

**YENİ LİFLERDEN MAMUL ÇORAPLARIN
KONFOR ÖZELLİKLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Hakan AVCI
503991407**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Ocak 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Ocak 2007**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Cevza CANDAN
Yrd.Doç.Dr. Yeşim İridağ BECEREN
Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Banu Uygun NERGİS (İ.T.Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Mustafa ÖZDEMİR (İ.T.Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Murat ÇAKAN (İ.T.Ü.)**

OCAK 2007

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın oluşmasında emeği geçen ve tüm çalışma boyunca desteğini esirgemeyen tez danışmanlarım sayın Prof. Cevza CANDAN' a ve Yrd. Doç. Yeşim İridağ BECEREN' e, ısı deneyleri için çalışmamıza gerekli teknik altyapıyı sağlayan ve bu konudaki bilgi birikimini bizimle paylaşan değerli öğretim görevlimiz sayın Yrd. Doç. Dr Mustafa ÖZDEMİR' e teşekkürlerimi bir borç bilirim. Tüm çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen sevgili eşim ve aileme teşekkür eder sevgilerimi sunarım.

Deney yapılacak çorapların örülmesinde, ipliklerinin tedarikinde ve diğer tüm hazırlık işlemlerinde gerekli olanakları sağlayan başta sayın Zekariya Tüter olmak üzere sayın Ziya Göktaş, Ahmet Keskin, Ali Özmen, Metin Sevim ve emeği geçen tüm Tüter Çorap çalışanlarına teşekkür ederim. Deneyler sırasında yardımlarını esirgemeyen İTÜ Tekstil Laboratuvarı ve Isı ve Kütle Geçiş Laboratuvarı çalışanlarına da şükranlarımı sunarım.

Ocak, 2007

Hakan AVCI

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
1.2 Konfor Kavramı	3
2. KONFORUN TESPİTİNE YÖNELİK YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	6
2.1 Nem Transferi	6
2.2 Isı Transferi	12
2.3 Isı ve Nemin Birlikte Transferi	16
2.4 Isılanma ve Kılcal Isılanma (Wicking)	17
2.5 Kuruma	24
2.6 Hava Geçirgenliği	25
2.7 Temas Özelliği	26
3. KONFOR ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN ÇORAP VE ELYAF TEKNOLOJİSİ	29
3.1 Çorap Teknolojisi	29
3.2 Elyaf Teknolojisi	31
3.2.1 Rejenere doğal lifler	32
3.2.1.1 Modal®	32
3.2.1.2 Tencel®	33
3.2.1.3 Viloft®	33
3.2.1.4 Bambu	34
3.2.1.5 Seacell®	35
3.2.1.6 Soya	35
3.2.2 Sentetik Lifler	36
3.2.2.1 Coolmax®	37
3.2.2.2 Thermolite®	37
3.2.2.3 Isolfil®	37
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	39
4.1 Materyal	39

4.2 Metod	40
4.3 Konfor Özellikleri Tespit Testleri	40
4.3.1 Su Buharı Geçirgenliği Deneyi	40
4.3.2 Isı Transferi Deneyleri	41
4.3.3 Transfer (Kılcal) Islanma Deneyi	44
4.3.4 Dikey Kılcal Islanma Deneyi	44
4.3.5 Nem Kazanım Oranı Tespiti	44
4.3.6 Kuruma Hızı Deneyi	45
4.3.7 Hava Geçirgenliği Testi	45
4.4 Fiziksel Performans Testleri	45
4.4.1 Patlama Mukavemeti Testi	45
4.4.2 Boncuklaşma Testi	46
4.4.3 Aşınma Dayanımı Testi	46
4.4.4 Esneklik Testi	46
4.4.5 Gramaj Tespiti	46
4.4.6 Kalınlık Tespiti	47
4.4.7 Boyutsal Değişim Testi	47
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER	48
5.1. Su Buharı Geçirgenliği Deneyi Sonuçları	48
5.2. Isı Transferi Deneyleri Sonuçları	50
5.3 Transfer Islanma Deneyi Sonuçları	56
5.4 Dikey Kılcal Islanma Deneyi Sonuçları	58
5.5 Nem Kazanımı Tespiti Sonuçları	60
5.6 Kuruma Hızı Deneyi Sonuçları	61
5.7 Hava Geçirgenliği Test Sonuçları	63
5.8 Mukavemet Testi Sonuçları	64
5.9 Boncuklaşma Testi Sonuçları	65
5.10 Aşınma Dayanım Testi Sonuçları	66
5.11 Esneklik Testi Sonuçları	67
5.12 Kalınlık Tespiti Sonuçları	67
5.13 Boyutsal Değişim Testi Sonuçları	67
5.14 Genel Değerlendirme	69
6. TARTIŞMA	74
KAYNAKLAR	76
ÖZGEÇMİŞ	81

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1: Modal® lifinin fiziksel değerleri	33
Tablo 3.2: Viloft elyafının fiziksel değerleri.....	34
Tablo 3.3: Bambu elyafının fiziksel özellikleri.....	34
Tablo 3.4: Soya lifinin fiziksel özellikleri.....	36
Tablo 4.1: Kullanılan çorap grupları.....	39
Tablo 5.1: Su Buharı Geçiş Miktarları.....	48
Tablo 5.2: Su Buharı Geçirgenlik Miktarları (MVTR) ile kumaş parametreleri arasındaki korelasyon değerleri.....	49
Tablo 5.3: Isı iletim değerleri	51
Tablo 5.4: Isı iletim katsayısı ile kumaş parametreleri arasındaki korelasyon değerleri	53
Tablo 5.5: Isı taşınım değerleri.....	54
Tablo 5.6: Isı taşınım katsayısı ile kumaş parametreleri arasındaki korelasyon değerleri	55
Tablo 5.7: Islanma oranları	57
Tablo 5.8: Transfer ıslanma ile kumaş parametreleri arasındaki korelasyon değerleri	58
Tablo 5.9: Dikey kılcal ıslanma sıvı yükseliş değerleri	58
Tablo 5.10: Kılcal ıslanma ile kumaş parametreleri arasındaki korelasyon değerleri	59
Tablo 5.11: Nem kazanımı (% R) ve nem içeriği (% C) değerleri	60
Tablo 5.12: Kullanılan liflerin elyaf halindeki nem kazanım oranları.....	61
Tablo 5.13: Kuruma süreleri ve hızları	61
Tablo 5.14: Hava geçirgenliği değerleri.....	63
Tablo 5.15: Mukavemet değerleri.....	64
Tablo 5.16: Boncuklaşma dereceleri.....	65
Tablo 5.17: Aşınma sonucu kütle kaybı değerleri	66
Tablo 5.18: Esneme miktarları	67
Tablo 5.19: Kalınlık değerleri	67
Tablo 5.20: Boyutsal değişim değerleri	68
Tablo 5.21: Genel performans değerleri	70

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1: İnsan-giysi-çevre sisteminin ısı durumu	3
Şekil 2.1: Nem geçiş fazları	8
Şekil 2.2: ASTM E96 metoduna göre “Açık Kap” nem ölçüm düzeneği	8
Şekil 2.3: Sıcak Plaka Metodu’ yla nem ölçme düzeneği	9
Şekil 2.4: “NCSU thermolabo” ısı analiz cihazı	10
Şekil 2.5: Bazı elyaf cinslerinin mikroiklimde oluşturdukları nem değişimleri	12
Şekil 2.6: Isı iletimi ölçme düzeneği	14
Şekil 2.7: Termodinamik denge halinde yüzey gerilimleri ve temas açısı	18
Şekil 2.8: Sıvı transfer modelleri	20
Şekil 2.9: Dikey kılcal ıslanma testi	21
Şekil 2.10: GATS verilerine göre çeşitli liflerin sıvı emme değerleri	21
Şekil 2.11: Tabakalar arası sıvı transfer şekilleri	23
Şekil 2.12: Çeşitli kumaşların kuruma davranışları	25
Şekil 2.13: Kumaş temasıyla koldaki sıcaklık düşüşleri	27
Şekil 3.1: Çorap bölümleri	29
Şekil 3.2: Vanize ilmek oluşumu	30
Şekil 3.3: Dış aktivite için dizayn edilmiş bir çorap örneği	31
Şekil 3.4: Modal lifinin enine ve boyuna kesit görüntüleri	32
Şekil 3.5: Liflerin emdiği su miktarlarının lif kesitlerindeki görünümü	33
Şekil 3.6: Viloft® elyafının kesit görüntüsü	33
Şekil 3.7: Bambu elyafının kesit görüntüsü	34
Şekil 3.8: Seacell lif kesiti	35
Şekil 3.9: Soya lifinin enine ve boyuna kesit görüntüleri	36
Şekil 3.10: Coolmax® lifinin görünüşü	37
Şekil 3.11: Thermolite® lifinin görünüşü	37
Şekil 4.1: Su buharı geçirgenliği test düzeneği	40
Şekil 4.2: Termosensörlerin yerleştirilmesi	41
Şekil 4.3: Isı iletim katsayısı ölçüm test düzeneği	42
Şekil 4.4: Isı taşınım katsayısı ölçüm test düzeneği	43
Şekil 5.1: Su buharı geçiş miktarları	48
Şekil 5.2: Kumaş yoğunluğuna göre su buharı geçiş miktarlarının değişimi	50
Şekil 5.3: Nem kazanım oranlarına göre su buharı geçiş miktarlarının değişimi	50
Şekil 5.4: Deney gruplarının ısı iletim katsayıları	52
Şekil 5.5: Isıl direnç değerleri	52
Şekil 5.6: Isı taşınım katsayıları	54
Şekil 5.7: Kumaş yoğunluğuna göre ısı taşınım katsayısının değişimi	55
Şekil 5.8: Nem içeriğine göre ısı taşınım katsayısının değişimi	55
Şekil 5.9: Islanma oranları	57
Şekil 5.10: Kılcal ıslanma seviyeleri	59
Şekil 5.11: Nem kazanım oranlarının grafiksel gösterimi	60
Şekil 5.12: Numunelerin kuruma davranışları	62
Şekil 5.13: Grupların hava geçirgenliği değerleri	63

Şekil 5.14: İplik mukavemetine göre kumaş mukavemetinin değişimi	65
Şekil 5.15: Aşınma sonucu yüzdesel kütle kaybı değerleri	66
Şekil 5.16: Enine ve boyuna çekme değerleri.....	68
Şekil 5.17: Toplam çekme değerleri.....	68

YENİ LİFLERDEN MAMUL ÇORAPLARIN KONFOR ÖZELLİKLERİ

ÖZET

Yükselen hayat standardı neticesinde giysilerin kullanım özelliklerinin yanında konfor özellikleri de ön plana çıkmaktadır. Bir rekabet unsuru haline gelen konfor özelliklerini sağlayabilecek yeni lif türlerinin arayışına gidildiği görülmektedir. Yaygın olarak kullanılan Modal, bambu ve soya gibi doğal kaynaklı lifler ve Coolmax, Isolfil gibi sentetik esaslı lifler yeni elyaf türlerine örnek olarak gösterilebilir.

Konfor fiziksel, psikolojik ve fizyolojik olmak üzere üç başlık altında ele alınmaktadır. Yapılan bu çalışmada vücudun ısı dengesiyle alakalı olan Fizyolojik Konfor incelenmiştir. Bu doğrultuda çorapların ısı ve sıvı transferi, su buharı geçirgenliği, kuruma davranışları gibi özellikleri araştırılmıştır.

Yeni liflerin giysi konforuna ne kadar katkıda bulunduğunu, bu katkıyı sağlarken giysinin fiziksel performansında ne gibi değişiklikler yarattığını tespit etmek amacıyla yapılan bu çalışmada yeni lif olarak Modal, bambu, Viloft, soya, Seacell seçilmiş ve kontrol amaçlı olarak pamuk ve viskon lifleri kullanılmıştır. Seçilen elyaf gruplarının tamamı doğal esaslı liflerden oluşmaktadır. Bu şekilde benzer yapıdaki liflerin ne kadar fark yarattığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Seçilen bu lifler, sürekli tene temas halinde bir giysi olan, günlük kullanıma yönelik standart çorap formunda hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere, çorapların konfor özelliklerini belirlemek için, su buharı geçirgenliği, ısı transferi, sıvı transferi, kuruma ve hava geçirgenliği testleri; fiziksel performansını tespit amaçlı olarak patlama mukavemeti, aşınma, boncuklaşma, esneme ve boyutsal değişim testleri yapılmıştır.

Yapılan deneyler neticesinde elyaf tipinin giysi konfor özelliklerine direkt ve dolaylı etkisinin olduğu görülmüştür. Numunelerin su buharı geçirgenlik oranları kumaş yoğunluğundan ve nem içeriği oranından negatif etkilendiği tespit edilmiştir. Isı iletim katsayısının kumaşın içindeki liflerin yapısından etkilendiği; ısı taşınım katsayısının ise kumaşın yapısından etkilendiği görülmüştür. Çorapların ıslanma davranışlarındaki farklılıkların direkt olarak lif tipinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Modal ve Seacell lifleri konfor ve fiziksel özellikleri açısından iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bambu, belirtilenin ve beklenenin aksine konfor performansının düşük olduğu görülmüştür. Ancak serinlik hissi açısından diğerlerine göre daha iyi sonuç vermiştir. Bunun yanında fiziksel performansı da oldukça düşük çıkmıştır. Viloft, sağladığı ısıl izolasyon ve kılcal ıslanma özellikleriyle ön plana çıkmıştır. Soya, düşük ısı iletimi ve yüksek ısı taşınımı özellikleri göstermiştir. Su itici liflere benzer özellik sergilemiştir. Fiziksel değerleri ise yüksek çıkmıştır. Pamuk ise diğer yeni

liflere göre konfor performansının çok a ağılarda olmadığı görülmüş, hatta fiziksel performansı en yüksek olan elyaf olarak kar ıımıza çıkmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen en dikkat çekici sonuç, pamuk ile karışım halinde kullanılan yeni liflerden elde edilmiş çoraplar, aynı liflerin %100 oranında kullanıldığı çoraplardan hem konfor açısından hem de fiziksel performans açısından daha iyi sonuç verdiğı g r lm  t r. Yeni liflerden optimum verim alabilmek için pamuk ile karı ım halinde kullanılması daha uygun olacağı g r lm  t r.

COMFORT PROPERTIES OF SOCKS PRODUCED WITH NEW FIBERS

SUMMARY

With increasing of life standards not only using properties but also comfort properties get important. So, to provide comfort properties that became as competition instrument, new fiber types have been developed. Widely used new fibers like natural ones as Modal, bamboo and soybean, and synthetic ones as Coolmax, Isolfil can be given as examples for new fibers.

Comfort is discussed in three categories: physical, psychological and physiological. In this project, physiological comfort concerned with thermal balance of human body is investigated. So, heat and liquid water transfer, water vapour transmission, air permeability and drying properties of socks are researched.

In this project, contribution of new fibers to clothing comfort with effects on physical performance of fabric has been investigated. Modal, bamboo, Viloft, Seacell and soybean were selected as new fibers and cotton and viscose fibers selected as control group. To determine difference of new fibers which have similar structure, the fibers are all selected as natural origin.

Selected fibers were prepared in sock form for casual using which contacts directly to skin. To determine comfort properties, moisture vapour transmission, heat transfer, liquid transfer, drying and air permeability tests and to determine physical performance, bursting strength, abrasion, pilling, stretch and dimensional stability tests were carried out to these sock samples.

According to examination results, it's seen that fiber type has effects on comfort properties of garments both directly or indirectly. It's found that water vapour transmission rates of samples were affected negatively from fabric density and moisture content. Regarding heat transfer properties, the coefficient of heat conduction was affected from construction of fibers in sock; meanwhile the coefficient of heat convection was affected from construction of fabric. The difference in wetting behaviour of socks was resulted directly from fiber type.

In terms of comfort and physical properties, it's seen that Modal and Seacell had better performance. In contrast with stated documents, it's found that bamboo fiber had lower comfort performance; also physical performance was bad especially in abrasion and pilling. On the other hand, it had better performance for coolness properties. Viloft fiber showed higher thermal isolation and wicking performance. Soybean fiber showed low thermal conduction and high thermal convection properties. Regarding wetting properties, soybean fiber acted as hydrophobic fiber. In addition, physical values of soybean were found high. Cotton was found as not so bad respect to new fibers regarding comfort properties; it has the highest physical performance as well. The most conspicuous result of the project is that socks produced with blend of new fibers and cotton showed higher performance for both

comfort and physical properties than the socks produced with 100% of that new fiber. To obtain optimum efficiency from new fibers, it will be useful to use them as blended with cotton.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Konfor, insanın bir çevre içinde rahatlık olarak da bilinen kendini iyi hissetme halidir. Giysiler bu hissi, vücut hareketlerini sınırlamaması ve vücudun kendi ısını düzenleme mekanizmasına mani olmaması veya yardımcı olması durumunda verebilmektedir. Vücut hareketiyle ilgili olan kısım daha çok giysi yapısı ve kumaş yapısıyla alakalı bir durumken, vücut ısını düzenlenmesi konfor özellikleri diye tabir edeceğimiz kumaşın nem, su, hava ve ısı geçirgenlik özellikleri yardımıyla oluşmaktadır.

Günümüz koşullarında, yükselen hayat standardı ve moda trendlerinin etkisiyle, giysilerin fonksiyonel özelliklerinin (kullanım amacı) yanında konfor özellikleri de giysi seçiminde önemli bir faktör haline gelmiştir.

Bu doğrultuda elyaf ve iplik üreticileri talebe karşılık verebilmek için doğal liflere alternatif olabilecek elyaf cinsleri üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Özellikle, son yıllarda gerek doğal elyaf gerekse sentetik elyaf kategorisinde birçok yeni elyaf çeşidi ortaya çıkartılmıştır. Sentetik esaslı liflerin, gerek kimyasal yapısı gerekse yapım aşamasında uygulanan tekniklerle, istenilen konfor performansını daha iyi sağladığı görülmektedir. Sentetik elyaf cinsleri daha çok nemi çabuk uzaklaştırabilen, çabuk kurumayı sağlayan özellikleriyle; yeni doğal elyaflar ise doğallığı ve çeşitli konfor özellikleriyle karşımıza çıkmaktadır. Ortaya çıkarılan her yeni elyaf cinsi bir rekabet aracı olarak kullanıldığından bunların çoğu birer ticari marka olarak çıkarılmaktadır. Bu yeni elyaf cinslerinin üzerine yapılmış yeteri kadar bilimsel çalışma olmadığı için piyasaya sürülen bu liflerin gerçek anlamda bir farklılık yaratıp yaratmadığı, sadece bir ticari reklam mı olup olmadığının incelenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Her ne kadar sentetik esaslı lifler oldukça iyi konfor performansı sunuyorsa da doğal liflerin kullanımı, özellikle günlük hayatta, vazgeçilmez bir unsurdur. Bu doğrultuda yapılan bu çalışmada doğal esaslı liflerin konfor performansları karşılaştırılması

amaçlanmıştır. Buna paralel olarak günlük kullanıma yönelik imal edilen çoraplar, dış giyimin her mevsim ayrılmaz bir parçası olması bakımından, araştırma malzemesi olarak seçilmiştir.

Giyim sektörü incelendiğinde, iç giyim ve çorap sektörünün piyasaya sürülen yeni elyaf cinslerinin ilk olarak ve en yoğun kullanıldığı sektör olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunun başlıca sebebi tene direkt temas eden bu giysilerin, insan üzerindeki toplam giysilerin konforu içinde önemli bir paya sahip olmasıdır. Özellikle çorabın günlük çalışma koşullarında bütün gün ayakkabı içinde, vücudun diğer bölgelerine göre daha az hava sirkülasyonu olan bir bölgede olması nedeniyle diğer giysilere nazaran daha fazla konfor özelliği vermesi beklenir. Bu yüzden çalışmanın çoraplar üzerinde yapılmasının bu konuda daha iyi bir fikir vereceği düşünülmüştür.

Bu çalışmanın amacı, pamuk ve viskon gibi geleneksel elyaflar ile Modal® , Viloft®, Seacell®, bambu, soya gibi yeni rejenere doğal elyaf cinsleri kullanılarak örülmüş çoraplar yardımıyla konfor özelliklerine elyaf cinsinin katkısı, yeni elyaf cinslerinin kumaş konfor özelliklerine katkıda ne kadar başarılı olduğu ve kumaşın fiziksel performanslarını ne şekilde etkilendiğinin araştırılmasıdır. Bu doğrultuda kumaşların konfor performanslarını karşılaştırmak için konforu belirleyen parametreler olan su buharı geçirgenliği, ısı transferi, hava geçirgenliği, sıvı transferi ve kuruma gibi özelliklerle, fiziksel performansı belirleyen mukavemet, aşınma, boncuklaşma, boyutsal değişim, esneklik gibi özelliklerin tespiti, bu veriler ışığında çorapların birbirine göre karşılaştırmalı analizlerinin yapılması hedeflenmiştir.

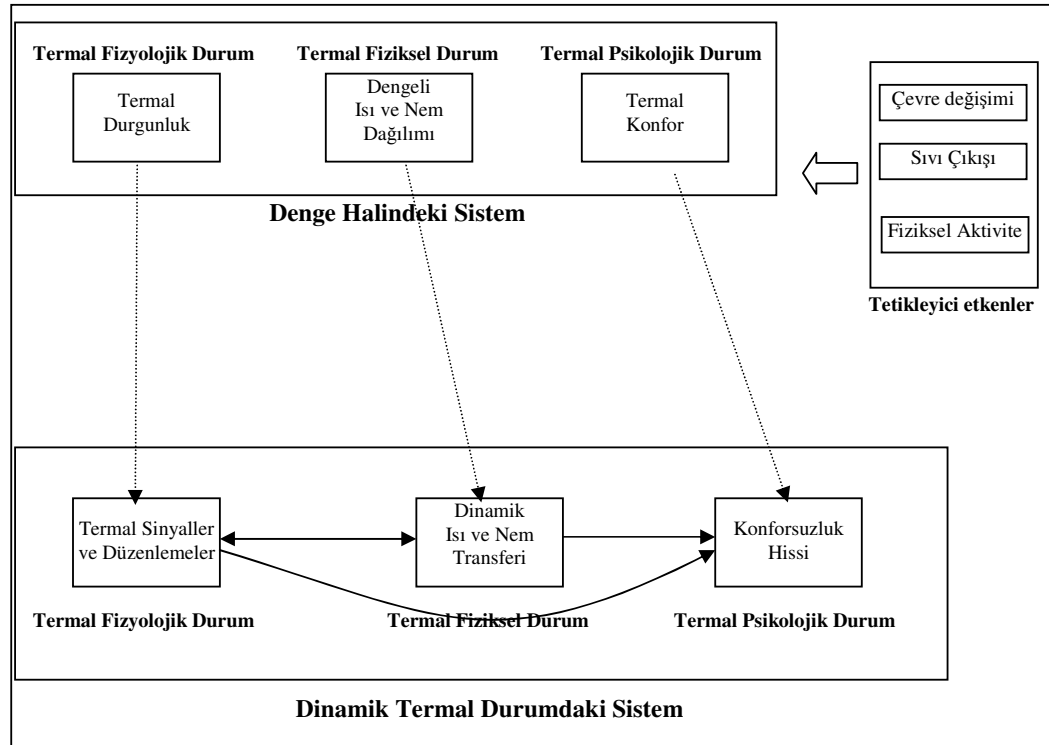
Yapılan literatür taramasında, yapılmış çalışmaların çoğu pamuk, polyester ve yün kumaşlar üzerine yoğunlaştığı görülmüştür. Bizim çalışmamızda ele aldığımız Modal, Bambu, Soya, Seacell, Viloft gibi yeni elyaf türlerinin konfor özellikleri açısından bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca, giysi cinsi olarak çorap kullanılan konforla ilgili çalışma sayısı da yok denecek kadar azdır. Halbuki, vanize örgü ve gipe naylon iplik kullanılan ve farklı bir teknolojisi olan bu giysi türünün ayrı olarak ve kendi koşullarına göre incelenmesi daha doğru olacaktır. Bu çalışmanın literatürdeki bu boşlukları doldurmaya katkısı olacağı görülmektedir.

