik nylon elyafları için elyaf uzunluğu 51 mm ve inceliği 3,0 dtex'tir.

Kullanılan elyafların özellikleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan elyaf özellikleri

	Lif inceliği (dtex)	Lif uzunluğu (mm)	Mukavemet (N/tex)	Uzama (%)	Nem Çekme Miktarı (%)
Meta-aramid	1,7	51	0,393	27	6,39
Viskon FR	2,2	51	0,25	15	10
Nylon 6.6	1,7	50	0,645	46,7	1,47
Antistatik Nylon	3,0	51	0,27	52,1	3,2

Kullanılan ipliklerin tamamı öncelikle Balkan harman-hallaç, Rieter tarak, Dogotech cer makinalarında şerit formunda üretilip, Lakshmi makinasında fitil haline getirilmiş olup akabinde Zinser ring iplik makinasında tek kat iplik olarak üretilmiştir.

Kullanılan ipliklerin iplik kalınlıkları, büküm değerleri ve büküm katsayıları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 2. Çalışmada kullanılan iplik özellikleri

	İplik Numarası (Ne)	Büküm (T/m)	Büküm katsayısı (α)
Çözü 1	36/2	930-Z / 700-S	3,94
Çözü 2	36/2	770-Z / 580-S	3,26
Çözü 3	36/2	640-Z / 480-S	2,71
Atkı 1	18/1	660-Z	3,95
Atkı 2	18/1	600-Z	3,59
Atkı 3	18/1	550-Z	3,29
Atkı 4	18/1	500-Z	2,99
Atkı 5	18/1	450-Z	2,70

Ayrıca bu çalışmada, farklı iplik parametreleri ve farklı dokuma kumaş örgü yapılarının nihai kumaşın ısı dayanım ve konfor özelliklerine olan etkisinin analiz edilebilmesi için, farklı atkı, çözgü ve örgü yapısı kombinasyonlarında kumaş numuneleri hazırlanmıştır.

Dokuma kumaş örgü çeşitlerinin, örgü ve tahar raporları sırasıyla, Çizelge 3.3, 3.4 ve 3.4'de gösterilmiştir.

Kumaş tipleri incelendiğinde, Çizelge 3.3'de belirtilen 1 numaralı örgü ile dokunan kumaşın kullanım yüzünde daha fazla yüzmeler yaptığı, diğer grup ipliğin ise kumaşın arka yüzünde daha fazla yüzmeler yaptığı görülmektedir. Ayrıca bu iplik grupları arasında bez ayağı örgü hareketleri yapan farklı bir iplik grubu bulunmaktadır. Bu sayede bir taraftan kumaşın daha yüksek hacme sahip olması sağlanırken bez ayağı iplik hareketi ile kumaşın yapısal olarak kararlı bir davranış göstermesi hedeflenmiştir. Tasarımda kumaşın içerisindeki hava hacminin mümkün olduğu kadar yüksek tutulması ve bu sayede ısı direncin artırılması hedeflenmiştir. Kumaş oluşturulurken Dimi 2/2 (2 dolu 2 boş) örgüyle yine Dimi 2/2 (2 boş 2 dolu) örgü birlikte kullanılmıştır. Bu örgü çalışmada Örgü bir olarak isimlendirilmiştir. Tasarlanan örgü raporu 12 atkı ve 12 çözgüden oluşmakta olup kumaşın dokunması için 12 çerçeve kullanılmıştır. Çözgü iplikleri Ne 36/2 ve atkı iplikleri Ne 18/1'dir. Taraktaki çözgü sıklığı 36 tel/cm olup atkı sıklığı 18 tel/cm'dir.

Çizelge 3. 3. Örgü 1 için tarak numarası, iplik özellikleri, tezgah sıklıkları, örgü ve tahar raporları

Tarak No	18*2
Çözü sıklık	36
Atkı Sıklık	18

Atkı iplik No	Ne 36/2
Çözü iplik No	Ne 18/1

Tahar Raporu											
Çerçeve											
No:											
12											x
11										x	
10									x		
9								x			
8							x				
7						x					
6					x						
5				x							
4			x								
3		x									
4	x										
1	x										

Örgü Raporu											
12		x	x			x	x			x	x
11		x		x		x		x		x	
10	x			x	x			x	x		x
9	x	x			x	x			x	x	
8	x		x		x		x		x		
7			x	x			x	x		x	x
6	x			x	x			x	x		x
5		x		x		x		x		x	x
4		x	x			x	x			x	x
3			x	x			x	x		x	x
2	x		x		x		x		x		
1	x	x			x	x			x	x	

Çözü
NO

İkinci kumaş yine 36 tel/cm çözü sıklığı ve 18 atkı/cm sıklığında Ne 36/2 çözü ipliği ve Ne 18/1 atkı ipliği ile dokunmuştur. Çizelge 3.4’de tarak numarası, iplik özellikleri,

sıklıkları, örgü ve tahar raporları gösterilmektedir. Örgü olarak 12 atkı ve 12 çözgü sayısından oluşan bir rapor kullanılmış olup kumaşın dokunması, kenarlar hariç 12 çerçeve ile gerçekleştirilmiştir. Örgü olarak D 3/1, B 1/1 ve D 1/3 örgüleri karıştırılarak kullanılmıştır. Bu sayede bez ayağı örgü kumaş yapısına sağlam bir bağlantı oluştururken, dimi 3/1 kumaşın yüzeyinde hakim bir görüntü oluşturmakta ve dimi 1/3 ise kumaşın alt yüzünde hakim bir görüntü oluşturmaktadır. Bundan dolayı üretilecek kumaş yapısında Örgü 1'e nazaran daha yüksek bir kalınlık ve hacimli bir kumaş yapısı elde edilmesi amaçlanmıştır.

Çizelge 3. 4. Örgü 2 için tarak numarası, iplik özellikleri, tezgah sıklıkları, örgü ve tahar raporları

Tarak Nr	18*2
Çözgü sıklık	36
Atkı Sıklık	18

Atkı iplik No	Ne 36/2
Çözgü iplik No	Ne 18/1

Tahar Raporu

No:

1	x
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12

Örgü Raporu

12			Z				Z				Z	
11		X		X		X		X		X		X
10	O	O		O	O	O		O	O	O		O
9		Z				Z				Z		
8	X		X		X		X		X		X	
7	O		O	O	O		O	O	O		O	O
6	Z				Z				Z			
5		X		X		X		X		X		X
4		O	O	O		O	O	O		O	O	O
3				Z				Z				Z
2	X		X		X		X		X		X	
1	O	O	O		O	O	O		O	O	O	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

3 nolu örgü yapısı çift katlı bir kumaş olup atkı ipliklerinin üst ve alt kumaş çözgüleriyle bağlantı yapmasıyla üretilmiş olup diğer iki örgü yapısına kıyasla daha hacimli ve daha gramajlı bir yapıya sahiptir.

Çizelge 3. 5. Örgü 3 için tarak numarası, iplik özellikleri, tezgah sıklıkları, örgü ve tahar raporları

Tarak Nr	18*2
Tarak Nr	24+12 (üst/alt)
Atkı Sıklık	15+15

Atkı iplik No	Ne 36/2
Çözü iplik No	Ne 18/1



Tahar Raporu

12

10

8

6

4

34

1

Örgü Raporu

24	X		X									X
23				x								
22									x		X	x
21		x			x			x			x	
20						x		X	x			
19	x	x			x		x	x		x	x	
18			X			x						
17		x						x			x	
16			X		X							x
15	x			x			x			x		
14	X								x			x
13	x			x	x		x			x		
12						x		X	x			
11	x						x			x		
10			X	X		x						
9		x			x			x			x	
8			X									x
7		x		x	x			x			x	
6		X							x		X	x
5					x							
4						x			x			
3	x			x			x			x		
2			X			x	X					
1	x	x		x			x	x		x	x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



üst çözgü

bağlantı noktası iptal olanlar (dolgu rengi silinecek)

Yukarıda belirtilen 3 dokuma örgüsü yapılan çalışma kapsamında geliştirilmiş olup performans değişimlerinin adil bir şekilde değerlendirilebilmesi için, bu üç dokuma örgü yapısına ek olarak, endüstride koruyucu tekstil kumaşların imalatında yaygın olarak kullanılan 2/1 dimi örgü yapısı da kontrol numunesi olması amacıyla üretilmiştir. Üretilen bu kumaşta da çözgü sıklığı 36 tel/cm olup atkı sıklığı 18 atkı/cm'dir. Çözgü ipliği olarak Ne 36/2 kullanılmış olup, atkı ipliği Ne 18/1'dir.

Kumaşlar dokunurken konstrüksiyon çeşitliliğin arttırmak için her bir örgüye ait kumaş 3 farklı büküm faktörüne sahip çözgü ve 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı ipliği ile dokunmuştur. Bu sayede her bir örgü için 15 farklı kumaş numunesi üretilmiştir. 3 farklı örgü için üretilen toplam kumaş konstrüksiyon sayısı 45 olarak elde edilmiştir. Bu kumaşlar numune kumaşlar olup, numune dokuma makinesinde 300mmx200mm ebatlarında dokunmuştur. Çizelge 3.6'da üretilen 45 adet kumaş numunesinin listesi gösterilmektedir. Üretilen bu 45 adet kumaş uygulanan termal direnç, kumaş hava geçirgenliği, bağıl su buharı geçirgenliği, su buharı direnci ve kumaş kalınlığı testlerinin sonuçları değerlendirildiğinde, kumaş numune sayısı 45'den 24'e düşürülmüş ve seçilen 24 farklı kumaş konstrüksiyonu bu kez endüstriyel boyuttaki dokuma makinelerinde üretilmiştir. Çizelge 3.7'de endüstriyel dokuma makinelerinde üretilen 24 adet kumaş numunesi gösterilmektedir.

Çizelge 3. 6. Çalışmada kullanılan, numune kumaş dokuma makinesinde üretilen kumaş tipleri

	Atkı_1 Ne 18/1 & a 3,95			Atkı_2 Ne 18/1 & a 3,59			Atkı_3 Ne 18/1 & a 3,29			Atkı_4 Ne 18/1 & a 2,99			Atkı_5 Ne 18/1 & a 2,71		
	Örgü_1	Örgü_2	Örgü_3	Örgü_1	Örgü_2	Örgü_3	Örgü_1	Örgü_2	Örgü_3	Örgü_1	Örgü_2	Örgü_3	Örgü_1	Örgü_2	Örgü_3
Çözü_1 Ne 36/2 a 3,94	Kumaş- Ç1A1Ö1	Kumaş- Ç1A1Ö2	Kumaş- Ç1A1Ö3	Kumaş- Ç1A2Ö1	Kumaş- Ç1A2Ö2	Kumaş- Ç1A2Ö3	Kumaş- Ç1A3Ö1	Kumaş- Ç1A3Ö2	Kumaş- Ç1A3Ö3	Kumaş- Ç1A4Ö1	Kumaş- Ç1A4Ö2	Kumaş- Ç1A4Ö3	Kumaş- Ç1A5Ö1	Kumaş- Ç1A5Ö2	Kumaş- Ç1A5Ö3
Çözü_2 Ne 36/2 a 3,26	Kumaş- Ç2A1Ö1	Kumaş- Ç2A1Ö2	Kumaş- Ç2A1Ö3	Kumaş- Ç2A2Ö1	Kumaş- Ç2A2Ö2	Kumaş- Ç2A2Ö3	Kumaş- Ç2A3Ö1	Kumaş- Ç2A3Ö2	Kumaş- Ç2A3Ö3	Kumaş- Ç2A4Ö1	Kumaş- Ç2A4Ö2	Kumaş- Ç2A4Ö3	Kumaş- Ç2A5Ö1	Kumaş- Ç2A5Ö2	Kumaş- Ç2A5Ö3
Çözü_3 Ne 36/2 a 2,71	Kumaş- Ç3A1Ö1	Kumaş- Ç3A1Ö2	Kumaş- Ç3A1Ö3	Kumaş- Ç3A2Ö1	Kumaş- Ç3A2Ö2	Kumaş- Ç3A2Ö3	Kumaş- Ç3A3Ö1	Kumaş- Ç3A3Ö2	Kumaş- Ç3A3Ö3	Kumaş- Ç3A4Ö1	Kumaş- Ç3A4Ö2	Kumaş- Ç3A4Ö3	Kumaş- Ç3A5Ö1	Kumaş- Ç3A5Ö2	Kumaş- Ç3A5Ö3

Çizelge 3. 7. Çalışmada kullanılan, endüstriyel kumaş dokuma makinesinde üretilen kumaş tipleri

	Atkı_1 Ne 18/1 & α 3,95				Atkı_2 Ne 18/1 & α 3,59				Atkı_3 Ne 18/1 & α 3,29				Atkı_4 Ne 18/1 & α 2,99				Atkı_5 Ne 18/1 & α 2,7			
	Dokuma Örgüsü				Dokuma Örgüsü				Dokuma Örgüsü				Dokuma Örgüsü				Dokuma Örgüsü			
	Örgü _1	Örgü _2	Örgü _3	Örgü _4	Örgü _1	Örgü _2	Örgü _3	Örgü _4	Örgü _1	Örgü _2	Örgü _3	Örgü _4	Örgü _1	Örgü _2	Örgü _3	Örgü _4	Örgü _1	Örgü _2	Örgü _3	Örgü _4
Çözü_1 Ne 36/2 α 3,94																				
Çözü_2 Ne 36/2 α 3,26																				
Çözü_3 Ne 36/2 α 2,71																				

3.2. Yöntem

Çalışma kapsamında ilk olarak 4 farklı hammadde kullanılarak farklı büküm değerlerinde ve farklı iplik numaralarında 8 farklı iplik tipi elde edilmiştir. Elde edilen ipliklerin doğrusal yoğunluk, büküm, mukavemet ve düzgünsüzlük değerleri standartlara uygun bir şekilde ölçülmüştür.

Üretilen bu ipliklerden, 3 farklı dokuma örgüsü ile, farklı atkı çözgü iplik kombinasyonları kullanılarak, 45 farklı kumaş tipi elde edilmiştir. Dokuma işleminde CCI evergreen 2 modeli numune dokuma makinesi kullanılmıştır.

Elde edilen kumaşların gramaj, kopma ve yırtılma mukavemetleri, aşınma dayanımları, termal direnç, hava geçirgenlik, su buharı geçirgenliği ve direnci ile beraber koruyucu performans parametreleri standartlara uygun olarak test edilmiştir.

3.3. Uygulanan Test Yöntemleri

İpliklere ve kumaşlara uygulanan testler, numunelerin ölçüm işlemlerinden önce TS EN ISO 139/A1:2012 “Tekstil- Kondisyonlama ve deneyler için standart atmosfer şartları” standardına göre (20 ± 2 °C sıcaklık ve $\% 65 \pm 2$ izafi rutubet) 24 saat bekletilerek kondisyonlandıktan sonra gerçekleştirilmiştir. İplik ve kumaşlara uygulanan test yöntemleri aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

3.4. İplik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler

3.4.1. Doğrusal yoğunluk (birim uzunluk başına kütle) tayini testleri

İpliklerin numara ölçümleri Doğrusal Yoğunluk (Numara) Tayini TS 244 EN ISO 2060: “Tekstil – İplikler- Doğrusal yoğunluk (birim uzunluk başına kütle) tayini- Çile metodu” standardına göre yapılmıştır. Test prensibi; bobin halinde bulunan ipliğin birim uzunluğunu hassas terazide tartma işlemine dayanmaktadır. Yapılan ölçüme göre ipliğin doğrusal yoğunluğu tex olarak bulunmak istendiğinde kullanılacak olan formül: Tex cinsinden iplik numarası = $1000 \times \text{tartılan iplik ağırlığı (g)} / \text{iplik uzunluğu (m)}$ şeklinde bulunmaktadır.

Ölçümler sırasında Zweigle marka iplik sarma çıkırgı ile her bir iplik tipi için 100 metre iplik sarılmış olup, sarılan bu ipliklerin hassas terazide kütlesi ölçülmüştür. Teraziye bağlı Mesdan-Lab cihazı ile numara ölçümleri alınmıştır. Her bir iplik tipi için onar adet ölçüm yapılmıştır.

$$T_s = (m_s . 1000) / L$$

T_s = Lineer Yoğunluk (tex)

m_s = Numune çilenin kütlesi (gram)

L = Numune çilenin uzunluğu (metre)

3.4.2. Büküm tayini testleri

İplik Büküm Tayini, makine üzerinde ipliğe verilen büküm ile iplik üzerindeki gerçek büküm değerini karşılaştırabilmek amacıyla TS EN ISO 2061 “Tekstil-İpliklerde Büküm Tayini-Doğrudan Sayma Metodu” standardına göre yapılmıştır. İplik büküm testleri, açma-kapama prensibi esas alınarak Mesdan Lab büküm ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Her iplik tipi için onar adet ölçüm alınmıştır.

3.4.3. Mukavemet ve Uzama testleri

İpliklere ait mukavemet ve uzama testleri TS EN ISO 2062- “Tekstil-Tek İpliğin Kopma Mukavemetinin ve Kopma Uzamasının Tayini” standardına göre gerçekleştirilmiştir. Mukavemet ve uzama testleri, Texttechno cihazında yapılmış olup test hızı: 500 m/dk, test uzunluğu ise: 500 mm olacak şekilde, 0,50 cN/dtex ön gerilmeyle gerçekleştirilmiştir. Her bir iplik tipi için ellışer adet ölçüm yapılmış olup, ipliklere ait; kopma yükü, kopma uzaması, kopma mukavemeti, kopma işi ve kopma süresi değerleri ölçülmüştür.

3.5. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler

Kumaş özelliklerinin belirlenmesi için kumaş gramajı, kopma & yırtılma mukavemeti, aşınma dayanımı, kalınlık, ısıl geçirgenlik, su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği testleri standartlara uygun bir şekilde ölçülmüştür.

3.5.1. Kumaş Gramaj Testleri

Üretilen kumaşların gramaj ölçümleri TS EN 12127 “Tekstil – Kumaşlar- Küçük Numuneler Kullanarak Birim Alan Başına Kütlenin Tayini” standardına göre gerçekleştirilmiştir. Her bir kumaş için dairesel numune kesici ile üçer adet numune (100 cm²) kesilerek Mettler Toledo marka hassas terazide tartılmıştır. Herbir numune için yapılan 1 adet ölçüm alınarak kumaş gramajı g/m² cinsinden hesaplanmıştır.

3.5.2. Kumaş Kopma Mukavemeti Testleri

Dokunan kumaşların kopma mukavemeti testleri TS EN ISO 13934-1 “Tekstil - Kumaşların Gerilme Özellikleri- Bölüm 1: En Büyük Kuvvetin ve En Büyük Kuvvet Altında Boyca Uzamanın Şerit Yöntemiyle Tayini” standardına göre yapılmıştır. Kumaşların kopma mukavemeti testleri, Coats İplik San. ve Tic. A.Ş.’de bulunan Goodbrand marka test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Her kumaş tipi için atkı ve çözgü yönlerinde ayrı ayrı üçer adet test yapılmıştır. Numuneler, kopma şablonu ile farklı atkı ve çözgüleri içerecek şekilde üç adet atkı, üç adet çözgü yönünde diyagonal olarak kesilmiştir. Numuneler test cihazındaki çeneleri ortalayacak şekilde cihaza yerleştirilip kopma noktasına kadar uzatılmış ve koptuktan sonra cihaz üzerindeki maksimum kuvvet kilogram olarak okunmuştur.

3.5.3. Kumaş Yırtılma Mukavemeti Testleri

Dokunan kumaşların yırtılma mukavemeti testleri TS EN ISO 13937-1 “Tekstil - Kumaşların yırtılma özellikleri- Bölüm 1: Balistik Sarkaç Metodu ile Yırtılma Kuvvetinin Tayini” standardına göre gerçekleştirilmiştir. Kumaşların yırtılma mukavemeti testleri, Coats İplik San. ve Tic. A.Ş.’de bulunan Textest FX 3750 yırtılma mukavemeti ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Herbir kumaş tipi için atkı ve çözgü yönlerinde ayrı ayrı üçer adet ölçüm alınmıştır. Numuneler aynı atkı ve çözgüyü içermeyecek şekilde üçer adet atkı, üçer adet çözgü yönünde diyagonal olarak kesilmiştir. Yırtılma şablonu ile kesilen numuneler oyuk

kısımları yukarıda kalacak şekilde test cihazındaki çeneler arasına sıkıştırılmıştır. Cihaz üzerindeki kesici aparatla (bıçak ile) numuneye uzun kenarın tam ortasından 2 cm boyunda bir kesik (yırtık) atılarak ve test başlatılmıştır. Kumaşın yırtıldığı andaki değeri dijital ekrandan okunup ve her iki yönde de üçer adet sonucun ortalaması alınarak g cinsinden kaydedilmiştir.

3.5.4. Kumaş Aşınma Dayanımı Testleri

Kumaşların aşınma testleri TS EN ISO 12947-2: “Martindale Metoduyla Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini” standardına göre yapılmıştır. Kumaşların aşınma mukavemeti testleri, Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında bulunan Martindale Aşınma ve Boncuklaşma test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Her kumaş tipi için kumaş kesici yardımıyla 38 mm çapında numune kesilmiş olup birer adet ölçüm yapılmıştır. Alınan dairesel numuneler cihaza yerleştirilerek teste başlanmıştır. Kumaş numunelerine, aşındırıcı sabit standart kumaşlara temas edecek şekilde 9 kPa (595 g)’lık ağırlık kullanılarak bir baskı uygulanmış ve kumaşların aşınma testi sonundaki ağırlıkları ölçülerek aşınma sonrası % kütle kaybı değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Aşınma Sonrası Kütle Kaybı (\%)} = [(m_1 - m_2)/m_1] \times 100$$

Burada;

- m_1 : Test öncesi numune ağırlığı
- m_2 : Test sonrası numune ağırlığı’dır.

3.5.5. Kumaş Isıl Geçirgenlik (Alambeta) Testleri

Dokunan kumaşların termal yalıtım testleri, Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında bulunan Alambeta test cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Alambeta ısı geçirgenlik cihazı kuru insan derisini taklit etmek üzere tasarlanmıştır. Çalışma prensibi; alt ölçüm plakası (22°C) ve üst ölçüm plakası (32°C) arasındaki sıcaklık farkından kumaşın termal özelliklerinin ölçülmesine dayanır. Alambeta test cihazı ile termal

iletkenlik, termal difüzyon, termal absorpsiyon, termal direnç, kalınlık, maksimum ısı akışı ve maksimum ile kararl ısı akış yoğunluk oranları ölçölmektedir.

Herbir kumaş tipi için ikişer adet ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Alambeta cihazı ile ölçölen özellikler aşğıdaki denklemler ile hesaplanmaktadır:

Isıl iletkenlik katsayısı (λ):

Isıl iletkenlik;

$$\lambda = q.h/\Delta T \text{ (Wm}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}$$

Eşitlikte;

q = ısı akış miktarı (W/m²)

ΔT = sıcaklık farkı (°K)

h = kalınlık (m)'tir.

Isıl direnç (r) (Stabil durumda):

Isıl direnç;

$$r = h/\lambda \text{ (W}^{-1} \text{ K m}^2\text{x10}^{-3}\text{)}$$

Eşitlikte;

h = kalınlık (m)

λ = ısııl iletkenlik (W/m.K)'tir.

Isıl soğurganlık (ısııl etkinlik) katsayısı (b) (Geçici durumda):

Isıl soğurganlık;

$$b = (\lambda.\rho.c)^{-1/2} \text{ (W m}^{-2} \text{ K}^{-1}\text{s}^{-1/2}\text{)}$$

Eşitlikte;

λ = ısııl iletkenlik (W/m K)

ρ = yoğunluk (kg m⁻³)

c = özgül ısı (J/kg K)'dir.

Isıl yayılım (a):

Isıl yayılım katsayısı (a);

$$a = \lambda / \rho c \text{ (m}^2\text{s}^{-1}\text{)}$$

Oluşturulan denklemde,

λ : termal iletkenlik (W/mK)

ρ : yoğunluk (kg m⁻³)

c: özgül ısı (J/ kg K) dır.

Max ve kararlı ısı akış yoğunluğu oranı (p):

Max ve kararlı ısı akış yoğunluğu oranı (p) ;

$$p = q_{\max}/q_s$$

$$q_s = Q/A \text{ (Wm}^{-2}\text{)}$$

Eşitlikte;

q_s = kararlı ısı akışı

$q_{\max}$ = max ısı akış yoğunluğu (Wm⁻²)

Q= ısı transferi

A= alan olarak tanımlanmaktadır.

3.5.6. Kumaş Su Buharı Geçirgenliği (Permetest) Testleri

Kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği testleri TS EN ISO 11092: “Tekstil -Fizyolojik özelliklerin tayini- Kararlı şartlarda ısı direncin ve su buharına karşı direncin ölçülmesi (buğuya karşı korunmuş kızgın plaka deneyi)” standardına göre yapılmıştır. Su buharı geçirgenliği testleri, Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında bulunan Permetest cihazı ile ölçülmüştür. Permetest ölçüm cihazı insan tenini kuru ve yaş olarak simule ederek çalışır ve Permetest ölçüm cihazı ile kumaşların su buharı direnci (Pa.m²/W) ve bağıl su buharı geçirgenlik (%) değerleri ölçülmüştür. Herbir kumaş tipi için ikişer adet ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

3.5.7. Kumaş Hava Geçirgenliği Testleri

Dokunan kumaşların hava geçirgenliği testleri TS 391 EN ISO 9237: “Tekstil - Kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini” standardına göre gerçekleştirilmiştir. Hava geçirgenliği testleri Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında bulunan SDL ATLAS M021A hava geçirgenliği test cihazı ile ölçülmüştür.

Hava geçirgenliği test cihazında 20 cm²'lik kumaş yüzey alanından, 100 Pa basınç altında 1 saniyede geçen hava miktarı ölçülerek bulunan test sonuçları l/m²/s cinsinden kaydedilmiştir. Herbir kumaş tipi için üçer adet ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

3.5.8. Koruyucu Giysi, Sınırlı Alev Yayılımı İçin Kumaş Testleri

Dokunan kumaşların aleve karşı koruma testleri TS EN ISO 15025: “Koruyucu giyecekler - Isı ve aleve karşı koruma - Sınırlandırılmış alev sıçraması için deney metodu” standardına göre gerçekleştirilmiştir. Testler Aksa Akrilik Kimya Sanayi A.Ş. firması laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kumaş boyu ve kumaş eni doğrultularında ayrı ayrı olmak üzere 2’şer adet 200 mm × 160 mm boyutlarında kumaş numunesi hazırlanmış olup hazırlanan her numuneye 10 saniye boyunca yatay bir gaz alevi (propan) uygulanmıştır. Herbir kumaş tipi için atkı ve çözümleri yönlerinde ikişer adet ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

3.5.9. Koruyucu Giysi, Alevli Isı (Konvektif) transferi için Kumaş Testi

Dokunan kumaşların ısı ve aleve karşı koruma testleri TS EN ISO 9151: “Koruyucu elbise - Isı ve aleve karşı koruma - Aleve maruz kalmada ısı geçişinin tayini metodu” standardına göre gerçekleştirilmiştir. Testler Kıvanç Group firması laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu test yöntemi için 140 mm x 140 mm boyutlarında 2 adet kumaş numunesi hazırlanıp teste tabi tutulmuştur. Kumaş numuneleri 80 kW/m² ± %5’lik bir ısı akımına tabi tutulur. Numuneden geçen ısı, kumaş numunesinin üzerine yerleştirilen bir kalorimetre yardımıyla ölçülerek, ölçme işleminde kalorimetre sıcaklığının 24°C ± 0,2°C artması için gereken süre saniye cinsinden ölçülüp kaydedilmiştir.