1.2 Konfor Kavramı

Slater [3], konforun kişiye göre değişen bir özellik olduğundan nicel tanımlama gerektirmeyeceğini belirtmiştir. Bunun yanında bazı araştırmacılar buna bir tanımlama getirmeye çalışmışlardır. Slater, konforu insanla çevresi arasındaki fiziksel, fizyolojik ve psikolojik memnuniyetin bir karışımı olarak tanımlamaktadır. Sontag [25], benzer bir ifadeyle konforun iyi hissetme ile alakalı bir durum olduğunu ve bir insanla çevresi arasındaki denge hali olduğunu belirtmiştir. Wang [2] ise İnsan-Giysi-Çevre sistemi şeklinde tanımladığı bu denge halinin çeşitli etkenler sonucu bozulabileceğini belirtmiştir;

- Çevrenin ani değişimi (örneğin; klimalı bir odadan sıcak ve nemli bir ortama çıkmak)
- Fiziksel aktiviteler
- Ani bir sıvı çıkışı (örneğin; alt ıslatma)

Bu etkenler sebebiyle, sistem denge halinden dinamik hale geçerek sistemde ısı ve nem değişimi gibi fiziksel değişimler, vücudun fizyolojik olarak ısınısını düzenlemesi, ısı ve nem algısıyla ilgili psikolojik değişimler gibi sistemler etkin hale geçer (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: İnsan-Giysi-Çevre Sisteminin Isıl Durumu

Smith [14], giysinin giyildiğinde hissedilmemesi ve herhangi bir acı vermemesi durumunu konfor olarak tanımlamış ve konforsuzluğu “ufak rahatsızlık verme” ile “aşırı acı” arasında skalalandırmıştır. Shivers [18], konforu psikolojik ve fizyolojik olarak sınıflandırmıştır. Fizyolojik konfor vücut ısının üretimiyle kaybı arasındaki ısı dengeyi sağlamakla, psikolojik konfor ise çeşitli durumlarda giysinin rahatlık hissi vermesiyle alakalıdır.

Barker [4] da konforun sadece giysilerin ve kumaşların fiziksel özellikleriyle alakalı olmayıp aynı zamanda insanın fizyolojik ve psikolojik haliyle de alakalı bir durum olduğunu belirtmiştir.

Literatürden alınan bu tanımlamaları özetleyecek olursak konfor aşağıdaki gibi üç ana başlıkta incelenebilir:

- *Fiziksel konfor*; giysinin vücut hareketlerini kısıtlaması, vücuda temasıyla verdiği his gibi giysi ve kumaşın fiziksel yapısının etkili olduğu konfor şeklidir. Giysinin tipi ve şekli, kumaşın geometrisi, yumuşaklık, düzgünlük, ıslaklık, yapışkanlık, batıcılık vs. gibi kumaşın mekanik ve yüzey özellikleri etkilidir.
- *Psikolojik konfor*; sosyolojik konum ve moda gibi etkenlerle kişinin bulunduğu ortamda giydiği giysinin kendisine iyi veya kötü his vermesiyle alakalıdır. Giysinin modeli, şekli ve rengi ana etkenlerdir.
- *Fizyolojik konfor*: insan vücuduyla dış ortam arasında oluşacak ısı dengesine giysinin yapacağı etkiyle alakalıdır. Giysi, vücut ısının olması gereken seviyede korunmasına yardımcı oluyorsa insana rahatlık hissi verir. Kumaşın nem, sıvı ve ısı transferi, hava geçirgenliği ve kuruma özellikleri esas olarak fizyolojik konforu oluşturan etkenlerdir.

Belirtilen bu üç konfor çeşidi birbirinden bağımsız değildir. Her biri birbirini etkileyerek giysinin ya da giysi grubunun genel konforunu oluşturur.

Yapılan bu çalışmada çorapların fizyolojik konforu inceleneceğinden literatür çalışması da kumaşların fizyolojik konforu etkileyen fiziksel özellikleri üzerine yoğunlaştırılmıştır.

Fizyolojik konforu oluşturan ısı izolasyon, buharlaşma direnci, sıvı transferi, kuruma ve hava geçirgenliği gibi özellikler giysi sisteminin sağladığı aşağıdaki performanslarla alakalıdır:

- Giysilerin toplam kalınlığı ile vücutla dış ortam arasında kalan hava boşluğu,
- Hareketle veya rüzgarla havanın içeriye girebilme mesafesi,
- Buharlaşan terin uzaklaştırılabilme kabiliyeti,
- Dışardan içeriye sıvı girişinin engellenebilmesi ve çabuk kuruma.

Bu performansları etkileyen parametreler ise giysi siteminde bulunan kumaş katmanı miktarı, kumaşların geometrisi, kumaşların elyaf içeriği ve dış ortamın durumu olarak sıralanabilir.

Birçok araştırmacı fizyolojik konforu etkileyen ana etkenlerin giysilerdeki ısı ve nem hareketlerinin olduğu konusunda birleşmişlerdir. Bu yüzden araştırmaların çoğu bu iki parametreyi incelemek üzerine olmuştur. Bu iki özelliği etkileyen faktörler ise giyen kişinin hareketliliği, çevredeki rutubet, dış hava akımı, kumaş kalınlığı, hava boşlukları, kumaş geometrisi ve son olarak da elyaf cinsidir [3].

Termofiziksel olarak konfor iki fazda düşünülebilir. Normal giyim koşullarında bile vücut sürekli ter üretir. Birinci faz olarak tabir edebileceğimiz bu durumda giysinin vücutla çevre arasında bir tampon oluşturmayıp aksine ısı düzenleyici görevi göstererek oluşan teri dışarı hızlı bir şekilde iletmesi gerekmektedir. Dolayısıyla bu fazda kumaşın nem, hava ve ısı geçirebilme kabiliyeti konforu dengede tutmada önemli bir rol oynar. İkinci fazda ise bir aktivasyon ya da bir ıslanma neticesinde kumaşın oluşan sıvı kütlesini vücut çevresinden uzaklaştırması önemlidir. Bu aşamada, kumaşın diğer konfor özelliklerinin yanında sıvı transferi ve kuruma özellikleri de önem kazanmaktadır.

2. KONFORUN TESPİTİNE YÖNELİK YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Herkes tarafından farklı tanımlamalar yapılan konforun tespitine yönelik de farklı yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bunlar iki ana başlık altında toplanabilir: deneysel ve öznel metotlar. Öznel test metotları giysilerin belirlenen denek gurubu üzerinde denenmesiyle, deneklerden gelen yanıtlara göre yapılan bir çalışma şeklidir. Bazı bilim adamları konforun insanın hissetmesiyle alakalı bir durum olduğunu, dolayısıyla konforun belirlenmesinde insanların kullanılmasının daha doğru sonuçlar vereceğini savunmuşlardır. Slater, Smith ve Pharsarn konfor tespiti için en ideal yöntemin bu olduğunu iddia etmektedir [3, 14, 1]. Ancak deneklerin doğruyu söylememe ihtimali farklı sonuçlar doğurabilmektedir. Ayrıca denegin duyduğu his çalışılan konudan farklı bir sebepten de olmuş olabilir. Bunlar bu metodun dezavantajları olarak söylenebilir. Aynı zamanda pahalı ve uzun zaman gerektiren bir yöntemdir.

Deneysel yöntem ise konforu etkileyen ana sebepler olarak saydığımız nem, ısı, su ve hava geçirgenliği gibi kumaş özelliklerinin laboratuvar ortamında incelenmesi sonucunda elde edilen sayısal veriler ışığında yapılan bir kontrol sistemidir. Kontrollü deneylerle daha gerçekçi sonuçlar alınmış olsa da incelenen sadece bir ya da birkaç parametre olduğundan daha kompleks bir mekanizması olan konforu tam olarak temsil edemez. Bu yüzden daha çok kumaşların konfora olan katkısını karşılaştırmada kullanılması idealdir.

2.1 Nem Transferi

Normal giyim şartlarında, yani ortalama bir ortam sıcaklığı ve nem ile düşük fiziksel aktivite olması durumunda, insan vücudu deri gözeneklerinden sürekli bir su buharı üretir. Dış ortamla terleyen deri yüzeyi arasında oluşan basınç farkı su buharı moleküllerinin giysi içinden geçerek düşük basınçta olan dış çevreye doğru hareket etmesine yol açar [1].

Mecheels [22] giysideki bu geçişin dört şekilde olduğunu tanımlamıştır:

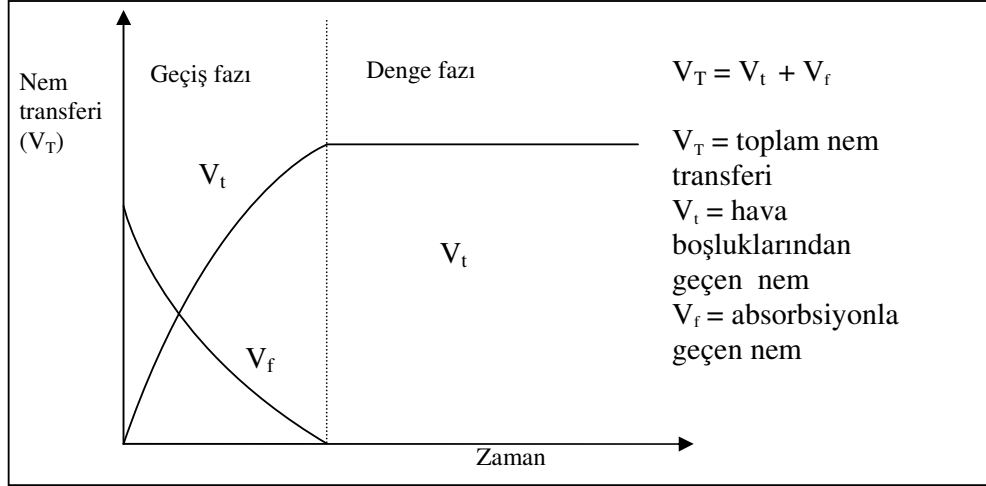
- Lifler arasındaki hava boşluğundan geçiş
- Liflerin sıvıyı emmesi ve geri vermesi
- Lif ve iplik arasında sıvı haldeki suyun kılcal hareketi
- Lif yüzeyinde sıvı haldeki suyun hareketi

Bunların içinde nem geçişini en çok belirleyen faktör hava boşlukları arasında oluşan difüzyondur. Diğer mekanizmaların katkısı daha düşüktür. Ancak burada bahsedilen mekanizmalar bilinen difüzyondan daha kompleks bir yapıya sahiptir.

Nem geçişini etkileyen faktörlerden biri de kumaşta kullanılan liflerin hidroskobi (sıvı severlilik) seviyeleridir. Liflerin içindeki nem miktarının ağırlığının kuru haldeki ağırlığına oranı “nem kazanımı – moisture regain” olarak tanımlanır. “Sıvısever” olarak adlandırılan liflerde bu oran yüksek olmaktadır. Dolayısıyla yüksek nem kazanımına sahip lifler deri üzerindeki nemi daha fazla miktarda absorbe ederek nemin deriden uzaklaşmasını sağlar. Diğer taraftan yüksek nem kazanımı, kumaşın kuruma süresinin uzamasına yol açar, bu da kumaşın nemli ve serin hissi vermesine sebep olur [19].

Nemin kumaştan geçişi iki fazda gerçekleşir. Geçiş fazı olarak adlandırılan birinci aşama, giysi yeni giyildiğinde ya da fiziksel aktivasyon gibi denge halindeki bir bozulma sonucunda nemin kumaştan geçmeye başladığı anı temsil eder. Deriden kumaşla deri arasındaki mikro iklime geçen nem, kumaştaki lifler tarafından absorbe edilir veya lifler ve iplikler arasındaki hava boşluklarından geçer. Liflerin nem bakımından doygunluğa ulaşmasıyla nem geçişi sadece kumaş boşluklarında gerçekleşir. Bu aşama da denge fazı olarak adlandırılır (Şekil 2.1).

Pamuk ve yün gibi doğal içerikli kumaşların kullanıldığı durumlarda mikroiklimdeki basıncın yükselmesi geç olur, bu da denge haline ulaşmanın uzamasına yol açar. Bunun aksine sentetikler gibi su itici lifler basıncın hızlı yükselmesini sağlayarak nem transferini hızlandırır. Ayrıca bu tür lifler absorpsiyon yapmadığı için nemin direkt olarak hava boşluklarından geçmesini olanak tanır [1].



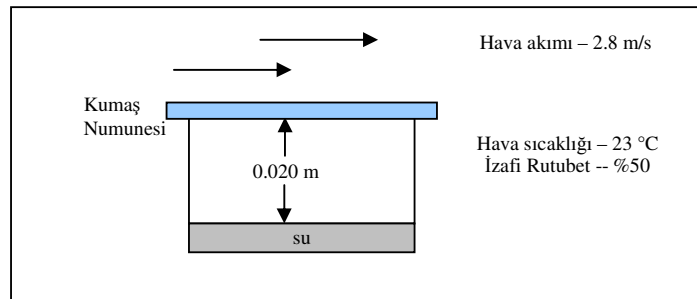
Şekil 2.1: Nem Geçiş Fazları

Kumaşların nem transfer özelliklerine yönelik yapılan çalışmalarda iki test metodu ön plana çıkmaktadır. Bunlardan birincisi ASTM E96 standardında belirtilmiş olan Kap Metodu (Upright Cup Method) olup diğeri ise Nemli Sıcak Plaka (Sweating Guarded Hot Plate) Yöntemi' dir [1].

Kap Metodu, üzeri test edilecek malzeme ile kapatılmış içi malzemeye değmeyecek şekilde su ile doldurulmuş bir kabın içindeki suyun zamana göre azalmasıyla tespit edilen Su Buharı Geçirme Oranının (MVTR), Denklem 2.1' de görüldüğü gibi, $\text{g/m}^2/\text{saat}$ cinsinden belirlenmesine dayanan bir yöntemdir.

$$\text{MVTR} = \frac{G}{t.A} \quad (2.1)$$

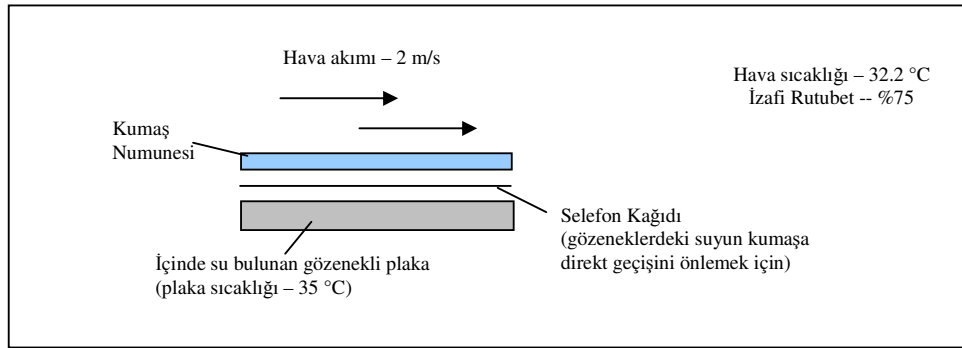
Burada, G; kaybolan su miktarı (g), t; test süresi (saat), A; etkin olan kumaş alanını (m^2) göstermektedir. Çevrenin ve kabın sıcaklığı 23°C olup çevrenin izafi nemi %50 olarak ayarlanır. Kabın içine yaklaşık 5 mm yüksekliğinde su konularak su ile kumaş arasında 20 ± 5 mm lik bir boşluk bırakılır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: ASTM E96 Metoduna Göre ‘‘Açık Kap’’ Nem Ölçüm Düzenegi

Kap Metodu ilk olarak plastik ve kağıt malzemelerde kullanılmıştır. Malzemelerinin temininin ve testin uygulanmasının kolaylığı yüzünden daha çok tercih edilen bir yöntemdir. Ancak suyun sıcaklığının vücut sıcaklığı olan 35 °C' yi yansıtmaması ve su ile malzeme arasındaki hava boşluğunun nem geçişine gösterdiği direnç yöntemin dezavantajlarını oluşturur.

Nemli Sıcak Plaka yönteminde ise vücudu temsil etmesi bakımından gözeneklerinde su bulunan 35 °C' ye ısıtılmış bir plaka kullanılır. Üzerine kumaş yerleştirilmiş sıcak plakanın sıcaklığını sabit tutabilmek için harcanan elektrik gücü, plakanın kuru kullanılması durumunda kumaşın kuru ısıl direncini, gözeneklerine sıvı doldurulması durumunda ise kumaşın nemli ısıl direncini belirtir. Şekil 2.3' de test düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Sıcak Plaka Metodu' yla Nem Ölçme Düzeneği

Kuru ısıl direnç (R), m² K/W cinsinden Denklem 2.2' ye göre hesaplanır;

$$R = \frac{A(T_{plaka} - T_{hava})}{Q} \quad (2.2)$$

Burada; A; kumaş alanını [m²], T; havanın ve plakanın sıcaklıklarını [K], Q; harcanan gücü [W] göstermektedir. Bulunan bu değer toplam direnci göstermektedir. Kumaşın direncini (R_{ct}) tespit etmek için toplam dirençten (R_{toplamlam}) plakanın boş direncini (R_{cto}) çıkarmak gerekir;

$$R_{ct} = R_{toplamlam} - R_{cto} \quad (2.3)$$

Nemli ısıl direnci (R_{et}) ölçmek ise biraz daha karmaşık bir hesaplama gerektiriyor. Bunun için Gibson [3]' un ortaya koyduğu aşağıdaki formülden yararlanılabilir;

$$R_{et} = 60.6 \left[\frac{1}{i_m / R_{toplaml}} - \frac{1}{i_{m0} / R_{ct0}} \right] \quad (2.4)$$

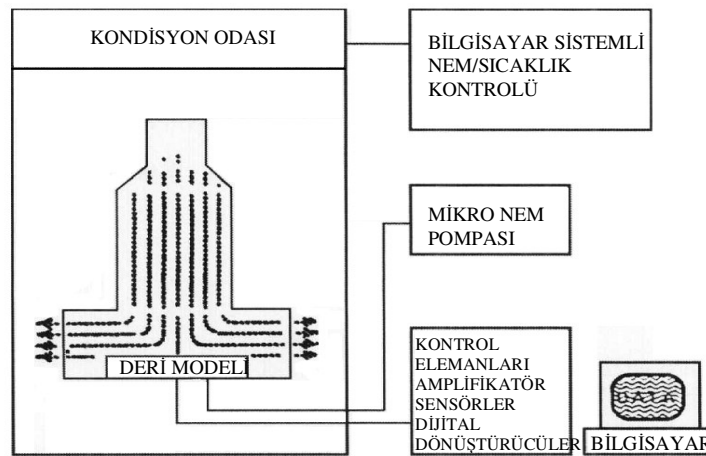
Formüldeki i_m katsayısı Woodcook [40] tarafından ortaya konan nem geçirebilirlik indeksini belirtir. Bu indeks 0 (tamamen geçiremeyen) ila 1 (tamamen geçirebilen) arasında bir değerdir ve Denklem 2.5' e göre hesaplanır;

$$i_m = \frac{\left\{ \frac{Q \cdot R_{toplaml}}{A} \right\} - (T_{tabaka} - T_{hava})}{S(p_s - \Phi \cdot p_a)} \quad (2.5)$$

Formüldeki S değeri Lewis' in nem kütle transfer katsayısıyla ısı taşınım katsayısı arasındaki ilişkiyi gösterir (1.65×10^{-2} K/Pa). p_s ve p_a , gözeneklerdeki sıvının, sırasıyla, plaka yüzeyine ve çevredeki havaya yaptığı basınçlardır. Φ ise çevredeki havanın izafi rutubetini göstermektedir.

Her ne kadar bu metot iyi bir model oluştursa da ekipmanlarının pahalı oluşu ve testin aşırı bir özenle yapılması gereksinimi, kullanımını zorlaştırmaktadır.

Literatürdeki mevcut çalışmalarda yaygın olarak temelde bu iki sistem kullanılmıştır. Bazı araştırmacılar sıcaklık, nem gibi ortam parametrelerini, bazıları da kap şekli ve düzener üzerinde değişiklikler yaparak daha iyi sonuç elde etmeyi amaçlamışlar. Buna en iyi örnek; North Carolina State Üniversitesi' nde geliştirilen NCSU Thermolabo cihazıdır (Şekil 2.4). Tanımlanan iki yöntemi de içinde bulunduran bu cihazda bilgisayar kontrollü sensörler yardımıyla nem transferi dinamik olarak analiz edilebilmektedir [4].



Şekil 2.4: “NCSU Thermolabo” Isıl Analiz Cihazı

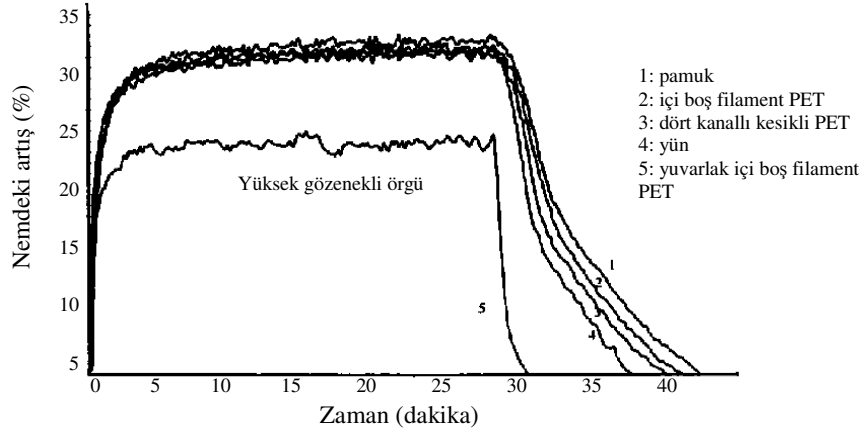
Bazı araştırmacılar nem ölçümü için kendi hazırladıkları düzeneklerden faydalanmışlardır. Bunlardan biri Hu J. ve arkadaşlarının [9] yaptıkları kumaşların elektrik direncinden faydalanılarak yaptıkları çalışmadır. Kumaşın içindeki nem oranı değiştikçe elektrik iletkenliği de değişir. Bu prensibin temel alındığı bu çalışmada kumaşın her iki tarafına yerleştirilen sensörler vasıtasıyla kumaşın bir tarafına verilen su buharının diğer tarafa geçiş hızı ölçülmesi sağlanmıştır.