3.5.10. Koruyucu Giysi, Radyan Isı (Işıma) Transferi için Kumaş Testi

Dokunan kumaşların ısı ve aleve karşı koruma testleri TS EN ISO 6942: “Koruyucu giyecekler - Isı ve yangına karşı koruma - Deney metodu: Işıma yoluyla yayılan ısı kaynaklarına maruz kalındığında malzeme ve malzeme birleşimlerinin değerlendirilmesi” standardına göre gerçekleştirilmiştir. Testler Kıvanç Group firması laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu test yöntemi için 230 mm x 70 mm boyutlarında 2 adet kumaş numunesi hazırlanıp teste tabi tutulmuştur. Kumaş numunesi, test standardına göre $20-40 \text{ kW/m}^2 \pm \%5$ 'lik bir radyant ısı akışına tabi tutulur.

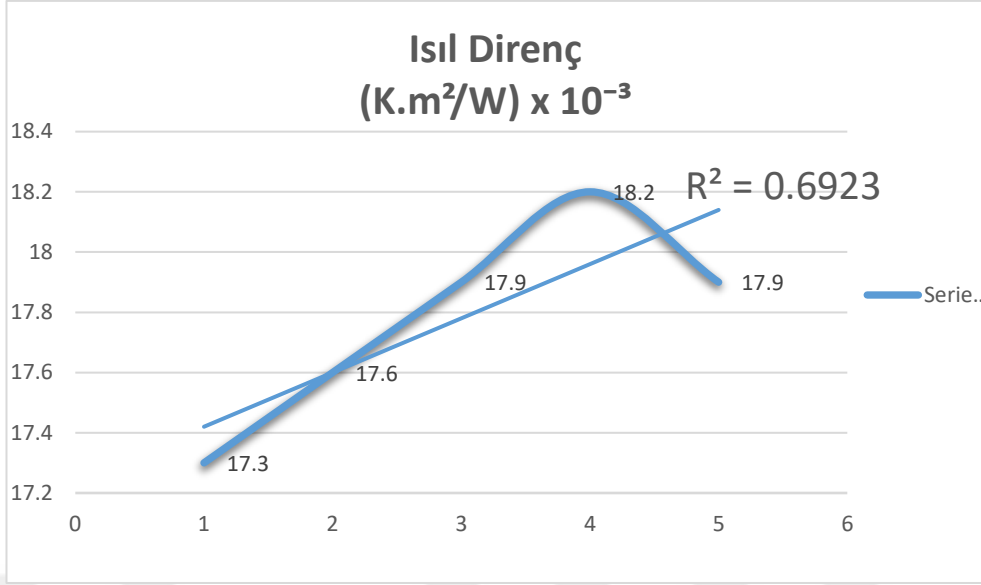
Numuneden geçen ısı, kumaş numunesinin arkasına ve onunla temas halinde bulunan bir kalorimetre kullanılarak ölçülmüştür. Kalorimetredeki sıcaklık göstergesi 24°C 'ye ulaştığında veya 5 dakika sonra radyasyon durdurulmaktadır. Kalorimetredeki sıcaklık artışı sağlamak için geçen süre saniye cinsinden ölçülmüştür. Bu süre, elbiseyi kullanan kişinin, ısı artışından kaynaklanan ikinci derece yanık nedeniyle ağrı hissetmeye başlamasına kadar geçen süredir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Materyal ve yöntem kısmında açıklandığı gibi deneysel çalışmanın ilk aşamasında dokunan kumaşların ısı direnci ve konforunu araştırmak için toplam 45 farklı konstrüksiyona sahip numuneler dokunmuş ve sonrasında termal direnç, hava geçirgenliği, kumaş kalınlığı, bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci ölçümleri içeren konfor testleri ile alevli ısı transferi, radyan ısı transferi ve alev karşı koruma & sınırlı alev yayılımı testlerini içeren termal koruma testleri uygulanmıştır. Bu ölçümlere dayanarak kumaş konstrüksiyonlarının değişken parametreleri olan örgü ile atkı çözgü iplik büküm faktörü değişimleri ile yukarıda bahsedilen kumaş konfor ve performans parametreleri arasındaki ilişkiler grafik olarak çizilerek sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Grafiklerde her bir örgü için bir, iki ve üç nolu çözgü iplik büküm faktörlerine ait grafikler, atkı büküm faktörü ile kumaş konfor parametreleri arasındaki ilişki şeklinde excell üzerinden yapılan regresyon analizleri ile beraber sunulmuştur .

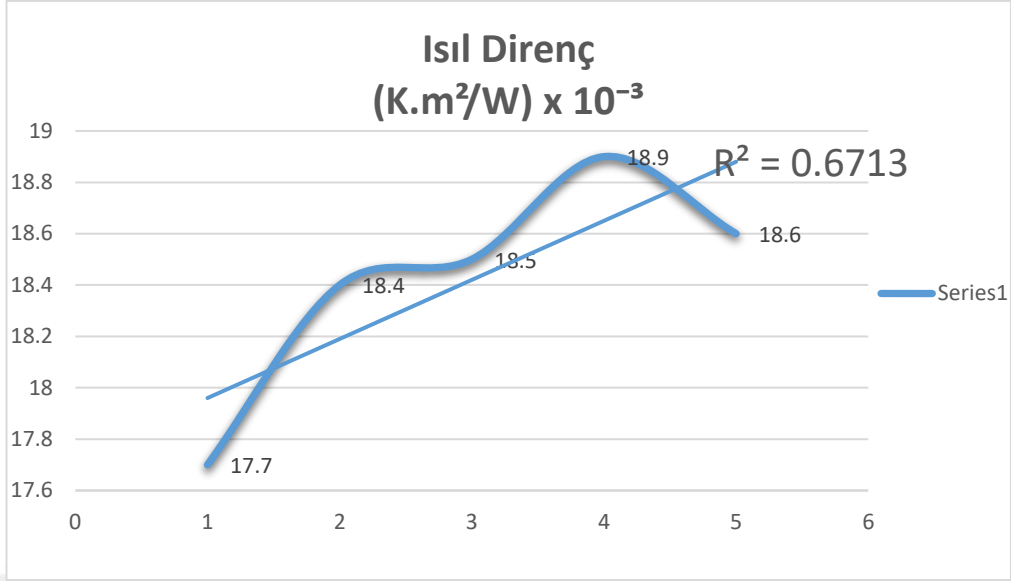
4.1. Isıl Direnç Değişimlerinin Değerlendirilmesi

Şekil 4.1. 1 numaralı örgü ve 1 numaralı çözgü için 5 farklı atkı ipliği kullanılarak dokunan kumaş numunelerinde ısı direnci değişimini göstermektedir. Yatay ekseninde sağa doğru gidildikçe azalan atkı ipliği büküm faktörü yer almaktadır. Grafiklerde değişimin ve doğrusallıkla uyumunu daha net olarak görebilmek için regresyon denklemi ve R^2 değerleri de hesaplanmıştır. Şekil 4.1'deki eğri incelendiğinde atkı ipliği büküm katsayısı düştükçe yani iplik daha düşük büküme sahip olup daha hacimli hale geldikçe ısı direnci artış göstermektedir. Bu beklenen bir sonuç olup iplik büküm katsayısı ve dolayısıyla iplik bükümü azaldıkça ipliğin hacminin artması ve dolayısıyla içindeki hava miktarının da artması beklenmektedir. Bu durum daha hacimli bir kumaş yapısına sebep olacağından içerdiği daha fazla havanın etkisi ile ısı direnci arttırmaktadır. Regresyon eğrisi incelendiğinde R^2 değerinin 0,6923 olduğu görülmektedir. Bu sonuç değişimin doğrusal değişime çok yakın olmadığını göstermektedir. Atkı ipliği büküm faktörünün $\alpha=3,95$ değerinden $\alpha=2,70$ değerine düşmesi esnasında 1 nolu örgü ve 1 nolu çözgüden oluşan kumaş yapısında %3,5 ısı direnci artışı gerçekleşmiştir.



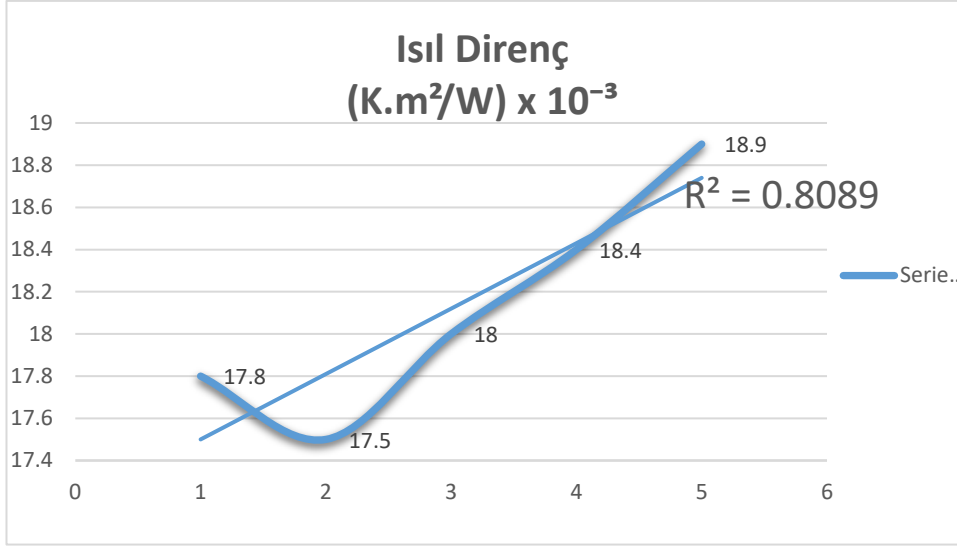
Şekil 4.1. Örgü 1 ve Çözüğü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi.

Şekil 4.2. 1 nolu örgü, 2 nolu çözgü ipliği ve 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı ipliği ile dokunan 5 farklı kumaş yapısında ısı direncin atkı ipliği büküm faktörüne göre değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi ilk dört büküm faktörü ile dokunan kumaşta ısı direnç sürekli artış göstermiş olup sonuncu büküm faktörü ile dokunan kumaşta düşüş görülmüştür. Regresyon eğrisi incelendiğinde $R^2 = 0,6713$ değeri elde edilmiştir. Bu durum atkı büküm faktöründeki azalmaya karşılık ısı dirençteki artışın doğrusala yakın olduğunu göstermektedir. Beş farklı büküm faktörüne göre ısı direnç değişimi hesaplandığında büküm faktörü azaldıkça %5.1 ısı artışı gözlenmiştir. 2 nolu çözgü 1 çözgüye nazaran daha düşük büküm faktörüne sahip olmasına rağmen biraz daha düşük ısı direnç artışı göstermiştir. Ancak her iki durumda da değerler 5% üzerinde gerçekleşmiş olup bir birine yakındır.



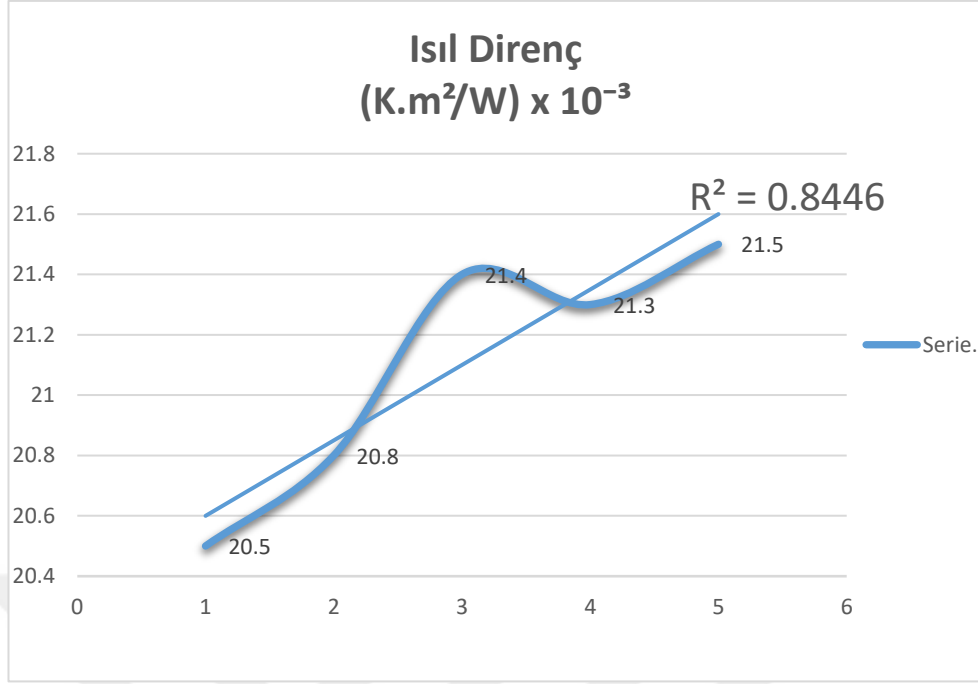
Şekil 4.2. Örgü 1 ve Çözüğü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısıl dirence olan etkisi

Şekil 4.3. örgü 1, daha düşük büküm faktörüne sahip çözgü 3 ve 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri ile üretilen 5 farklı kumaş yapısı için büküm faktöründeki azalmaya karşılık ısıl dirençteki değişimi göstermektedir. Burada ısıl dirençte $R^2 = 0,8089$ olan yaklaşık doğrusal değişimli bir artış gerçekleşmiştir. En düşük ısıl direnç değeri $17.5 \text{ (K.m}^2\text{/W) x } 10^{-3}$ iken en yüksek değer $18.9 \text{ (K.m}^2\text{/W) x } 10^{-3}$ olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla yukarıdakiler ile aynı atkı büküm faktörü değişimine karşılık %8 ısıl direnç artışı gerçekleşmiştir. 3 nolu çözgü en düşük büküm faktörüne sahip olup daha hacimli bir iplik yapısına sahip olmasında dolayı 5 farklı atkı ipliği ile üretilen kumaşları daha büyük bir hacimlilik göstermesi ve dolayısıyla daha yüksek ısıl direnç değişimine sahip olması beklentiler ile uyumlu bir sonuç olarak ortaya çıkmıştır.



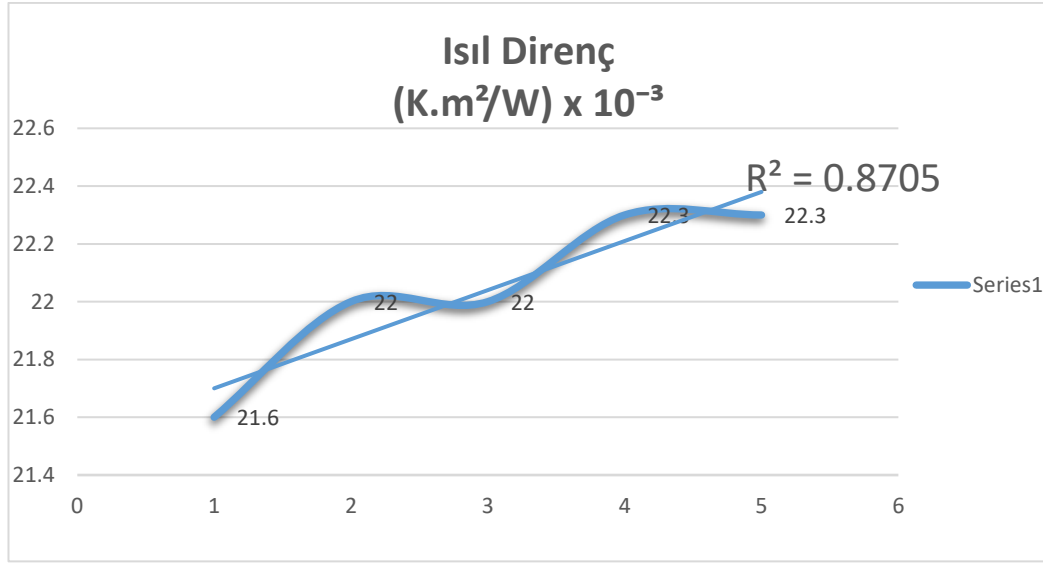
Şekil 4.3. Örgü 1 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi

Şekil 4.4. 2 numaralı örgü ve 1 numaralı çözgü ipliği ile yukarıdaki konstrüksiyonlarla aynı 5 farklı atkı büküm kat sayısında üretilen iplikler kullanılarak dokunan 5 farklı kumaş konstrüksiyonu için büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak ısı dirençteki artışı göstermektedir. Atkı büküm katsayısındaki azalmaya bağlı olarak ısı dirençte artış gözlenmiş ve daha hacimli bir kumaş yapısı elde edilmesinden dolayı beklentiler ile uyumlu bir sonuç elde edilmiştir. Regresyon analizi ile $R^2 = 0,8446$ değeri ile temsil edilen doğrusal bir değişim olduğu görülmektedir. Termal dirençteki maksimum ve minimum değerler $21,5 (K.m^2/W) \times 10^{-3}$ ile $20,5 (K.m^2/W) \times 10^{-3}$ arasındaki değişim ile %4,8 artış göstermiştir. Ancak 2 nolu örgü ile dokunan kumaşlarda örgü farkı kendisini göstermiş ve daha yüksek hacimlilikten dolayı ısı direnç değerleri $21-23 (K.m^2/W) \times 10^{-3}$ aralığına ulaşmıştır. Örgü1 ve Çözgü 1 ile üretilen 5 farklı kumaş yapısında ısı direnç değeri $19 (K.m^2/W) \times 10^{-3}$ üzerine çıkamamıştır.



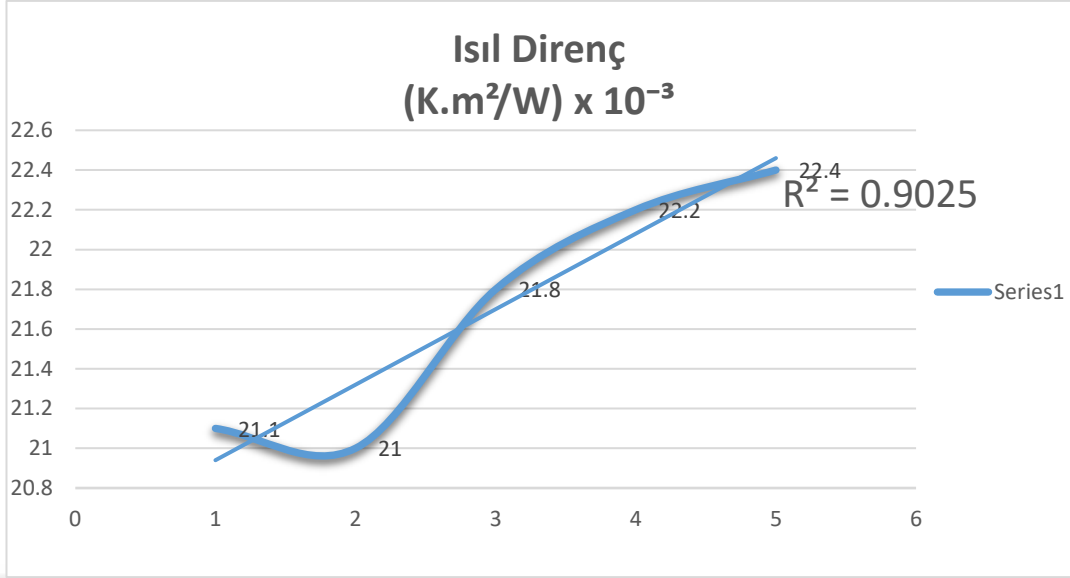
Şekil 4.4. Örgü 2 ve Çözüğü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi

Şekil 4.5 2 nolu örgü ve 2 numaralı çözgü ipliği ile yukarıdaki konstrüksiyonlarla aynı yaklaşım ile 5 farklı atkı büküm kat sayısında üretilen iplikler kullanılarak dokunan 5 farklı kumaş konstrüksiyonu için büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak ısı direncindeki artışı göstermektedir. Atkı büküm katsayısındaki azalmaya bağlı olarak ısı direncindeki artışı yukarıdaki durumlar ile paralellik göstermekte olup, büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak ısı direncinde artış gözlenmiştir. Regresyon analizine göre $R^2 = 0,8705$ değeri elde edilmiştir. Bu değer büküm faktöründe azalmaya bağlı olarak artan ısı direncini yaklaşık olarak doğrusal olduğu şeklinde değerlendirilebilir. Isıl direnç değeri en düşük $21.6 \text{ (K.m}^2\text{/W) } \times 10^{-3}$ iken en yüksek $22.3 \text{ (K.m}^2\text{/W) } \times 10^{-3}$ olarak ölçülmüş olup yaklaşık %3-4 seviyesinde bir ısı diren artışı görülmüştür. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar büküm faktöründeki azalmaya karşı kumaş hacimliliğindeki artışın bir sonucu olarak beklentilerle uyumlu olarak değerlendirilebilir.



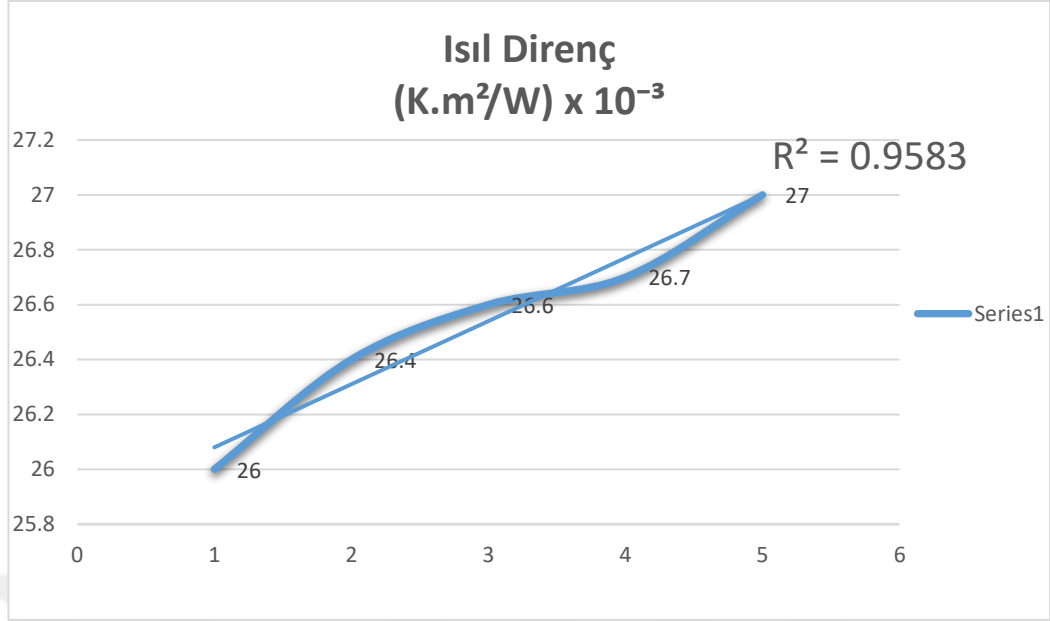
Şekil 4.5. Örgü 2 ve Çözüğü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi

Şekil 4.6. 2 nolu örgü ve 3 numaralı çözgü ipliği ile yine yukarıdaki konstrüksiyonlarla aynı yaklaşım takip edilerek 5 farklı atkı büküm kat sayısında iplikler kullanılarak elde edilen 5 farklı kumaş konstrüksiyonu için büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak ısı dirençteki artışı göstermektedir. Şekilde eğriden görüldüğü gibi atkı büküm katsayısındaki azalmaya bağlı olarak ısı dirençte $R^2 = 0,9025$ değeri ile temsil edilen güçlü sayılabilecek bir oransal artış görülmüştür. Bu durumda minimum ısı direnç değeri 21 iken maksimum değer 22.4 olarak elde edilmiştir. Bu değişim %6.7 değerine karşılık gelmektedir. Bu değişim beklenen bir sonuçtur. Çözgü büküm katsayısındaki düşüş kumaş hacimliliğini arttırdığından ısı dirençte çözgü 1 ve çözgü 2 ye nazaran daha yüksek bir değişim olması kumaş konstrüksiyonundaki değişim ile uyumlu bir sonuçtur. Diğer yandan ısı direnç değerininin çözgü 1 ve çözgü2 ye nazaran 21 ile 22.5 (K.m²/W) x 10⁻³ arasında olması genel ısı direnç seviyesinin de artması anlamına gelir. Bu sonuç da daha düşük büküm katsayısına sahip 3 nolu çözgünün katkısı olarak değerlendirilebilir.



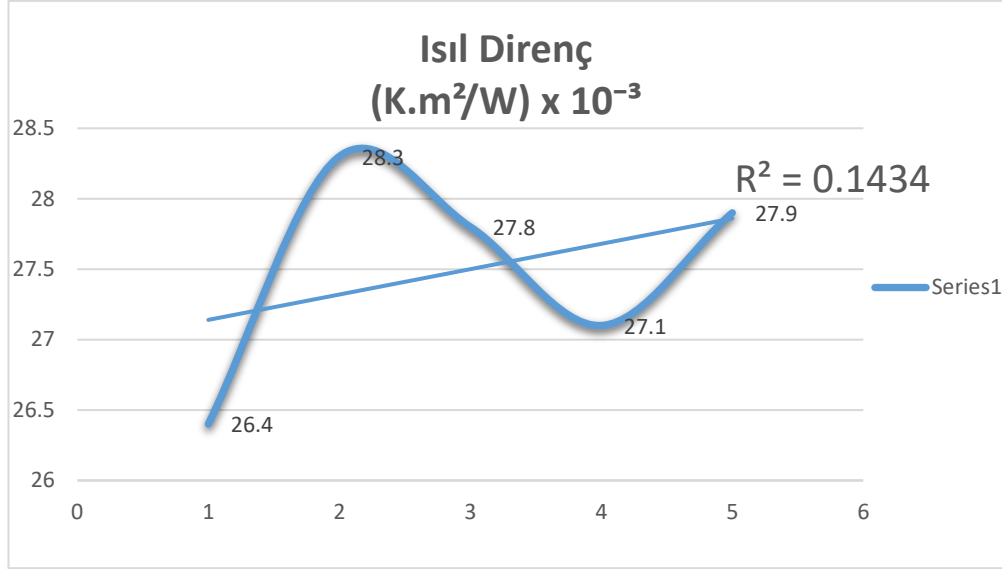
Şekil 4.6. Örgü 2 ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısıl dirence olan etkisi

Şekil 4.7 örgü 3 (çift katlı) ve 1 numaralı çözgü ipliği ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen 5 adet farklı dokuma kumaşın ısıl direncinin atkı iplik büküm faktörüne göre değişimini göstermektedir. Şekildeki eğriden görüldüğü gibi ısıl direnç büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak liner bir artış eğilimi göstermiştir. Bu yüzden $R^2 = 0,9583$ olarak elde edilmiştir. Bu değer büküm katsayısındaki azalmaya bağlı olarak ısıl direncin oransal bir değişime sahip olduğunu ifade etmektedir. 3 nolu örgü ile üretilen kumaş çift katlı ve dolayısıyla daha yüksek bir kalınlığa ve hacimliliğe sahip olduğundan ısıl direnç değerleri $26 \text{ (K.m}^2\text{/W)} \times 10^{-3}$ ile $27 \text{ (K.m}^2\text{/W)} \times 10^{-3}$ arasında değişim göstermiştir. Bu durum örgü 1 ve örgü 2 ile üretilen kumaşlar ile karşılaştırıldığında 40-50% arasında bir artışa karşılık gelmektedir.