Rossi ve Grass [11], giysilerdeki nem transferi özelliklerini çeşitli sıcaklıklarda, özellikle düşük sıcaklıklarda, araştırmıştır. Deney için vücudu simule etmesi bakımından dikey olarak hazırlanmış iki bölümden oluşan bir cansız manken kol düzeneği hazırlanmıştır. Bu kol üzerinde yerleştirilen 22 ayrı noktadaki gözenekten kontrollü bir su buharı çıkışı sağlanarak terleme modellenmiştir. Dört kat kumaş kullanılmış, bunların ilk iki katı su iticiliği yüksek olan polyesterden diğer ikisi de farklı su geçirgenliğine sahip kumaşlardan seçilmiştir. Birim zamanda harcanan su buharı miktarından elde edilen veriler sonucunda dış ortam sıcaklığındaki düşüşün su buharı geçirgenliğini düşürdüğü tespit edilmiştir. Ayrıca son katta kullanılan malzemenin su iticiliği arttıkça direncin daha da arttığı tespit edilmiştir.

Barker'ın [4] yaptığı diğer bir cansız manken modellemesinde de tam bir vücut mankeninden 187 noktadan verilen su buharı ile mankendeki ve giysideki test öncesi ve sonrası ağırlık değişimlerinin ölçülmesiyle giysinin su buharı geçirgenliği komple bir giysi olarak ele alınması suretiyle hesaplanması sağlanmış. Böylece nem geçirgenliği hesabında kumaş haricinde olabilecek giysi faktörlerinin etkisinin de dahil edilmesi amaçlanmıştır.

Pharsarn [1], çalışmasında pamuk, yün, çeşitli lif kesitlerinde kesikli ve filament polyester ve polipropilen elyaf gruplarını kullanılarak örülen çeşitli kalınlıktaki suprem ve lacoste kumaşlara yukarıdaki test metotlarının kullanımıyla çeşitli kumaş parametrelerinin nem geçirgenliğine olan etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre nemli ısı direnç (R_{et}) ve su buharı geçirgenlik katsayısı (MVTR) kumaşın kalınlığı ve yoğunluğundan direkt olarak etkilenmektedir, ancak kumaşın hava geçirgenliğiyle bir korelasyona sahip değildir. Bunun sebebi de örme kumaşlarının sahip olduğu açık yapı nedeniyle birbirine kıyasla önemli bir fark yaratmaması olarak açıklanmıştır. Hava geçirgenliği daha çok kurumayı etkilemektedir. İplik cinsi de, kumaş yapısına olan etkisi nedeniyle, nem transferini etkileyen bir faktör olarak gözükmektedir. Yüzeyinde lif çıkması düşük olan, düzgün

yüzeyle, ince filament bir iplik daha geniş hava boşlukları oluşturacağından ştapel liflere göre daha fazla nem geçişine müsaade eder (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Bazı Elyaf Cinslerinin Mikroiklimde Oluşturdukları Nem Değişimleri [1]

Ruckman [20], kötü hava şartlarında ve spor giysilerinde kullanılan su geçirmeyen nefes alabilen kumaşların, Kap Metodu' nu kullanarak, nem geçirgenlik seviyelerini tespit etmiştir. Buna göre en yüksek nem geçişini su itici apre uygulanmış sıkı dokunmuş kumaşların gösterdiği bunun yanında en az nem geçirenin ise poliüretan kaplı kumaşın olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bulunan diğer bir sonuca göre, su buharı transferi direkt olarak hava sıcaklığına bağlı olmayıp su buharı basıncına bağlı olmaktadır. Kumaş yüzeyleri arasında ne kadar çok su buharı basınç farkı varsa nem transferi de o kadar fazla olmaktadır.

2.2 Isı Transferi

İnsan vücudunun kendi sıcaklığını sabit tutma ihtiyacından dolayı giysilerin sağlayacağı ısı yalıtımı vücudun ısıl konforunu etkiler. Metabolizma hızı sebebiyle vücudumuz sürekli ısı enerjisi üretir. Vücut sıcaklığının sabit tutulabilmesi için üretilen bu enerji iletim, taşınım ve ışıyım mekanizmaları ile vücuttan dışarıya atılmak zorundadır. Vücuttan dışarıya atılan ısı enerjisi miktarı giysi özelliklerine ve dış ortam şartlarına göre değişir. Soğuk havalarda dış ortama geçen ısı vücutta üretilen ısı enerjiden fazla olmaması için giyiniriz. Bu durumda giysinin ısı yalıtım özelliği önem kazanır. Sıcak havalarda ise vücuttan dış ortama ısı geçişi zorlaşır. Sıcak havalarda ise ısı geçişini engellemek için daha ince ve ısı geçirgenliği yüksek giysiler tercih edilir. Vücut, dış ortama atılması gereken ısıyı normal yollarla (iletim, taşınım ve ışıyım) atamıyorsa terleme meydana gelir. Terleme ile meydana

gelen kütle difüzyonu ile birlikte buharlaşma sıcak havalarda vücuttan dış ortama doğru ısı geçişini artırır. Hem soğuk hem de sıcak havalarda giysilerin ısı yalıtımı ve geçirgenlik gibi özellikleri önem kazanır.

Giysilerin ısıl davranışını belirleyen parametrelerden biri de “emilim ısısıdır”. Tekstil malzemeleri üzerlerine su buharını bağlamaları durumunda bir ısı açığa çıkarır. Buna “emilim ısısı” adı verilir. Bu ısı sayesinde giysiler sıcak tutma özelliği kazanır. Ancak çok yüksek nem oranlarında (ıslanma gibi) bu ısı sıfır olana kadar düşer. Pamuk, yün gibi doğal liflerin nem tutma oranları yüksek olduğu için emilim ısısı değerleri de yüksektir (10-13 kJoule/gr). Polyester gibi su itici lifler düşük nem kazanım oranına sahip oldukları için emilim ısısı değerleri de düşüktür. Bu yüzden doğal liflere göre ısıl izolasyonu daha düşüktür. Su sever liflerin bu avantajı ıslandıklarında düşen emilim ısısı ve geç kuruma nedeniyle dezavantaja dönüşmektedir, bu durumda da su tutmamaları ve çabuk kurumaları nedeniyle polyester ve benzeri sentetikler ön plana çıkmaktadır. Benzer bir etki de kumaşın dokunmayla verdiği hisse görülmektedir. Pamuk ve benzeri lifler dokunulduğunda daha serin hissi vermesi bu nedenledir [23].

Bir cisimden gerçekleşen ısı transferi üç şekilde olur: iletim, ışıınım ve taşınım. Bunlardan; radyasyon vücut sıcaklığı mertebesinde ihmal edilebilecek seviyededir. Tekstil malzemesi düşünüldüğünde ısı transferi giysi katmanları arasında ve vücudun zemin gibi herhangi bir dış ortamla teması söz konusu olduğunda iletim etkili olurken, giysiyle dış ortamdaki hava arasında ise taşınım etkili olmaktadır.

Bir tekstil malzemesinin yapısı temel olarak lifler, hava ve nemden oluşmaktadır, dolayısıyla her biri farklı ısıl özellik sergileyen bu yapıların birleşmesi ve karşılıklı etkileşmesi tekstil malzemesinin ısıl davranışını belirler [17]. Giysiler arasında ve giysi içlerinde giysi tarafından tutulan hava ısı iletimini engeller. Giysiler vücuttan dışarıya ve çevreden vücuda olacak akımlar için bir bariyer oluşturduğundan ısı taşınımı için de bir direnç oluşturur. Son olarak da vücuttan terin buharlaşmasını kısıtlayarak nemsel ısı kaybını da azaltır [21].

Isı iletimi katı bir cisim üzerinde bir sıcaklık farkı olması durumunda sıcaklığı yüksek olan yerden düşük olan yere doğru gerçekleşen bir enerji transferini belirtir. Isı iletimi, Denklem 2.6’ da gösterildiği gibi, Fourier Yasasına göre hesaplanabilir;

$$Q = k \cdot \frac{A \cdot \Delta T}{\lambda} \quad (2.6)$$

Q = birim zamanda transfer edilen ısı miktarı (Watt)
 A = transferi gerçekleştiği yüzey alanı (m²)
 k = malzemenin ısı iletkenliği (Watt/mC)
 ΔT = malzemenin iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı (°C)
 λ = malzemenin kalınlığı (m)

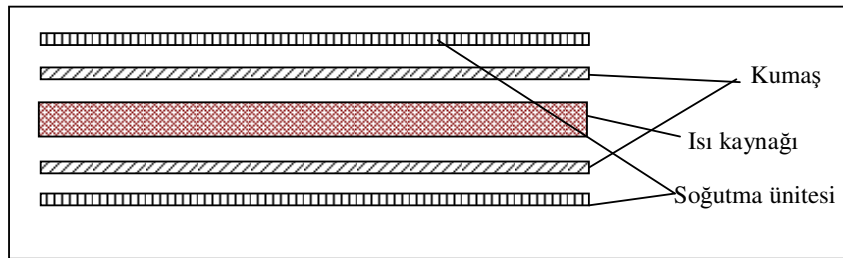
dolayısıyla bu formülden k aşağıdaki şekilde çekilerek hesaplanabilir:

$$k = \frac{Q \cdot \lambda}{A \cdot \Delta T} \quad (\text{Watt/mC}) \quad (2.7)$$

Cisimlerin ısı izolasyonunu ifade eden ısı direnç de buradan yola çıkarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$R = \frac{\lambda}{k} = \frac{A \cdot \Delta T}{Q} \quad (\text{m}^2\text{C/Watt}) \quad (2.8)$$

Isı iletiminin ölçümünde ISO 8302 [30] standardında belirtilen yöntem ön plana çıkmaktadır. Buna göre, içte bir ısıtıcı plaka, iki tarafına da yerleştirilen test edilecek malzeme ve en dışta soğutma üniteleri olmak üzere bir sandviç formatında kurulan Şekil 2.6' gösterildiği gibi bir düzenekten faydalanılmaktadır. Plakayı ısıtmak için harcanan güç ve malzemenin iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkının ölçümüyle Denklem 2.7 kullanılarak ısı iletim katsayısı ve ısı direnç hesaplanabilmektedir.



Şekil 2.6: Isı İletimi Ölçme Düzeneği

Isı taşınımını ölçmek için, aynı sistemde soğutucu etken olarak soğutucu plaka yerine ortamdaki havanın kullanılması sağlanır. Bu sistemde kumaş direkt olarak dış ortamdaki havayla temas halinde olduğundan elde edilen değerin ısı taşınımı katsayısıdır (h) ve Denklem 2.9' a göre hesaplanır. Isı taşınım katsayısı iletim katsayısından farklı olarak kumaş kalınlığından bağımsız bir katsayıdır.

$$h = \frac{Q}{A \cdot \Delta T} \quad (2.9)$$

Schacher ve arkadaşları [57], klasik polyester ve mikrolif polyester kumaşlarla Plaka Yöntemi' ni kullanarak yaptıkları çalışmalarda mikrolif kumaşların daha az ısı transfer ettiği dolayısıyla daha iyi bir ısı izolasyon özelliğine sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca ılık/soğuk hissi testinde de yine daha fazla temas noktasına sahip olan mikrolif kumaşın daha ılık bir his verdiği tespit edilmiştir.

Frydrych ve arkadaşları [15], Alambeta adı verilen bir cihaz yardımıyla yaptıkları deneylerde, pamuk ve Tencel hammaddeli dokuma kumaşların çeşitli ısı parametreleri – ısı iletimi, ısı direnç, ısı difüzyon miktarı, ısı emilimi gibi – bakımından karşılaştırmalarını yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda ısı iletimi ve ısı emilimi bakımından pamuklu kumaşlar daha yüksek değerler verirken, ısı difüzyon ve ısı direnç bakımından Tencel' in daha yüksek değerler verdiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, yazlık giysilerde kullanılan pamuklu kumaşların ısıyı daha iyi ilettikleri, bunun yanında Tencel kumaşların da daha iyi serin hissi verdikleri söylenebilmektedir.

Uçar ve Yılmaz' ın [16] yaptığı çalışmada ise, üç farklı rib düzeninde ribana kumaşlar kullanılarak plaka-kumaş modeline benzer geliştirilen bir sistem yardımıyla ısı transfer katsayıları doğal ve zorlanmış haller olmak üzere iki duruma göre hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre aynı yapıya sahip kumaşlarda örgü sıklığı arttıkça ısı transferi düşmektedir. Bunun sebebi de sıkılaştan kumaştaki düşük hava geçirgenliği olarak belirtilmiştir. Aynı şekilde, rib oranı arttıkça hava geçirgenliği de artacağı için daha yüksek rib düzenindeki kumaşların ısı geçirgenliğinin daha yüksek olduğu ifade edilmektedir.

Schneider [13], kumaşların nem oranlarının ısı iletimi üzerine olan etkisini incelemiştir. Bunun için geliştirdiği ısı geçiş düzeneğinde yün, pamuk, akrilik ve polipropilen kumaşlar kullanmıştır. Düşük nem oranlarında ısı iletiminin nemden çok etkilenmediği görülmüş; ancak özellikle polipropilen ve akrilik gibi su itici malzemelerin doyma noktalarında kuru halinden iki katı bir ısı iletimi sağladığı görülmüştür. %200' ün yukarıdaki nem oranlarında ise bu artışın yavaşladığı görülmektedir. 0 ile %100 arasındaki nem oranlarında yünün en düşük ısı iletimini gösterdiği tespit edilmiştir. Suyun lif içine absorbe olması, lif yüzeylerindeki mikro boşluklara girmesi, lif ve iplikler arasında serbest olarak tutulması gibi farklı

mekanizmalar, nemin ısı iletimini etkilemesindeki ana parametreler olduğu belirtilmektedir.

2.3 Isı ve Nemin Birlikte Transferi

Her ne kadar ısı ve nem transferinin ölçümünde ayrı ayrı yöntemler kullanılsa da gerçek giyim koşullarında bu iki parametre birbirine bağlı oldukları için (vücuttan ısı kaybı terleme sonucu buharlaşmayla olmaktadır) nemin ve ısının aynı anda tespitini yapabilmek daha gerçekçi sonuçlar vereceğinden bu doğrultuda çalışmalar yaygın olarak görülmektedir.

Gibson [5] yaptığı çalışmada, Kap Metoduyla Sıcak Plaka metodunu karşılaştırmış ve geçirgen malzemeler için aralarında bir korelasyon olduğunu tespit etmiştir. Aynı zamanda Sıcak Plaka Yöntemi' nin hem nemin hem de ısının aynı anda etken olmasından dolayı daha iyi bir yöntem olduğunu belirtmiştir.

Kim ve Spivak [31], mikrohidrometre ve minyatür termometre kullanarak hazırladıkları düzenele nem ve ısıdaki değişimleri tespit etmişlerdir. Bu, terleyen deriyi simule eden bir yüzeyle giysi arasındaki mikroiklim sıcaklığının ve kumaş yüzeyine yakın yerdeki su buharı basıncının tespitiyle mümkün olmuştur. Dinamik bir ölçüm şekli olması ve iyi bir simulasyon sağlaması bu yöntemi iyi bir alternatif olarak ortaya koymaktadır.

Hatch ve arkadaşları [24], yaptıkları çalışmada terlemeyi simule eden bir sıvı besleme ünitesi olan sıcak plaka kullanılmış; giysi teması olmadan ıslak, giysi teması olarak ıslak ve kuru olmak üzere üç farklı durum simulasyonu yaparak çeşitli konfor parametrelerini ölçmeyi başarmışlardır. Deney grubundaki kumaşlara yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi kumaşların birbirlerine yakın geometrik yapılar sahip olmaları şeklinde açıklanmaktadır. Ancak, lif içeriğindeki değişmelerin sıvı transfer özelliğinde belirgin bir fark yarattığı gözlemlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar giyim testleriyle de desteklenmiştir.

Cheng ve Cheung [27], giysinin ısı izolasyonunda terlemenin etkisini incelemiştir. Manken kullanılarak yapılan bu çalışmada düşük ve yüksek nefes alma özelliklerine sahip çeşitli kumaşlar üzerine düşük terleme ve fazla terleme durumları incelenmiş ve çok terleme durumunda giysinin ısı izolasyonunda az terleme durumuna göre

%2-8 arasında bir düşüşün ortaya çıktığı görülmüştür. Bu veriden yola çıkılarak, ağır bir çalışmadan sonra terleyen kişinin üşmesi sadece giysideki suyun buharlaşması için ısı çekilmesinden değil aynı zamanda düşen ısıl izolasyondan olduğu açıklanabilmektedir.

Zimerelli ve Weder [41], koruyucu giysiler için yaptıkları çalışmada yine bir cansız mankenden faydalanmışlardır. Gövdeden oluşan ve üzerinde 20 adet termosensör ve 36 adet nem çıkış gözenegi olan bu mankenden elde edilen ölçümlerle koruyucu giysinin toplam konfor performansı incelenmiş. Çalışmalarında koruyucu giysi olarak soğuk bir atmosferde uyku tulumu denenmiştir. Yapılan bu ölçümler deneklerden alınan giyim testi sonuçlarıyla desteklenmiştir.

Searle [32], bazı iç çamaşırlık kumaşlar üzerine yaptığı çalışmada kumaşların kuru ve nemli ısıl dirençlerini hesaplamış, ayrıca bu kumaşlardan yapılan iç çamaşırlar deneklere giydirilerek subjektif bir değerlendirme de elde edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda pamuk, ipek, polyester ipliklerinden elde edilmiş dokuma kumaşlarla naylon örme kumaşlar kullanılmıştır. Nemli Sıcak Plaka Yöntemi kullanılarak elde edilen objektif değerlere göre pamuğun en iyi ısıl izolasyon ve nem geçirgenliği özelliği sağladığı bunun yanında polyesterin en düşük ısıl izolasyon özelliği sağladığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak da pamuk yapısı dolayısıyla kumaş içinde ve kumaşla hava arasında daha fazla havayı hapsedebilme özelliğine sahip olması gösterilmektedir. 58 bayan denek üzerine yapılan subjektif testler sonucunda elde edilen puanlara göre naylon örme kumaşlarla polyester dokuma kumaşların en yüksek konfor puanını aldığı görülmüştür. Bunun yanında objektif sonuçlara göre en iyi ısıl izolasyon özelliği gösteren pamuk; denekler tarafından da en kuru, en ılık ve en emici değerleri almasına rağmen toplam skorda en düşük kalmıştır. Bu durum deneklerin günlük alışkanlıklarına bağlı olabileceği şeklinde açıklanmıştır.

2.4 Islanma ve Kılcal Islanma (Wicking)

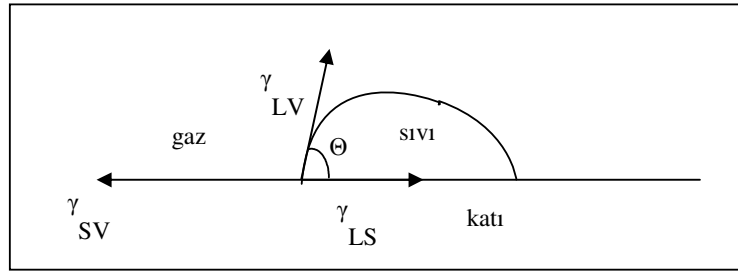
Aşırı sıcak ve nemli bir ortamda veya yoğun bir aktivasyondan sonra oluşan sıvı haldeki terin deri üzerinden atılması giysinin ıslanma ve kuruma performansı ile sağlanır. Bu giysi konforu açısından önemli bir faktördür. Bu performans kumaşın ıslanabilirliği ve kılcal ıslanmasıyla alakalı bir durumdur. Sıvı ile tekstil malzemeleri arasındaki ilişki dört mekanizmayla açıklanabilir: lif yüzeyinin ıslanması, sıvının

lifler arasında taşınması, sıvının lif yüzeyinde tutunması ve sıvının lif içine difüzyonu [8].

Kissa' nın [8] yaptığı tanımlamaya göre ıslanma, katı-hava kesitinin katı-sıvı kesitiyle yer değiştirmesi olayına denir. Dinamik bir proses olan ıslanma doğal ve zorlanmış olarak çeşitlendirilebilir. Yayılma, daldırma, adhezyon ve kılcal girintililik gibi mekanizmaları içeren kumaş ıslanması çok kompleks bir sistemdir. Havanın sıvı ile yer değiştirmesi durumu Young-Dupre tarafından aşağıdaki formülle tanımlanmıştır:

$$\gamma_{SV} - \gamma_{SL} = \gamma_{LV} \cdot \cos \Theta \quad (2.10)$$

Formüldeki γ , arayüz gerilimlerini; S, L ve V indisleri sırasıyla katı, sıvı ve buhar yüzeylerini; Θ , denge temas açısını belirtmektedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Termodinamik Denge Halinde Yüzey Gerilimleri ve Temas Açısı

Kumaşların ıslanabilirliği lifin sıvıyla olan etkileşmesinden doğan yüzey enerjisiyle belirlenir. Bu yüzey enerjisi de temas açısıyla tespit edilir. Su sever lifler yüksek yüzey enerjisine ve düşük temas açısına sahiptir, daha çok sıvıyı kolayca emebilirler. Su itici lifler ise düşük yüzey enerjileri ve yüksek temas açısı (90 dereceden fazla) nedeniyle sıvı emişi yapamazlar. Kumaş yüzey yapısının sıvı emilebilirliğine uygun olmadığı durumlarda kumaş su sever liflerden oluşsa bile sıvı emme kapasitesi düşük olmaktadır.

İplik veya kumaş gibi lifli bir yapıya sahip cisimlerde sıvı transferinde kılcal yollar ve kuvvetler etkili olabilir. Bu kılcal kuvvetler sayesinde sıvının kendiliğinden gözenekli yapıda ilerlemesine kılcal ıslanma (wicking) adı verilir. Islanma ile kılcal ıslanma birbirinden ayrı mekanizmalar değildir. Islanamayan bir kumaşta kılcal ıslanma olması beklenemez. Kılcal ıslanmanın devam edebilmesi için de kumaşın sürekli ıslak kalması gerekmektedir.

Kumaşlarda sıvı haldeki nemin transferi iki parametre ile değerlendirilir: absorbe kapasitesi ve absorbe oranı. Birinci terim, kumaşın içine emip tutabileceği maksimum seviyedeki sıvı haldeki nemi, diğeri ise kumaşın suyu emme hızını belirtir. Absorbe kapasitesi (A), suya daldırılan bir kumaşın önceki ağırlığı (W_d) ve sonraki ağırlığının (W_w) ölçülmesiyle Denklem 2.11' e göre hesaplanır:

$$A = \frac{W_w - W_d}{W_d} \quad (2.11)$$

Absorbe oranı ise, sıvının deri yüzeyinden alınıp kumaş yapısı boyunca transfer edilip dış ortama verilebilme yeteneğini belirtir. Dolayısıyla yüksek absorbe oranına sahip olan kumaşlar hızla deride serinleme ve kuruma hissi verir. Diğer yandan absorbe kapasitesi yüksek olan kumaşlar da deriden sıvının hızlı bir emilimini sağlar. Ancak kumaşın emilen bu sıvıyı uzaklaştırabilme yeteneği iyi değilse bu bir dezavantaj haline dönüşür ve ıslaklık hissi gibi bir konforsuzluk hissini oluşmasına yol açar.