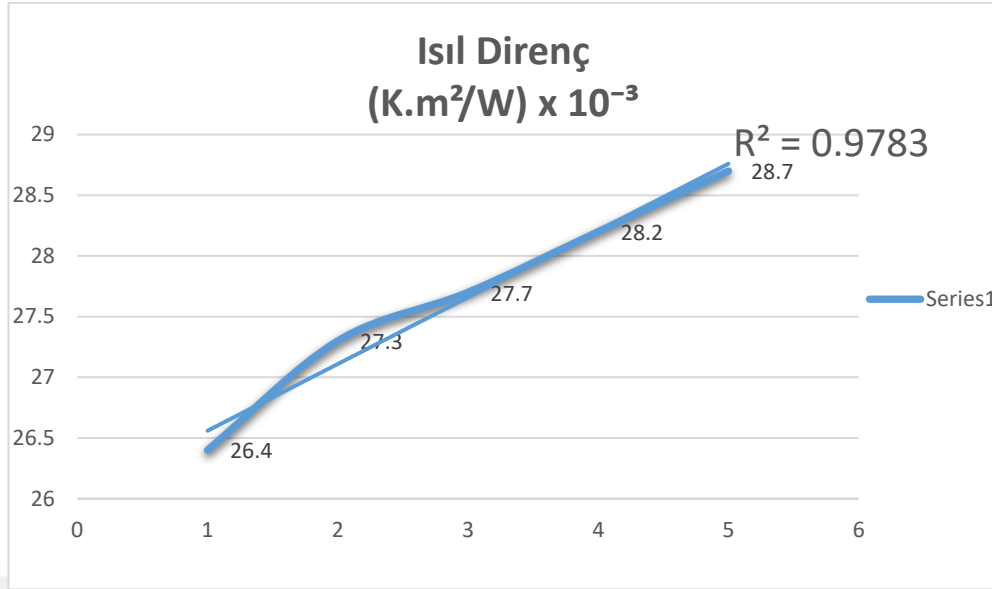
Şekil 4.7. Örgü 3 ve Çözüğü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi

Şekil 4.8 3 nolu örgü (çift katlı) ve 2 numaralı çözgü ipliği ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen 5 farklı dokuma kumaşın ısı direncinin atkı iplik büküm faktörüne göre değişimini göstermektedir. Şekildeki eğriden görüldüğü gibi ısı direnç ve büküm faktörü arasında dalgalı bir değişim vardır. Regresyon analizi sonucunda hesaplanan $R^2 = 0,1434$ değeride bu oransallıktan uzak, dalgalı değişimi göstermektedir. Burada ısı direnç değerleri en düşük $26,4 \text{ (K.m}^2\text{/W)} \times 10^{-3}$ ve en yüksek $27,9 \text{ (K.m}^2\text{/W)} \times 10^{-3}$ olarak elde edilmiştir. Bu fark doğrusallıktan uzak olmakla beraber %5.6 kadarlık bir ısı direnç artışına karşılık gelmektedir.



Şekil 4.8. Örgü 3 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi

Şekil 4.9 3 nolu örgü (çift katlı) ve 3 numaralı çözgü ipliği ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen 5 farklı dokuma kumaşın ısı direncinin atkı iplik büküm faktörüne göre değişimini göstermektedir. Şekildeki eğriden görüldüğü gibi ısı direnç büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak $R^2 = 0,9783$ katsayısına sahip büyük ölçüde oransal bir değişim göstermektedir. Burada ısı direnç değerleri en düşük $26.4 \text{ (K.m}^2\text{/W) x } 10^{-3}$ ve en yüksek $28.7 \text{ (K.m}^2\text{/W) x } 10^{-3}$ olarak elde edilmiştir. Bu fark %8.7 kadarlık bir ısı direnç artışına karşılık gelmektedir. Bu kumaş numunelerinde de büküm katsayısındaki azalmaya bağlı olarak 3 nolu çözgü kaynaklı (en düşük büküm faktörü) artan hacimlilik sebebiyle ısı direnç artışı beklenen bir değişim olarak değerlendirilebilir.

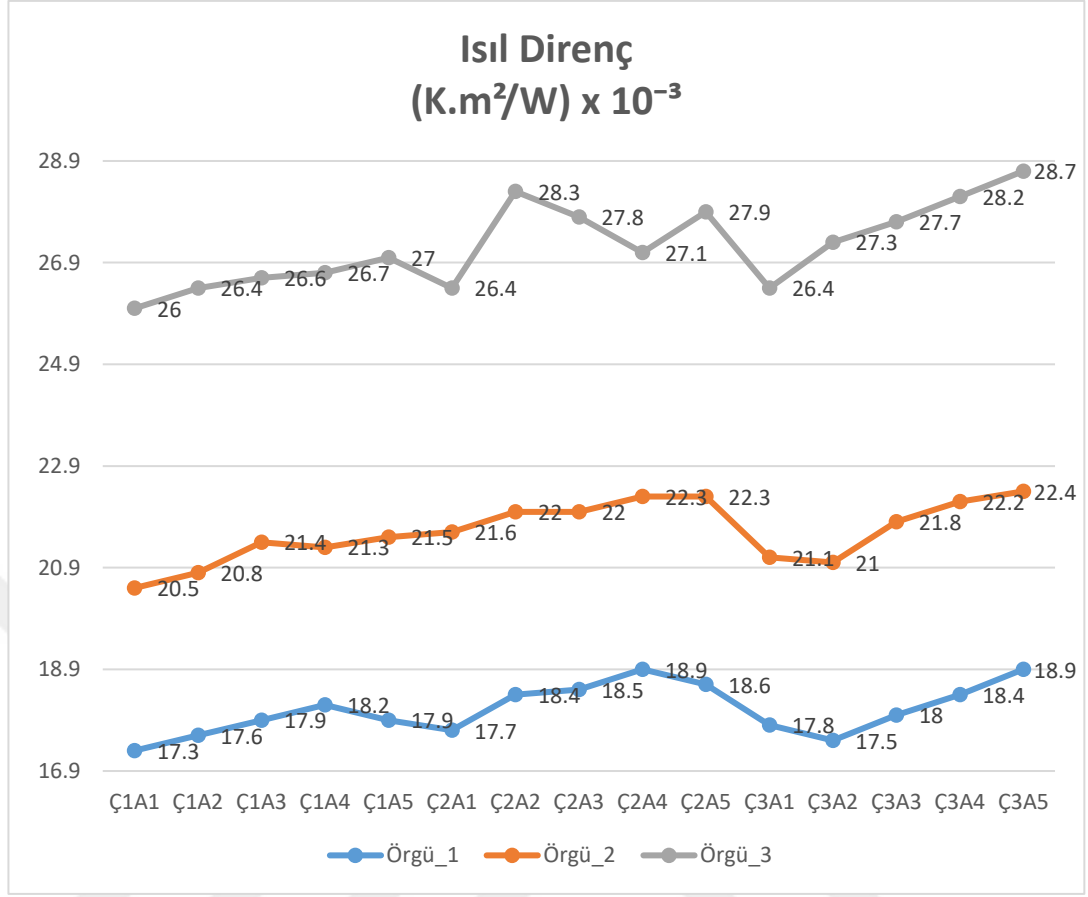


Şekil 4.9. Örgü 3 ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, ısı dirence olan etkisi

Yukarıdaki şekillerde her bir örgü için 3 farklı çözgü büküm faktörüne karşılık 5 farklı atkı büküm faktörü ile dokunan kumaşların ısı dirençleri değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler esas olarak her bir örgü için büküm faktörlerinin sebep olduğu iplik hacimliliğinin ısı direnç üzerine etkilerini göstermiştir. Yapılan değerlendirmelerde her bir örgü için en düşük ve en yüksek ısı direnç değerleri alınarak minimum ve maksimum büküm faktörleri arasındaki ısı direnç değerleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda her bir örgü için en yüksek çözgü büküm faktörü ile en yüksek atkı büküm faktörü ve en düşük çözgü büküm faktörü ile en düşük atkı büküm faktörü kullanılarak üretilen ipliklerden dokunan kumaşların ısı direnç değerleri alınıp yüzde değişimler ifade edilmiştir. Buna göre 1 nolu örgü için iplik yapılarındaki değişimin ısı direnç artışına etkisi %9.2 seviyesinde gerçekleşmiştir. Aynı şekilde 2 nolu örgü için aynı şartlarda yapılan hesaplama sonucu yine %9.2 ısı direnç artışı hesaplanmıştır. 3 nolu örgüde ise aynı şartlarda elde edilen ölçümlerde hesaplanan ısı direnç artışı ise %8.7 seviyesinde gerçekleşmiştir. Dolayısıyla bu deneysel araştırmada göz önüne alınan atkı ve çözgü iplik büküm faktörleri aralığı için ısı direnç artışı 3 farklı örgü içinde %9 seviyeleri olarak değerlendirilebilir.

Isıl direnç üzerinde etkili olan diğer önemli parametre kumaşlarda kullanılan dokuma örgüsüdür. Tüm atkı ve çözgü iplikleriyle aynı örgüde dokunan kumaşlara ait ısı direnç değerleri Şekil 4.10’da grafik olarak sunulmuştur.

Şekil 4.10’daki eğrilerden görüldüğü gibi örgü 1 ile dokunan kumaş numuneleri en düşük ısı direnç değerlerini verirken, yine tek katlı daha yüksek atlama sayısına sahip 2 numaralı örgü tüm kumaş numuneleri için örgü 1’e nazaran daha yüksek ısı direnç değerleri vermiştir. Şekildeki en altta konumlanan eğri örgü 1’e ait olup, ortadaki eğri yine tek katlı kumaş olan örgü 2’ye aittir. 2 eğri birbirine paralel olarak değişim göstermekte olup aralarında yaklaşık olarak $3-4 (K.m^2/W) \times 10^{-3}$ değerinde ısı direnç farkı bulunmaktadır. Deneysel çalışmalarda kullanılan her bir örgüye ait 15 adet konstrüksiyon arasındaki farklar alınıp yüzde değişimler hesaplanmış ve bu yüzde değişimlerin ortalamasının 20% seviyesinde olduğu görülmüştür. 3 nolu örgü ise çift katlı bir kumaş konstrüksiyonu olduğu için ciddi oranda daha yüksek ısı direnç değerine sahiptir ancak tüm kumaş numuneleri için 3 nolu örgünün ısı direnç değişim eğrisi de 1 ve 2 numaralı örgülere paralellik göstermektedir. Bu durum esasında 3 farklı ısı direnç eğrisinin genel seviyelerinin örgüler tarafından belirlenip yatay değişimlerinin ise iplik büküm faktörleri tarafından belirlendiğini göstermektedir.



Şekil 4.10. Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait ısı direnç değerlerinin karşılaştırması.

4.2. Kumaş Kalınlık Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çizelge 4.1’de 45 adet numuneye ait kumaş kalınlık ölçümlerini göstermektedir. Veriler incelendiğinde örgü sabit tutulduğunda çözgü iplik büküm faktörü düşükten orta değere geçerken kalınlıkta artış gerçekleşmiş olup orta değerden yüksek büküm faktörüne geçerken ise yaklaşık aynı kalınlık değerleri elde edilmiştir. Örgü 2’ye ait kalınlık değerleri incelendiğinde de benzer durum ile karşılaşılmaktadır. Örgü 2 ile dokunan kumaş numunelerinde de yüksek büküm faktöründen orta büküm faktörüne geçilirken kumaş kalınlık değerleri artmış ve daha düşük büküm faktörüne geçildiğinde ise az da olsa azalma görülmüştür. Örgü 3 ile dokunan iki katlı kumaş yapısında da benzer durum gözlenmiş olup yüksekten orta değerdeki büküm faktörü ile dokunan kumaş numunelerinde tüm örgülerde kalınlıkta bir miktar artış gözlenmiş, düşük büküm faktörüne geçişte ise çok farklı bir değişim gözlenmemiştir.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan kumaşları kalınlık ölçüm sonuçları

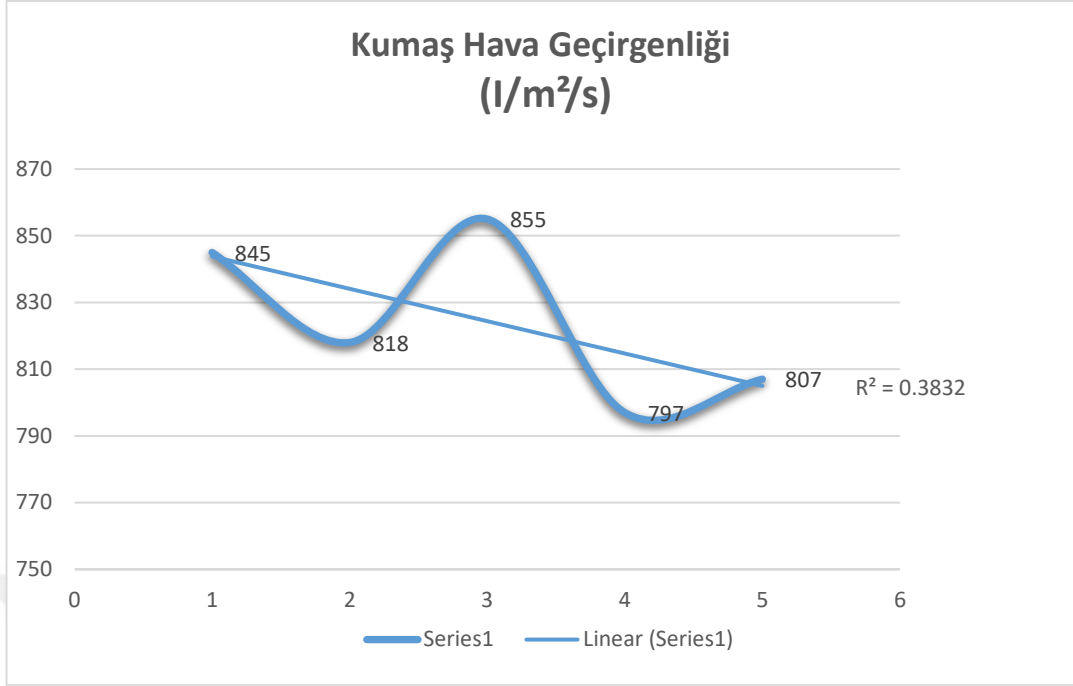
	Örgü_1 (mm)	Örgü_2 (mm)	Örgü_3 (mm)
Ç1A1	0,74	0,86	1,11
Ç1A2	0,74	0,86	1,10
Ç1A3	0,76	0,89	1,14
Ç1A4	0,76	0,89	1,13
Ç1A5	0,75	0,88	1,12

Ç2A1	0,79	0,94	1,17
Ç2A2	0,80	0,94	1,23
Ç2A3	0,81	0,93	1,20
Ç2A4	0,83	0,95	1,19
Ç2A5	0,80	0,94	1,22

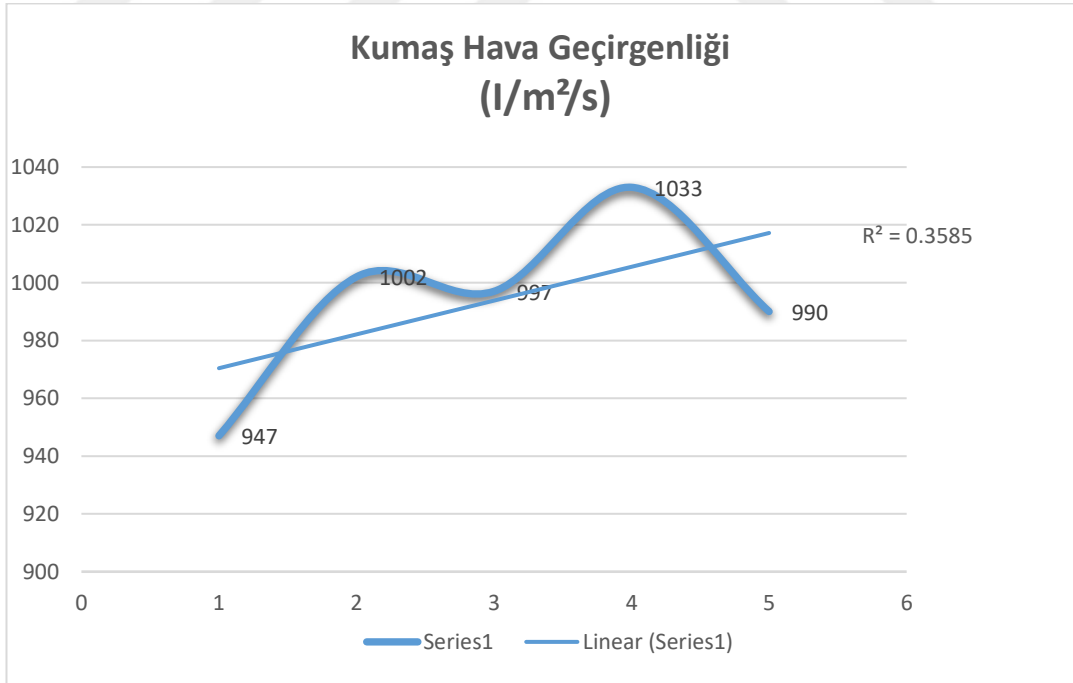
Ç3A1	0,76	0,90	1,16
Ç3A2	0,74	0,90	1,17
Ç3A3	0,77	0,91	1,18
Ç3A4	0,78	0,92	1,18
Ç3A5	0,80	0,94	1,22

4.3. Kumaş Hava Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi

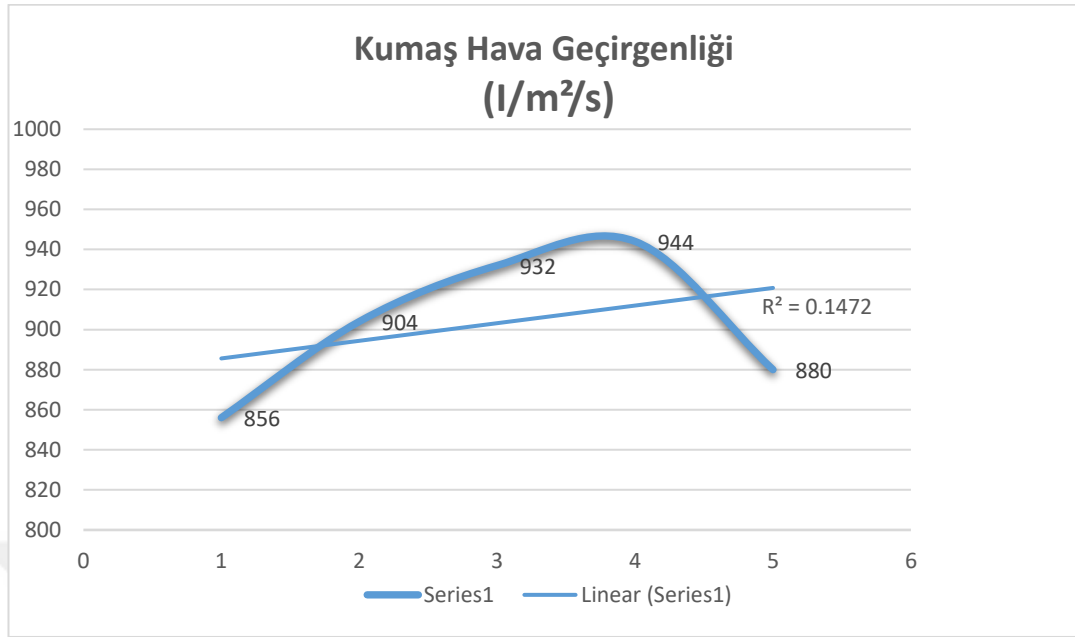
1 numaralı örgü ve 3 farklı çözgü büküm faktörüne sahip çözgü iplikleri ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen kumaşlara ait hava geçirgenliği değerlerinin atkı büküm faktörüne göre değişimi Şekil 4.11., 4.12. ve 4.13.'de verilmektedir. Şekil 4.11'de en yüksek çözgü büküm faktörüne sahip iplikten üretilen ve 5 farklı atkı büküm faktörüne sahip iplikle üretilen kumaşlarda, büküm faktörü azaldıkça hava geçirgenliği değerinde dalgalı bir değişim olmakla beraber azalan bir eğilim görülmüştür. Aynı atkı iplikleri ile orta ve daha düşük çözgü ipliği kullanılarak üretilen kumaşlarda ise sırası ile Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'de görüldüğü gibi artan hava geçirgenliği değişimleri gözlenmiştir. Her üç grafik de kendi içerisinde dalgalı bir değişim göstermiştir. Bu da atkı ipliği büküm faktörünün çok net bir şekilde hava geçirgenliği değişimini belirlemediğini göstermektedir. Regresyon analizi ile elde edilen R2 değerleri incelendiğinde ise 0,1 – 0,4 arasında değerler elde edilmiştir. Bu durum değişimin oransallıktan uzak olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.11. Örgü 1 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi

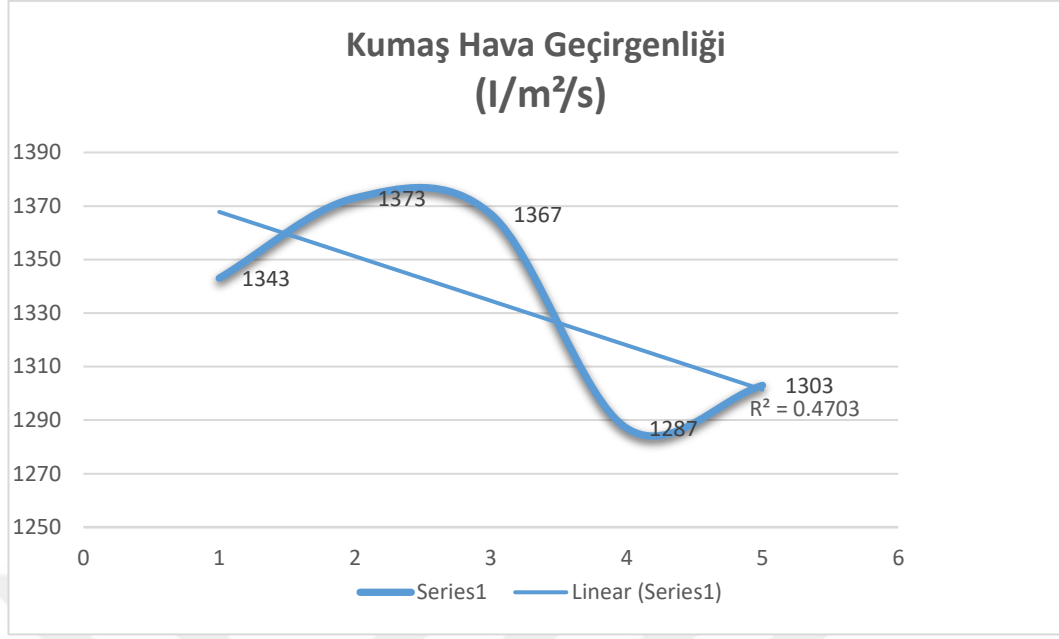


Şekil 4.12. Örgü 1 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi

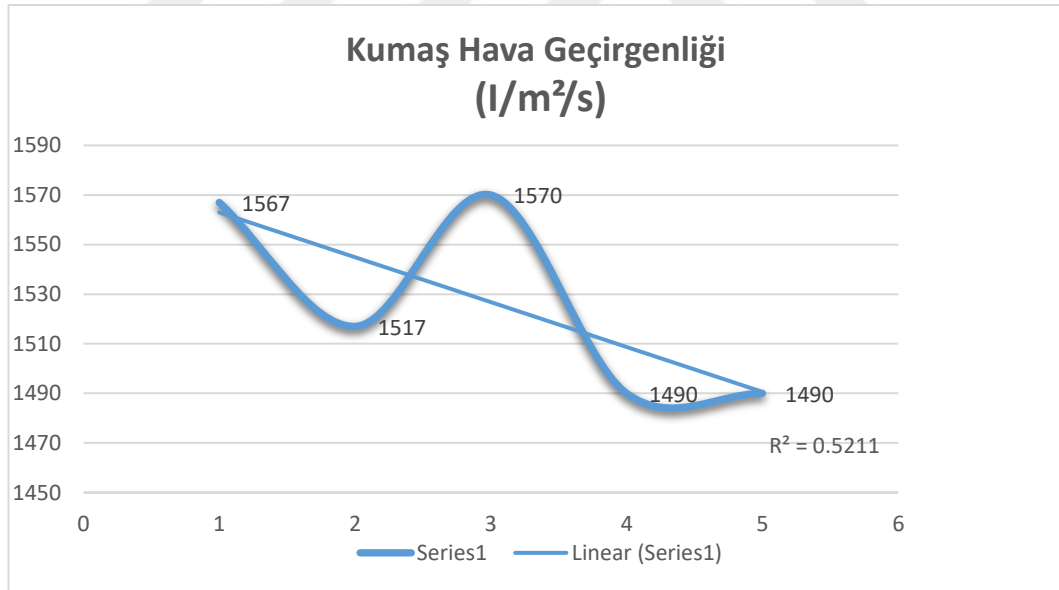


Şekil 4.13. Örgü 1 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi

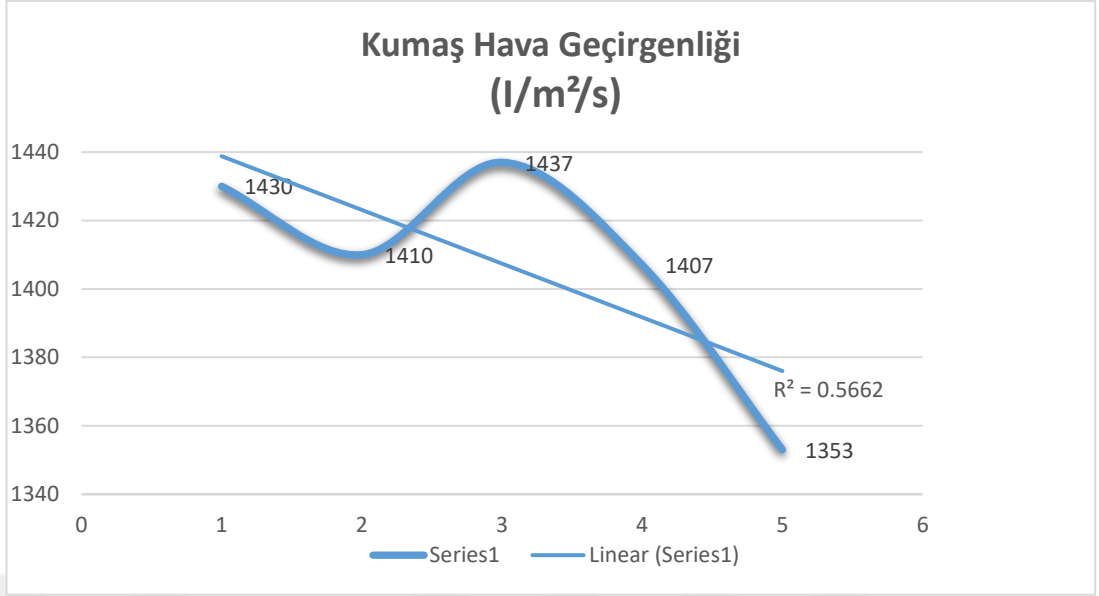
Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16 2 nolu örgü için her biri ayrı büküm faktörüne sahip olan 3 farklı çözgü ipliği ve 5 farklı atkı ipliği (yukarıdaki kumaşlar ile aynı) ile dokunan kumaş numunelerine ait hava geçirgenliği değerlerinin atkı ipliği büküm faktörüne göre değişimini göstermektedir. Bu durumda 3 farklı çözgü ipliği büküm faktörüne ait kumaşlardaki hava geçirgenliği azalan atkı ipliği büküm faktörüne göre düşüş göstermiştir. Bu düşüşler 5-6% seviyesinde gerçekleşmiştir. Ancak her bir eğri kendi içerisinde düzenli bir değişimden ziyade artış ve azalmaları içeren dalgalı bir değişim göstermiştir. Burada regresyon katsayıları (R^2) 0.5 seviyelerinde gerçekleşmiş olup zayıf bir doğrusallık değişimi göstermektedir. Aynı eğriler azalan çözgü büküm faktörüne göre değerlendirildiğinde ise net bir azalma yada artış eğilimi göstermeyerek dalgalı bir değişim gerçekleştiği görülmüştür.