Pharsarn' ın [1] yaptığı deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar da bunu doğrular nitelikte görülmektedir. Pamuk ve kesikli polyesterin absorbe kapasiteleri yüksek olmasına rağmen filament polyesterin absorbe oranının bu iki gruptan çok büyük olduğu gözlemlenmiştir. Buna sebep olarak da filament liflerin çok düzgün yüzeylerinde daha temiz ve düzgün kılcal yollar oluşması sonucu hızlı bir transferin gerçekleşmesi gösterilmektedir.

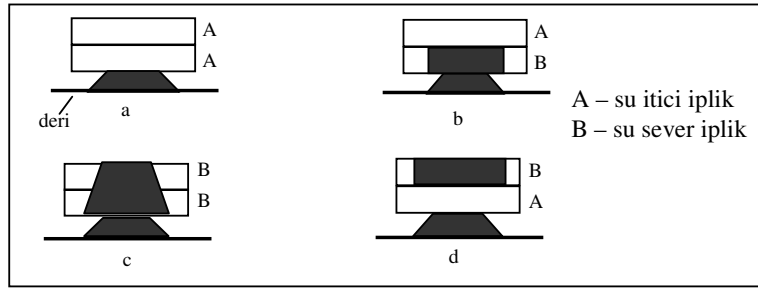
Long [6], çift tabakalı kumaşların su buharı ve sıvı geçirgenliğiyle ilgili olarak aşağıdaki tespitlerde bulunmuştur:

1- Her iki katmanında da su itici elyaf kullanılan bir kumaşta, kumaşın suyu çekmesi zorlaşmaktadır, sadece su buharı kumaş gözenekleri arasından geçebilir, bu da yavaş bir buharlaşmaya yol açacağından giyen kişi tarafından sıcaklık ve ıslaklık bakımından konforsuzluğa yol açmaktadır (Şekil 2.8a).

2- Alt katmanında su sever üst katmanında su itici elyaf kullanılan kumaşta, suyu emen iç tabaka dış taraftaki su itici malzeme yüzünden suyu uzaklaştırılmaz, kumaşın hava boşluklarını dolduran su giysinin ısı izolasyonunu azaltarak kumaşın serin ve ıslak hissettirmesine yol açar (Şekil 2.8b).

3- Her iki katmanında da su sever elyaf kullanılan bir kumaşta, su alttaki tabaka tarafından emilir ve üst tabakaya transfer edilir, üst tabakadan da buharlaşma sağlanır. Ancak iç tabakadaki sıvı alanının dış tabakadakinden büyük olması yavaş bir buharlaşmaya yol açar, bu da kumaşın ıslak ve serin hissettirmesine yol açar (Şekil 2.8c).

4- Alt tabakada su itici üst tabakada su sever elyaf kullanılan bir kumaşta, suyun alt tabaka tarafından direkt emilmesi güçtür. Ancak dış tabakadan iç tabakaya doğru giren liflerinin kılcal etkisiyle su dış tabakaya transfer olur. Dış tabakada oluşan geniş ıslak alan sayesinde su kolaylıkla buharlaşır. İç tabaka sadece iletim rolü üstlenir ve derinin kuru olmasını sağlar. Bu sistemle giysi konforu sağlanmış olur (Şekil 2.8d).



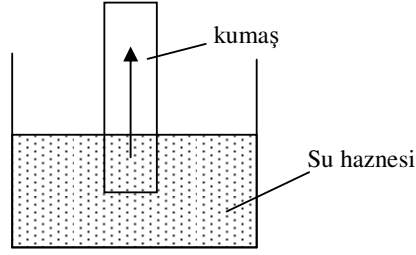
Şekil 2.8: Sıvı Transfer Modelleri

Long [6], ortaya koyduğu bu model doğrultusunda, pamuk, polyester, polipropilen ve yün elyaf gruplarıyla elde ettiği farklı kombinasyonlardaki çift tabakalı kumaşlar üzerine su buharı ve sıvı geçirgenliğiyle ilgili deneysel çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, su buharı geçirgenliğini en çok etkileyen faktörün kumaşın gözenekliliği olduğu belirtilmektedir. Kullanılan elyafın su absorpsiyon kapasitesinin de bunda etkili olduğu söylenmektedir. İç tabakadan dış tabakaya olan sıvı transferi ise, bu iki tabakada kullanılan lif cinslerinin su emme kapasitesine bağlı olduğunu, dış tabakanın ne kadar su emici iç tabakanın da ne kadar su itici olursa transfer edilen su miktarının o kadar fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Sıvı transferini tespit amaçlı çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan öne çıkan yöntemler Dikey Kılcal Islanma Testi (DIN 53924), Damla Testi (AATCC 39-1980), Yatay Kılcal Islanma Testi (Miller&Tyomkin, Yoneda) ve GATS (Gravimetric Absorbency Testing System – ağırlık ölçerek emilim testi) olarak söylenebilir [1].

En yaygın ve kullanımı en kolay yöntem olan dikey kılcal ıslanma testinin esas 1x6 inç ebadında hazırlanmış şerit halindeki kumaşların 21 °C deki saf suya ucundan

batırılmasına dayanmaktadır. 5 dakika müddetince, aralıklarla yapılan seviye ölçümleriyle suyun yükselme hızı ölçülebilmektedir (Şekil 2.9).

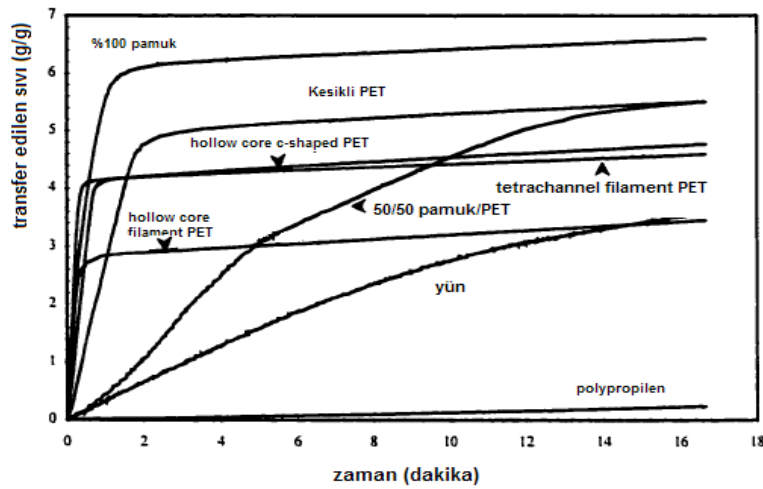


Şekil 2.9: Dikey Kılcal Islanma Testi

Damla testinde kumaş üzerine damlatılan bir damlanın görülmez hale gelinceye kadarki geçen zaman ıslanma süresini, damla damlatıldıktan bir dakika sonraki enine ve boyuna olan yayılma mesafesi de cm/min olarak yayılma hızını vermektedir.

Yatay kılcal ıslanma testlerinde yöntemin esası, sabit bir su haznesinden sürekli bir sıvı akışının sağlandığı gözenekli bir yapı üzerine yerleştirilen kumaşa üstten de belli bir basınç uygulanmak suretiyle kumaşın emdiği su miktarının tespitine yöneliktir. Bu miktarı tespit etmek için su haznesinde azalan suyun miktarı ölçülmektedir. Yatay kılcal test yöntemlerinin dikey yöneme göre avantajı yerçekimi kuvvetinin etkisini ortadan kaldırmasıdır.

Pharsarn [1], yaptığı çalışmada GATS sistemini kullanarak çeşitli liflerin sıvı transfer özelliklerini karşılaştırmıştır. Şekil 2.10' daki grafikten de görüldüğü gibi pamuk en çok su emen lif, polipropilen ise neredeyse hiç su emmeyen bir lif olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.10: GATS Verilerine Göre Çeşitli Liflerin Sıvı Emme Değerleri [1]

Pharsarn [1], elde ettiği sonuçlardan yola çıkarak şu tezi ortaya koymaktadır. En iyi sıvı kontrol özelliğini elde edebilmek için, en iyi sıvı transferini sağlayacak ideal örgünün yüksek absorbe oranı, düşük absorbe kapasitesi, yüksek buharlaşma oranına sahip olması gerekmektedir. Bu performansı elde etmek için örgünün ıslanabilir lif içermesi gerekmektedir. Diğer yandan absorbe oranını arttırabilmek için filament iplik kullanılması da gerekmektedir.

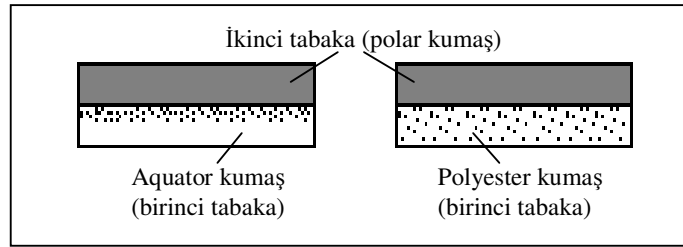
Yoo ve Barker [33], GATS sistemini kullanarak ısı geçirmez kumaşlar üzerinde yaptığı diğer bir çalışmada; su itici olan aramid kumaşlara su emicilik apresi yapılması durumunda emicilik oranının arttığını ancak emme kapasitesinin etkilenmediğini tespit etmiştir.

Zhuang [7], yaptığı çalışmada kumaş tabakaları arasındaki sıvı transferini incelemiştir. Hazırladıkları düzenek ile - aynı cinsten hazırlanan aynı ebattaki iki kumaş parçası biri ıslak biri kuru olmak üzere üst üste konmuş ve belli bir dış basınç uygulanmış (bu dikey konumlandırmada yay vasıtasıyla, yatay konumlandırmada içi kum dolu aynı ebatta bir kap vasıtasıyla sağlanmış) - ıslak kumaştan kuru kumaşa olan sıvı transferi tespit etmeye çalışılmışlardır. Çalışmada 4.59, 9.18, 13.77, 18.36 ve 27.54 kg/m² lik dış kuvvetler uygulanmış ve çalışmalar sonucunda en iyi sıvı transferinin optimum bir dış basınç değerinde elde edildiğini ve bunun da 14 kg/m² civarında bir basınç olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda ıslak kumaşta bulunan başlangıç sıvı miktarı arttıka transfer edilen sıvı miktarının da arttığı belirtilmektedir.

Yapılan bu çalışmada ıslak ve kuru tabakalar yüz-yüze, yüz-arka ve arka-arka şeklinde yerleştirmeler yapılarak sıvı transferleri ölçölmüştür. Elde edilen sonuçlara göre en iyi transfer ıslak ve kuru kumaşın yüzlerinin karşılıklı geldiği pozisyonda gerçekteşmektedir. Arka-yüz ve arka-arka temaslarında ciddi bir sıvı transferi gözlemlenmemiştir.

Sıvı transferi, kumaşın farklı yapıdaki katmanlarının gösterdiği transfer özelliklerine ve bu katmanların birbiriyle olan temas şekline bağlıdır. Sıvı önce kumaşın birinci tabakasındaki boşlukları doldurmaya başlar, yeteri kadar sıvı varsa bu kumaş doyuncaya kadar devam eder. Kritik bir noktadan sonra sıvı birinci tabakadan ikinci tabakaya transfer olmaya başlar. Bu yüzden, birinci tabaka daha çok sıvı emmektedir. Zhuang [7], yaptığı çalışmada giyim şartlarını simüle etmek amacıyla atlet, tişört ve polar kumaştan oluşan bir giysi sistemi modellemiştir. Pamuk suprem

kullanılan atlet ıslak tabakayı, Aquator (tekstüre naylon&Modal) veya gözenekli polyester kumaştan oluşan tişört ara tabakayı ve Tactel polar veya polyester polar kumaş izolasyon tabakasını oluşturduğu varsayılmaktadır. Tişört tabakası olarak kullanılan Aquator kumaşı emdiği sıvıyı ikinci tabakanın yüzeyinde tuttuğu, dolayısıyla ikinci tabakaya olan transferin daha hızlı olduğu görülmektedir. Bu da vücuttan sıvının daha hızlı emilmesi anlamına gelmektedir. Polyester kullanılması durumunda ise birinci tabaka tarafından emilen sıvı tabaka içinde daha üniform dağılmaktadır. Dolayısıyla vücuttan daha fazla sıvının çekilebilmesi için birinci tabakanın belli bir miktarda sıvıyı emmesi daha sonra ikinci tabakaya iletmesi ya da birinci tabakadaki sıvının çabuk bir buharlaşma sağlaması gerekmektedir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11: Tabakalar Arası Sıvı Transfer Şekilleri [7]

Adler ve Walsh [26], yaptıkları benzer bir çalışmada pamuk ve polyester kullanarak farklı ıslaklık derecelerindeki kumaşların sıvı transfer özelliklerini incelemişlerdir. Elde ettiği sonuçlarda dikkat çeken bir husus, sıvı transferinin belli bir sıvı içeriğinden sonra gerçekleştiği tespitidir. Dokuma pamuklu bir kumaş için bu yaklaşık olarak %110 gibi bir rakamdır.

Transfer kılcal sıvı transferini etkileyen en önemli parametrelerden birinin ıslak tabakanın başlangıç ağırlığı olduğundan, Adler [26] bu parametrenin etkisini kaldırmak için Denklem 2.12’ deki formülü tanımlamıştır:

$$C = \frac{C_1 - C_0}{C_r - C_0} \quad (2.12)$$

Buna göre, C_0 , başlangıç kuru numune ağırlığı; C_r , ölçüm anındaki ıslak numune ağırlığı ve C_1 , ölçüm anındaki kuru numune ağırlığı şeklinde tanımlanarak sıvı transfer oranı C hesaplanmıştır. Bu oran vasıtası ile ıslak zeminde bulunan suyun ne kadarlık kısmının kuru zemine geçtiği tespit edilmiş olmaktadır.

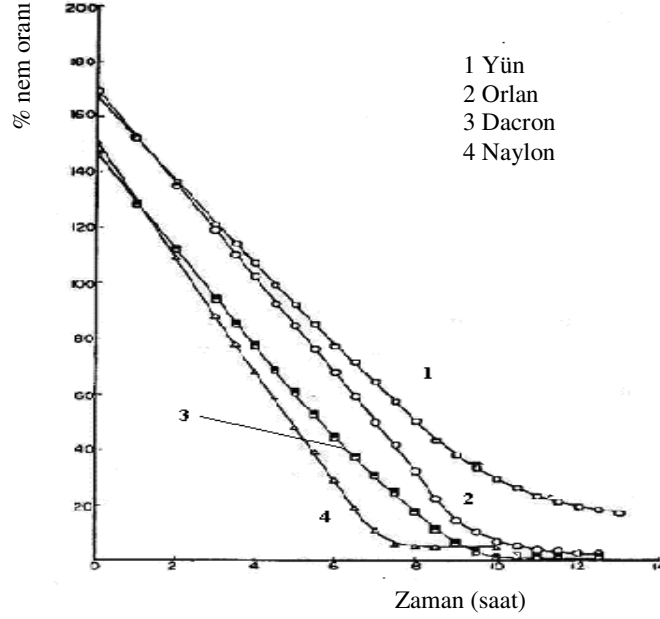
2.5 Kuruma

Kumaş tarafından deriden emilen nemin veya sıvının ya da dış ortamdan kumaşa gelen sıvının hızlı bir şekilde kumaştan uzaklaşması konforu sağlayan parametrelerden biridir. Bu da kumaşın denge halinde sahip olduğundan fazla sıvıyı buharlaştırmasıyla mümkün olabilmektedir. Genel olarak kurumanın üç evreden oluştuğu belirtilir. Birinci evrede ıslak kumaş çevresine göre sıcaklığını denge haline getirir, ikinci evrede sabit bir kuruma periyodu olur. Bu periyotta kumaş içindeki su hızla yüzeye doğru çıkar ve sabit bir hızda buharlaşma gerçekleşir. Kritik nem oranına ulaştığında bu sabit kuruma biter ve daha yavaş bir kuruma gerçekleşir. Çünkü yüzeydeki su artık buharlaşmış ve dengeye ulaşmıştır ancak yüzeyin altında hala kuruma devam etmektedir [29].

Fourt ve arkadaşları [29], geniş bir kumaş çeşidi kullanarak kumaşların aynı ortamda serbest hava koşullarına bırakılmasıyla kuruma hızlarını incelemiştir. Çalışmadan şu neticeler elde edilmiştir:

- Kuruma işleminin büyük bölümü sabit hızda gerçekleşen bir sıvı uzaklaştırma evresinden oluşmaktadır. Bütün kumaşlar için bu durum aynı olmaktadır.
- Kuruma hızı, kumaş ağırlığı yüzdesine göre hesaplandığında sonuçların kumaş ağırlığına göre değiştiği, birim alanın ağırlığı cinsinden hesaplandığında 10 mm kalınlığa kadarki kumaşlarda düzgün sonuç verdiği görülmektedir.
- Çalışmada en büyük kuruma hızı farkının yüksek ve açık havlı kumaşta olduğu görülmüş, buna neden olarak da serbest duran hav telleri kalınlığı arttırdığından kılcal ıslanmalarına olanak verememelerinden kaynaklandığı görülmüştür.

Coplan [28], yün, naylon, Dacron, orlon, pamuk gibi liflerden oluşan kumaşlar üzerine kuruma testleri yapmıştır. Bunun için kumaşlar önce tamamen ıslatılıp daha sonra fazla suları alındıktan sonra standart laboratuvar koşullarında kuruması için bekletilmeye alınmıştır. Aralıklarla yapılan ölçümlerde Şekil 2.12’ deki kuruma eğrileri elde edilmiştir. Kumaşların kuruma hızlarının sabit bir hızda olduğu görülmektedir ve $\text{g/cm}^2\text{saat}$ cinsinden belirtilen bu sabit elyaf cinsine bağlı değildir. Ancak yüzeyi çok düzgün ve lifsiz bir yapıda olan kumaşlarda bu sabit değer daha yüksektir. Toplam kuruma süresi ise kumaşların başlangıçta aldıkları sıvı miktarına bağlıdır. Sıvı miktarı ne kadar fazlaysa kuruma da o kadar geç olmaktadır. Hissel olarak kuruma ise nem oranının %100’ ün altına düşmesiyle gerçekleşmektedir.



Şekil 2.12: Çeşitli Kumaşların Kuruma Davranışları [28]

2.6 Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği kumaşın nem transferi, ısı transferi ve kuruma davranışlarını önemli ölçüde etkileyen yardımcı bir faktördür. Ayrıca direkt olarak düşünüldüğünde düşük sıcaklıklarda veya ıslak kumaş koşullarında kumaşı geçerek deri yüzeyine ulaşan hava konforsuzluk etkisi verebilmektedir. Giysilerin hava geçirgenliği vücut geometrisine, havanın hızına, kumaşın hava geçirgenliğine ve giysi katmanları arasındaki boşluklara önemli ölçüde bağlıdır.

Cheng ve Cheung [27], ASTM D737 test yöntemini kullanarak kumaşların hava geçirgenliklerini tespit etmeye çalışmışlardır. Kumaşın hava geçirgenliğini etkileyen ana faktörün kumaş gözenekliliği olduğunu, bunun da kumaş içindeki lifler ve iplikler arasındaki boşluklar tarafından desteklendiği belirtilmektedir.

Hobbs ve arkadaşları [34], gaz koruyucu apresi yapılmış koruyucu giysilerin konforluluğu açısından yaptıkları çalışmada kumaşların çeşitli konfor özellikleriyle beraber hava geçirgenliğini de tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, 4.4×10^{-3} m³hava/m²dk değerinde hava geçirgenliğine sahip giysiler hava geçirmeyen olarak değerlendirilmiş ve bu giysiler konforsuz olarak belirtilmiştir.

Gibson [5], Sıcak Plaka Yöntemi' yle nemli ısıl direncin hesaplanmasında hava faktörünü katarak plakaya teğet olarak 2 m/s hızda ve plakaya dik olarak 2.5 m/s

hızda gönderilen hava koşullarında yeni ısı direnç değerleri elde etmiştir. Kumaşın hava geçirgenliği arttıkça kumaş içine giren hava miktarı da artmaktadır. Bu da ısı ve nem transferinin daha hızlı olmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla hava geçirgenliği düşük olan kumaş en yüksek ısı ve buharlaşma direnci göstermektedir. Yapılan deneylerde, hava geçirgenliğinin buharlaşma direncinin düşmesinde etkisinin yüksek olduğu daha keskin bir şekilde görülmüştür.

Epps ve Song [35], benzer bir çalışmada hava geçirgenliğinin ısı dirence olan etkisini incelemiştir. Kumaştaki hava boşluklarının fazlalığı, yüksek bir hava geçirgenliği sağlarken düşük bir ısı izolasyon verebilmektedir. Bu yüzden, kumaşın hava geçirgenliği kumaşın hangi hava koşullarında kullanılacağına göre seçilmelidir. Örneğin, yüksek sıcaklıkta kullanılan bir koruyucu giysinin fazla ısıyı atabilmek için yüksek ısı transferi sağlaması ve yüksek hava geçirgenliğine sahip olması gerekmektedir.

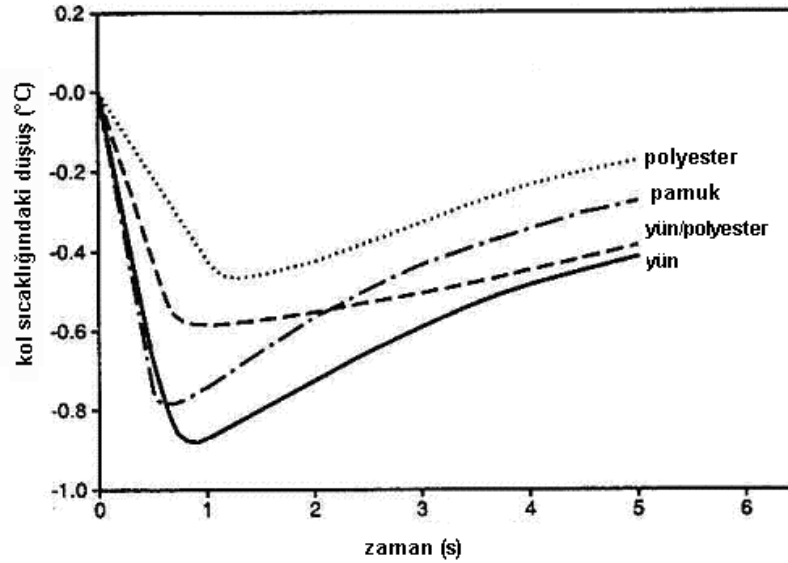
Frydrych [15], yaptığı çalışmada dimi kumaşların bezayağı kumaşlara göre daha yüksek hava geçirgenliğine sahip olduğu, aynı şekilde Tencel kumaşların da aynı yapıdaki pamuklu kumaşlara göre daha yüksek hava geçirgenliğine sahip olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla yaz kıyafetleri için Tencel kullanımının pamuk kullanımından daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

2.7 Temas Özelliği

Hissel konfor, kumaşın deriyle olan temasıyla oluşmaktadır. Bu, kumaşın yumuşaklık, düzgünlülük, ıslaklık, yapışkanlık ve batıcılık gibi yüzeydeki lif ve kontak noktası sayısı, yüzeye su yapışması, emicilik, eğilme rijitliği, kesilme ve gerilme kuvvetlerine karşı direnci, temas sonucu serinlik şeklinde ölçülebilir mekanik ve yüzey özellikleriyle alakalıdır. Lif özellikleri, iplik ve kumaş yapısı ve kumaş bitim özellikleri bu parametreleri etkileyen ana faktörlerdir [4].

Barker [4], yaptığı çalışmada Kawabata Thermolabo cihazını kullanarak ısıtılmış bir plakanın kumaş üzerine koyulmasıyla zamana göre bir ısı akış diyagramı elde etmiştir. Buradan elde edilen maksimum ısı akışının kumaşın ısı kapasitesi ve iletkenliğiyle kumaşın kontak yüzeyine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla daha düzgün yüzeyli kumaşların kontak alanı artacağı için ısı akışı artar ve daha ılık bir his vermesine sebep olur.

Schneider ve Holcombe [12], temas sonucu serinlik üzerine yaptıkları çalışmalarda kumaş özelliklerinin bu duruma etkisini incelemişlerdir. Serinlik hissinin şiddeti, hızlı bir ısı akışı vasıtasıyla (derideki ısı algılayıcılarının hızlı sıcaklık düşmesine yol açacağından) oluşacağını belirtilmektedir. Hazırlanan düzenekle ısı algılayıcıları modellenerek zaman göre sıcaklık düşüşü tespit edilmiştir (Şekil 2.13). Buna göre az ısı düşüren kumaş ılık, çok ısı düşüren kumaş da serin olarak ifade edilmiştir. Pamuk, yün, polyester, polipropilen ve akrilik ipliklerinden elde edilen kumaşlara yapılan bu çalışmada yünlü dokuma kumaşın en çok sıcaklık düşüş değeri gösterdiği, dokusuz yüzeyli polipropilen kumaşın ise en az sıcaklık düşüşü sağladığı tespit edilmiştir. Pamuklu kumaşın yünlü kumaşlarla hemen hemen aynı değerlerde olduğu da görülmektedir. Aynı zamanda kumaşlar denekler üzerinde de test edilerek objektif sonuçlarla subjektif sonuçlar arasındaki korelasyon incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bu korelasyonun yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca kumaş bir öz ve dışarı doğru sarkan liflerden oluşan bir dış tabakadan oluştuğu varsayıldığında dış tabakanın kalınlığının az olmasının serinlik hissinin artmasına neden olacağı bildirilmiştir.



Şekil 2.13: Kumaş Temasıyla Koldaki Sıcaklık Düşüşleri

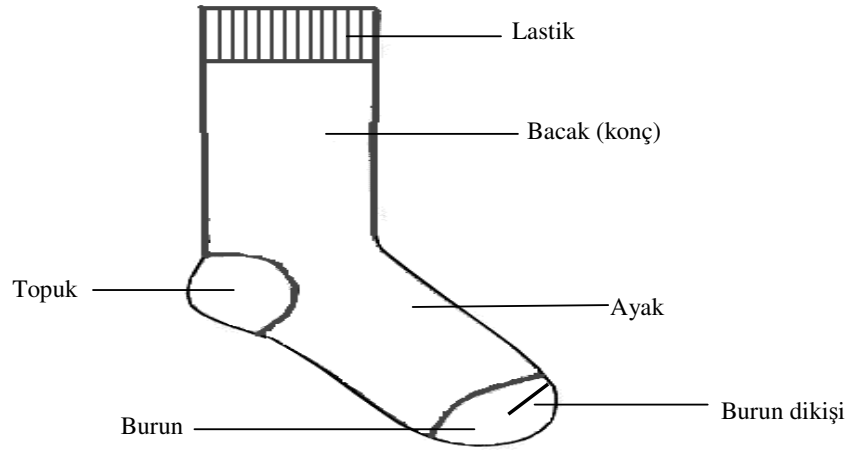
Shneider [10], yaptığı diğer bir çalışmada subjektif yöntem kullanmıştır. Yün, pamuk ve polyester ipliklerinden dokunmuş kumaşların deneklerin kolları üzerine koyulmasıyla gelen serinlik hissi cevaplarına göre bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada, lifin su severliği, kumaş yapısı, bağıl nem ve deri sıcaklığı şeklinde dört

parametrenin değiştirilmesine göre elde edilen sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiş. Su severliği yüksek olan kumaşlar daha serin bulunurken pamukla yn arasında ciddi bir fark görülmemiştir. Ynle polyesterin farklı bağıl nem altında karşılaştırmalarında ise ynn polyesterden daha serin olduğu cevabı en çok 50-70 RH arasında alınmıştır. Derideki sıcaklık düşüşünden elde edilen sonuçlara göre sıcaklığı en fazla düşüren ynn daha az su sever olmasına rağmen pamuktan çok farklı bir değer vermediği grlmştir.

3. KONFOR ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN ÇORAP VE ELYAF TEKNOLOJİSİ

3.1 Çorap Teknolojisi

Çorap örgüsü beş bölgeden oluşmaktadır: lastik, bacak(konç), topuk, ayak ve burun (Şekil 3.1). Bir çorap makinasında bu sıra doğrultusunda örülen çorap, sadece burnu açık olarak kullanım formunda makinadan çıkar. Burun dikiş makinasında burnu kapatılan çorap boya ve ütü işlemlerinden sonra kullanıma hazır hale gelir.

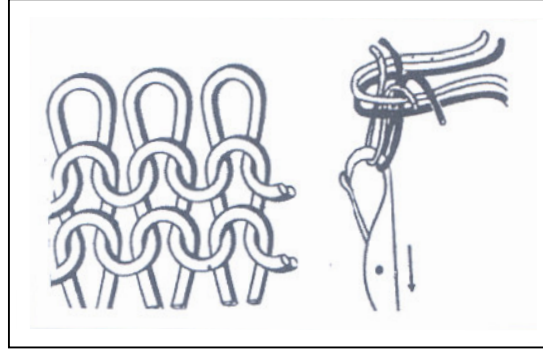


Şekil 3.1: Çorap Bölümleri

Çorap örgüsünde kullanılan makinalar tek plaka ve çift plaka olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilirler. Tek plakalı bir çorap makinasında temel örgü birimi düz örgüdür. İlave mekikleri sayesinde desenli çorap imalatına olanak verir. Ayrıca havlı çorap imalatı için de bu tip makinalar kullanılır. Çift plakalı makinalar ise rib düzeninde örgülere (rib, derby, kabartma vb) olanak sağlar. Tek plakalı bir makinadan elde edilen çorapla çift plakalı bir makinadan elde edilen çorap ilk olarak lastik şeklinden ayırt edilebilir. Tek plakalı makinada lastik kısmı örüldükten sonra üstüne kıvrılarak çoraba bağlanır, dolayısıyla lastiği çift katlıdır. Çift plakalı makinada ise lastikler direkt olarak ribana şeklinde örülür ve tek katlıdır. Bu sebepten dolayı çift plakalı bir makinadan örülmüş çorabın lastik konforu açısından daha rahat olduğu söylenebilir.

Genel olarak çorap örgüsünde her iki makina tipinde de vanize örgüsü kullanılır. Vanize örgüsü, aynı iğneye beslenen iki farklı ipliğin birinin kumaşın ön yüzünde diğerinin kumaşın arka yüzünde baskın olarak görülmesini sağlayan bir örgü çeşididir.

Bu özelliği sağlamak için özel vanize mekikleri kullanılır. Bu mekikler vasıtasıyla aynı iğneye farklı iki iplik beslenebilir. Şekil 3.2' de gösterilen örgüde, beyaz iplik mekikteki önde bulunan gözden geçirilerek gerilim altında beslenmiş; siyah iplik ise arkada bulunan gözden geçirilerek normal bir gerilim ile beslenmiştir. Böylece beyaz iplik siyah ipliğe göre iğneyi daha kısa yoldan sardığı için kumaşın önünde görünmektedir [36].



Şekil 3.2: Vanize İlmek Oluşumu

Vanize örgülerde yaygın olarak ön yüze gelecek iplik pamuk, yün vs. gibi çorabın istenen özelliklerini karşılayacak ana iplik, arka yüze gelecek kısmına ise naylon, gipe naylon, polyester gibi yardımcı iplikler kullanılır. Kullanılan naylon ve polyester iplikleri genelde filament formunda olup esneklik kazanmaları bakımından tekstüre yapılmış olmaktadır. Böylece aşınma dayanımları ve mukavemetleri yüksek olan bu sentetik iplikler çorap için bir iskelet vazifesi görürler.

Gipe iplik bir elastomerik iplik ile naylon filamentlerinin puntalama teknolojisiyle birleştirilmiş halidir. Bu şekilde çoraba esneme ve geri toplama özelliği kazandırılarak ayağa çok rahat bir şekilde girmesi ve tam olarak topuk ve burunun oturması sağlanmış olmaktadır.

Long' un [6] yaklaşımı incelendiğinde – ideal bir su buharı ve sıvı transferi iki tabakalı bir kumaşta alttaki katmanın su itici üstteki katmanın su sever olması durumunda mümkündür – çorapların bu şekilde dizayn edilmiş olmalarının konfor özelliklerine de katkı sağladığı görülmektedir.

Bunlardan bazılarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

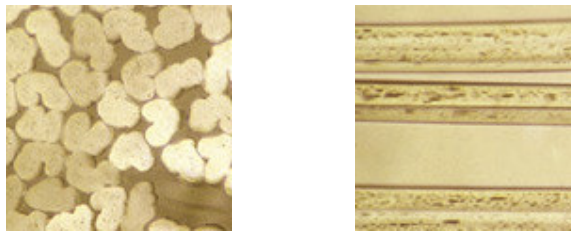
- Rejenere doğal lifler:
Modal®, Tencel®, Micromodal®, Viloft®, Bambu, Soya, Seacell®
- Sentetik lifler:
Coolmax®, Thermolite®, Isofil®

3.2.1 Rejenere doğal lifler

1940' lı yıllarda ağaçlardaki selülozu bir hamur haline getirip bundan çeşitli kimyasal işlemler sonucu lif elde edilmesiyle ilk yapay selülozik lifler olan viskon ve selüloz asetat lifleri doğmuştur. Parlak görünümü ve yumuşak tuşesiyle dikkat çeken viskonun zamanla sentetik sanayisinin düşük fiyatlı ve daha iyi performans sunan ürünleri geliştirmesiyle rekabet gücü azalmıştır. 90' lı yıllara doğru gelişen çevre bilinci, üretiminde yapısında kimyasal değişimler yapılan viskon yerine, değişime uğramayan böylece doğal selüloz olarak kalan ve biyolojik bozulabilen Modal®, Tencel®, bambu, soya vb. gibi liflerin geliştirilmesini sağlamıştır. Böylece sentetik liflere karşı doğallık ve çevre dostu araçları kullanılarak bir rekabet unsuru yaratılmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte vazgeçilmez bir kullanım unsuru olan pamuk, yün gibi doğal liflere de doğallığı bakımından bir alternatif olabilmektedirler.

3.2.1.1 Modal®

Modal®, kayın ağacının selülozundan elde edilen bir elyafıdır. Lenzing firmasının ticari bir markasıdır. Sektörde oldukça yaygın olarak kullanılan bu lifin en öne çıkan özellikleri oldukça yumuşak ve parlak olmasıdır. Bunun yanında, diğer doğal liflerde görünen yıkama ve kullanım sonucu sertleşme Modal®' dan elde edilen giysilerde görünmemekte ve aynı yumuşaklığını koruyabilmektedir. Düşük lif katılığı, düzgün lif yüzeyi, düşük iplik düzgünsüzlüğü, yüksek mukavemeti, doğal yumuşaklık maddesi içermesi, yüksek renk parlaklığı da diğer özellikleri olarak sayılabilir [37]. Tablo 3.1' de Modal® lifinin fiziksel değerleri gösterilmiştir. Şekil 3.4' de ise Modal® lifinin enine ve boyuna kesit görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 3.4: Modal Lifinin Enine ve Boyuna Kesit Görüntüleri

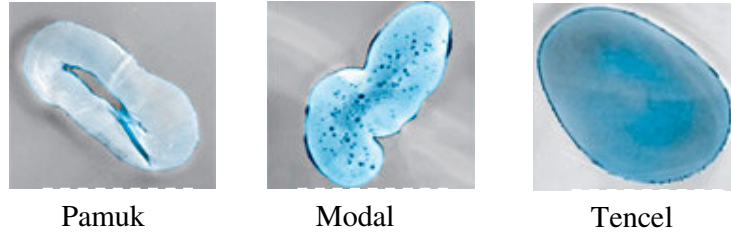
Tablo 3.1: Modal® Lifinin Fiziksel Değerleri

Mukavemet	cN/tex	35
Kopma Uzaması	%	13
Mukavemet, yaş	cN/tex	20
Kopma Uzaması, yaş	%	15
Bisfa modülü	cN/tex/5 %	6

1.3 dtex lifin değerleridir.

3.2.1.2 Tencel®

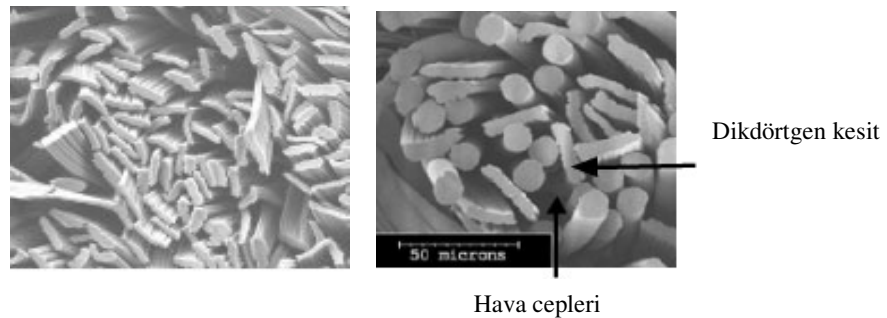
Lenzing firmasının diğer bir ürünü olan Tencel® ise nano-fibril teknolojisi kullanılarak elde edilen ağaç esaslı bir lifdir. En dikkat çekici özellikleri, düzgün lif yapısı sayesinde çok yumuşak, yüksek mukavemetli (37 cN/tex) olması ve oldukça iyi bir su emiciliği sağlamasıdır. Su emmiş hallerdeki kesit görüntülerinin bulunduğu Şekil 3.5’ de görüldüğü gibi Tencel® pamuğa göre %130 daha fazla su emebilmektedir [38].



Şekil 3.5: Liflerin Emdiği Su Miktarlarının Lif Kesitlerindeki Görünümü

3.2.1.3 Viloft®

Kelheim firmasının bir ticari markası olan Viloft®, okaliptüs ağacının selülozundan elde edilmektedir. Şekil 3.6’ da görüldüğü gibi, elyaf çekiminde dikdörtgen bir kesit oluşturacak şekilde tasarlanan elyaf, bu özelliği sayesinde iplik içinde hava cepleri oluşturmaktadır, bu da giysiye yüksek ısı izolasyonu özelliği kazandırmaktadır [39].



Şekil 3.6: Viloft® Elyafının Kesit Görüntüsü

Yüzeyindeki mazgalımsı yapı sayesinde de iyi bir kılcallık özelliği göstererek sıvı ve nem transferine de olanak sağlamaktadır. Bunların yanında yumuşak bir tuşeye sahiptir.

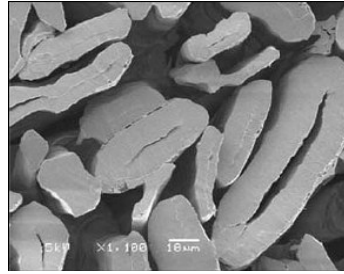
Tablo 3.2: Viloft Elyafının Fiziksel Değerleri

Mukavemet	cN/tex	18-22
Kopma uzaması	%	18-25
Mukavemet, yaş	cN/tex	10-15
Kopma uzaması, yaş	%	28-33

Modal®' da olduğu gibi bu elyafın da daha ince lif çaplarında micro tipi de bulunmaktadır.

3.2.1.4 Bambu

Bambu bitkisinin selülozundan elde edilen bu elyafın kesit yapısında bulunan mikro boşluklar ve mikro delikler sayesinde iyi bir nem emişi ve havalandırma özelliğine sahiptir (Şekil 3.7). Ayrıca oldukça iyi serinlik hissi sağlayabilmektedir. Bu özelliği dolayısıyla yaz kıyafetleri için uygun bir seçenek oluşturmaktadır [42].



Şekil 3.7: Bambu Elyafının Kesit Görüntüsü

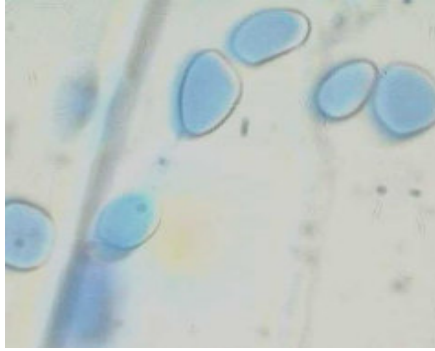
Bambu elyafının en önemli özelliği içinde barındırdığı maddeler dolayısıyla doğal anti bakteriyel olmasıdır. Ayrıca lif çekimi sırasında herhangi bir kimyasal işlemde geçmediği için doğal ve biyolojik bozunabilir özelliklerine de sahiptir.

Tablo 3.3: Bambu Elyafının Fiziksel Özellikleri

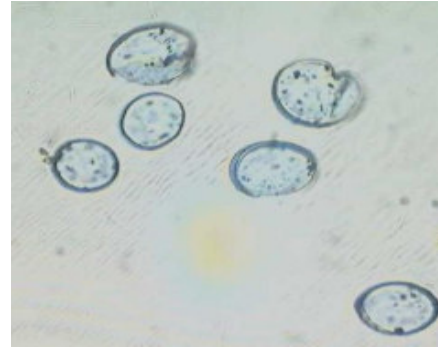
Mukavemet	cN/tex	23.3
Kopma uzaması	%	23.8
Mukavemet, yaş	cN/tex	13.7
Kopma Uzaması, yaş	%	17.8
Nem kazanımı	%	13.03

3.2.1.5 Seacell®

Son yıllarda gelişen diğer bir yöntem ise katkılı selülozik elyaf üretimidir. Bu yöntemde ağaçlardan elde edilen selüloz hamuruna katılan mineral, vitamin gibi çeşitli katkı maddeleriyle çeşitli özelliklere sahip selülozik elyaf elde edilmiş olmaktadır. Buna örnek olarak gösterilebilecek Seacell®, deniz yosunuyla selülozun karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Deniz yosununda bulunan çeşitli elementler sayesinde bu elyaftan elde edilen kumaşlarla deri enfeksiyonlarının önlenmesi veya derinin korunmasında kullanılabildiği görülmektedir. Şekil 3.8’ de yosun partiküllerinin Seacell lif kesitindeki dağılımı görülmektedir. Ayrıca bu karışıma ilave edilen gümüş iyonları sayesinde de anti bakteriyel bir özellik elde edilmiş olmaktadır [43].



Normal bir Lvocell lifi



Seacell lifi

Şekil 3.8: Seacell Lif Kesiti

Aircell® de bu gruba verilebilecek bir diğer örnektir. Bu elyaf ise bambu elyafına mineral ilavesiyle elde edilmekte olup sağlık ve hijyen açısından fayda sağladığı belirtilmektedir [44].

3.2.1.6 Soya

Soya bitkisinin çekirdeklerinden elde edilen bu elyaf yukarıda bahsi geçen liflerden farklı olarak selüloz değil protein esastır. Soya lifinin kesit görünüşü Şekil 3.9’ da gösterilmiştir. Boyuna kesiti içinde yarıklar bulunan bir yapıya sahipken enine kesiti bir halter görünümündedir. En belirgin özelliği ipek yumuşaklığı ve tuşesine sahip olmasıdır. Bu sayede dökümü ve görünümü iyi olan hafif kumaşlar elde edilebilmektedir. Bununla birlikte iyi nem emme ve transfer etme özelliklerine de sahiptir [45].



Şekil 3.9: Soya Lifinin Enine ve Boyuna Kesit Görüntüleri

Soyanın dikkat çekici diğer bir özelliği ise bambuda olduğu gibi içinde bulundurduğu doğal maddeler sayesinde deri sağlığı ve hijyeni açısından katkı sağlayıcı olmasıdır. Soyanın içinde insan vücuduna faydalı 18 çeşit madde ihtiva ettiği belirtilmektedir.

Fiziksel özellikleri açısından iyi sonuçlar vermekte olan soya yumuşaklık, kırılmazlık, kolay yıkama ve hızlı kuruma gibi özelliklere de sahiptir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4: Soya Lifinin Fiziksel Özellikleri

Mukavemet	cN/tex	38-40
Mukavemet, yaş	cN/tex	25-30
Kopma Uzaması	%	18-21
Nem kazanımı	%	8.6

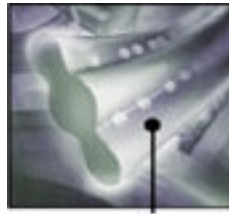
3.2.2 Sentetik Lifler

Sentetik liflerin gerek kimyasal yapıları gerekse imalat aşamasında yapılan şekilsel müdahaleler sayesinde liflerin sunduğu özellikler yerine istenen özelliğe göre lif üretimi kavramının gelişmesini sağlamıştır. Ev, araba döşemelerinden sanayii kullanımlarına, koruyucu kıyafetlerden gündelik giysilere kadar birçok alanda her biri farklı yapıda ve kullanım amacına göre dizayn edilmiş sentetik liflerin kullanıldığı görülmektedir. Bu yüzden burada sadece konfor özelliklerine yönelik geliştirilmiş bazı lifler hakkında kısa bir bilgi verilecektir.

Konfora yönelik yapılan sentetik lif çalışmalarında esas temelin ısı ve sıvı transferi üzerine olduğu görülmektedir. İyi birer su itici olduğu bilinen sentetik lifler, farklı formlarda imal edilebilmelerinin de yardımıyla, çok çabuk kuruyabilen, dışardan gelen sıvının vücuda gelmesini azaltan, vücutta oluşan nemin hızlı bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlayan özelliklere sahip olmaktadır. Bu tip lifler bu özellikleri sayesinde gündelik kullanımdan ziyade daha çok kayak, dağcılık vb. ağır şartlardaki spor aktivitelerinde kullanımı yaygındır.

3.2.2.1 Coolmax®

Bir çeşit polyester olan Coolmax®, Invista firmasının ticari bir markasıdır. Şekil 3.10’ da gösterilen dört kanallı lif kesit yapısı sayesinde lif yüzeyinde alanında %20’ ye varan artış sağlayarak çok hızlı bir kılcal transfere olanak verirken polyester özelliği sayesinde transfer ettiği bu sıvıyı çok çabuk bir şekilde buharlaştırarak uzaklaşmasını sağlar. Pamuk lifinin, Coolmax®’ e göre 14 kat daha fazla su emip içinde tutmakta olup 4 kat daha fazla sürede kuruması bunun bir göstergesi olarak düşünülebilir. Ayrıca Coolmax®’ in normal bir polyestere göre de daha hızlı kuruma sağladığı görülmektedir [46].