Şekil 4.14. Örgü 2 ve Çözüğü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi

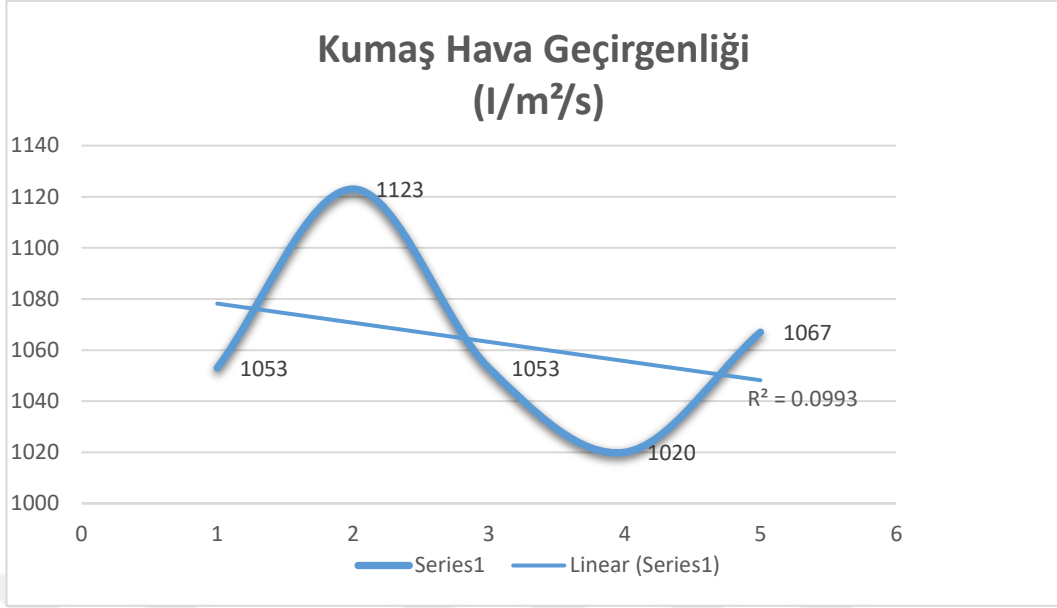


Şekil 4.15. Örgü 2 ve Çözüğü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi

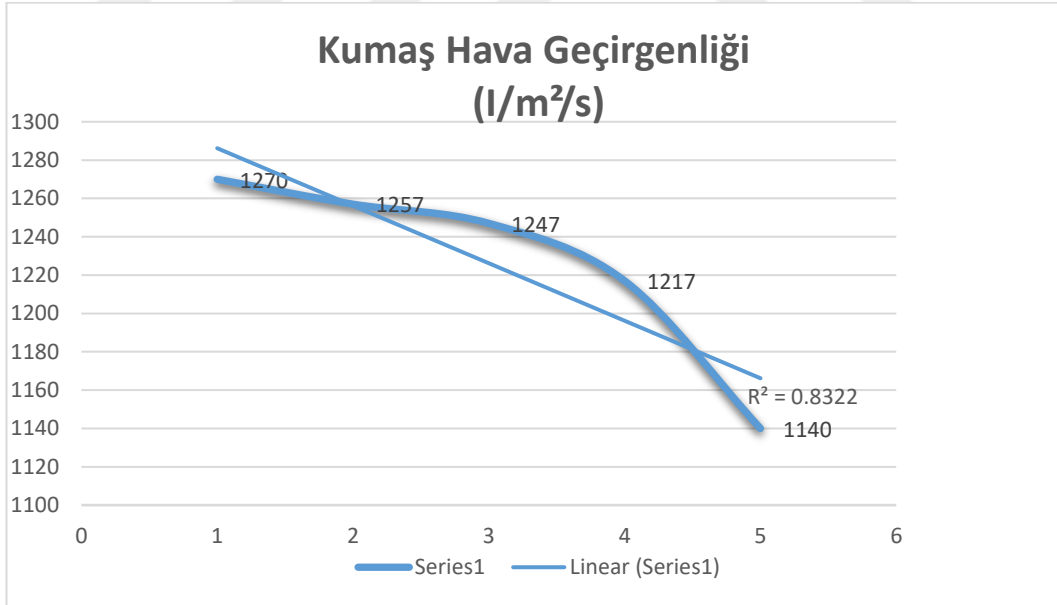


Şekil 4.16. Örgü 2 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi

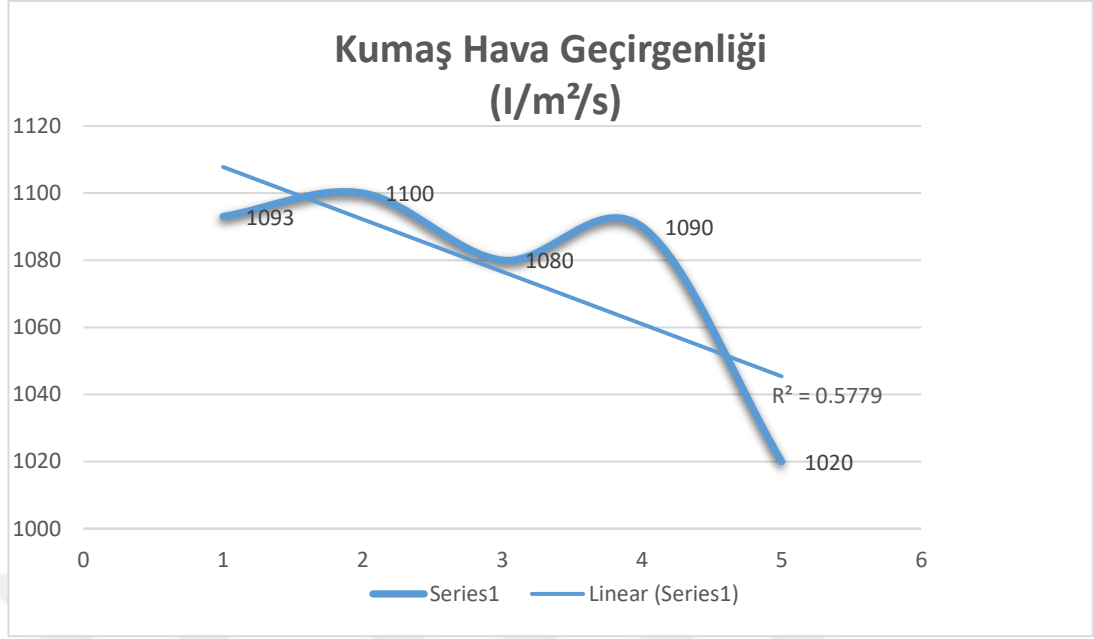
Şekil 4.17., 4.18, ve 4.19 çift katlı kumaş yapısından oluşan 3 nolu örgüye ait hava geçirgenliği değerlerini göstermektedir. Burada da atkı ipliği büküm faktörü ile dokunan kumaşlarda hava geçirgenliği atkı ipliği büküm faktörüne göre dalgalı bir seyir izlemek ile birlikte azalan bir değişim göstermiştir. Eğrilerin kendi içerisindeki dalgalanması 8-9% seviyelerinde gerçekleşmiştir. Çözü büküm faktörü azaldıkça hava geçirgenliği değerlerinde de küçük bir azalma gerçekleşmiştir.



Şekil 4.17. Örgü 3 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi



Şekil 4.18. Örgü 3 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi

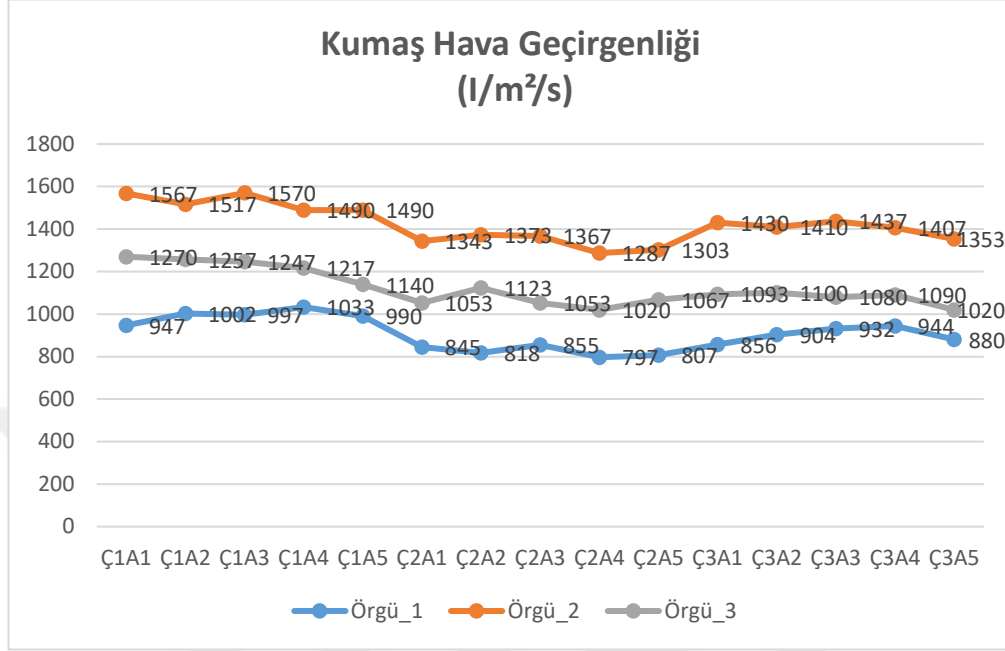


Şekil 4.19. Örgü 3 ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş hava geçirgenliğine etkisi

Şekil 4.20’de 3 farklı örgünün hava geçirgenliği değerlerinin 3 farklı çözgü ve 5 farklı atkı ipliği büküm faktörü ile dokunan kumaş yapılarına göre değişimini göstermektedir. Farklı konstrüksiyonların kendi içerisinde değişimleri olmakla birlikte, tek katlı kumaş yapısına sahip örgü 1 ve örgü 2 arasında örgü 2 ye ait hava geçirgenliği değerleri kumaş gramajları aynı olmasına karşın 60% seviyelerinde artış göstermiştir. Aynı sıklık ve gramaj değerlerine sahip bu değişim örgüdeki atlama değerlerinin kumaş gözenekliliği ve hava geçirgenliği üzerinde ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. 3 nolu örgü ile temsil edilen çift katlı kumaş yapısında ise tüm konstrüksiyonlar için hava geçirgenliği değerleri örgü 1 ve örgü 2 arasında bir seviyede gerçekleşmiştir. Kumaş kalınlığı arttığı için hava geçirgenliğinin azalması beklenirken örgü 1 ve örgü 2 ile dokunana kumaş yapılarına göre her bir katın sıklığı daha düşük olduğu için gözenekliliğin artması hava geçirgenliğini artırıcı etkiye sahiptir. Bir birine zıt yönlü olan bu etkilerin bileşke etkisi ise 1 ve 2 nolu örgülere sahip kumaşların arasında bir değişim ortaya koymuş olup bu anlaşılabilir bir durum oluşturmaktadır.

Örgü değişikliği ile atkı&çözgü iplik büküm faktörlerinin hava geçirgenliği üzerine etkisi bütün olarak değerlendirildiğinde örgünün gözeneklilik üzerindeki etkisinin çok daha

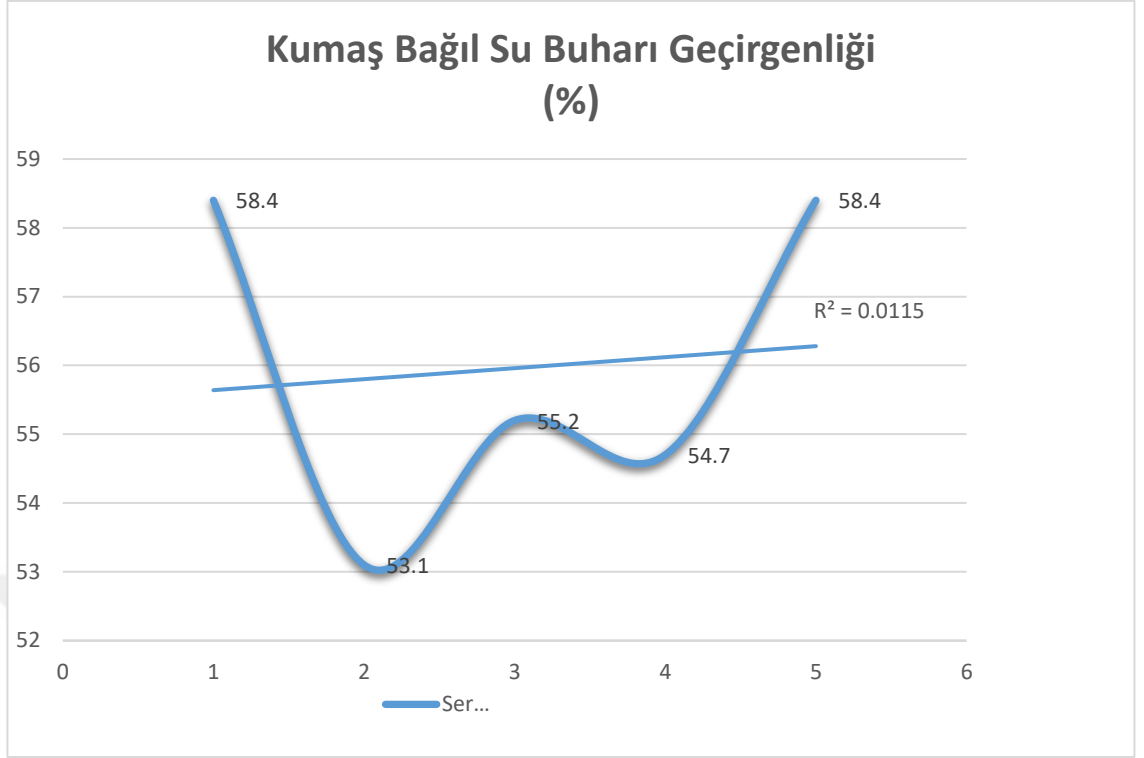
yüksek olmasından dolayı hava geçirgenliği üzerinde iplik büküm faktörlerine göre çok daha baskın bir etkisi olduğu ortaya çıkmıştır.



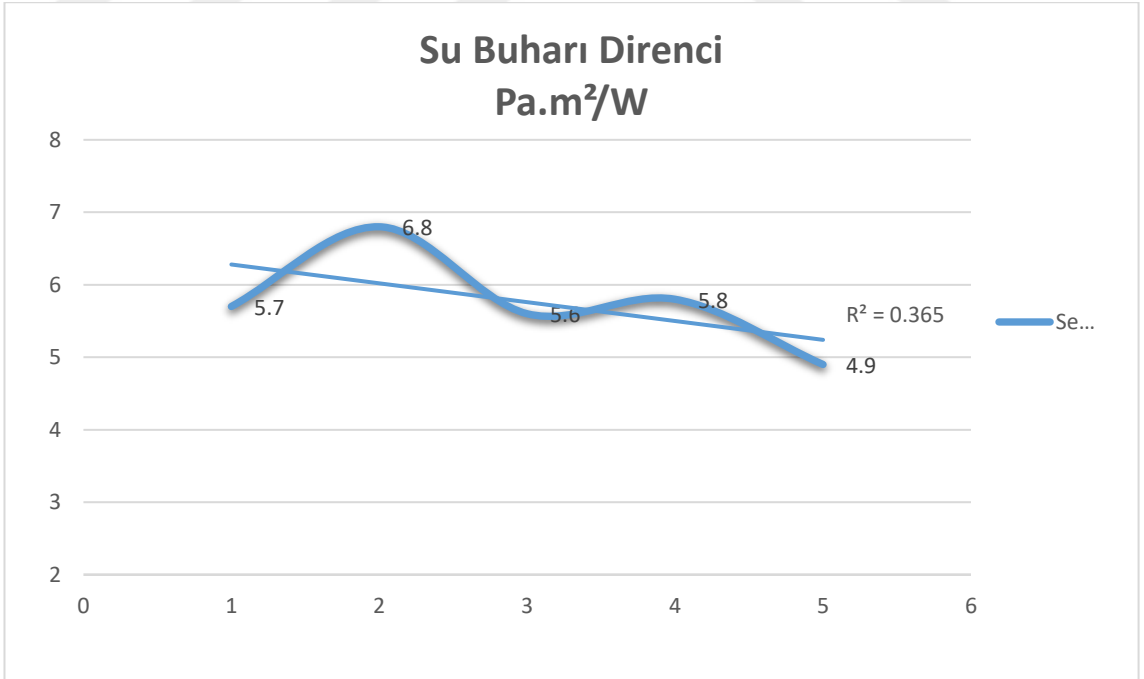
Şekil 4.20. Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait kumaş hava geçirgenliği değerlerinin karşılaştırması.

4.4. Permetest Sonuçlarının Değerlendirilmesi

1 numaralı örgü ile 1 numaralı çözgü büküm faktörüne sahip çözgü iplikleri ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen kumaşlara ait su buharı geçirgenliği ve direnç değerlerinin atkı büküm faktörüne göre değişimi Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de verilmektedir. Şekillerdeki verilere göre bağıl su buharı geçirgenliği değerleri atkı büküm faktörü azaldıkça artış eğiliminde olurken su buharı direnci değerinde azalma eğilimi ortaya çıkmıştır. Ancak bu genel eğilimlere karşılık 5 farklı atkı ipliği büküm faktörü için gerek su buharı geçirgenliği gerekse su buharı direnci değerleri dalgalı bir değişim göstermiştir. Bağıl su buharı geçirgenliği değeri atkı ipliği büküm faktörü değişim aralığı için 10% civarlarında dalgalanma gösterirken, su buharı direnci ise 40% civarlarında bir düşüş göstermiştir.

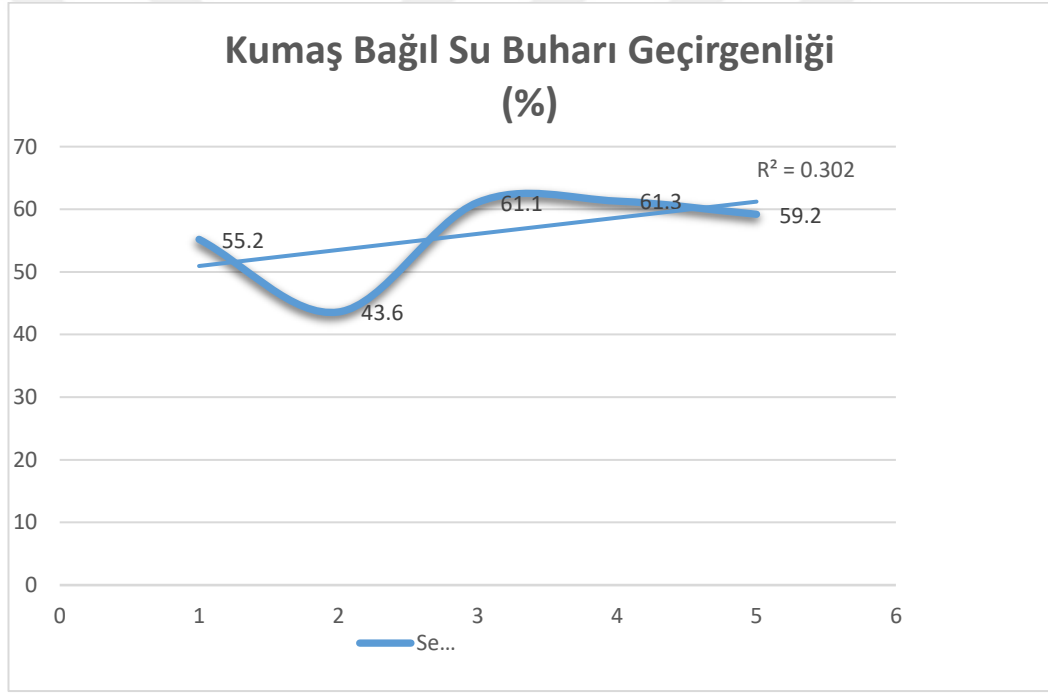


Şekil 4.21. Örgü 1 ve Çözüğü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağlı su buharı geçirgenliğine olan etkisi

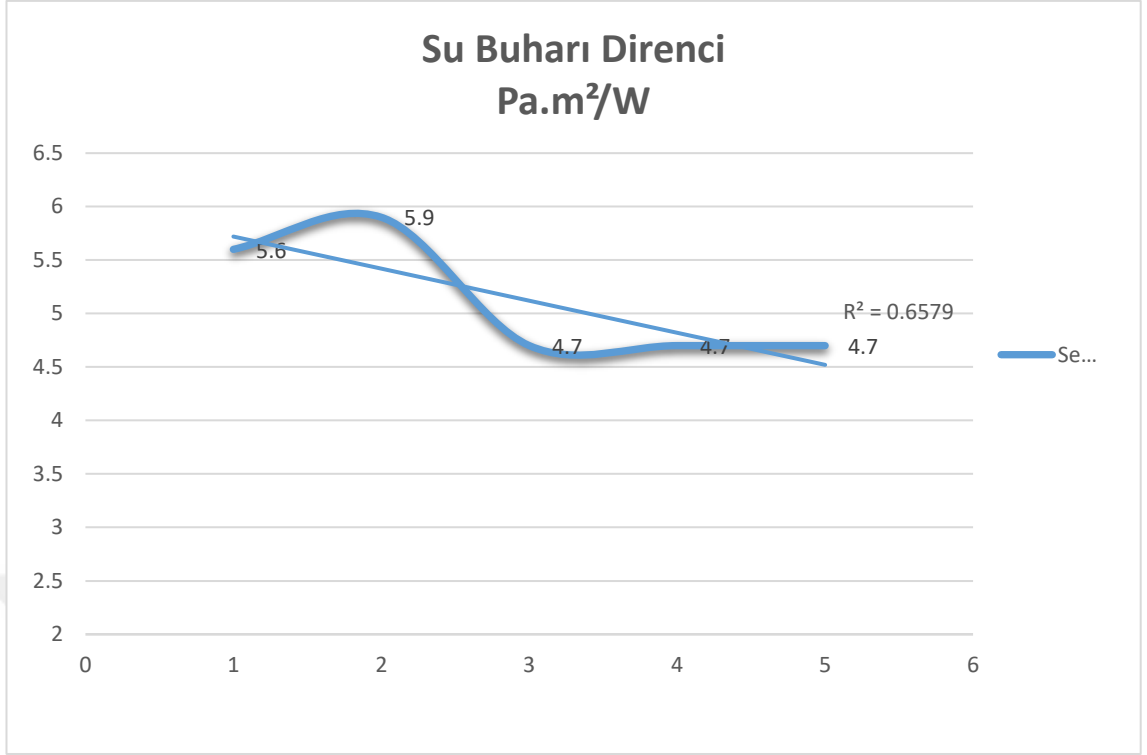


Şekil 4.22. Örgü 1 ve Çözüğü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş su buharı direncine olan etkisi

Şekil 4.23 ve 4.24’de 1 numaralı örgü ile 2 numaralı çözgü büküm faktörüne sahip çözgü iplikleri ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen kumaşlara ait bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci değerlerinin atkı büküm faktörüne göre değişimini göstermektedir. Şekillerdeki verilere bakıldığında bağıl su buharı geçirgenliği değerleri atkı büküm faktörü azaldıkça çok düşük oranda artış eğilimi gösterirken su buharı direnci değerinde azalma eğilimi gözlenmiştir. İki eğrinin regresyon analizi sonucu elde edilen katsayı değerleri sırası ile $R^2:0,0115$ ve $R^2:0,365$ olup doğrusal bir değişimin gerçekleşmediği anlaşılmaktadır. Eğriler incelendiğinde de bahsedilen eğilimlere rağmen atkı ipliği büküm faktöründeki azalmaya karşılık artış ve azalmaları içeren dalgalı bir değişim görülmektedir.