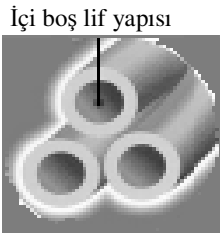


Dört kanallı lif kesidi

Şekil 3.10: Coolmax® Lifinin Görünüşü

3.2.2.2 Thermolite®

Polyester esaslı bir lif olan Thermolite® yine Invista’ nın ticari bir markasıdır. Şekil 3.11’ de görüldüğü gibi içi boş bir yapıya sahiptir. Bu yapı sayesinde lif havayı içinde tutar ve böylece yüksek bir ısıl izolasyon sağlamış olur. Böylece %20’ ye varan bir ağırlık düşüşü sağlayarak düşük ağırlıklarda yüksek ısıl izolasyonu sağlamış olur. Bu da kullanıcıya soğuk ortamlarda kat kat giyinmeyi gerektirmeyerek hareket özgürlüğü sağlar [47].



İçi boş lif yapısı

Şekil 3.11: Thermolite® Lifinin Görünüşü

3.2.2.3 Isofil®

Polipropilen esaslı bir lif olan Isofil® Borio-Fiore' nin ticari markasıdır. Polipropilen nem kazanımı en düşük olan lif çeşididir. Neredeyse hiç sıvı emmez. Polipropilenin bu özelliğine kılcal sıvı transferini sağlayacak yapıda dizayn edilen lif şekli eklenince çok hızlı bir nem transferi ve kuruma davranışı sergileyen bir lif elde edilmiş oldu.

Böylece düşük gramajda yüksek ısı izolasyonu ve nem transferine, hızlı kuruma süresine sahip kumaşların eldesi mümkün olmaktadır [48].

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1 Materyal

Deneysel çalışma için Tablo 4.1 de belirtilen 9 farklı iplikten örülen 9 grup çorap kullanılmıştır. Bu gruptaki 7 iplik yeni lif diye tabir ettiğimiz ipliklerden oluşurken diğer iki iplik olan pamuk ve viskon kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Yapılan deneylerde çorapların konfor ve fiziksel özelliklerine elyaf cinsinin etkileri incelendiğinden diğer iplik ve kumaş parametrelerinin sabit tutulması sağlanmaya çalışılmıştır. Bunun için çorapların hepsi aynı makinada, aynı besleme ve gerilim ayarlarında ve aynı günde örülmüştür. Makina olarak 36 gauge, 176 iğneli, çift plakalı, Nagata D210 marka çorap makinası kullanılmıştır.

Çoraplarda vanize örgü kullanılmış olup grupların tümünde arka iplik olarak 70denye Naylon + 20denye Lycra® elastan' dan oluşan gipe iplik ile çalışılmıştır. Ön iplik olarak Tablo 4.1' de kodlarıyla belirtilen elyaf cinsleri kullanılmıştır. Bu iplikler tamamı pamuk ipliği üretim sisteminde ring iplik olarak üretilmiştir.

Tablo 4.1: Kullanılan Çorap Grupları

<i>Kodu</i>	<i>İplik cinsi (önyüz)</i>	<i>İplik Numarası (önyüz)</i>	<i>Sıra Sıklığı (1/cm)</i>	<i>May Sıklığı (1/cm)</i>	<i>Gramaj (g/m²)</i>
P	%100 Pamuk	Ne 20/1	14	10	261.5
PM	%50 Pamuk- %50 Modal	Ne 20/1	14	10	297.5
PV	%50 Pamuk- %50 Viloft	Ne 20/1	15	11	289
M	%100 Modal	Ne 20/1	16	11	353
VI	%100 Viskon	Ne 20/1	15	11	326
B	%100 Bambu	Ne 20/1	16	12	335
BP	%50 Pamuk- %50 Bambu	Ne 20/1	15	11	298.5
SC	%100 Seacell	Ne 20/1	15	11	286
SO	%100 Soya	Ne 20/1	16	11	306.5

Örülen çoraplar, burun dikişleri yapıldıktan sonra, hepsi aynı kazanda, aynı reçete ile reaktif boya prosesinden geçirilip son olarak da ütöleme (forma) işlemiyle hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan tüm çoraplar deneylere başlanmadan; 22 °C, %65 RH standart şartlarında bir gün süreyle kondisyona tabi tutulmuştur.

4.2 Metot

Deney gruplarına yapılacak testler iki ana başlık altında toplanmıştır:

- Konfor özellikleri tespit testleri:
Su buharı geçirgenliği, ısı transferi, transfer ıslanma, kılcal ıslanma, nem kazanımı, kuruma hızı ve hava geçirgenliği
- Fiziksel performans testleri:
Patlama mukavemeti, boncuklaşma, aşınma dayanımı, elastiklik, gramaj, kalınlık, boyutsal değişim

Elde edilen verilerden, SPSS 13 programı kullanılarak istatistiksel analizler ve Excel programı kullanılarak grafiksel dökümler elde edilmiştir.

4.3 Konfor Özellikleri Tespit Testleri

4.3.1 Su Buharı Geçirgenliği Deneyi

Su buharı geçirgenliği için ASTM E96-00 [49] yöntemi esas alınarak test düzeneği kurulmuştur. Buna göre 20 mm derinliğindeki dairesel petri kaplarına 85±5 g olacak şekilde eşit miktarda 23 °C’ deki saf su konulduktan sonra kapın üstü test alanı haricinde hava alamayacak şekilde test yapılacak numune ile kapatılmıştır. Prosedüre uygun olarak su ile kumaş arasında 16 mm boşluk bırakılmıştır (Şekil 4.1).



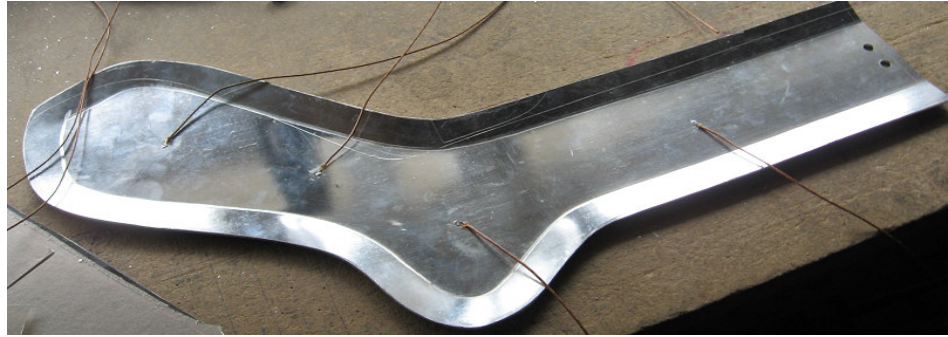
Şekil 4.1: Su Buharı Geçirgenliği Test Düzeneği

Hazırlanan kaplar 22 °C, %65 RH atmosfer şartlarında bir gün süreyle beklemeye alınmıştır. Su buharı transfer hızını tespit edebilmek için saatte bir ölçüm alınmıştır. Nihayet 24 saat sonundaki ağırlık ölçümü alınarak, kaptaki suyun azalma miktarının tespit edilmesiyle, su buharı geçirgenlik oranı Denklem 2.1' e göre $g/m^2.24saat$ olarak hesaplanmıştır.

4.3.2 Isı Transferi Deneyleri

Malzemelerin ısı transferi özelliklerinin tespiti için iki farklı deney yapılmıştır. Bunlardan birincisi ısı iletim özelliklerini belirlemek için ısı iletim katsayısını, diğeri ısı taşınım özelliklerini belirlemek için ısı taşınım katsayısını tespit etmeye yönelik olmuştur.

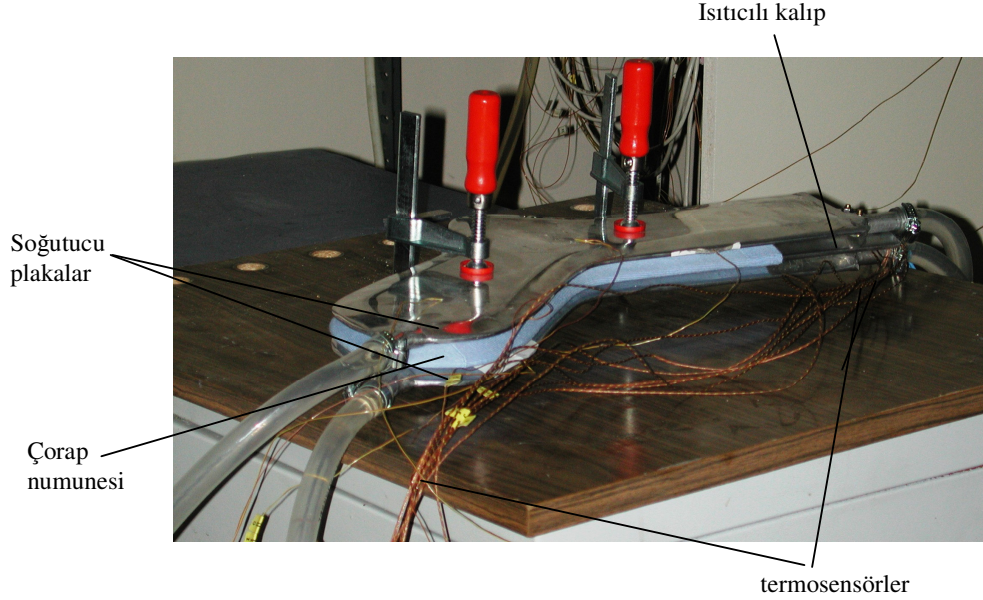
Isı iletim katsayısının tespiti için ISO 8302 [30] standardı esas alınmıştır. Kullanım kolaylığı ve parametrelerin kontrolünün sağlanabilmesi için özel bir düzenek hazırlanmıştır. Çorap ütü işlemlerinde kullanılan çorap formundaki kalıp ayakları bazı ufak değişikliklerle teste uygun hale getirilmiştir. Bunun için hazırlanan 3 kalıptan birinin içine ısıtıcı konularak ısıtıcı yüzey oluşturulmuş, diğeri ikisinin içi boş bırakılıp su geçirilerek soğutucu yüzeyler elde edilmiştir. İçinde ısıtıcı plaka bulunan kalıbın içine, yüzeyine yakın yerlere alttan ve üstten karşılıklı gelecek şekilde, 8 adet termosensör yerleştirilmiştir (Şekil 4.2). Soğutucuların da kumaşa denk gelecek yüzeylerine termosensörler yerleştirilmiştir.



Şekil 4.2: Termosensörlerin Yerleştirilmesi

Altta birinci soğutma kalıbı, ortada üzerine deney yapılacak çorap geçirilmiş ısıtma kalıbı ve üstte de ikinci soğutma kalıbı olacak şekilde yatay olarak yerleştirilen kalıplar iki adet mengene ile kıvrım yerleri karşılıklı gelecek şekilde birbiriyle sıkıştırılmıştır (Şekil 4.3). Isıtıcıya güç verilip deney başlamasından itibaren rejim haline ulaşması için yaklaşık 2 saatlik bir beklemeden sonra termosensörlerden

Keithley cihazı kullanılarak 2 saniye aralıkla 128 adet sıcaklık verisi alınmıştır. Diğer veriler de aşağıdaki gibi hesaplanarak ısı iletim katsayısı K ve ısıl direnç R elde edilmiştir.



Şekil 4.3: Isı İletim Katsayısı Ölçüm Test Düzeneği

Isı iletim katsayısını (k) hesaplamak için, Denklem 2.6' daki Fourier Yasasından k değerini çekerek aşağıdaki Denklem 4.1 elde edilir. Isıl direnç (R) ise, kumaş kalınlığına elde edilen k değerinin bölünmesi ile Denklem 4.2' deki gibi hesaplanmıştır.

$$k = \frac{Q \cdot \lambda}{A \cdot \Delta T} \quad (4.1)$$

$$R = \frac{\lambda}{k} = \frac{A \cdot \Delta T}{Q} \quad (4.2)$$

K katsayısını hesaplamak için kullanılacak formül bileşenleri aşağıdaki formüllerde gösterildiği şekilde ayrı ayrı hesaplanarak elde edilen değerler formüldeki yerine konulmuştur.

Verilen gücü hesaplamak için Denklem 4.3 kullanılmıştır:

$$Q = V^2 / R \text{ (Watt)} \quad (4.3)$$

V: Güç ünitesinin gerilimi (Voltmetre ile ölçülür)

R: Isıtıcı plakanın direnci (Voltmetre ile ölçülür)

λ : kalınlık (m) - kalıp üzerinde çorap kalınlığı tespiti zor olacağından hacim sabitliğini esas alarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$w_1 \cdot \lambda_1 = w_2 \cdot \lambda_2 \quad (4.4)$$

λ_1 : serbest haldeki kalınlık (JHH kalınlık cihazıyla ölçülür)

w_1 : serbest haldeki en (cetvelle ölçülür)

w_2 : kalıp eni (cetvelle ölçülür)

λ_2 : kalıptaki çorap kalınlığı (formülden hesaplanır)

A: kalıp üstündeki çorap yüzey alanı (m^2) – kalıbın şekli düzgün olmadığı için alanını tespit etmek için milimetrik kağıda kalıbın izdüşümü alınarak alan hesabı yapılmıştır. Kalıp üzerinde çorabın kapatamadığı alan ve çorabın soğutucu plakalara temas etmeyen kısımları bu toplam alandan çıkarılarak aktif olarak kullanılan çorap alanı tespit edilmiştir.

Sıcaklık farkını (ΔT) hesaplamak için ise Denklem 4.5 kullanılmıştır:

$$\Delta T = T_{\text{sıcak}} - T_{\text{soğuk}} \quad (4.5)$$

$T_{\text{sıcak}}$: kumaşın ısıtıcı yüzeyine denk gelen sıcaklığı (içinde ısıtıcı bulunan plakalar içine yerleştirilen 8 adet termosensörden alınan verilerin ortalamasıyla hesaplanır)

$T_{\text{soğuk}}$: kumaşın soğutucu yüzeyine denk gelen sıcaklığı (soğutucuların yüzeyindeki toplam 4 adet termosensörden alınan verilerin ortalamasıyla hesaplanır)

Varsayımlar: Plakalar içindeki termosensörlerden alınan verilerin kumaşın iç yüzeyinin, soğutucu plakaların kumaşa temas eden yüzeyi içinden alınan verilerin kumaşın dış yüzeyinin sıcaklığı olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.4: Isı Taşınım Katsayısı Ölçüm Test Düzeneği

Isı taşınımı deneyi için de aynı ekipman kullanılmıştır. Farklı olarak soğutucu kalıplar devreden çıkarılarak üzerine çorap geçirilmiş ısıtıcı kalıp serbest olarak havada tutulmuştur. Dolayısıyla Denklem 4.5’ deki $T_{soğuk}$ değeri ortamdaki havanın sıcaklığının ölçümüyle elde edilmiştir (Şekil 4.4).

Isı taşınım katsayısı (h), ısı iletim katsayısı (k) dan farklı olarak aşağıdaki formüle göre formüle göre hesaplanmıştır.

$$h = \frac{Q}{A \cdot \Delta T} \quad (4.6)$$

4.3.3 Transfer (Kılcal) Islanma Deneyi

Transfer ıslanma testi için, Zhuang ve arkadaşlarının [7] kullandıkları test yöntemi esas alınmıştır. Bunun için 7.45 cm çapında dairesel numuneler hazırlanmıştır. Aynı kumaştan kesilen iki parçadan biri ıslatılıp fazla suyu kurutma kağıdıyla alındıktan sonra yaş tabaka olarak ön yüzü üstte kalacak şekilde zemine yerleştirilmiştir. Kuru kalan kumaş da yine önyüzü üstte kalacak şekilde yaş tabakanın üzerine konulduktan sonra en üste sabit bir basınç sağlaması açısından bir ağırlık konmuştur. Kullanılan ağırlık, Zhuang' ın [7] çalışmasında belirttiği optimum aralık içinde bulunan 15.6 kg/m² lık bir ağırlık seçilmiştir. 5, 10, 15, 20, 25, 30. dakikalarda olmak üzere toplam 8 ölçüm kaydedilmiştir.

4.3.4 Dikey Kılcal Islanma Deneyi

Testler DIN 53924 [50] nolu standarda göre yapılmıştır. Numuneler 25x100 mm ebatlarında şeritler halinde kumaşın eni ve boyu yönlerinde olmak üzere üçer tane hazırlanmıştır. Kumaşların üzerine ölçüm kolaylığı için mesafeler işaretlenmiştir. İçine saf su konmuş bir kabın üstünde numuneler suya 3 mm dalacak şekilde sabitlenmiştir. 30. saniyede ve 1, 2, 3, 4, ve 5. dakikalarda suyun kumaş üzerinde yükseldiği noktalar okunarak 5 dakika sonunda suyun yükselme mesafesi tespit edilmiştir.

4.3.5 Nem Kazanım Oranı Tespiti

Nem kazanım oranını hesaplayabilmek için kumaşın kuru ağırlığının tespiti gerekmektedir. Bunun için ASTM D2654 [51] standardı esas alınmıştır. Kondisyonlanmış numuneler ilk ağırlıkları tespit edildikten sonra 105 °C’ ye ısıtılmış etüve konmuştur. Aralıklarla kuruyan numunenin ağırlığı ölçülüp üst üste 3 ölçümden de aynı sonuç alındığında test durdurulup bulunan değer kuru ağırlık (D)

olarak kaydedilmiştir. Kurutulan numuneler standart şartlarda (22 °C, 65 RH) bekletilerek birer saat aralıkla ağırlık ölçümü yapılmıştır. Ölçülen 3 değerin aynı olduğu durumunda ölçüm durdurulup son değer nemli ağırlık (M) olarak kaydedilmiştir. Nem kazanım oranı (R), Denklem 4.7; nem içeriği oranı (C), Denklem 4.8' in yardımıyla, ölçülen D ve M değerlerinin formüllerde yerine yazılmasıyla, hesaplanmıştır.

$$R = (M - D)/M \times 100 \quad (4.7)$$

$$C = (M - D)/D \times 100 \quad (4.8)$$

4.3.6 Kuruma Hızı Deneyi

Bu test için Fourt [29] ve Coplan [28]' in yaptığı çalışmalar baz alınmıştır. 8X16 cm ebadında kesilen numunelerin ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra saf su içinde 1 saat bekletilerek tamamen ıslanması ve üzerinde hiç hava kabarcığı kalmaması sağlanmıştır. Sudan çıkarılan numunelerin fazla suyu hafifçe sıkılarak kalan suyun uzaklaştırılması için numunelerin her iki yüzü 2 şer dakika kurutma kağıdı üzerinde bekletilmiştir.

Fazla suyu alınan kumaşlar, ıslak ağırlığı tespit edildikten sonra, kurumaları için, standart atmosfer şartlarında kurutma telleri üzerine serilmiştir. Saatte bir alınan ağırlık ölçümleri yardımıyla kumaştaki fazla nem miktarının oranı tespit edilmiştir. Kumaşlar, %1' lik fazla nem seviyesinde kuru olarak kabul edilmiş ve bu seviyeye karşılık gelen zaman kumaşın kuruma süresi olarak kaydedilmiştir.

4.3.7 Hava Geçirgenliği Testi

Hava geçirgenliği testi için ASTM D 737 [52] standardına göre SDL FX3300 hava geçirgenliği cihazı kullanılmıştır. 20 cm² lik test kafalarına 249 Pa basınçta yerleştirilen numunelere hava akımı uygulanmıştır. Kumaşın iki yüzeyi arasındaki basınç farkından numunelerin hava geçirgenliği cihaz göstergesinden ft³/ft²dk olarak okunan veriler 0.305 katsayısıyla çarpılarak metrik siteme çevrilmiş ve m³/m²dk olarak kaydedilmiştir.

4.4 Fiziksel Performans Testleri

4.4.1 Patlama Mukavemeti Testi

TS393 [53] standardına göre yapılan testlerde kumaş numuneleri 33 mm lik çapa sahip bir diyafram üzerine yerleştirilmiş ve 5 kg/cm²' lik bir basınç altında

sıkıştırılmıştır. Diyafram şişirmeye başlanarak kumaş patlatılmaya zorlanmıştır. Kumaşların patladığı andaki ekrandaki basınç değeri kumaşların patlama mukavemeti olarak kaydedilmiştir.

4.4.2 Boncuklaşma Testi

Boncuklaşma testi için ISO 12945-1 [54] standardı esas alınarak ICI Boncuklaşma test cihazı kullanılmıştır. Numuneler 12.5x12.5 cm ebadında kesilip bir tüp formu oluşturacak şekilde iki ucundan katlanarak dikilmiştir. Dikilen her numune bir poliüretan tüpe geçirilerek iki ucundan sıkıca tüpe bantlanmıştır. Her gruptan 3 er tane hazırlanan numuneler cihaz üzerinde bulunan iç yüzeyi mantar kaplı dört kutuya her kutuda aynı cins numune olacak şekilde yerleştirilmiştir. Örme kumaşlar için belirtilen devir sayısında (7200 tur) kutular cihaz sayesinde döndürüldükten sonra tüplerden çıkarılan numuneler ışık kabini içinde 45° lik açıyla yerleştirilmiş platform üzerine konarak standart boncuklaşma skalasına göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme 1 en kötü 5 en iyi olmak üzere 1 ile 5 arasında yapılmıştır.

4.4.3 Aşınma Dayanımı Testi

ISO 12947-2 [55] standardı esas alınarak ve Martindale aşınma test cihazı kullanılarak test işlemleri yapılmıştır. 38 mm çapında hazırlanan her gruptan 3 er tane numune 9 Pa lık basınç altında 20000 tur aşınmaya maruz bırakılmıştır. 20000 turdan sonra ağırlıkları ölçülen numunelerin başlangıç ağırlıklarına göre kaybettikleri kütleleri hesaplanarak aşınma değerlendirmesi yapılmıştır.

4.4.4 Esneklik Testi

Bunun için CETME esneklik ölçüm cihazı kullanılmıştır. Biri sabit biri hareketli olmak üzere iki çenesi bulunan cihazın çeneleri etrafına çorap geçirildikten sonra hareketli çene 5 kg lık yük altında aşağı doğru serbest bırakılır. Çorabın hareketli çenenin gitmesine olanak verdiği maksimum mesafede o çorabın maksimum enine esneme değerini vermektedir. Elde edilen bu değer başlangıç eninden farkı alınarak başlangıç enine oranlanmasıyla % esneme değeri elde edilmiş olur.

4.4.5 Gramaj Tespiti

TS251 standardı baz alınarak kumaşlar 100 cm² lik dairesel bir alanda kesilen numunelerin hassas terazide tartılmasıyla kumaşın g/m² olarak gramaj değerleri elde edilmiştir.

4.4.6 Kalınlık Tespiti

Kumaş kalınlıklarının tespiti için BS 2544 standardına göre ölçüm yapan James H. Heal marka kalınlık ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler için makina basıncı 10 g/cm² olarak ayarlanmıştır. Her bir grup için 5 ölçüm yapılmış ve bunların ortalama değeri kumaşın kalınlığı olarak kaydedilmiştir.

4.4.7 Boyutsal Değişim Testi

Numuneler çorap formunda olduğu için işaretlemesi çorabın imkan verdiği uzunluklar dahilinde yapılmıştır. Bu sebeple çorap eninde 8 cm ve boyunda 10 cm lik mesafeler (D₁) işaretlenmiştir.

Numuneler BS4923 [56] standardına göre 60 °C’ de 1 saatlik bir yıkamadan sonra tamburlu kurutucuyla kuruması sağlanmıştır. Kuruyan numuneler standart şartlarda bir gün süreyle kondisyon yapıldıktan sonra işaretli yerlerin mesafesinin (D₂) ölçülmesiyle boyutsal değişim Denklem 4.9’ a göre hesaplanmıştır.

$$\% S = (D_1 - D_2)/D_1 \times 100 \quad (4.9)$$

Hesaplanan en ve boy çekme değerlerinin karelerinin toplamının karekökü alınarak toplam çekme değeri elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

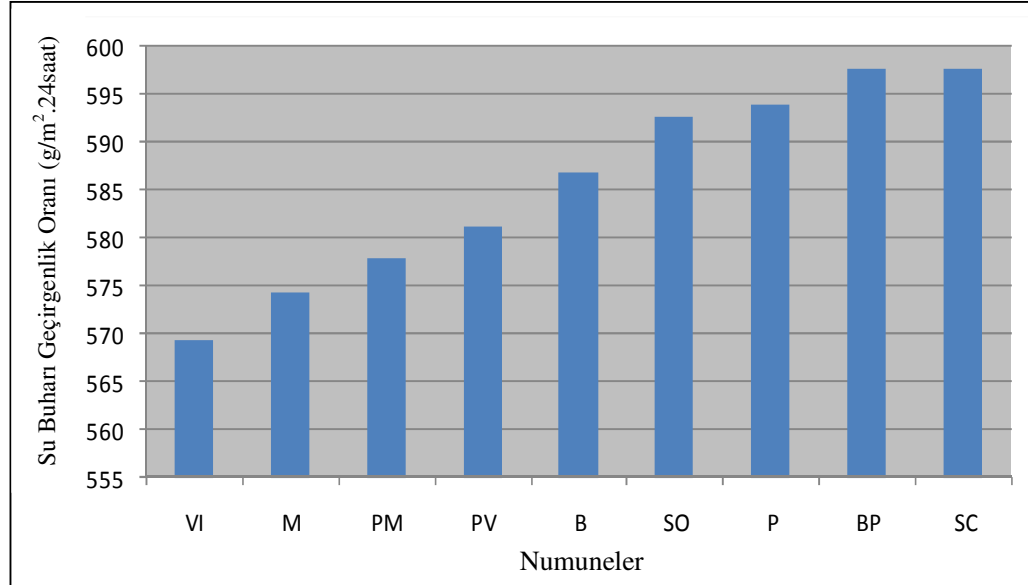
5.1 Su Buharı Geçirgenliği Deneyi Sonuçları

24 saatlik periyot sonundaki Su Buharı Geçiş Miktarları (MVTR) Tablo 5.1' de gösterilmiştir.

Tablo 5.1: Su Buharı Geçiş Miktarları

Numune Kodu	MVTR (g/m ² 24saat)
P	593.98
PM	577.96
PV	581.16
M	574.30
VI	569.38
B	586.93
PB	597.63
SC	597.70
SO	592.76

Şekil 5.1' de ise bu değerlerin sıralı olarak grafiksel gösterimi yapılmıştır.



Şekil 5.1: Su Buharı Geçiş Miktarları

Elde edilen verilere göre Viskon grubu en düşük su buharı geçiş değerini ($569 \text{ g/m}^2\text{24saat}$) verirken Bambu-Pamuk ve Seacell grubu diğerlerine göre yüksek oranda ($597.7 \text{ g/m}^2\text{24saat}$) nem geçişine olanak vermektedir. Dikkat çeken bir husus Pamuk grubunun Seacell hariç tüm yeni lif gruplarından daha iyi bir sonuç vermiş olmasıdır. Bu sebeple su buharı geçiş değerleri bakımından pamuk ile karışım halinde kullanılan yeni liflerden elde edilmiş çorapların, aynı liflerin %100 oranında kullanılmasıyla elde edilen çoraplardan daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Prahsarn [1], Kap Metodu' yla yaptığı çalışmada su buharı geçirgenliği değerlerinin kumaş kalınlığı ve yoğunluğu ile yüksek korelasyona sahip olduğu ancak hava geçirgenliği ile korelasyon bulunmadığını belirtmiştir. Hava geçirgenliği ile korelasyonun olmamasının sebebini, kullanılan kumaşların birim alandaki elyaf hacminin kumaş hacmine olan oranlarının %20' den düşük olması nedeniyle açık yapıda olmasını göstermiştir.

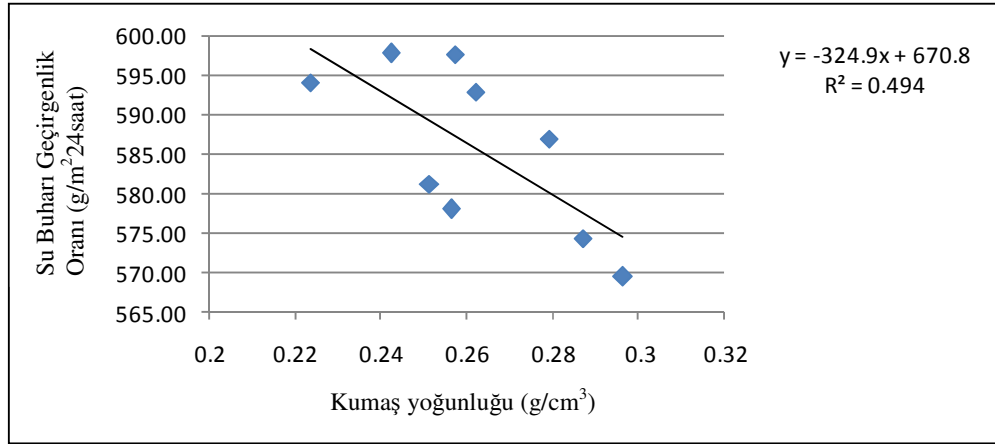
Bu doğrultuda, yaptığımız çalışmada elde edilen değerlerin kumaş parametrelerine (hava geçirgenliği, yoğunluk, kalınlık, nem kazanım oranı (%R) ve ilmek sıklığı) göre yapılan korelasyon analizlerinde de benzer bir sonuç elde edilerek hava geçirgenliği ile bir korelasyon elde edilmezken kumaş yoğunluğu ile %95 anlamlılık seviyesinde -0.703 korelasyon katsayısına sahip bir korelasyon elde edilmiştir (Tablo 5.2). Ancak, Prahsarn [1]' ın çalışmasından farklı olarak kalınlıkla su buharı geçiş değerleri arasında bir korelasyon tespit edilememiştir. Bunun sebebi kullanılan çorapların kalınlıklarının birbirine çok yakın olması, dolayısıyla bu aralıkta anlamlı bir fark yaratmamış olması gösterilebilir. Benzer durum hava geçirgenliği değerleri için de geçerlidir.

Tablo 5.2: Su Buharı Geçirgenlik Miktarları (MVTR) İle Kumaş Parametreleri Arasındaki Korelasyon Değerleri

KORELASYON MATRİSİ		Hava G.	Yoğunluk	Kalınlık	% R	İlmek sıklığı
MVTR	Pearson Korelasyon Katsayısı	-.342	-.703(*)	.223	-.696(*)	-.145
	Anlamlılık (2-kuyruk)	.368	.035	.565	.037	.710
	Numune sayısı	9	9	9	9	9

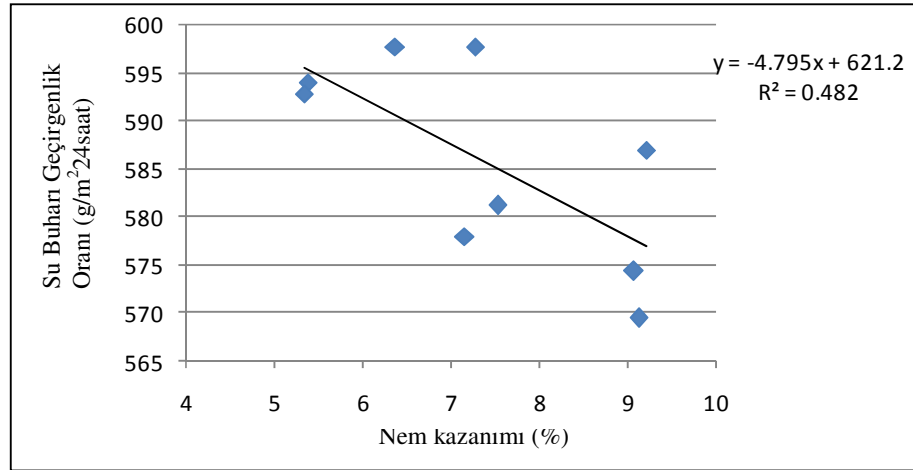
* 0.05 seviyesinde (2-kuyruk) anlamlı bir korelasyon mevcut.

Şekil 5.2' de kumaş yoğunluğu ile su buharı geçirgenliği değerleri arasındaki ilişki gösterilmektedir. Buna göre kumaş yoğunluğu arttıkça kumaşın su buharı geçirgenlik değerinde düşüş görülmektedir.



Şekil 5.2: Kumaş Yoğunluğuna Göre Su Buharı Geçiş Miktarlarının Değişimi

Yapılan diğer bir analizde kumaşların nem kazanım oranları ile su buharı geçirgenlik miktarları arasında da ilişki olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen -0.696 korelasyon katsayısına göre, kumaşların sahip olduğu nem miktarındaki artış daha az nem geçişine olanak vermektedir (Şekil 5.3). Çünkü nem kazanımı yüksek olan elyaf daha fazla nemi absorbe ederek daha geç denge fazına ulaşmaktadır.



Şekil 5.3: Nem Kazanım Oranlarına Göre Su Buharı Geçiş Miktarlarının Değişimi

5.2 Isı Transferi Deneyleri Sonuçları

Deneyi yapılan çorapların efektif ısı iletim katsayısı ile ısı taşınım katsayıları deneysel olarak incelenmiştir. Paralel levha benzeri deney tesisatında ısı akısı, sıcaklık ve geometrik ölçüm değerleri yardımıyla hesaplanan ısı iletim katsayısı (k) ve ısıl direnç (R_f) değerleri Tablo 5.3’de görülmektedir.

Tablo 5.3: Isı İletim Değerleri

Numune Kodu	K (W/m.°C)x10 ⁻²	R _i (m ² .°C/W)x10 ⁻²
P	5.504	1.856
PM	6.120	1.652
PV	5.318	1.928
M	6.661	1.507
VI	5.367	1.684
B	5.956	1.794
PB	5.792	1.646
SC	5.937	1.692
SO	4.736	2.018

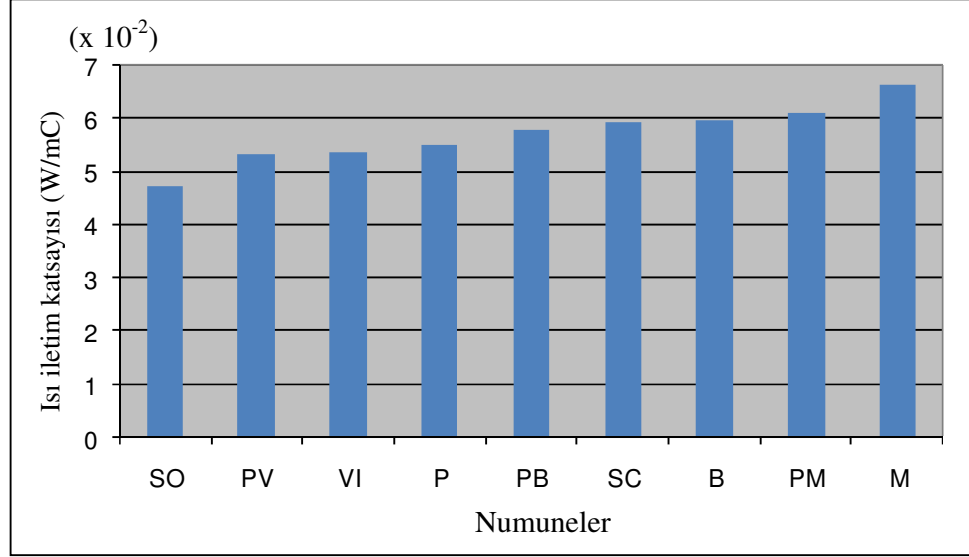
Bir tekstil malzemesi kompozit bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla elde edilen ısı iletim katsayısı (k) değeri malzemenin içeriğinde bulunan maddelerin bileşkesiyle oluşmuş “k_{efektif}” değeridir. Örnek olarak PM grubu numunemiz incelendiğinde bunun k_{efektif} değerini etkileyen başlıca parametreler;

- Pamuk elyafının ısı iletim katsayısı
- Modal elyafının ısı iletim katsayısı
- Naylon elyafının ısı iletim katsayısı
- Elastan elyafının ısı iletim katsayısı
- Bu elyafların kumaş içindeki yüzde miktarları
- Lifler arasındaki boşluklara bağlanmış su buharı (dolayısıyla ortamın nemi)
- Lifler arasındaki hava

olarak söylenebilir. Dolayısıyla, burada elde edilen “k” değerleri sadece bu numuneler için geçerli değerlerdir. İçeriğindeki malzemenin veya yüzde miktarlarının değişmesi durumunda farklı bir “k” değeri elde edilecektir.

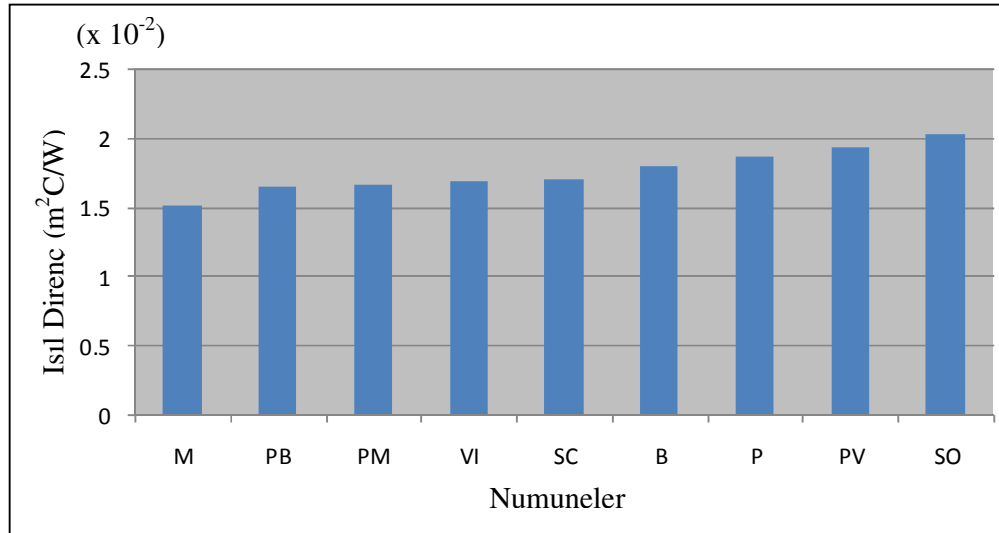
Şekil 5.4’ de, hesaplanan efektif ısı iletim katsayıları değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanmış hali gösterilmektedir. Burada en yüksek ısı iletim katsayısı Modal grubu çorabın olup 0.066 W/mC değerindedir. Bunun yanında en düşük ısı iletim değerini 0.047 W/mC değeri ile Soya grubu oluşturduğu görülmektedir. Pamuk, Bambu ve Pamuk-Bambu gruplarına ait çorapların efektif ısı iletim katsayıları incelendiğinde Pamuk-Bambu çorabının iletim katsayısı Pamuk ve Bambu grupları arasında yer aldığı görülmektedir. Benzer durum Pamuk, Modal ve Pamuk-Modal grupları için de söz konusu olmaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi efektif ısı iletim katsayısı geometrik yapıya bağlı olduğu kadar kullanılan farklı malzemelerin ısı

iletim katsayıların da bağlıdır. Bu sebeple iki lifin karışımının kullanıldığı çorapların sahip olduğu ısı iletim katsayısı değeri aynı liflerin %100 oranında kullanıldığı çorapların sahip olduğu ısı iletim katsayısı değerlerinin arasında kaldığı görülmektedir. Gruplar arasında, çorap içindeki nem ve hava miktarları yaklaşık aynı kaldığı düşünülürse, bu durum beklentilere uygundur.



Şekil 5.4: Deney Gruplarının Isı İletim Katsayıları

Tablo 5.3' de çorapların ısı direnç değerleri de hesaplanarak gösterilmiştir. Bu değerler sıralı olarak Şekil 5.5' de görülmektedir. Isıl direnç değerine göre ısı direnci en düşük olan çorap yine Modal grubu çıkarken en yükseği de yine Soya gurubu olmaktadır.



Şekil 5.5: Isıl Direnç Değerleri

Kumaşın yapısal parametrelerinden olan kalınlık, kumaş yoğunluğu, ilmek sıklığı, nem kazanımı değerleri ile ısı iletim katsayıları arasında yapılan korelasyon analizlerinde, %95 anlamlılık seviyesinde hiçbir kumaş parametresinin yüksek korelasyon değeri vermediği görülmüş, dolayısıyla bu parametrelerin ısı iletimi üzerindeki etkisinin düşük olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5.4). Çıkan bu sonuç ile ısı iletimini etkileyen ana etkenin lif yapısı olduğu söylenebilir.

Tablo 5.4: Isı İletim Katsayısı İle Kumaş Parametreleri Arasındaki Korelasyon Değerleri

KORELASYON MATRİSİ		Kalınlık	Yoğunluk	İlmek sıklığı	%R
K	Pearson Korelasyon Katsayısı	.595	.211	-.033	.515
	Anlamlılık (2-kuyruk)	.091	.586	.933	.156
	Numune sayısı	9	9	9	9

Bu tezden yola çıkılarak hesaplanan efektif k değerlerine bakıldığında Soya grubunun diğerlerinden farklı çıkması açıklanabilir. Çünkü, soya lifini diğerlerinden ayıran en önemli fark protein esaslı olmasıdır. Diğer 8 grup farklı şekillerde olsa bile temelde hepsi selülozik esaslıdır. Kullanılan deney grubundaki çorapların kumaş yapısal parametrelerinin sabit tutulmaya çalışıldığı düşünülürse Soya grubunun oluşturduğu ısı direncindeki bu fark lif yapısındaki farklılıkla açıklanabilir.

Soyadan farklı olarak diğer 8 grubun kendi arasında yapılan korelasyon analizlerinde kalınlıkla 0.802 katsayısına sahip yüksek bir korelasyon olduğu görülmüştür. Lif yapıları benzer olan bu 8 grubun iletim katsayısının zaten formülün de içinde bulunan kalınlıktan etkilenmesi normal görülmektedir.

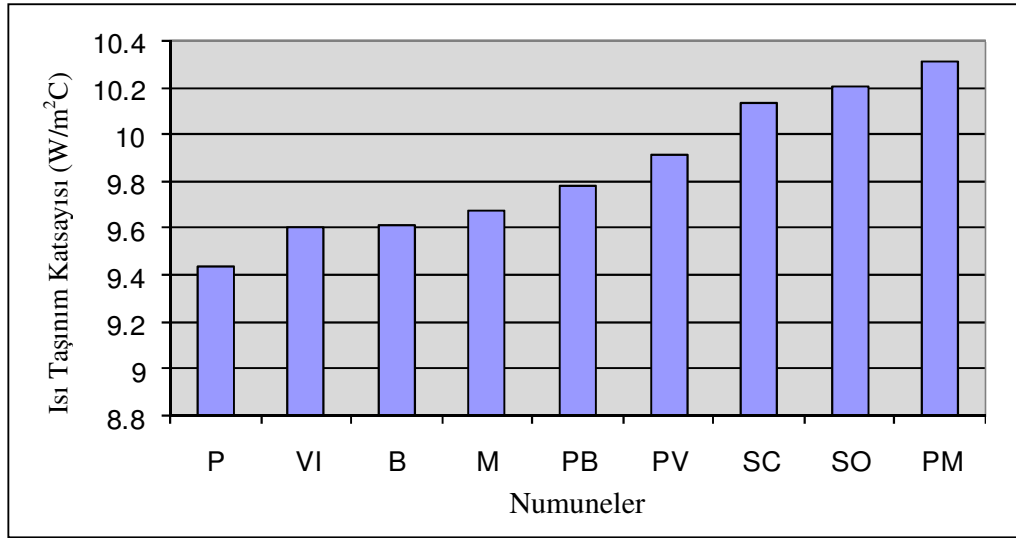
Kullanılan deney grupları için hava geçirgenliği değerleriyle iletim katsayıları arasında bir korelasyon oluşmamıştır. Kumaşların hacimsel oranları birbirine çok yakındır, dolayısıyla bu seviyedeki bir farklılık ısı iletim değerleri için anlamlı bir fark oluşturamamıştır.

Isı taşınım katsayısı hesabı için yapılan deneylerin sonucunda elde edilen ısı taşınım katsayısı (H) ve ısı taşınım direnci (R_T) değerleri Tablo 5.5’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.5: Isı Taşınım Değerleri

Numune Kodu	H (W/m ² .°C)	R _T (m ² .°C/W)x10 ⁻²
P	9.44	10.60
PM	10.31	9.70
PV	9.92	10.08
M	9.68	10.33
VI	9.61	10.41
B	9.61	10.41
PB	9.78	10.22
SC	10.13	9.87
SO	10.20	9.80

Şekil 5.6’ da sıralı olarak ısı taşınım değerleri gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi en yüksek taşınım katsayısı değerini Pamuk-Modal grubu verirken en düşük taşınım katsayısı değerini Pamuk grubu vermektedir.

**Şekil 5.6:** Isı Taşınım Katsayıları

Yapılan korelasyon analizlerinde ısı taşınım katsayısının kumaş ilmek sıklığı, yoğunluğu ve nem içeriği parametreleri ile %95 anlamlılık seviyesinde yüksek korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5.6). Isı taşınımında, iletimden farklı olarak hareketli havanın ısı transferinde etkili olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla liflerin yapısal özelliklerinden ziyade lifler arasındaki boşluklar, havanın kumaş içinde ilerleyebileceği yollar ve nem miktarı etkili olmaktadır. Çıkan sonuçlarda kalınlığın ısı taşınımına etkisinin hiç olmadığı, hava geçirgenliğinin ise düşük çıktığı görülmektedir. Hava yardımıyla gerçekleşen bir transferin hava geçirgenliğinden etkilenmesi beklenir. Literatürden alınan neticeler de bu doğrultudadır [1, 5, 16]. Ancak kullanılan çorapların yapısal özelliklerinin,

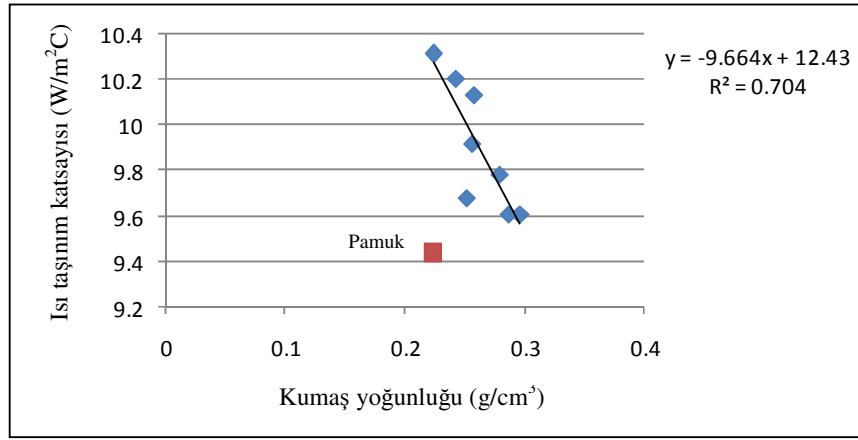
dolayısıyla hava geçirgenlik değerlerinin birbirine yakın olması bu etkiyi göstermesine engel olmuştur.