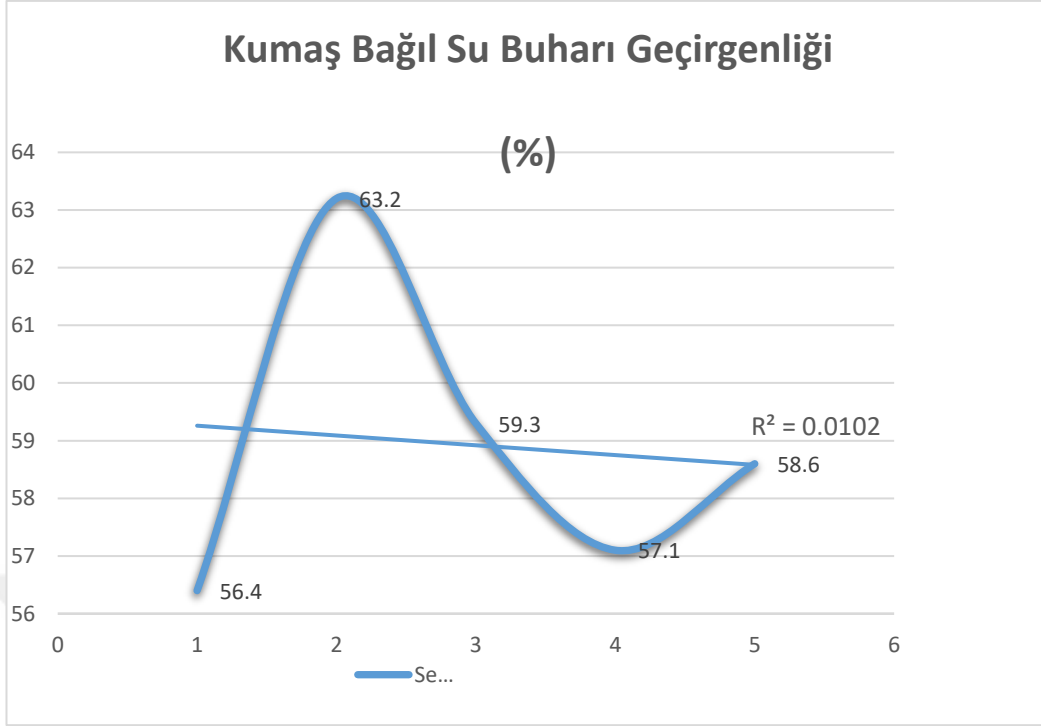


Şekil 4.23. Örgü 1 ve Çözgü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine olan etkisi

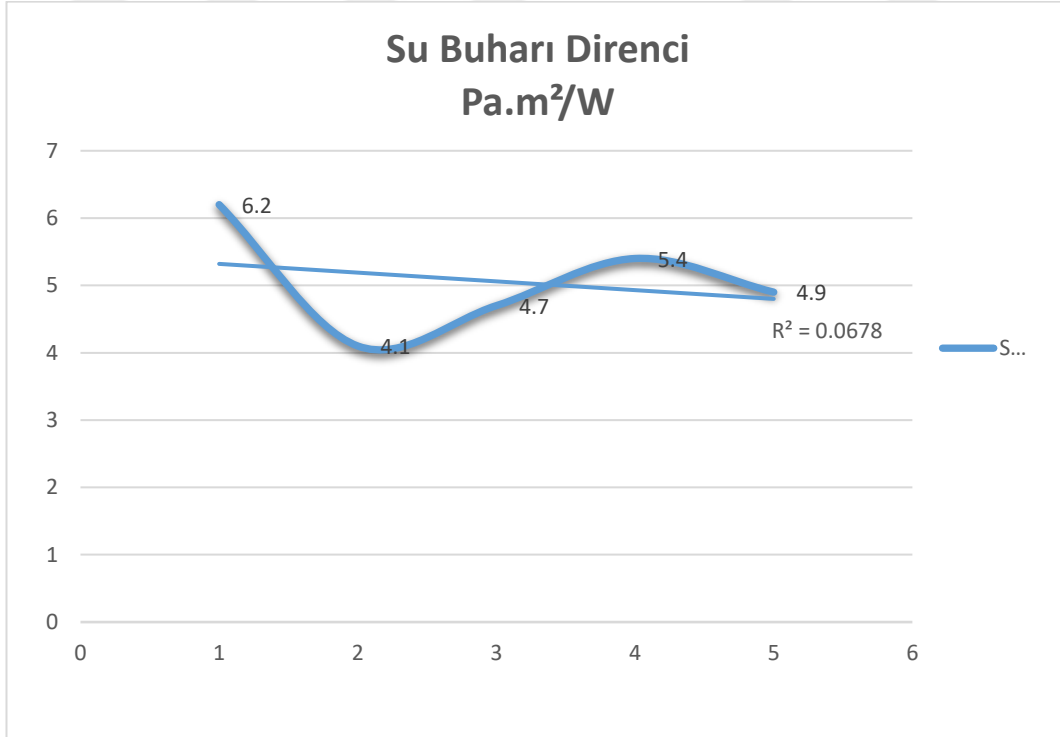


Şekil 4.24. Örgü 1 ve Çözü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş su buharı direncine olan etkisi

Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da 1 numaralı örgü ile 3 numaralı çözgü büküm faktörüne sahip çözgü iplikleri ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen kumaşlara ait bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci değerlerinin atkı büküm faktörüne göre değişimi verilmektedir. Şekillerdeki verilere göre su buharı geçirgenliği ve direnci değerleri atkı büküm faktörü azaldıkça düşük oranda azalma göstermektedir. Regresyon analizine göre elde edilen regresyon katsayısı (R^2) su buharı geçirgenliği ve direnci için sırasıyla 0,0102 ve 0,0678 olarak elde edilmiştir. Bu değerler sıfıra çok yakın olup doğrusal bir değişim olmadığını işaret etmektedir. Her iki eğride kendi içerisinde incelendiğinde kararlı bir değişim göstermeyip atkı ipliği büküm faktörüne bağlı olarak dalgalı bir seyir göstermektedir.



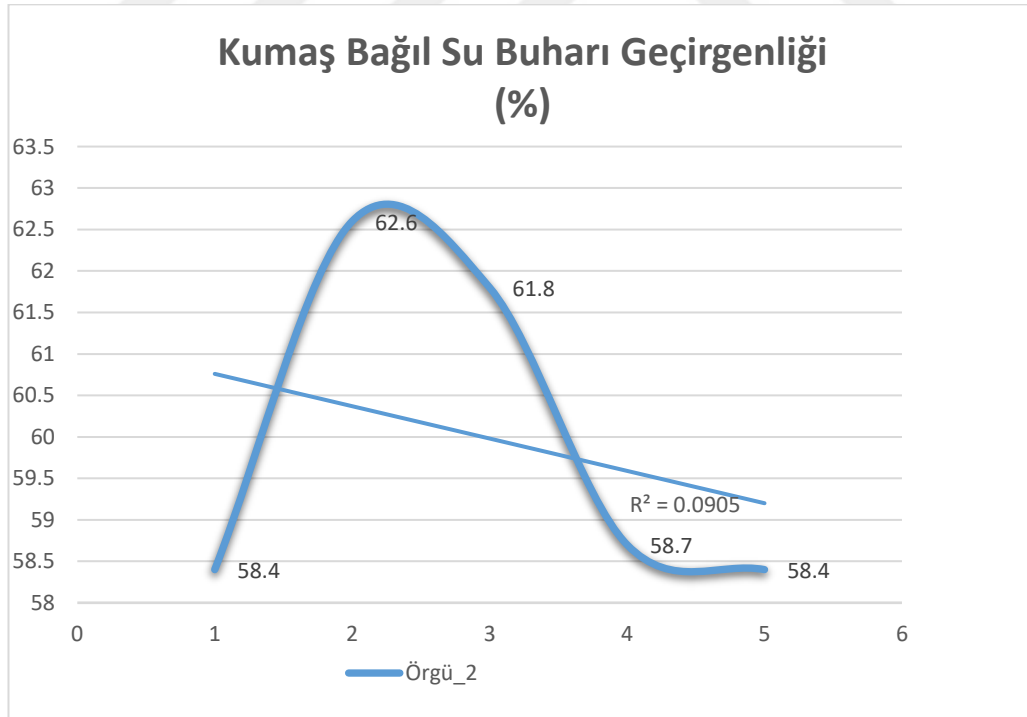
Şekil 4.25. Örgü 1 ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağlı su buharı geçirgenliğine olan etkisi



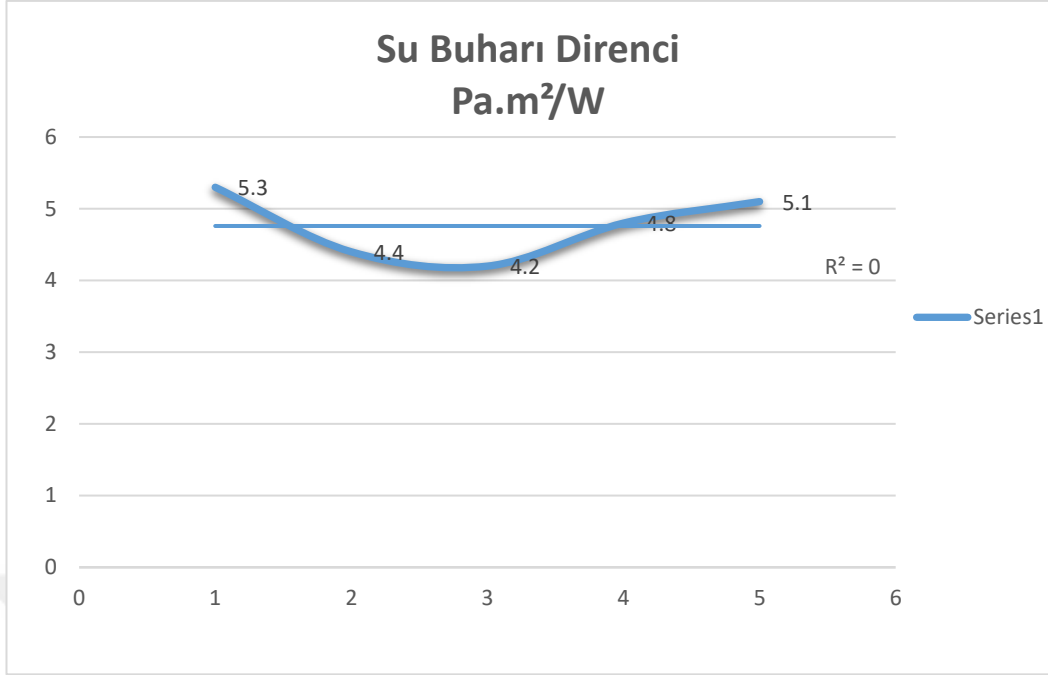
Şekil 4.26. Örgü 1 ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş su buharı direncine olan etkisi

Örgü 1 ve 3 farklı çözgü büküm katsayısına sahip iplikler ile 5 farklı atkı büküm katsayısına sahip iplikler kullanılarak dokunan kumaşlarda iplik büküm faktörlerine bağlı olarak azalan veya artış yönünde çok net değişimlerin olmadığı, eğrilerin de kendi içerisinde dalgalı bir seyir göstermesinden dolayı örgü 1 için iplik büküm faktörü ile belirlenen değişimlerin bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir.

Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de 2 numaralı örgü ile 1 numaralı çözgü büküm faktörüne sahip çözgü iplikleri, 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen kumaşlara ait bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci değerlerinin atkı büküm faktörüne göre değişimi gösterilmektedir. Şekillerdeki eğriler incelendiğinde hem su buharı geçirgenliği hem de su buharı direnci değerlerinin dalgalı bir değişim sergilediği görülmekte olup regresyon analizinden elde edilen doğruların eğimleri sıfıra yakın olup değişimin çok az olduğunu göstermektedir.

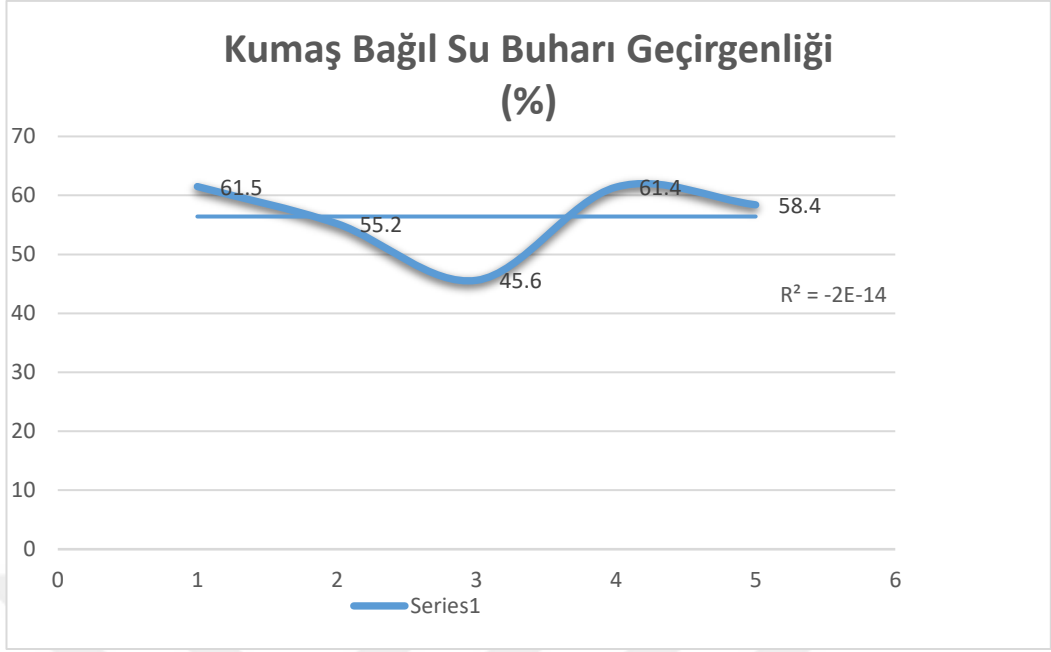


Şekil 4.27. Örgü 2 ve Çözgü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine olan etkisi

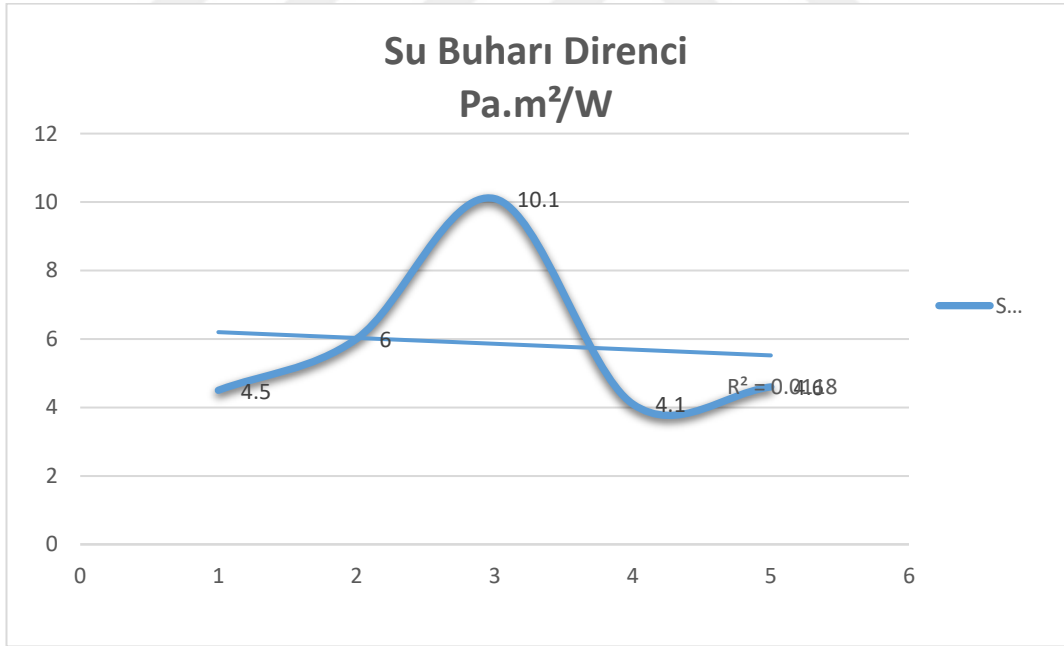


Şekil 4.28. Örgü 2 ve Çözüğü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş su buharı direncine olan etkisi

Şekil 4.29 ve Şekil 4.30’da 2 numaralı örgü ile 2 numaralı çözgü büküm faktörüne sahip çözgü iplikleri ve 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen kumaşlara ait bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci değerlerinin atkı büküm faktörüne göre değişimini göstermektedir. Şekillerdeki verilere göre atkı büküm faktörü azaldıkça gerek bağıl su buharı geçirgenliği gerekse su buharı direnci değerleri için artış ve azalmalar içeren dalgalı bir değişim göstermektedir. Regresyon analzine göre bağıl su buharı geçirgenliği atkı büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak azalma yönünde doğrusal bir eğri ile temsil edilirken, su buharı direnci ise yatay bir doğru ile temsil edilmektedir. İki eğriye ait regresyon değerleri sırası ile $R^2 = 0,0905$ ve $R^2 = 0$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler kararlı bir eğilime işaret etmezken eğrinin kendi içerisindeki dalgalanmalar atkı ipliği büküm faktörünün su buharı geçirgenliği üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmadığını ortaya koymaktadır.



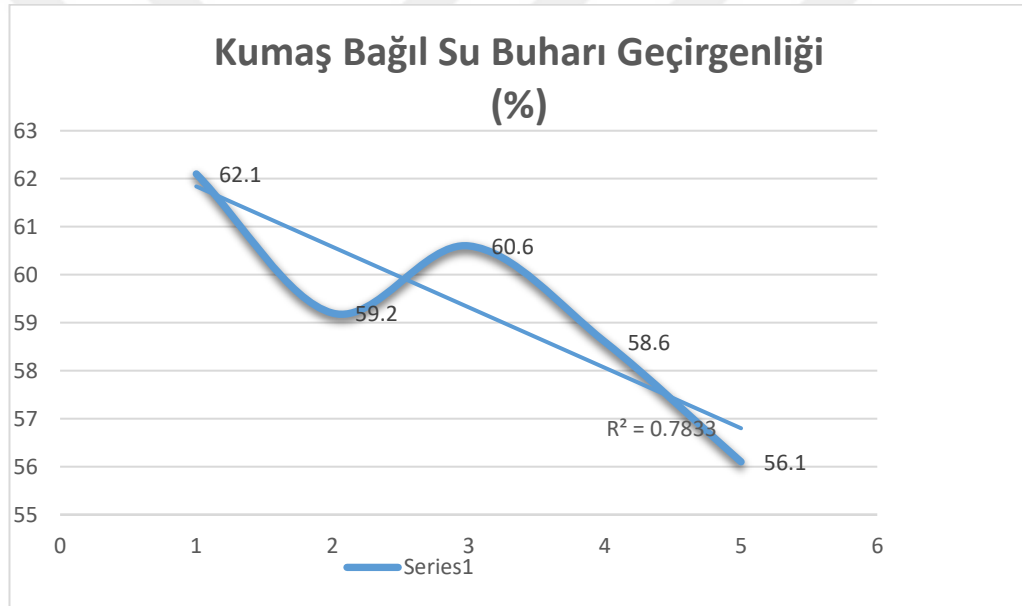
Şekil 4.29. Örgü 2 ve Çözüğü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağlı su buharı geçirgenliğine olan etkisi



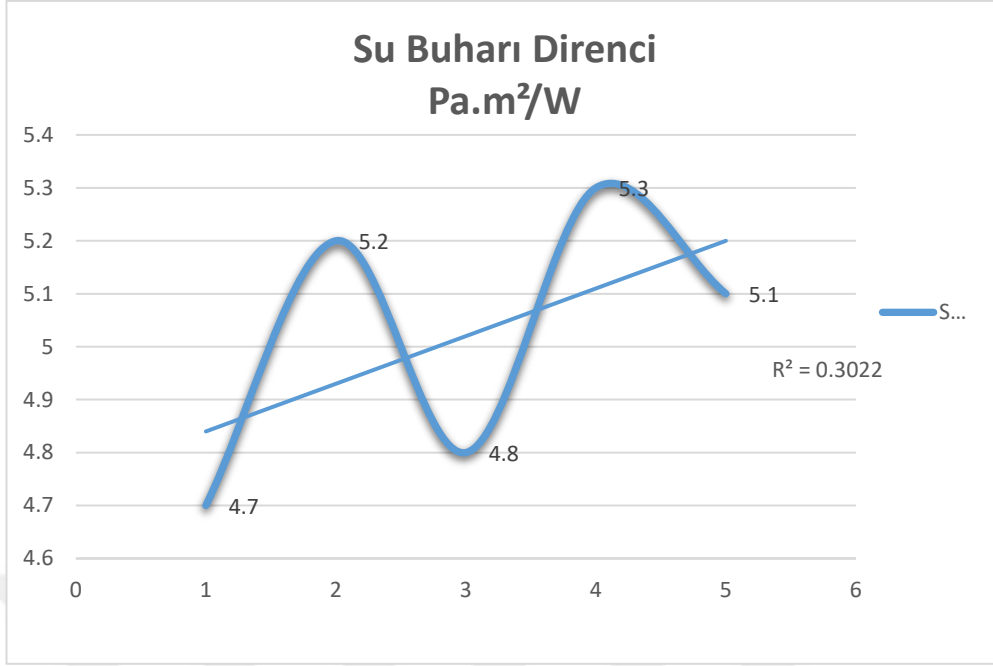
Şekil 4.30. Örgü 2 ve Çözüğü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş su buharı direncine olan etkisi

Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de 2 numaralı örgü ile 3 numaralı çözgü büküm faktörüne sahip çözgü iplikleri ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen

kumaşlara ait bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnç değerlerinin atkı büküm faktörüne göre değişimi verilmektedir. Eğriler incelendiğinde atkı büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak yüksek oranda dalgalı bir seyir izlediği görülmekte olup regresyon analizi ile elde edilen eğrilere göre bağıl su buharı geçirgenliği atkı ipliği büküm faktöründeki azalmaya göre artış yönünde, su buharı direnci ise azalma yönünde değişim göstermektedir. Regreasyon analizine göre elde edilen regresyon katsayısı (R^2) su buharı geçirgenliği ve direnci için sırasıyla $R^2 = 0,7833$ ve $R^2 = 0,3022$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler bağıl su buharı geçirgenliği değişiminin doğrusala daha yakın olduğunu göstermektedir. Su buharı direnci değeri ise doğrusallıktan ciddi oranda sapma göstermiştir.



Şekil 4.31. Örgü 2 ve Çözü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine olan etkisi

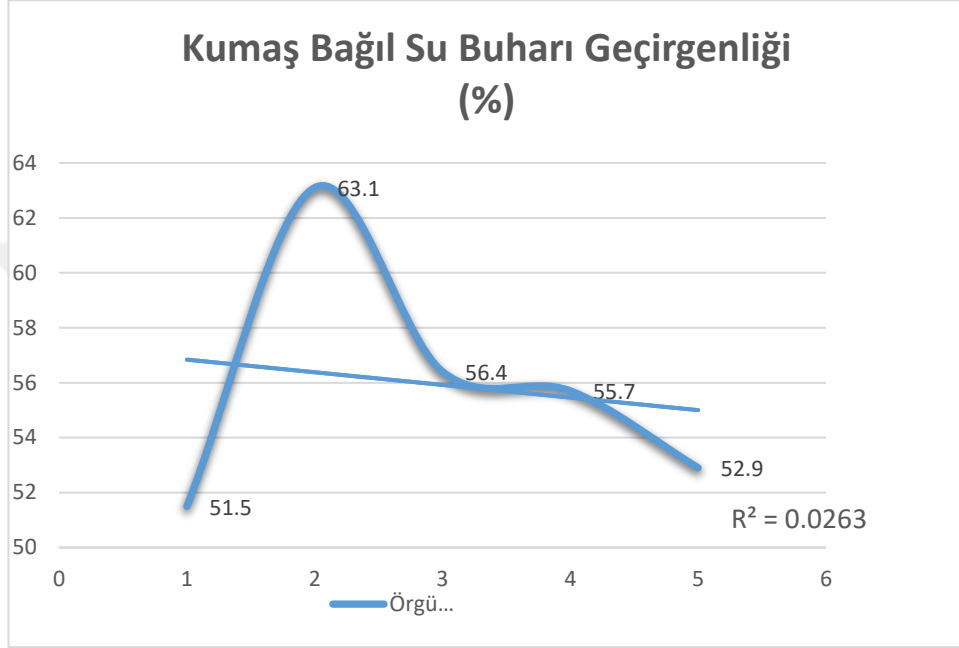


Şekil 4.32. Örgü 2 ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş su buharı direncine olan etkisi

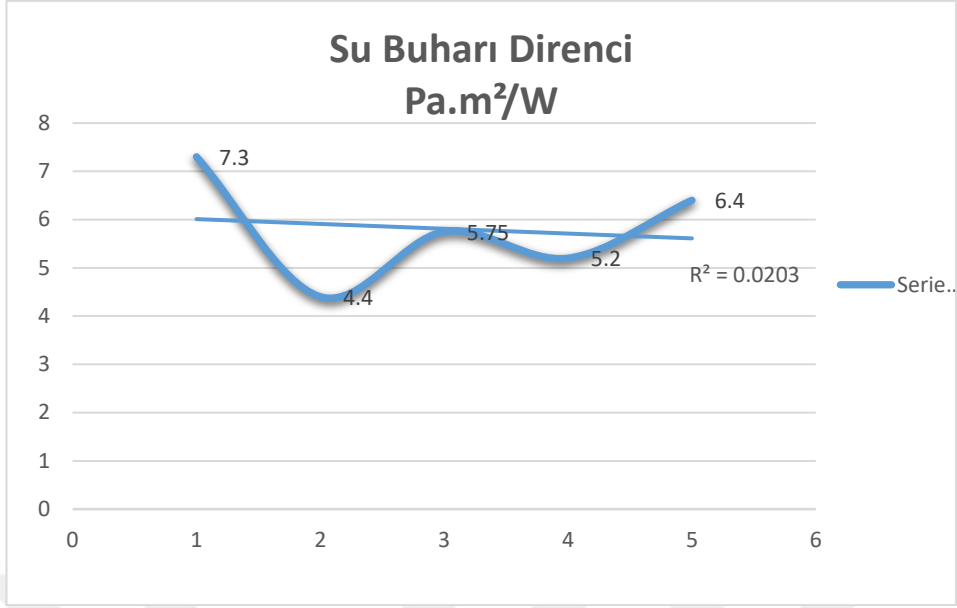
Örgü 2 ve 3 farklı çözgü büküm katsayısına sahip iplikler ile 5 farklı atkı büküm faktörüne sahip ipliklerle dokunan kumaşlarda iplik büküm faktörlerine bağlı olarak azalan veya artış yönünde çok net değişimlerin olmadığı eğrilerin kendi içerisinde de dalgalı bir seyir göstermesinden dolayı örgü 1 için iplik büküm faktörü ile belirlenen değişimlerin su buharı geçirgenliği ve direnci üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Örgü 2 için gözlemlenen değişimler Örgü 1 ile elde edilen su buharı geçirgenliği ve direnci değişkenlikleri ile paralellik göstermekte olup 2 farklı örgü ile elde edilen tek katlı kumaşlarda atkı ve çözgü iplik büküm faktörlerindeki değişimlerin kumaş su buharı geçirgenliği ve direnci üzerinde artış veya azalış yönünde belirleyici bir etki göstermediği değerlendirilebilir.

Şekil 4.33 ve Şekil 4.34’de 3 numaralı örgü ile 1 numaralı çözgü büküm faktörüne sahip çözgü iplikleri ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen kumaşlara ait bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci değerlerinin atkı büküm faktörüne göre değişimini göstermektedir. Şekillerdeki verilere göre bağıl su buharı geçirgenliği değerleri atkı büküm faktörü azaldıkça dalgalı bir seyir izlemekle birlikte

genel eğilim olarak azalma göstermektedir. Su buharı direnci ise atkı büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak dalgalı bir seyir izlemek ile birlikte aynı seviyede kalmaktadır. Bağlı su buharı geçirgenliği regresyon katsayısı $R^2 = 0,0263$ iken su buharı direnci eğrisinin regresyon katsayısı ise $R^2 = 0,0203$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler her iki durumda da değişimin doğrusallıktan uzak olduğunu göstermektedir.

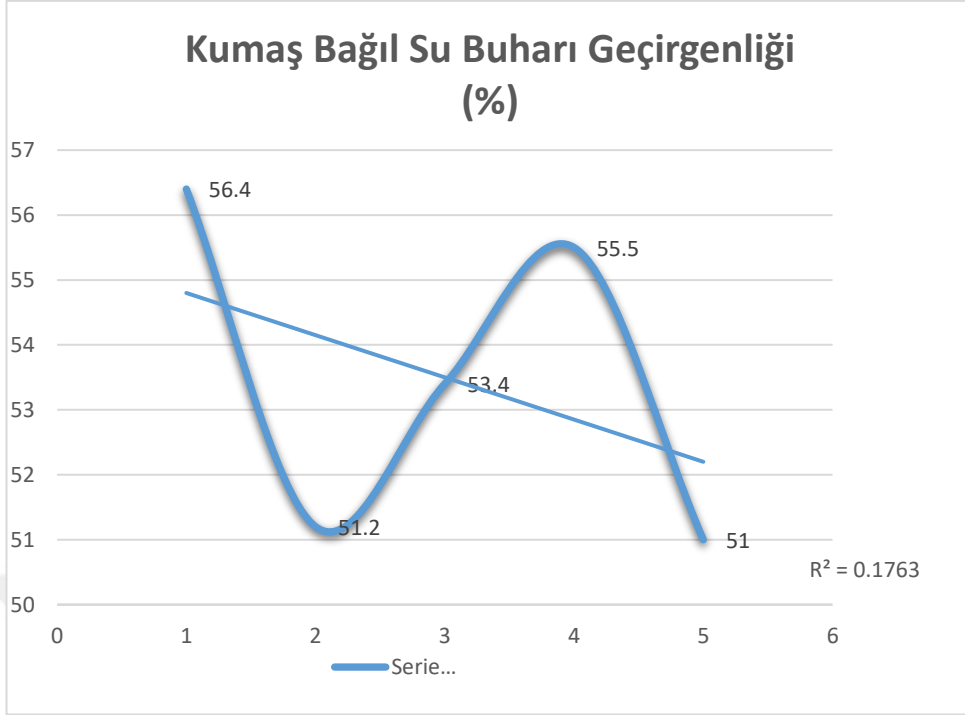


Şekil 4.33. Örgü 3 ve Çözü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağlı su buharı geçirgenliğine olan etkisi

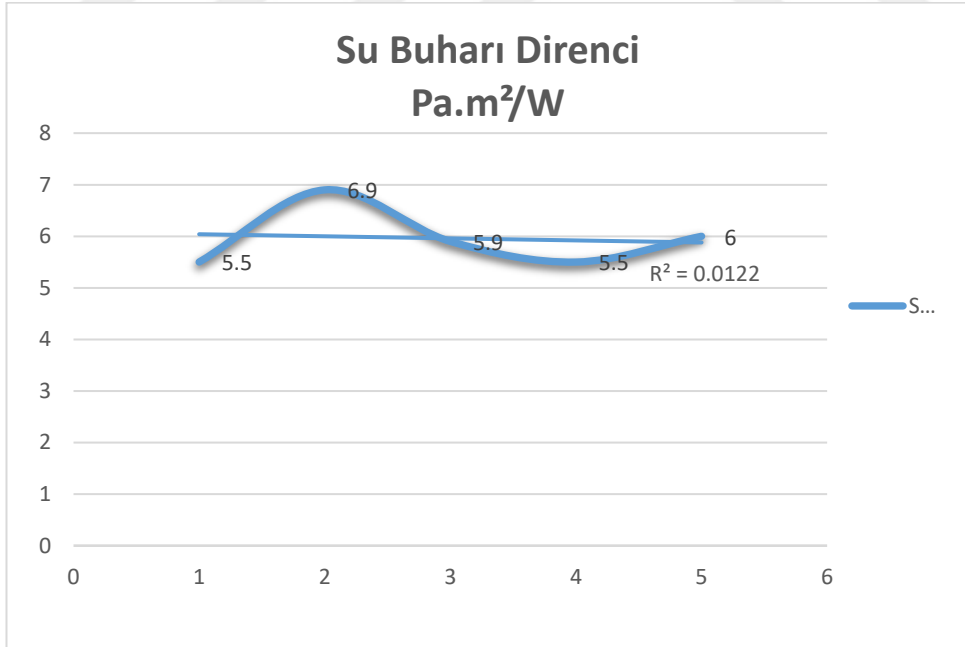


Şekil 4.34. Örgü 3 ve Çözüğü 1 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, su buharı direncine olan etkisi

Şekil 4.35 ve Şekil 4.36’da 3 numaralı örgü ile 2 numaralı çözüğü büküm faktörüne sahip çözüğü iplikleri ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen kumaşlara ait bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci değerlerinin atkı büküm faktörüne göre değişimi verilmektedir. Her iki şekilde de atkı büküm faktöründeki azalmaya karşılık su buharı geçirgenliği ve direncinde önemli bir değişim görülmemekte olup yatay regresyon eğrileri oluşmaktadır. Ancak eğrilerdeki dalgalı değişimden kaynaklı yatay olarak elde edilen doğruların regresyon katsayıları sırası ile $R^2 = 0,1763$ ve $R^2 = 0,0122$ olarak elde edilmiştir. Bu değerler eğrilerin doğru denklemi ile temsil edilmesinin uygun olmadığını göstermektedir.

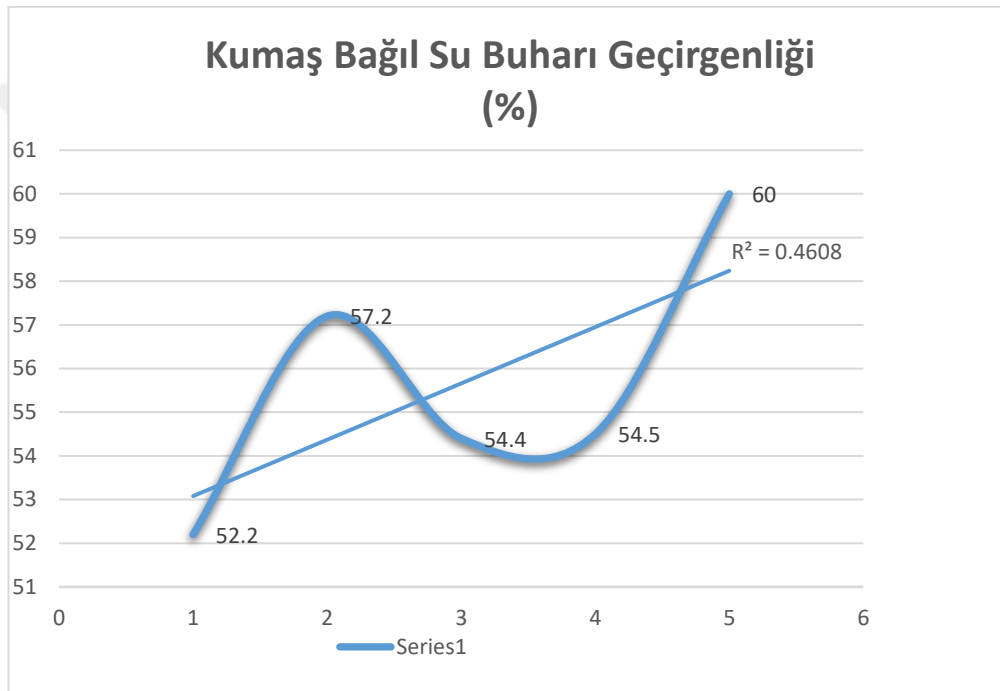


Şekil 4.35. Örgü 3 ve Çözüğü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağlı su buharı geçirgenliğine olan etkisi

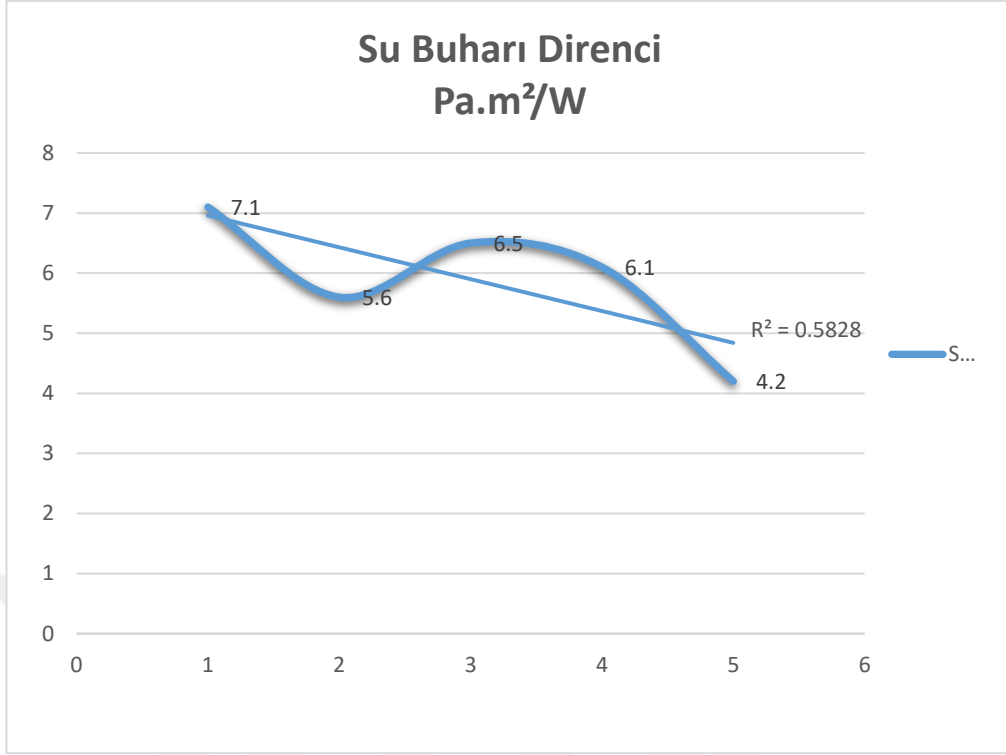


Şekil 4.36. Örgü 3 ve Çözüğü 2 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş su buharı direncine olan etkisi

Şekil 4.37 ve Şekil 4.38’de 3 numaralı örgü ile 3 numaralı çözgü büküm faktörüne sahip iplikler ile 5 farklı büküm faktörüne sahip atkı iplikleri kullanılarak üretilen kumaşlara ait bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci değerlerinin atkı büküm faktörüne göre değişimini göstermektedir. Bu durumda da gerek su buharı geçirgenliği gerekse su buharı direnci atkı iplik büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak büyük dalgalanma göstermekte olup su buharı geçirgenliği artış, direnci ise azalma eğilimindedir. Regresyon katsayıları su buharı geçirgenliği ve direnci için sırasıyla $R^2 = 0,4608$ ve $R^2 = 0,5828$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler de güçlü bir doğrusal ilişkiyi işaret etmemektedir.



Şekil 4.37. Örgü 3 ve Çözgü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş bağıl su buharı geçirgenliğine olan etkisi



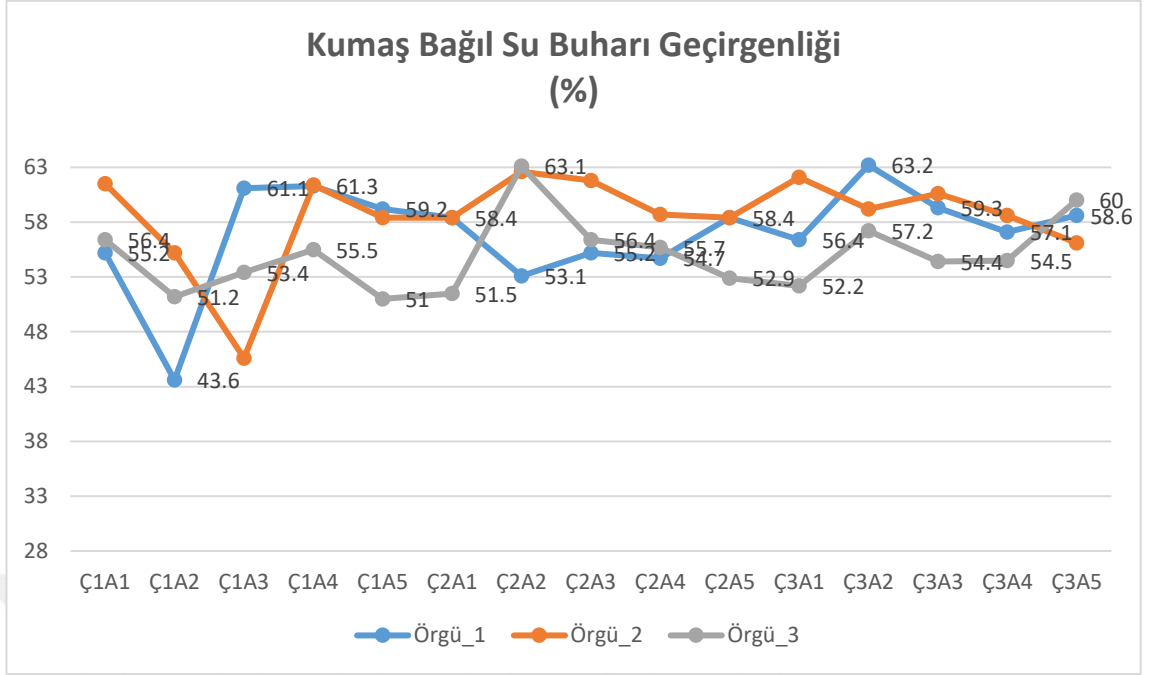
Şekil 4.38. Örgü 3 ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş su buharı direncine olan etkisi

Yukarıda 3 farklı örgü için verilen çözgü ve atkı ipliği büküm faktörlerinin bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnç değişimlerine olan etkisi bütün olarak incelendiğinde gerek çözgü gerekse atkı ipliği büküm faktörlerinin değişimleri, su buharı geçirgenliği ve direnci üzerinde aynı yönde belirleyici bir değişime sahip olmadığı görülmektedir. Eğriler kendi içerisinde artış ve azalmalar içeren değişimler göstermektedir. Bu da yüksek atkı ve çözgü büküm faktörleri ile en düşük atkı ve çözgü büküm faktörlerine sahip iplikler ile dokunan kumaşların su buharı geçirgenlik ve direnç değerlerinde anlamlı farklar oluşturmadığını ortaya koymaktadır. 3 farklı örgünün tüm kumaş yapıları için su buharı geçirgenliği ve direnci üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu daha net olarak görebilmek için her bir örgü için 15 farklı kumaş yapısına ait su buharı geçirgenlik ve direnç değerlerini gösteren 2 farklı grafik çizilmiştir, bunlar şekil 4.39 ve Şekil 4.40'da görülmektedir.

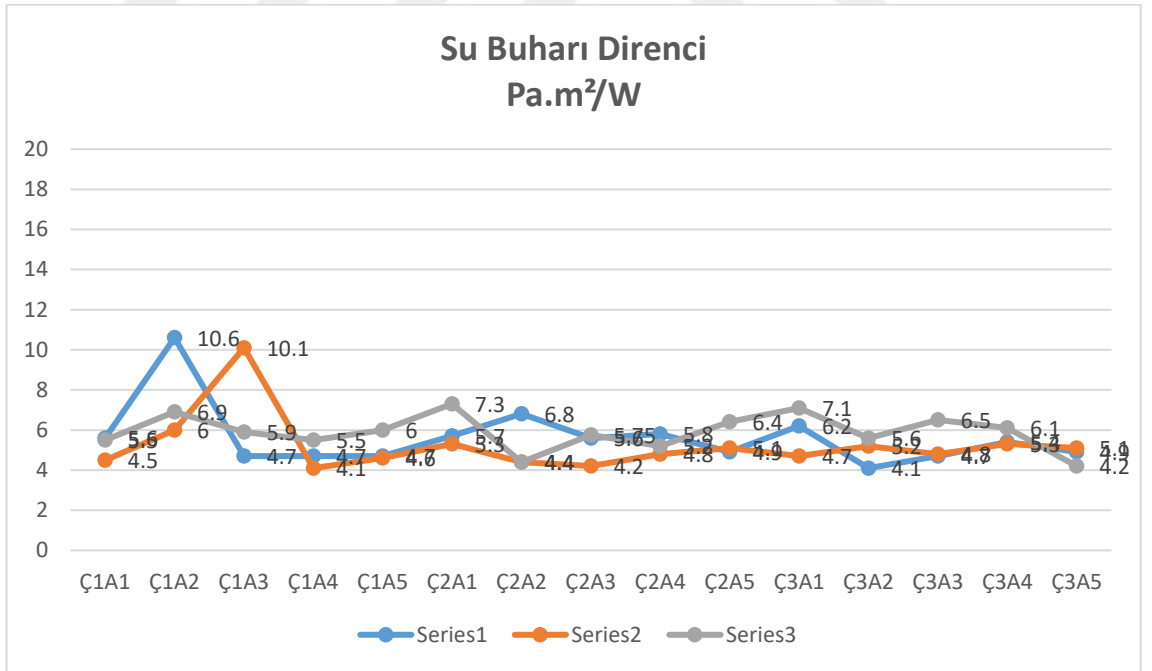
Şekil 4.39 3 farklı örgü için her biri 15 adet kumaş numunesine ait bağıl su buharı geçirgenlik değerlerini göstermektedir. Bağıl su buharı geçirgenlik değerlerinde her bir

örgüde artış ve azalmalar içeren dalgalı bir değişim söz konusu olup kumaş yapılarının çoğunda iki katlı kumaş yapısına sahip örgü 3 nispeten daha düşük değerler almıştır. Örgü 1 ve örgü 2 ile dokunan kumaşlar tek katlı olup örgü farklılığına rağmen aralarında kumaş yapılarının çoğunu içeren daha yüksek veya daha düşük değerler içeren kısımlar bulunmaktadır.

Su buharı direnci eğrisi incelendiğinde ise 3 örgüye ait örgülerin de bazı numunelerde birbirine göre yüksek bazı numunelerde ise daha düşük değerler aldığı, genel olarak aynı değer bandında değiştiği görülmektedir. Sonuç olarak ısı direnç değişiminde olduğu gibi örgü ve atkı ile çözgü büküm faktörü arasındaki değişimlerin, bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci üzerinde artış ve azalma yönünde değişim gösteren bir eğilim ortaya koymadığı görülmektedir. Su buharı geçirgenliği değerleri vücut ile temas halinde olan kumaşlarda terleme sebebiyle ortaya çıkan suyun dışarıya iletilmesi esas olduğundan 3 farklı örgü 3 farklı çözgü büküm faktörü ve 5 farklı atkı büküm faktörü ile üretilen kumaşlarda su buharı geçirgenliği anlamında (numuneler arasında dalgalı bir değişim olsa da) önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Bu durum ısı dirençte artış olurken su buharı geçirgenliğinde mevcut seviyenin korunması açısından kumaş konforu için pozitif bir sonuç olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.39. Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait kumaş bağlı su buharı geçirgenliği değerlerinin karşılaştırması

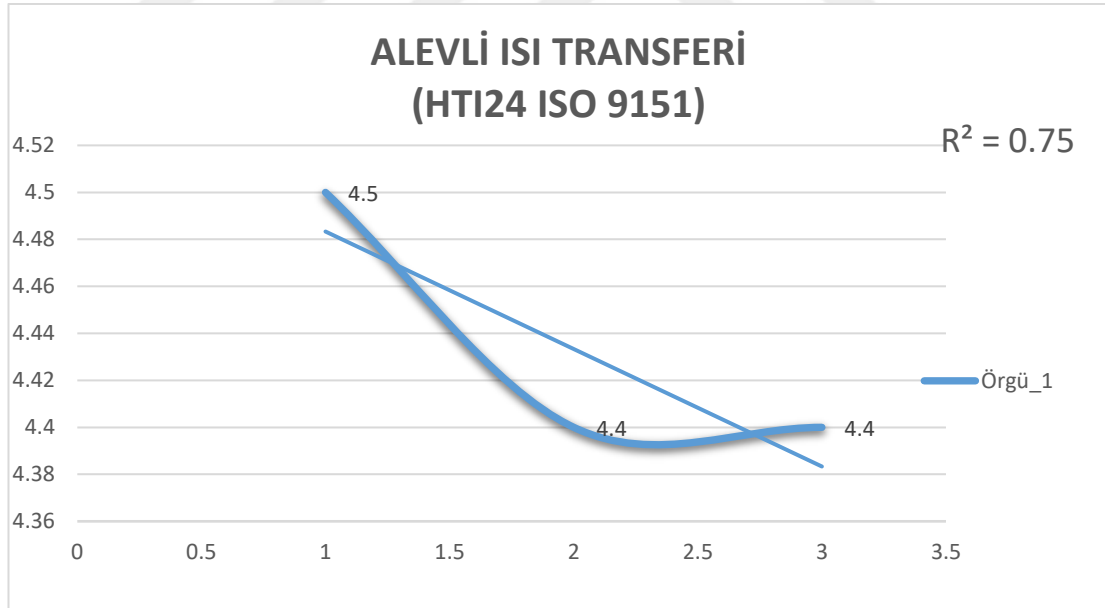


Şekil 4.40. Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait kumaş su buharı direnç değerlerinin karşılaştırması

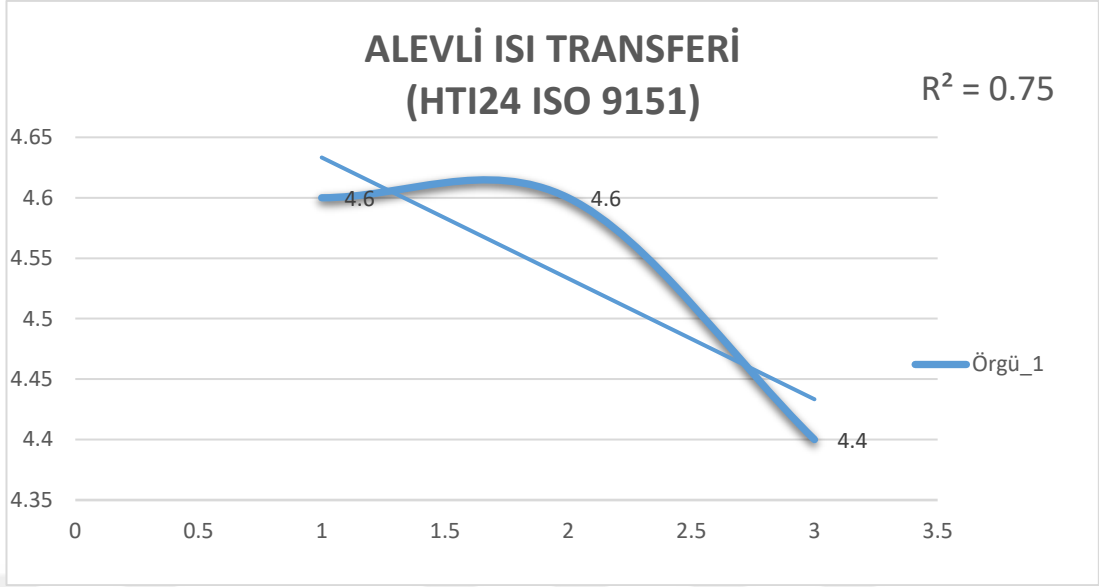
4.5. Alevli Isı Transferi Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Şekil 4.41 ve Şekil 4.42’de 1 nolu örgü ile 1 ve 3 nolu çözgü iplikleri için atkı iplik büküm faktörü 3 farklı değer arasında değiştirilerek üretilen iplikler ile üretilen kumaşların alevli ısı transferi değişimini göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi en düşük ve en yüksek iplik büküm katsayıları arasında 2-3% seviyelerinde bir değişim görülmektedir ve bu değişim $R^2 = 0,75$ değeri ile temsil edilen negatif eğimli bir doğru denklemi şeklinde ifade edilebilmektedir.

Örgü 1 çözgü 3 durumunda yine azalan atkı iplik büküm faktörüne göre alevli ısı transferi eğrisinde 5% seviyelerinde azalma yönünde bir değişim ($R^2 = 0,75$) görülmektedir. Her iki durumda da 3 değerden 2’si birbirine yakın olup bir kumaş konstrüksiyonu sapma göstermiştir. Numune sayısı az olduğu için değişimin şekli konusunda çok net ifade de bulunulamasada alevli ısı transferi değerleri üzerine atkı ipliği büküm faktörünün büyük bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

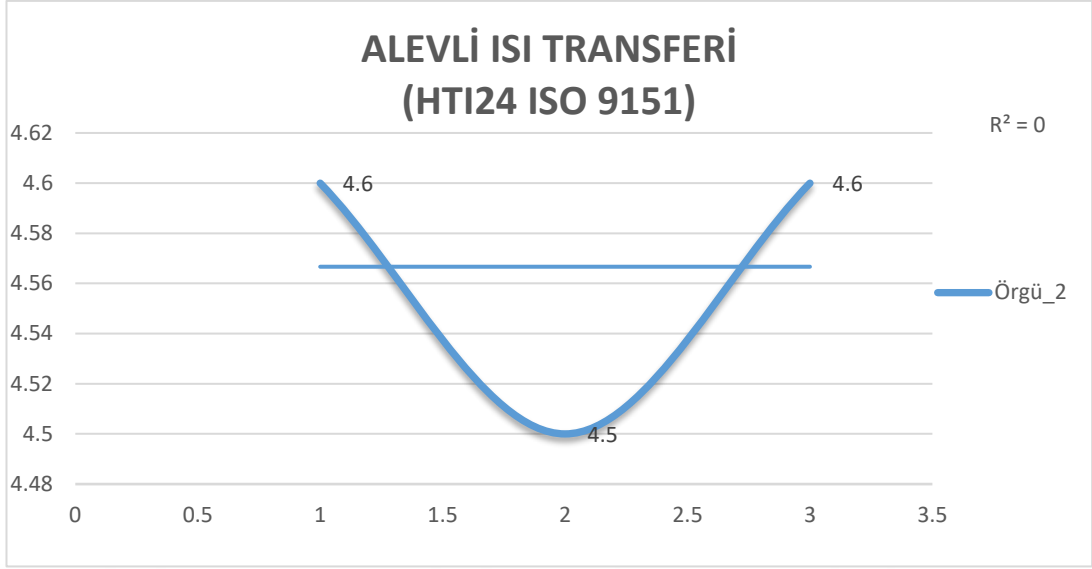


Şekil 4.41. Örgü 1 ve Çözgü 1 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi

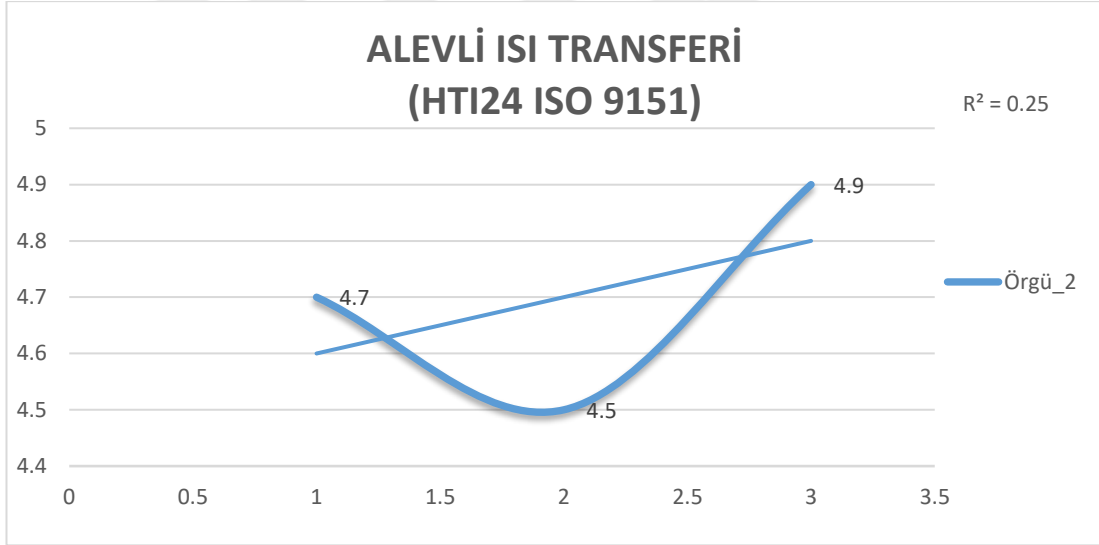


Şekil 4.42. Örgü 1 ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi

Şekil 4.43 ve Şekil 4.44’de 2 nolu örgü ile 1 ve 3 nolu çözgü iplikleri için atkı iplik büküm faktörü 3 farklı değer arasında değiştirilerek üretilen iplikler ile dokunan kumaşlar için alevli ısı transferi değişimi gösterilmektedir. Örgü 2 çözgü 1 eğrisinde 2-3% seviyelerinde dalgalanma ile yatay bir değişim ($R^2 = 0$) gözlenirken, örgü 2 çözgü 3 eğrisinde $R^2 = 0,25$ regresyon katsayısı değeri ile değişim gösteren bir artış gözlenmiştir. Ancak 3 farklı değer azalma ve artış şeklinde ısı transferi değişimi göstermiştir. 3 farklı numune için hassas bir değişim beklemek mümkün olmamakla birlikte 2 adet çözgüye ait değişimler birbirinden çok büyük farklılıklar göstermemiş olup 2 iplik büküm faktörlerinin, örgü aynı kalmak koşulu ile alevli ısı transferi üzerinde belirleyici bir değişim göstermediği gözlenmektedir.



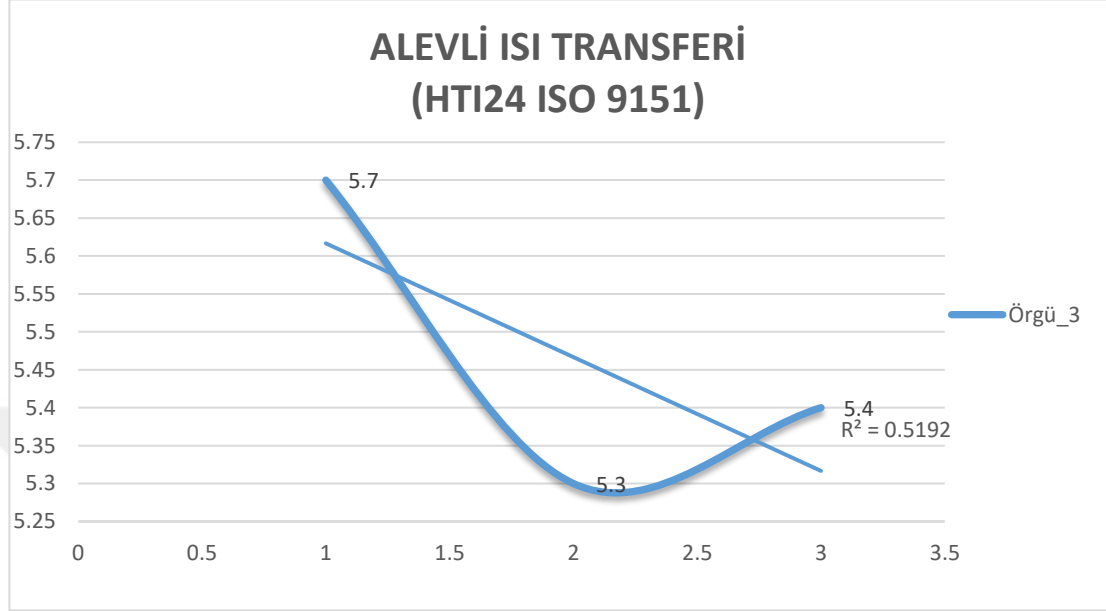
Şekil 4.43. Örgü 2 ve Çözüğü 1 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi



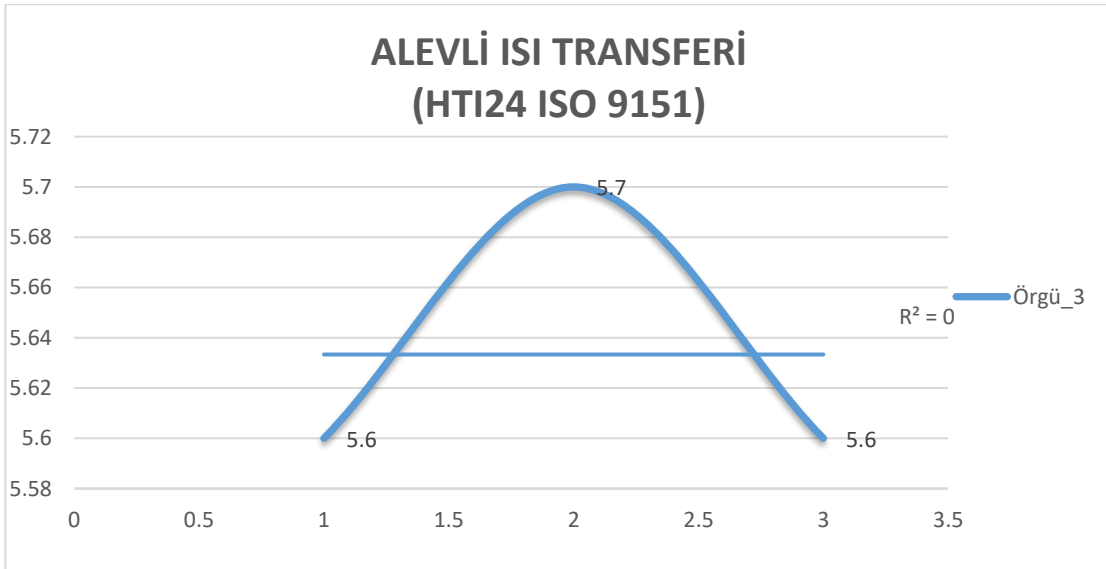
Şekil 4.44. Örgü 2 ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi

Şekil 4.45 ve Şekil 4.46'da 3 nolu örgü ile 1 ve 3 nolu çözgü için atkı iplik büküm faktörü 3 farklı değer arasında değiştirilerek üretilen iplikler ile dokunan kumaşın alevli ısı transferi değişimini göstermektedir. Bu durumda da her iki çözgü büküm faktörü için atkı ipliği büküm faktörü azaldıkça elde edilen değişimler örgü 2'deki değişimler ile paralellik göstermektedir. Ancak kumaşların çift katlı olmasından dolayı alevli ısı transferi test

sonuçları (yani kumaşın iki yüzü arasındaki 24 °C derecelik sıcaklık farkı oluşum süresi) daha yüksek değerler olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.45. Örgü 3 ve Çözüğü 1 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi

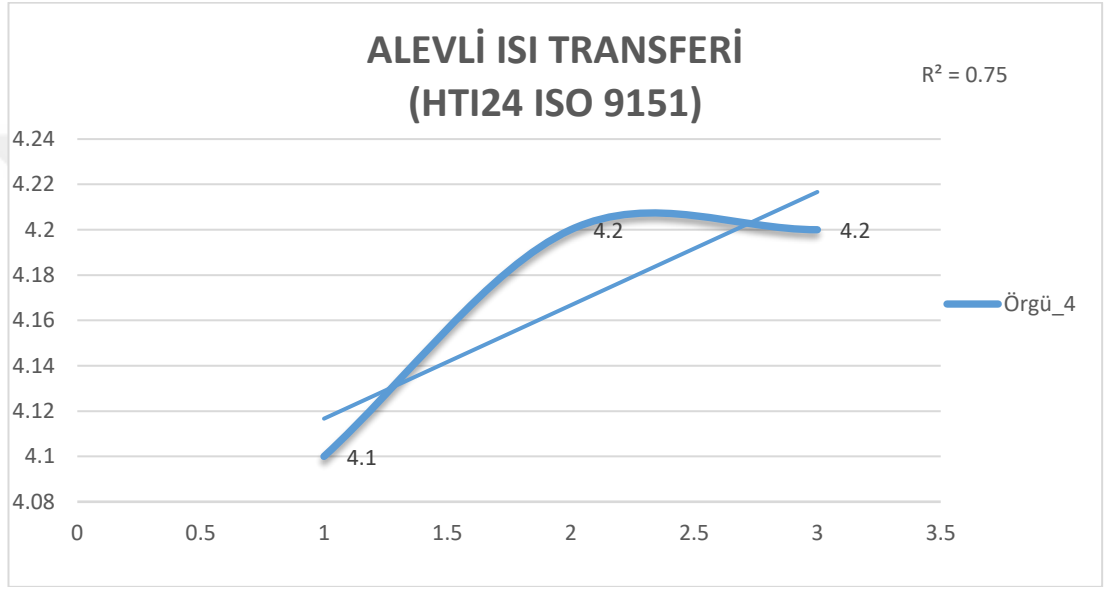


Şekil 4.46. Örgü 3 ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi

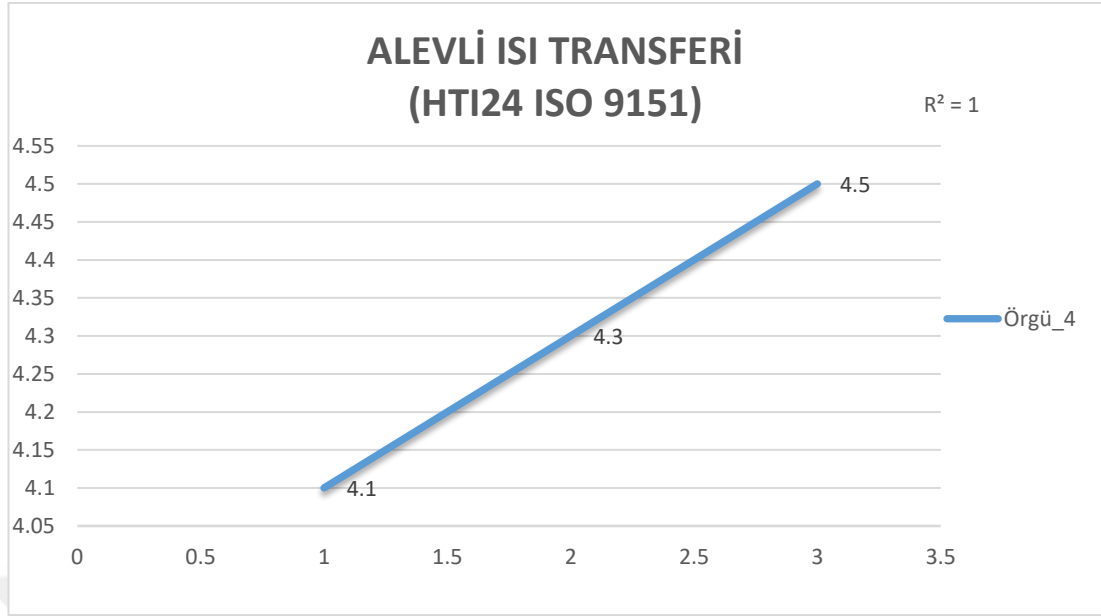
4 numaralı örgü ile üretilen kumaş esasında ticari olarak yaygın kullanılan bir kumaş tipi olup bu çalışmada geliştirilen kumaş konstrüksiyonlarının performansını karşılaştırmak

için aynı atkı ve çözgü iplik büküm faktörleri ile tekrar dokunmuştur. Dolayısıyla sadece karşılaştırma amacıyla kontrol numunesi olarak üretilmiştir.

Hem çözgü 1 hemde çözgü 3 için alevli ısı transfer eğrileri incelendiğinde iplik büküm faktörü azaldıkça artış eğilim ortaya çıkmış ve 3 değer arasında 10%'a kadar değişim gözlemlense de bu değişimlerin sadece 3 farklı deney sonucundan oluştuğu için çok belirleyici rakamlar olmadığı değerlendirilebilir.



Şekil 4.47. Örgü 2/1 Z Dimi ve Çözgü 1 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi

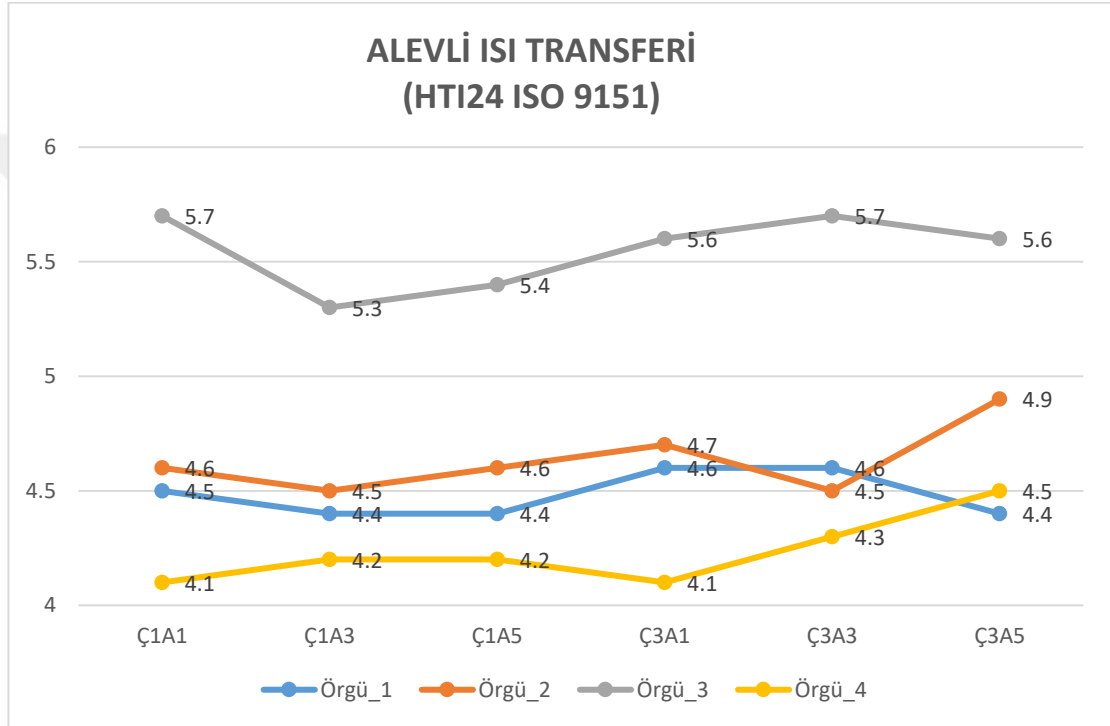


Şekil 4.48. Örgü 4 (2/1 dimi) ve Çözüğü 3 sabit, Atkı 1-3-5 arasındaki (yüksek bükümden düşük büküme) değişimin, kumaş alevli ısı transferi değerine olan etkisi

Yukarıdaki değerlendirmeler ve eğriler her bir örgü için çözgü ve atkı büküm faktörlerindeki değişimlerin alevli ısı transferi değerleri üzerine etkisini göstermektedir. Bazı kumaş yapılarında artış bazılarında azalma, bazılarında ise yaklaşık sabit kalma şeklinde değişimler gözlenmiştir. Ayrıca her bir eğriye ait 3 değer arasındaki test sonuçlarının da çok büyük dalgalanmalar (çoğunda 3-5% arasında) göstermediği görülmektedir. Net olarak iplik büküm faktöründeki azalmanın etkisi ortaya çıkmamıştır. Bundan dolayı atkı iplik büküm faktörünün pratik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisindeki değişiminin kumaşların alevli ısı transferi özelliği üzerinde belirleyici bir etkisi olmadığı görülmektedir.

İplik büküm faktöründeki değişimler alevli ısı transferi değerinde belirleyici bir etki göstermezken örgü çeşitleri tüm kumaş konstrüksiyonları için Şekil 4.49'daki gibi bir değişim göstermiştir. 4 farklı örgüye ait alevli ısı transferi değerlerinin kumaş konstrüksiyonuna göre değişimleri incelendiğinde net olarak fark edilen değişimler gözlenmektedir. Sıralama olarak örgü 2/1 dimi, örgü 1, örgü 2 ve örgü 3 şeklinde artan sırada alevli ısı transferi değişimleri açık olarak ortaya çıkmıştır. Ortalama alevli ısı transferi değerleri örgü 2/1 dimi, örgü 1, örgü 2 ve örgü 3 için sırasıyla 4,23, 4,48, 4,63 ve 5,55 olarak ortaya çıkmıştır. Buna göre tez kapsamında geliştirilen tek katlı örgü 1 ve örgü 2 ile üretilen kumaşlar örgü 2/1 dimi ile üretilen kontrol kumaşına göre sırasıyla %6

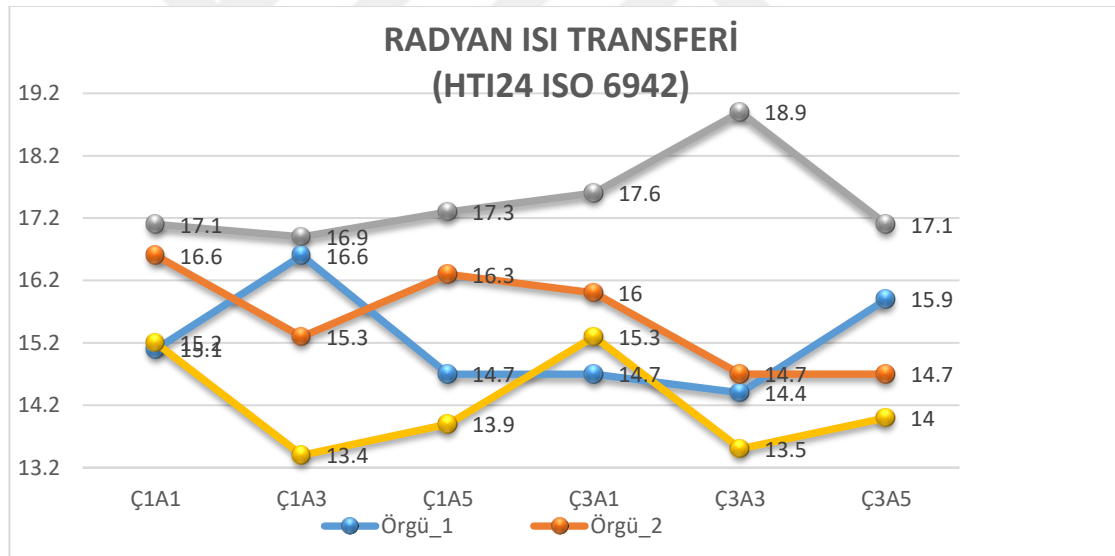
ve %9 daha yüksek performans göstermişlerdir. Bu durum tasarlanan örgü 1 ve örgü 2'nin örgü 2/1 dimiye nazaran daha fazla hacimli bir yapıya sahip olması sebebiyle ısı geçişine karşı daha yüksek direnç göstermesiyle ilgilidir. Benzer şekilde 2 katlı kumaş da olsa 3 nolu örgü ile üretilen kumaşta alevli ısı transferi değeri örgü 4'e göre (kontrol kumaşı) 30% seviyelerinde artış göstermiştir. Bu sonuç tasarlanan kumaşlarda aynı gramajda dahi olsa örgü farkı ile daha yüksek hacim veya kalınlık oluşturma'nın alevli ısı transferi üzerinde daha büyük dirence sahip bir etki gösterdiğini net olarak ortaya koymaktadır.



Şekil 4.49. Örgü 4 (2/1 dimi), Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait kumaş alevli ısı transferi değerlerinin karşılaştırması

Radyan ısı transferi test sonuçları yine aynı kumaş numuneleri için elde edilmiştir her bir örgü için 1 ve 3 numaralı çözgü büküm faktörleri ile 1,3 ve 5 numaralı atkı büküm faktörleri için elde edilen sonuçlar iplik büküm faktörlerine göre değerlendirildiğinde alevli ısı transferi ile iplik büküm faktörleri arasındaki değişimler ile paralellik göstermektedir. İplik büküm faktörlerinin radyan ısı transferi üzerine etkisi belirleyici bir sonuç olarak ortaya çıkmamıştır. Ancak örgü ile ilgili durumda alevli ısı transferi değerlerine benzer bir sonuç ortaya çıkmıştır. Şekil 4.50, 4 farklı örgü için radyan ısı transferi eğrilerinin çözgü ve atkı iplik büküm faktörlerinin farklı olduğu farklı kumaş

yapıları için değişimini göstermektedir. Eğriler nispeten dalgalı bir değişim gösterse de ortalama değerleri hesaplanmış ve karşılaştırmalar buna göre yapılmıştır. Örgü 2/1 dimi için 6 farklı kumaş yapısının ortalama radyan ısı iletim değeri 14,2 sn, örgü 1, örgü 2 ve örgü 3 içinse sırasıyla 15,2 sn, 15,6 sn ve 17,5 sn olarak hesaplanmıştır. Bu değerler kontrol numunesi olarak üretilen 2/1 dimi örgülü kumaş ile karşılaştırıldığında sırası ile örgü 1 için %7,2 örgü 2 için 9,7% ve örgü 3 için 17,5% artış olarak hesaplanmıştır. Neticede alevli ısı transferi testinde olduğu gibi tasarımıyla bir dokuma kumaş gramajı aynı kalsa da daha hacimli veya içeriğinde daha fazla hava boşluğu olacak şekilde tasarlandığında radyan ve alevli ısı transferi zorlaşmakta ve kumaşın iki yüzü arasında meydana gelen sıcaklık farkı için gerekli olan süre artmaktadır. Bu sonuç uygulamada yaygın olarak kullanılan ve genelde dimi 2/1 örgü ile üretilen dokuma kumaşlara alternatif olarak farklı örgüler ile dokunan kumaşlar ile ısı korumanın artırılabilceği sonucunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4.50. Örgü 4 (2/1 dimi), Örgü 1, Örgü 2 ve Örgü 3 ait kumaş radyan ısı transferi değerlerinin karşılaştırması.

Kumaş numunelerine uygulana son güç tutuşurluk performans testi ise endüstride yaygın olarak dikey yanmazlık testi olarak bilinen, Sınırlı Alev Yayılımı testi olup test sonuçları Çizelge 4.2’de belirtilmiştir. Bu teste göre kumaşlar alev kaynağına maruz bırakılmış ve sonrasında alev kaynağı uzaklaştırıldığında kumaşların kendiliğinden sönme davranışı gösterdiği görülmüş olup, Alev Maruziyeti Sonrası Sönme Süresi 0 saniye olarak

ölçülmüştür. Alev yürüme mesafesi incelendiğinde ise kumaş numuneleri arasında bir takım farklılıklar olmakla beraber atkı büküm faktörü, çözgü büküm faktörü ve örgünün belirlediği net bir değişim görülmemiştir, bu durumda kumaşlara malzeme ile verilen güç tutuşurluk özelliği üzerine kumaş yapısının anlamlı bir etkisinin olmadığı değerlendirilmesi yapılabilir. Kumaş numunelerine uygulanan son test olan dikey yanmazlık testi sonuçları Çizelge 4.2.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan (Örgü 1, Örgü 2, Örgü3 ile 2 farklı çözgü ve 3 farklı atkı büküm faktörü sahip iplikler kullanılarak üretilen) kumaşların dikey yanmazlık ölçüm sonuçları

Numune Tanımı	Örgü Tipi	Numune Yönü	Alev Maruziyeti Sonrası Görünüm	Alev Maruziyeti Sonrası Sönme Süresi (sn)	Damlama Var/Yok	Korlu Yanma Süresi	Alev Yürüme Mesafesi (mm)
Ç1A1Ö1	Örgü-1	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	55
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	60
Ç1A1Ö2	Örgü-2	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	58
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	60
Ç1A1Ö3	Örgü-3	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	48
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	51
Ç1A1Ö4	Örgü-4	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	65
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	70

Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan (Örgü 1, Örgü 2, Örgü3 ile 2 farklı çözgü ve 3 farklı atkı büküm faktörü sahip iplikler kullanılarak üretilen) kumaşların dikey yanmazlık ölçüm sonuçları (devam)

Numune Tanımı	Örgü Tipi	Numune Yönü	Alev Maruziyeti Sonrası Görünüm	Alev Maruziyeti Sonrası Sönme Süresi (sn)	Damlama Var/Yok	Korlu Yanma Süresi	Alev Yürüme Mesafesi (mm)
Ç1A3Ö1	Örgü-1	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	60
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	50
Ç1A3Ö2	Örgü-2	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	70
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	65
Ç1A3Ö3	Örgü-3	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	46
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	48
Ç1A3Ö4	Örgü-4	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	70
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	60
Ç1A5Ö1	Örgü-1	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	55
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	70
Ç1A5Ö2	Örgü-2	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	55
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	45
Ç1A5Ö3	Örgü-3	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	45
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	55
Ç1A5Ö4	Örgü-4	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	50
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	52
Ç3A1Ö1	Örgü-1	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	70
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	70
Ç3A1Ö2	Örgü-2	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	60
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	60
Ç3A1Ö3	Örgü-3	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	46
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	46
Ç3A1Ö4	Örgü-4	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	65
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	58
Ç3A3Ö1	Örgü-1	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	55
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	65
Ç3A3Ö2	Örgü-2	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	60
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	63

Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan (Örgü 1, Örgü 2, Örgü3 ile 2 farklı çözgü ve 3 farklı atkı büküm faktörü sahip iplikler kullanılarak üretilen) kumaşların dikey yanmazlık ölçüm sonuçları (devam)

Numune Tanımı	Örgü Tipi	Numune Yönü	Alev Maruziyeti Sonrası Görünüm	Alev Maruziyeti Sonrası Sönme Süresi (sn)	Damlama Var/Yok	Korlu Yanma Süresi	Alev Yürüme Mesafesi (mm)
Ç3A3Ö3	Örgü-3	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	73
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	65
Ç3A3Ö4	Örgü-4	Atkı	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	65
		Çözgü	Köşeye ulaşmadı.	0	Damlama yok	0	67

4.6. Kumaş Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmada kapsamında geliştirilen farklı kumaş yapıları ısı koruma ve giyim konforu açısından değerlendirilmiştir. Örgü ve iplik büküm faktörü farklılığına göre bu kumaşların kullanım açısından önem arz eden özelliklerinin nasıl değiştiğine yönelik bir araştırmaya ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla 2 farklı çözgü büküm faktörü, 3 farklı örgü ve 3 farklı atkı büküm faktörüne sahip kumaş konstrüksiyonlarından alınan numunelerin aşınma davranışları martindale test cihazı kullanılarak araştırılmıştır. Test sonuçları Çizelge 4.3’de görülmektedir.

Koruyucu giysi sektöründe 100.000 devir/dk test sonucu ve üzeri değerler kabul edilebilir sonuçlar olup bir kumaş numunesi hariç bu şartı tüm konstrüksiyonlar sağlamaktadır. 70.000-80.000 devir/dk olan aşınma değeri atkı ve çözgü büküm faktörünün en düşük, iplik atlamalarının da maksimum olduğu 2 numaralı örgüye sahip kumaş yapısında görülmüştür. Kullanılması düşünüldüğü takdirde örgüdeki atlama sayısının biraz azaltılması ve/veya atkı ve çözgü büküm faktörlerinin bir miktar yükseltilmesi aşınma değerini 100.000 devir/dk üzerine çıkartması beklenmektedir. Atkı ve çözgü büküm faktörlerinin en yüksek olduğu 2 ve 3 numaralı yapılarında 500.000 devir/dk üzerinde aşınma test sonuçları elde edilmiştir. Kumaşların aşınma dayanım performansı üzerinde atkı ve çözgü iplik büküm faktörlerinin örgüye nazaran daha etkili olduğu ve büküm faktörleri azaldıkça aşınma test sonuçlarında da azalma eğilimi olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3. Çalışmada kullanılan (Örgü 1, Örgü 2, Örgü3 ile 2 farklı çözgü ve 3 farklı atkı büküm faktörü sahip iplikler kullanılarak üretilen) kumaşların Aşınma Dayanımı Ölçüm Sonuçları

KUMAŞ KODU	Örgü Tipi	Abrasion 9kPa
<i>BACK/Ç1A1Ö1</i>	<i>Örgü-1</i>	370-380k
<i>BACK/Ç1A1Ö2</i>	<i>Örgü-2</i>	>500k
<i>BACK/Ç1A1Ö3</i>	<i>Örgü-3</i>	>500k

<i>BACK/Ç1A5Ö1</i>	<i>Örgü-1</i>	330-340k
<i>BACK/Ç1A5Ö2</i>	<i>Örgü-2</i>	220-230k
<i>BACK/Ç1A5Ö3</i>	<i>Örgü-3</i>	260-270k

<i>BACK/Ç3A1Ö1</i>	<i>Örgü-1</i>	180-190k
<i>BACK/Ç3A1Ö2</i>	<i>Örgü-2</i>	170-180k
<i>BACK/Ç3A1Ö3</i>	<i>Örgü-3</i>	>500k

<i>BACK/Ç3A5Ö1</i>	<i>Örgü-1</i>	250-260k
<i>BACK/Ç3A5Ö2</i>	<i>Örgü-2</i>	70-80k
<i>BACK/Ç3A5Ö3</i>	<i>Örgü-3</i>	310-320k

Çizelge 4.4 4 farklı örgü, 2 farklı çözgü büküm faktörü ve 3 farklı atkı büküm faktörüne sahip toplam 24 adet kumaşa ait kopma ve yırtılma mukavemeti test sonuçlarını göstermektedir. Çizelgedeki veriler hem yırtılma hem de kopma mukavemetleri için bütün olarak incelendiğinde örgü, atkı ve çözgü iplik büküm faktörleri değişimlerine bağlı olarak kopma mukavemetinde meydana gelen değişim örgüye göre 10% altında kalacak şekilde azalma yönünde olmuştur. Bunun sebebi örgüde bağlantı sayısı arttıkça bağlantı

noktalarındaki sürtünmenin etkisidir. Atkı ve çözgü iplik büküm faktörleri azaldıkça da kumaş kopma mukavemetlerinde hem atkı hem de çözgü yönünde benzer şekilde azalmalar görülmüştür. Elde edilen sonuçlar beklentiler ile uyumlu olup 10% seviyelerinin altında kalması pratik açıdan ciddi bir olumsuzluk olarak değerlendirilmemektedir.

Yırtılma mukavemeti değerleri incelendiğinde de atkı ve çözgü iplik büküm faktörleri azaldıkça kumaş yırtılma mukavemeti değerleri de 5% seviyelerinde azalma göstermiştir. Bu azalmanın iplik büküm faktöründeki azalmaya bağlı olarak meydana gelen iplik mukavemeti düşüşünden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Örgünün hem atkı hem çözgü yönünde yırtılma mukavemetine etkisi incelendiğinde ise örgü 4 (2/1 dimi), örgü 1, örgü 2 ve örgü 3 sırasıyla ciddi artışlar gösterdiği görülmektedir. Bu artışların 40-50% seviyelerinde gerçekleştiği gözlenmektedir. Bunun sebebinin ise kumaş örgüsündeki atlama sayısının artması ile artan yapı içerisindeki iplik hareketliliği olduğu görülmektedir.

Deneyssel araştırma kapsamında üretilen kumaşların aşınma direnci, kopma ve yırtılma mukavemetleri incelendiğinde yüksek ısı koruma değerlerine sahip kumaş konstrüksiyonlarını aşınma dayanımlarının genelde 100.000 devir/dk üzerinde olduğu, yırtılma mukavemetlerinin ise 40-50% seviyelerine varan artışlar gösterdiği hem atkı hem çözgü yönündeki kopma mukavemetinin ise pratik açıdan kabul edilebilecek 7-8% seviyelerinde azalma gösterdiği görülmüştür. Isıl korumaya karşı mekanik özelliklerindeki bu değişimler esasında pratik olarak kabul edilebilir seviyelerdedir.

Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan (Örgü 1-2-3-4, ile 2 farklı çözgü ve 3 farklı atkı büküm faktörü sahip iplikler kullanılarak üretilen) kumaşların gramaj ve kopma&yırtılma ölçüm sonuçları

KUMAŞ KODU	Örgü Tipi	ISO 3801 (Gramaj)	TS EN ISO 13934-1 (Kopma Mukavemeti)	TS EN ISO 13937-2 (Yırtılma Mukavemeti)
BACK/Ç1A1Ö1	Örgü-1	196g/m ²	Atkı: 459 N Çözgü: 1076 N	Atkı: 43 N Çözgü: 35 N
BACK/Ç1A1Ö2	Örgü-2	195g/m ²	Atkı: 433 N Çözgü: 1063 N	Atkı: 64 N Çözgü: 49 N

Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan (Örgü 1-2-3-4, ile 2 farklı çözgü ve 3 farklı atkı büküm faktörü sahip iplikler kullanılarak üretilen) kumaşların gramaj ve kopma&yırtılma ölçüm sonuçları (devam)

KUMAŞ KODU	Örgü Tipi	ISO 3801 (Gramaj)	TS EN ISO 13934-1 (Kopma Mukavemeti)	TS EN ISO 13937-2 (Yırtılma Mukavemeti)
BACK/Ç1A1Ö3	Örgü-3	240g/m ²	Atkı: 781 N Çözgü: 1030 N	Atkı: 76 N Çözgü: 74 N
BACK/Ç1A1Ö4	Örgü-4	195g/m ²	Atkı: 485 N Çözgü: 1069 N	Atkı: 30 N Çözgü: 29 N

BACK/Ç1A3Ö1	Örgü-1	196g/m ²	Atkı: 474 N Çözgü: 1059 N	Atkı: 42 N Çözgü: 38 N
BACK/Ç1A3Ö2	Örgü-2	193g/m ²	Atkı: 442 N Çözgü: 1096 N	Atkı: 64 N Çözgü: 49 N
BACK/Ç1A3Ö3	Örgü-3	241g/m ²	Atkı: 828 N Çözgü: 1049 N	Atkı: 76 N Çözgü: 76 N
BACK/Ç1A3Ö4	Örgü-4	198g/m ²	Atkı: 504 N Çözgü: 1062 N	Atkı: 30 N Çözgü: 31 N

BACK/Ç1A5Ö1	Örgü-1	195g/m ²	Atkı: 507 N Çözgü: 1045 N	Atkı: 40 N Çözgü: 39 N
BACK/Ç1A5Ö2	Örgü-2	192g/m ²	Atkı: 465 N Çözgü: 1016 N	Atkı: 64 N Çözgü: 56 N
BACK/Ç1A5Ö3	Örgü-3	240g/m ²	Atkı: 801 N Çözgü: 1069 N	Atkı: 71 N Çözgü: 85 N
BACK/Ç1A5Ö4	Örgü-4	192g/m ²	Atkı: 497 N Çözgü: 1051 N	Atkı: 29 N Çözgü: 31 N

BACK/Ç3A1Ö1	Örgü-1	200g/m ²	Atkı: 472 N Çözgü: 1025 N	Atkı: 41 N Çözgü: 32 N
BACK/Ç3A1Ö2	Örgü-2	196g/m ²	Atkı: 452 N Çözgü: 1004 N	Atkı: 70 N Çözgü: 46 N
BACK/Ç3A1Ö3	Örgü-3	247g/m ²	Atkı: 753 N Çözgü: 947 N	Atkı: 72 N Çözgü: 81 N
BACK/Ç3A1Ö4	Örgü-4	199g/m ²	Atkı: 483 N Çözgü: 987 N	Atkı: 28 N Çözgü: 26 N

BACK/Ç3A3Ö1	Örgü-1	197g/m ²	Atkı: 492 N Çözgü: 1014 N	Atkı: 38 N Çözgü: 344 N
BACK/Ç3A3Ö2	Örgü-2	195g/m ²	Atkı: 459 N Çözgü: 1036 N	Atkı: 67 N Çözgü: 54 N

Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan (Örgü 1-2-3-4, ile 2 farklı çözgü ve 3 farklı atkı büküm faktörü sahip iplikler kullanılarak üretilen) kumaşların gramaj ve kopma&yırtılma Ölçüm sonuçları (devam)

KUMAŞ KODU	Örgü Tipi	ISO 3801 (Gramaj)	TS EN ISO 13934-1 (Kopma Mukavemeti)	TS EN ISO 13937-2 (Yırtılma Mukavemeti)
<i>BACK/Ç3A3Ö3</i>	<i>Örgü-3</i>	<i>244g/m2</i>	Atkı: 809 N Çözgü: 960 N	Atkı: 64 N Çözgü: 80 N
<i>BACK/Ç3A3Ö4</i>	<i>Örgü-4</i>	<i>195g/m2</i>	Atkı: 505 N Çözgü: 1000 N	Atkı: 26 N Çözgü: 27 N
<i>BACK/Ç3A5Ö1</i>	<i>Örgü-1</i>	<i>197g/m2</i>	Atkı: 491 N Çözgü: 964 N	Atkı: 37 N Çözgü: 36 N
<i>BACK/Ç3A5Ö2</i>	<i>Örgü-2</i>	<i>196g/m2</i>	Atkı: 457 N Çözgü: 1015 N	Atkı: 61 N Çözgü: 48 N
<i>BACK/Ç3A5Ö3</i>	<i>Örgü-3</i>	<i>241g/m2</i>	Atkı: 805 N Çözgü: 975 N	Atkı: 64 N Çözgü: 78 N
<i>BACK/Ç3A5Ö4</i>	<i>Örgü-4</i>	<i>197g/m2</i>	Atkı: 528 N Çözgü: 969 N	Atkı: 26 N Çözgü: 30 N

5. SONUÇ

Koruyucu teknik tekstiller teknik tekstillerin önemli bir alanı olup gerek dünyada gerekse ülkemizde hızlı büyüyen bir tekstil alanını oluşturmaktadır. Üretimdeki artışın yanı sıra koruyucu tekstil malzemelerinden beklenen koruyuculuk performansı da gün geçtikçe artmaktadır. Bu amaca yönelik geliştirilen ve özellikleri iyileştirilen lif grupları koruma etkisine etki eden ana faktör olmakla birlikte üretilen dokuma kumaşların tasarımı ve yapısı da olumlu bir katkı sağlamaktadır. Dokuma kumaş yapısal parametrelerinin, dokuma kumaştan üretilen giysinin koruyuculuk performansı üzerine etkilerini bilmek tasarım aşamasında yönlendirici etki yapma potansiyeline sahiptir. Bu amaçla bu yüksek lisans tez çalışmasında dokuma kumaşın önemli parametrelerinden olan örgü ve atkı & çözgü iplik büküm faktörlerinin ısı koruma ve konfor üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Uygulamada çoğunlukla temel örgülerden (bez ayağı ve dimi) üretilen dokuma kumaşlar kullanılmakta ve ürün geliştirme çalışmaları ağırlıklı olarak iplikleri oluşturan lif grupları ve dolayısıyla malzeme odaklı yürütülmektedir.

Yüksek lisans tezi kapsamında 3 farklı örgü, 5 farklı atkı iplik büküm faktörü ve 3 farklı çözgü iplik büküm faktörüne sahip iplikler ile 45 adet numune kumaş üretilmiş ve bu numune kumaşların ısı direnç, hava geçirgenliği ile bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen sonuçlara dayanarak, mevcut örgülere ilave edilen 1 adet kontrol numunesi amaçlı örgü ile beraber 4 örgü, 3 farklı atkı iplik büküm faktörü ve 2 farklı çözgü iplik büküm faktörüne sahip iplikler kullanılarak 24 adet tam en kumaş, endüstriyel dokuma makinesinde üretilmiştir. Üretilen 24 adet kumaşa, Alevli ısı transferi, Radyan ısı transferi ve Dikey yanmazlık testlerini içeren termal koruyuculuk testleri uygulanmış, bunların yanı sıra kumaşların mekanik özelliklerinin de belirlenebilmesi için kopma & yırtılma mukavemeti ve aşınma dayanımı testleri uygulanmıştır.

Üretilen numune kumaşların ısı direnç test sonuçları incelendiğinde hem atkı ve çözgü iplik büküm faktörünün hem de örgünün ısı direnç değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür. Yapılan değerlendirmede örgünün atkı ve çözgü iplik büküm faktörü değişimlerinden daha büyük bir ısı direnç değişimine sebep olduğu gösterilmiş ancak iplik büküm faktörlerindeki düşüşlerin de ısı direnç değerlerinde anlamlı seviyede

artışlar gerçekleştirdiği görülmüştür. Bunun sebebinin gerek örgüdeki atlama sayılarının artması gerekse büküm faktöründeki azalmaların kumaşı daha hacimli bir yapıya dönüştürüp içerisindeki statik hava miktarını arttırması olduğu değerlendirilebilir. Her bir örgü için iplik büküm faktörlerindeki azalmaya karşılık ısı direnç değerlerinde ortalama olarak 9% seviyelerinde bir artışa olduğu görülmüştür. Bunun yanında 3 farklı örgüye sahip kumaşlarda örgü değişiminin ısı direnç üzerindeki etkisi ise ortalama 20% seviyelerindedir. Burada atlama sayısı yüksek olan ve çift katlı örgü yapısına sahip olan kumaşta, kumaş içerisindeki statik hava miktarı artacağından kumaş ısı direncindeki artış beklenen bir sonuç olarak ortaya çıkmıştır. Örgü 3'ün örgü 1 ve örgü 2'ye nazaran daha yüksek ısı direnç göstermesi çift katlı yapı ve dolayısıyla daha hacimli bir yapıya sahip olması ile açıklanabilir.

Numune kumaşların hava geçirgenliği değişimleri incelendiğinde iplik büküm faktöründeki azalmanın, hava geçirgenliği üzerinde çok belirleyici bir etki yaratmadığı (deneysel çalışmada kullanılan değerler için) ancak tek katlı örgüye sahip örgü 1 ve örgü 2'ye ait kumaşlarda atlama sayısının artması kumaşları daha gözenekli hale getirdiği için hava geçirgenliğini arttırmaya yönelik etki yaptığı, 3 numaralı örgü ile üretilen çift katlı kumaş numunelerinde ise her bir katın daha düşük sıklıklardan oluşması gözenekliliği ve beraberinde hava geçirgenliğini arttırıcı bir etki yaparken kumaş kalınlığının artması ise tersi yönde azaltıcı bir etki yapmıştır. Sonuç olarak çift katlı kumaşın hava geçirgenliği tek katlı kumaşların arasında yer almıştır.

Numune kumaşların su buharı geçirgenliği ve direnci incelendiğinde ise örgü ve iplik büküm faktörlerine bağlı değişimler görülmekle birlikte ne örgünün ne de iplik büküm faktörlerinin belirleyici olduğu çok net bir değişim ortaya çıkmamıştır. Bu durum ısı dirençteki artışa rağmen hava geçirgenliğinin de artmasıyla birlikte su buharı geçirgenliğinin azalmaması, kumaş konforu açısından olumlu bir değişim olarak değerlendirilebilir.

Tam en olarak, endüstriyel makinalarda dokunan kumaşlar kullanılarak yapılan alevli ve radyan ısı transferi ile dikey yanmazlık test sonuçları incelendiğinde her bir test için gerek atkı gerekse çözümlü iplik büküm faktörlerindeki azalmaya karşılık ısı korumada

büküm faktörleri tarafından net olarak belirlenen bir eğilim görülmemiştir. Ancak 4 farklı örgüye ait ısı koruma (ısı iletim süresi) değerlendirildiğinde arada bazı dalgalanmalar olsa da dimi 2/1, örgü 1, örgü 2 ve örgü 3 sırasına göre koruyuculuk performansında net olarak artışlar görülmüştür. Bu artışlar ısı iletim süresinin artması şeklinde ortaya çıkmıştır. Bu değişim ısı direnç değişiminde olduğu gibi örgünün daha atlamalı ve çift katlı yapıya sahip olması sonucunda kumaş içerisinde hapsolan hava miktarındaki artış ile açıklanabilir. Burada değişimi örgü belirlemekte olup iplik büküm faktörlerindeki azalmanın sebep olduğu hacim artışının çok net etkisi görülmemiştir. Alevli ısı transferi sonuçlarını kontrol numunesi olan 2/1 dimi kumaşla kıyaslayacak olursak, örgü 1, örgü 2 ve örgü 3 için ısı transferi artışları sırasıyla 6%, 9% ve 31% olarak gerçekleşmiştir. Aynı hesaplama radyan ısı transferi sonuçları için yapıldığında artışın benzer paralellikte gerçekleşip yine örgü 1, örgü 2 ve örgü 3 için sırasıyla 7%, 10% ve 23% seviyelerinde olduğu görülmüştür. Termal koruyuculuk testlerinin bir parçası olan dikey yanmazlık testinin sonuçları incelendiğinde ise test standardının minimum gerekliliği olan alev maruziyeti sonrası 2 sn içerisinde kendi kendine sönme davranışı gözlemlenmiştir. Bu davranışın kumaşların üretiminde kullanılan elyaflar ile ilgili olduğu değerlendirilmektedir. Ancak aynı test kapsamında ölçülen alev yürüme mesafesi kumaşlar arasında farklılıklar göstermiştir. Bu yürüme mesafesi esasında kumaşın yanma eğilimini ifade etmektedir bu değerler incelendiğinde ise alev yürüme mesafesi kumaş numuneleri arasında bir takım farklılıklar gösterse de atkı büküm faktörü, çözgü büküm faktörü ve örgünün belirlediği net bir değişim görülmemiştir. Bu durum da iplik büküm faktörleri ve örgünün alev yürüme mesafesi üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmadığı değerlendirilmesi yapılabilir.

Mevcut konstrüksiyon değişimlerinin ısı koruyuculuk değerlerini artırırken kumaşların mekanik özellikleri üzerinde kabul edilebilir seviyede bir olumsuz etkiye sahip olup olmadığının belirlenebilmesi için kopma ve yırtılma mukavemeti ile aşınma dayanımı testleri uygulanmıştır. Yapılan testlerin sonuçlarına göre kopma mukavemetinde, iplik büküm faktöründeki azalmanın etkisi ile atkı yönünde belirgin bir değişim gözlenmezken çözgü yönünde 8% seviyelerinde, kabul edilebilir sınırlar içerisinde bir azalma görülmüştür. Örgü değişiminde ise örgüdeki atlama sayısının azalmasıyla %6 seviyelerinde yine kabul edilebilir bir azalma görülmüştür. Bu azalma yapıdaki bağlantı

sayısının azalması ile açıklanabilir. Yırtılma mukavemetinde ise örgüdeki atlama sayısının artması, kumaş yapısındaki iplik hareketlerini arttırdığı için yırtılma mukavemetindeki değişim 50% seviyelerinin dahi üzerinde çok ciddi arttırıcı bir etki göstermiştir. Aşınma dayanımı testlerinde ise 70.000 devir/dk seviyelerindeki bir numune haricinde tüm aşınma mukavemeti değerleri 100.000 devir/dk üzerinde olup piyasa beklentilerinin üzerinde elde edilmiştir. Bütün sonuçlar incelendiğinde atkı ve çözgü iplik büküm faktörlerinin azalması aşınma direncinde bir azalmaya sebep olmuştur bu beklenen bir sonuçtur ancak değerler pratik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde gerçekleşmiştir. Sonuç olarak kumaşların ısı koruyuculuğunu artırılması için yapılan büküm faktöründe azalmalar ve örgüdeki atlama sayısını artması mekanik özelliklerde piyasa beklentilerini karşılamaktadır.

Çalışmanın amacı olan dokuma kumaş yapısındaki iyileştirmelerin kullanım açısından mekanik özelliklerde ve kumaş konforunda piyasa beklentilerinin dışında olumsuz bir değişim göstermeksizin ısı koruma potansiyelini arttırılabileceğini göstermiştir. Burada örgünün iplik büküm faktörlerinden daha büyük bir etkiye sahip olduğu ve tasarımda daha ön planda bulundurulması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

Altay, P. (2010). Polyester kumaşların emdirme ve çektirme yöntemlerine göre güç tutuşurluk özelliklerini incelenmesi üzerine bir araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir

Aydın, M.G. (2013). Teknik tekstiller ve ekolojik tekstiller Frankfurt 2013 fuar raporu. 59 s., 2013.

Anonim, (2021). Teknik tekstiller raporu, UIB, Uludağ Tekstil İhracatçıları Birliği, Bursa, S: 1-19, Şubat 2021.

Anonim, (2022). Teknik tekstil ve kullanım alanları. <https://aygenteks.com/blog/teknik-tekstil-ve-kullanim-alanlari/> (Erişim tarihi: 10.02.2024)

Anonim, 2024. Dikey Yanmazlık Testi. <https://www.uvex-safety.com/blog/textile-test-in-ellefeld/> (Erişim tarihi: 17.02.2024)

Anonim, 2024. Elbiseler ve standartlar. <https://www.ist.com.tr/images/menuler/efb5e20e39b394f.pdf> (Erişim tarihi: 17.02.2024)

Anonim, 2024. Konvektif ısı transferi değerlendirilmesi. <https://marinatextil.com/> (Erişim tarihi: 17.02.2024)

Anonim, 2024. Radyan ısı transferi değerlendirilmesi. <https://marinatextil.com/> (Erişim tarihi: 17.02.2024)

Anonim, 2024. Radyan ısı transferi test düzeneği. https://texfire.net/,2024?mot_q=radiant (Erişim tarihi: 17.02.2024)

Anonim, (2024). Teknik tekstil sektör raporu. https://www.corlutso.org.tr/uploads/docs/teknik_tekstiller_sektoru.pdf (Erişim tarihi: 25.03.2024)

Anonim, (2024). Armora - Modakrilik elyaflar. <https://www.aksa.com/tr/urunler/armora/modakrilik-elyaflar/armora-modakrilik-elyaflar/i-450> (Erişim tarihi: 15.01.2024)

Anonim, (2024). Koruyucu elbiseler. <https://www.ist.com.tr/k-4-koruyucu-elbiseler.html> (Erişim tarihi: 22.01.2024)

Anonim, (2024). Koruyucu giysi testleri. <https://www.laboratuar.com/testler/koruyucu-giysi-testleri/ts-en-1073-2-radyoaktif-bulasmaya-karsi-koruyucu-giysiler/> (Erişim tarihi: 12.01.2024)

Anonim, (2024). Koruyucu giyecekler. <https://isguvenligitakip.wordpress.com/2018/12/03/koruyucu-giyecekler/> (Erişim tarihi: 12.01.2024)

Anonim, (2024). Koruyucu tekstiller, koruyucu tekstillerin sınıflandırılma. <https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2012/11/koruyucu-tekstiller.html> (Erişim tarihi: 12.01.2024)

Beyit, A. (2006). Nükleer biyolojik ve kimyasal korunma amaçlı koruyucu tekstillerin Türkiye'de üretilebilirliği. *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı Tekstil Eğitim, Programı, İstanbul.

Burhan, V., & Soyaslan, İ.İ. (2016). Jeotekstillerin uygulama alanları ve fonksiyonları. *Mehmet Akif Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Özel Sayı 1: 70-77.

Çokkeser, H.K., & Çeven, E.K. (2011). Otomotivde kullanılan teknik tekstiller. *MKSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Ö14(3): 45-55.

Dai, J., & Li, X. (2022). Effect of different hole shape of thermal barrier on the performance for thermal protective clothing. *Journal of Industrial Textiles* 51(2S): 2499S-2513S

Duran, K., Bahtiyari, M.İ., & Atav, R. (2003). Koruyucu dokusuz teknik tekstiller. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4: 174-177

Erkut, D. (2020). Farklı karışım oranlarında güç tutuşur özelliğe sahip liflerden elde edilen iplik ve kumaş özelliklerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa

Ersoy, Y., Duran, M., & Tayyar, A.E. (2015). Tıbbi tekstiller ve yara örtüsü. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3 (2015) 451-458

Ertekin, M., & Kırtay, E. (2014). Burning behaviour and mechanical properties of fabric woven with ring spun aramid and flame retardant polyester yarns. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 24(3): 259-265

Eryuruk, S.H. (2019). Effect of fabric layers on thermal comfort properties of multilayered thermal protective fabrics. *AUTEX Research Journal*, Vol. 19, No : 271-278

Gökpınar, E. (2011). Elektrik arkı termal etkilerine karşı koruyucu giysiler. *Yangın ve Güvenlik* Sayı 136, S: 70-71

He, H., Yu, Z., & Song, G. (2022). The effect of moisture and air gap on the thermal protective performance of fabric assemblies used by wildland firefighters. *The Journal of The Textile Institute*, 107:8, 1030-1036

Kis, A., Brnada, S., & Kovacevic, S. (2020). Influence of fabric weave on thermal radiation resistance and water vapor permeability. *Polymers* 2020,12,525: 1-15.

Kothari, V.K., & Chakraborty, S. (2016). Protective performance of thermal protective clothing assemblies exposed to different radiant heat fluxes. *Fibers and Polymers* 2016, Vol. 17, No.5: 809-814.

Lei, Z. 2021, Review of the study of relation between the thermal protection performance and the thermal comfort performance of firefighters' clothing. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics Volume 17: 1-9.*

Lewin, M. (2007). Handbook of fiber chemistry. 1056 s., 2007

Lu, Y., Li, J., Li, X., & Song, G. (2012). The effect of air gaps in moist protective clothing on protection form heat and flame. *Journal of Fire Sciences* 31(2): 99-111.

Mandal, S., Song, G., Ackerman, M., Paskaluk, S., & Gholamreza, F. (2013). Characterization of textile fabrics under various thermal exposures. *Textile Research Journal* 83(10): 1005-1019.

Mecit, D., Ilgaz, S., Duran, D., Başal, G., Gülümser, T., & Tarakçıoğlu, I. (2007). Teknik tekstillerin kullanım alanları (Bölüm 1). *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2: 79-82.

Mecit, D., Ilgaz, S., Duran, D., Başal, G., Gülümser, T., & Tarakçıoğlu, I. (2007). Teknik tekstillerin kullanım alanları (Bölüm 2). *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3: 154-160.

Ömeroğulları, Z., & Kut, D. 2012. Tekstilde güç tutuşurluk. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 17, Sayı 1: 27-42

Rathour, R., Das, A., & Alagirusamy, R. (2022). Study on the influence of constructional parameters on performance of outer layer of thermal protective clothing. *The Journal of Textile Institute* 2023, vol 114, no.9: 1336-1346

Rossi, R.M. (2013). Characterizing comfort properties of flame resistant fabrics and garments. Woodhead Publishing Limited, 2013: 415-433

Sonee, N., Parmar, M., & Arora, C. (2019). Burning behavior of aramid and FR viscose blended fabrics. *India Journal of Fiber and textile Research*, Vol. 44: 238-243

Su, Y., Li, Y., & Wang, Y. (2016). Effect of air gap thickness on thermal protection of firefighter's protective clothing against hot steam and thermal radiation. *Fibers and Polymers* 2017, Vol. 18, No.3: 582-589.

Udayraj, Talukdar, P., Das, A., & Alagirusamy, R. (2016). Effect of structural parameters on thermal protective performance and comfort characteristic of fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 108:8, 1430-1441.

Ülger, B. (2012). Yeni nesil teknik lifler (karbon, lenzing FR, meta aramid, para aramid) kullanılarak özellikli ipliklerin üretim ve kalite - maliyet analizi. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana

Varan, N.Y., & Durur, G. (2014). İnşaat tekstilleri ve yeni uygulamalar. *The Journal of Textiles and Engineer*, Sayı 68: 14-19

Wang, Y., Lu, Y., Li, J., & Pan, J. (2011). Effect of air gap entrapped in multilayer fabrics and moisture on thermal protective performance. *Fibers and Polymers* 2012, Vol. 13, No.5: 647-652.

Xin, L., & Li, J. (2015). The relation between thermal protection performance and total heat loss of multi-layer flame resistant fabrics with the effect of moisture considered. *Fibers and Polymers* 2016, Vol. 17, No.2: 289-297.

Zhang, X., Tian, M., Wang, Q., Su, Y., & Li, J. (2022). Thermal degradation behavior of flame resistant fabrics exposed to fires: effect of air gap type and thickness. *Textile Research Journal* 2022, Vol. 92(21-22): 4313-4324