Tablo 5.6: Isı Taşınım Katsayısı İle Kumaş Parametreleri Arasındaki Korelasyon Değerleri

KORELASYON MATRİSİ		Yoğunluk	İlmek sıklığı	Kalınlık	%C	Hava G.
H	Pearson Korelasyon Katsayısı	-.830(*)	-.784(*)	-.023	-.783(*)	-.342
	Anlamlılık (2-kuyruk)	.011	.021	.957	.022	.407
	Numune sayısı	8	8	8	8	8

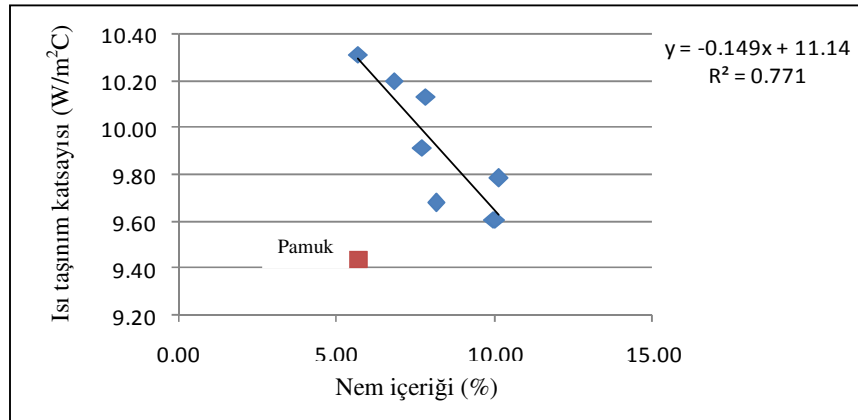
* 0.05 seviyesinde (2-kuyruk) anlamlı bir korelasyon mevcut.

Yapılan korelasyon analizlerinde Pamuk grubunun farklı davranış gösterdiği görülmüştür. Bu yüzden korelasyonlar, Pamuk grubu çıkarılarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.7: Kumaş Yoğunluğuna Göre Isı Taşınım Katsayısının Değişimi

Şekil 5.7’ de görüldüğü gibi kumaş yoğunluğu ile ısı taşınım katsayısı arasında 0.704 varyansa sahip ters bir lineer ilişki vardır. Kumaş yoğunluğu arttıkça lifler arasındaki boşluk miktarı azaldığından ısı taşınım katsayısında düşüş görülmektedir.



Şekil 5.8: Nem İçeriğine Göre Isı Taşınım Katsayısının Değişimi

Şekil 5.8’ de görüldüğü gibi kumaş içindeki nem miktarıyla ısı taşınım katsayısı arasında 0.771 varyansa sahip ters bir lineer ilişki vardır. Kumaş içindeki nem miktarı arttıkça ısı taşınımının azaldığı görülmektedir.

Yapılan ilave bir deneyde plakaya çorap geçirilmeden kalıbın çıplak halinin ısı taşınım değeri hesaplanmış ve ısı taşınım katsayısı $5.20 \text{ W/m}^2\text{C}$ çıkmıştır. Bu değer çorap geçirilmiş haldeki katsayıların ortalama değeri olan $10.13 \text{ W/m}^2\text{C}$ değerinin yarısı kadardır. Bu da gösteriyor ki çıplak bir tene giyilen çorap, ısı taşınımını arttırarak vücutta bir serinlik hissi sağlamaktadır. Buradan yola çıkılarak taşınım katsayısı yüksek olan çorapların yaz koşulları için konfor açısından iyi sonuç vereceği söylenebilecektir. Dolayısıyla, Pamuk-Modal, Seacell ve Soya liflerinin yaz koşulları için daha serin tutacak giysi imalatı için ideal oldukları söylenebilir.

Malzemelerin ısı taşınımı ile ısı iletimi davranışlarında farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin, iletim katsayısı diğerlerine göre daha düşük olan Soya grubunun taşınım katsayısının yüksek olduğu görülmektedir. Benzer bir davranış Pamuk ve Pamuk-Modal grupları için de geçerlidir. İletim katsayısı ortalama değerlerde olan Pamuğun taşınım katsayısının çok düşük olması, yine iletim katsayısı ortalama seviyelerde çıkan Pamuk-Modal’ ın yüksek taşınım katsayısına sahip olması liflerin ısı davranışlarının ısı transfer şekline de bağlı olduğunu göstermektedir. Buradan çıkan sonuçla giysilerden maksimum ısı konfor elde edebilmek için kullanılacak elyafın yerinin de önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Örneğin, soya elyafı iç giyim için iyi bir ısı koruması sağlarken dış giysi tabakalarında aynı performansı sergileyemeyebilir.

5.3 Transfer İslanma Deneyi Sonuçları

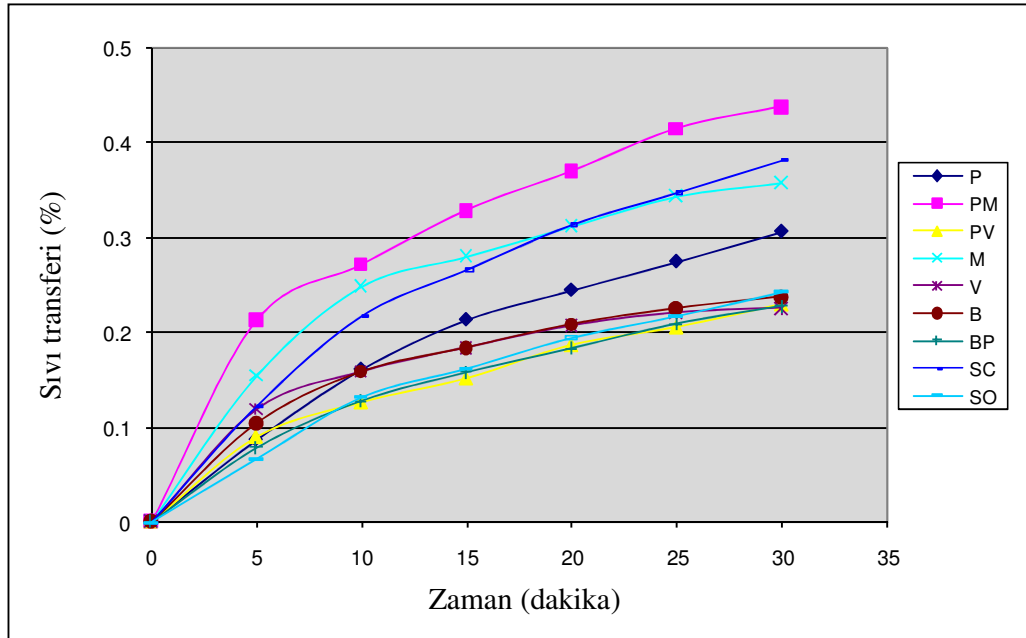
Ölçümler sonucunda elde edilen ağırlık değerleri Denklem 2.12’ de yerine konularak her ölçüm noktası için ıslanma oranları (C) elde edilmiştir (Tablo 5.7).

Sıvı transfer hareketleri grafiksel olarak Şekil 5.9’ da gösterilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi en yüksek ıslanma oranlarını Pamuk-Modal, Modal ve Seacell grupları göstermektedir. Bunun yanında Pamuk-Modal grubunun ıslanmanın en yüksek olduğu ilk 5 dakika içinde en yüksek seviyeye (0.21) ulaşması ıslanma hızlarının da yüksek olduğunu göstermektedir. Diğer gruplar hemem hemen birbirine benzer ıslanma davranışları gösterdiği sadece Pamuk grubunun diğerlerine nazaran daha yüksek sıvı transferi sergilediği görülmektedir. Bambu elyafı içeren gruplar

incelendiğinde hem Bambu grubunun hem de Bambu-Pamuk grubunun düşük sıvı transfer özelliği gösterdiği görülmektedir. Benzer bir şekilde Soya grubu da düşük sıvı transfer özelliği göstermektedir.

Tablo 5.7: Islanma Oranları

Zaman (dk) Numuneler	Islanma oranları					
	5	10	15	20	25	30
P	0.09	0.16	0.21	0.24	0.27	0.31
PM	0.21	0.27	0.33	0.37	0.42	0.44
PV	0.09	0.13	0.15	0.19	0.21	0.23
M	0.15	0.25	0.28	0.31	0.34	0.36
VI	0.12	0.16	0.18	0.21	0.22	0.23
B	0.10	0.16	0.18	0.21	0.23	0.24
PB	0.08	0.13	0.16	0.18	0.21	0.23
SC	0.12	0.22	0.27	0.31	0.35	0.38
SO	0.07	0.13	0.16	0.19	0.22	0.24



Şekil 5.9: Islanma Oranları

Kumaş yapısal parametreleri ile transfer ıslanma arasında yapılan korelasyon analizlerinde anlamlı bir korelasyon tespit edilmemiştir (Tablo5.8). Dolayısıyla çorapların ıslanma miktarları arasındaki farklılıklar belli parametrelerin etkisinden değil tüm parametrelerin bileşkesinin bir etkisi sonucu oluştuğu söylenebilir.

Tablo 5.8: Transfer ıslanma İle Kumaş Parametreleri Arasındaki Korelasyon Değerleri

KORELASYON MATRİSİ		Yoğunluk	Kalınlık	%C	Hava G.
Transfer ıslanma	Pearson Korelasyon Katsayısı	-.247	.358	-.149	-.043
	Anlamlılık (2-kuyruk)	.522	.344	.703	.912
	Numune Sayısı	9	9	9	9

5.4 Dikey Kılcal ıslanma Deneyi Sonuçları

5 dakikalık periyot sonucunda elde edilen su yükseliş değerleri Tablo 5.9’ da gösterilmiştir.

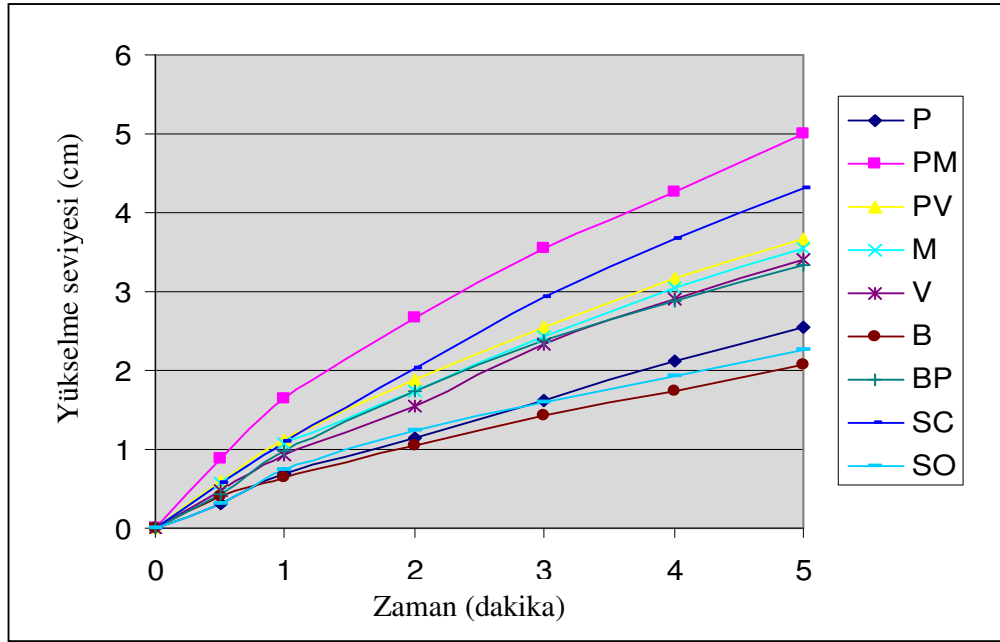
Tablo 5.9: Dikey Kılcal ıslanma Sıvı Yükseliş Değerleri

Numune Kodu	Sıvı yükseliş değerleri (cm)	Yükselme hızı (cm/dk)
P	2.54	0.51
PM	5.00	1.00
PV	3.66	0.73
M	3.54	0.71
VI	3.40	0.68
B	2.07	0.42
BP	3.34	0.67
SC	4.32	0.86
SO	2.26	0.45

Şekil 5.10’ da ise sıvı yükseliş hızları grafiksel olarak gösterilmiştir. Transfer ıslanmada görüldüğü gibi burada da yine Pamuk-Modal grubu en yüksek ıslanma değerine sahip olmuştur. Burada dikkat çeken diğer önemli bir nokta, Pamuk ve Modal gruplarının yükselme seviyeleri nispeten düşükken Pamuk-Modal grubunun en üst seviyede çıkmış olmasıdır.

Kılcal ıslanmada da transfer ıslanmada olduğu gibi Bambu ve Soya gruplarının yine düşük seviyede sıvı transferi gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Her iki ıslanma deneyinde düşük ıslanma değerleri gösteren bu liflerden elde edilecek çorapların sıvı transferi açısından iyi performans sergilemeyeceği söylenebilir.

Transfer ıslanma ile kılcal ıslanma değerleri arasında yapılan korelasyon analizinde % 95 anlamlılık seviyesinde korelasyon katsayısı değeri 0.702 çıkmıştır. Yüksek çıkan bu değer numunelerin farklı iki sıvı transfer yönteminde aynı davranışları göstermesini açıklamaktadır.



Şekil 5.10: Kılcal İslanma Seviyeleri

Kumaşın yapısal parametreleri ile kılcal ıslanma arasındaki korelasyon araştırıldığında transfer ıslanmada olduğu gibi anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır (Tablo 5.10). Kılcal ıslanmada da transfer ıslanmada olduğu gibi çoraplardaki ıslanma miktarlarındaki farklılık tüm parametrelerin bileşkesinin bir etkisi sonucu oluşmaktadır.

Tablo 5.10: Kılcal İslanma İle Kumaş Parametreleri Arasındaki Korelasyon Değerleri

KORELASYON MATRİSİ		Yoğunluk	Kalınlık	%C	Hava G.
Kılcal İslanma	Pearson Korelasyon Katsayısı	-.090	-.159	.044	.091
	Anlamlılık (2-kuyruk)	.818	.682	.911	.816
	Numune Sayısı	9	9	9	9

Kumaş ıslandığında lifin etrafı su molekülleri ile çevrilmiş durumda olmaktadır. Bu durumda lifin içine su alması ya da almamasının bir önemi kalmamaktadır [1]. İslanma davranışlarına nem içeriğinin etkisinin olmaması bu şekilde açıklanabilir. Aynı durum hava geçirgenliği için de geçerlidir.

Kumaşların ıslanabilirliğini liflerin su moleküllerini lif yüzeyinde tutabilme (absorbe) yeteneği belirler. Bu da lifin yüzey gerilimine dolayısıyla da temas açısına (Θ) bağlıdır. Temas açısı küçük olan lifler daha çok ıslanabilme kapasitesine sahip olmaktadır. Bu açı lif cinsine göre değişmektedir [8]. Dolayısıyla deneyi yapılan

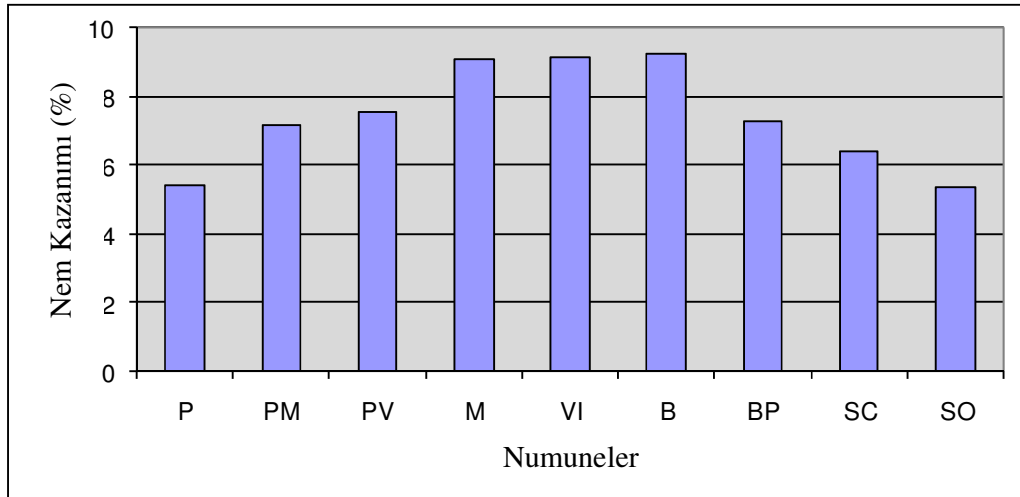
çorapların ıslanma davranışlarını belirleyen en önemli faktörün lif cinsi olduğu söylenebilir.

5.5 Nem Kazanımı Tespiti Sonuçları

Yapılan ağırlık ölçümleri sonucunda hesaplanan nem kazanımı (% R) ve nem içeriği (% C) değerleri Tablo 5.11’ de gösterilmiştir. Nem kazanım değerleri grafiksel olarak Şekil 5.11’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.11: Nem Kazanımı (% R) ve Nem İçeriği (% C) Değerleri

Numune Kodu	R (%)	C (%)
P	5.39	5.70
PM	7.17	7.72
PV	7.54	8.15
M	9.08	9.99
VI	9.13	10.05
B	9.22	10.16
BP	7.27	7.84
SC	6.37	6.81
SO	5.35	5.65



Şekil 5.11: Nem Kazanım Oranlarının Grafiksel Gösterimi

Çorapların nem kazanım değerlerini liflerin elyaf halindeki nem kazanım değerleri belirlemektedir (Tablo 5.12). Ancak liflerin kumaş yapısı içinde olması ve bir çorapta birden fazla lif çeşidinin olması nedeniyle çorap halindeki nem kazanım değerleri daha düşüktür. Bunun yanında elyaf nem kazanım değerleriyle çorapların nem kazanım değerleri karşılaştırıldığında çorapların nem kazanım değerlerinin,

içindeki lif çeşidinin nem kazanım değerlerine göre orantılı olarak değiştiği görülmektedir.

Tablo 5.12: Kullanılan Liflerin Elyaf Halindeki Nem Kazanım Oranları

Elyaf türü	Nem Kazanımı (%)
Pamuk	7 – 11
Modal	13
Viloft	11
Viskon	11-14
Bambu	13
Seacell	9
Soya	8.6
Naylon	3.5-4.5
Elastan	1.5

Kumaşların nem içeriği esas olarak kumaşların temas sonucu verdiği serinlik hissini etkiler. Nem içeriği yüksek olan kumaşlar temas sonucunda daha serin bir his vermektedir [10]. Modal, Viskon ve Bambu grupları nem kazanımı en yüksek olan gruplar olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu üç gruba ait çoraplar temas sonucu serinlik hissini en çok veren çoraplar olduğu söylenebilir.

Nem içeriğinin, nem, ısı ve sıvı transferi gibi konfor özellikleri üzerindeki etkisi önceki başlıklarda açıklanmıştır.

5.6 Kuruma Hızı Deneyi Sonuçları

Numunelerin kuruduğu kabul edilen %1’ lik fazla nem seviyesindeki süreler ve ortalama kuruma hızları Tablo 5.13’ de gösterilmiştir.

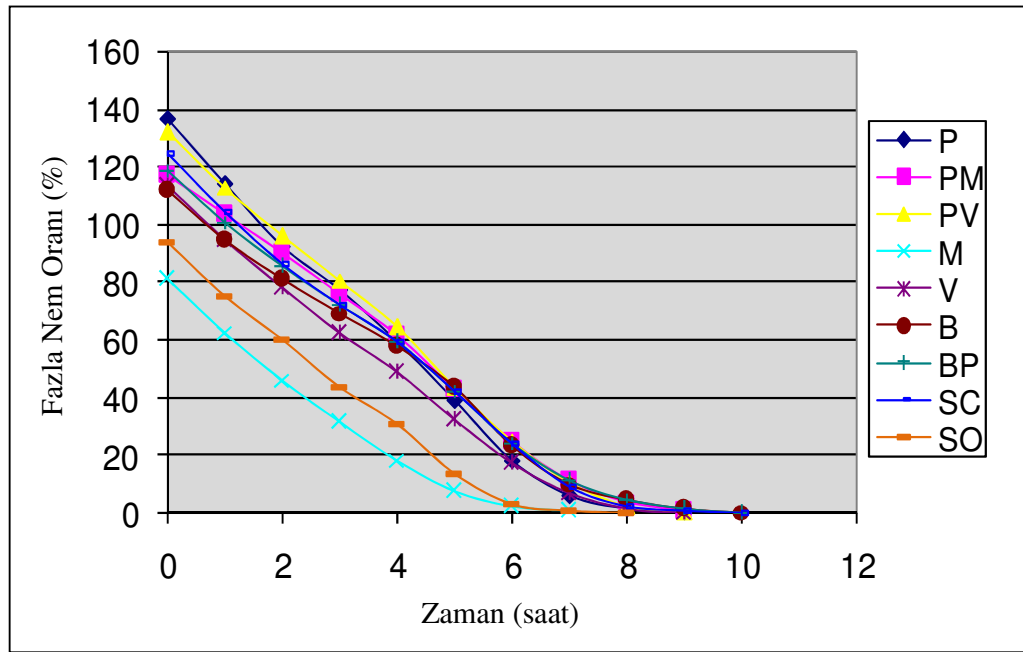
Tablo 5.13: Kuruma Süreleri ve Hızları

Numune Kodu	Kuruma Süresi (saat)	Kuruma Hızı (g/saat) *
P	8.3	0.56
PM	8.8	0.51
PV	8.6	0.57
M	6.7	0.54
V	8.3	0.56
B	9.3	0.54
BP	9.1	0.53
SC	9	0.54
SO	7	0.52

* İlk 7 saatin ortalaması baz alınmıştır

Kumaşların kuruma davranışlarını başlangıçta üzerine aldıkları sıvı miktarı belirler. Az miktarda sıvı almış olan kumaş daha çabuk kurur. Kumaşlar iplik cinsine bağlı olmaksızın sabit ve aynı oranda bir hızla kuruma gösterirler [28, 29].

Yaptığımız çalışmada önceki çalışmalarda bulunan sonuçları doğrular nitelikte sonuçlar elde edilmiştir. Şöyle ki; Soya ve Modal grupları, tüm gruplara eşit ıslatılma işlemi yapılmış olmasına rağmen, diğer 7 gruptan farklı olarak üzerine daha az miktarda sıvı almıştır (diğer gruplar %111 -136 arasında bir ıslaklığa sahip olurken Modal %85 ve Soya %94 lük bir ıslaklık sağlamıştır). Bunun sonucu olarak bu iki grup daha önce kurumuşlardır.



Şekil 5.12: Numunelerin Kuruma Davranışları

Şekil 5.12’ de çorapların kuruma davranışları grafiksel olarak gösterilmiştir. Grupların kuruma hızlarına bakıldığında saatte 0.51 ile 0.57 gram arasında değişen bir farklılık görülmektedir. Bu farklılığın düşük seviyede olması kumaşların kuruma hızlarının hemen hemen sabit olduğunu göstermektedir. Ancak kumaşlar kurumaya yakın sürelerde daha düşük hızda bir kuruma davranışı gösterdiği görülmektedir.

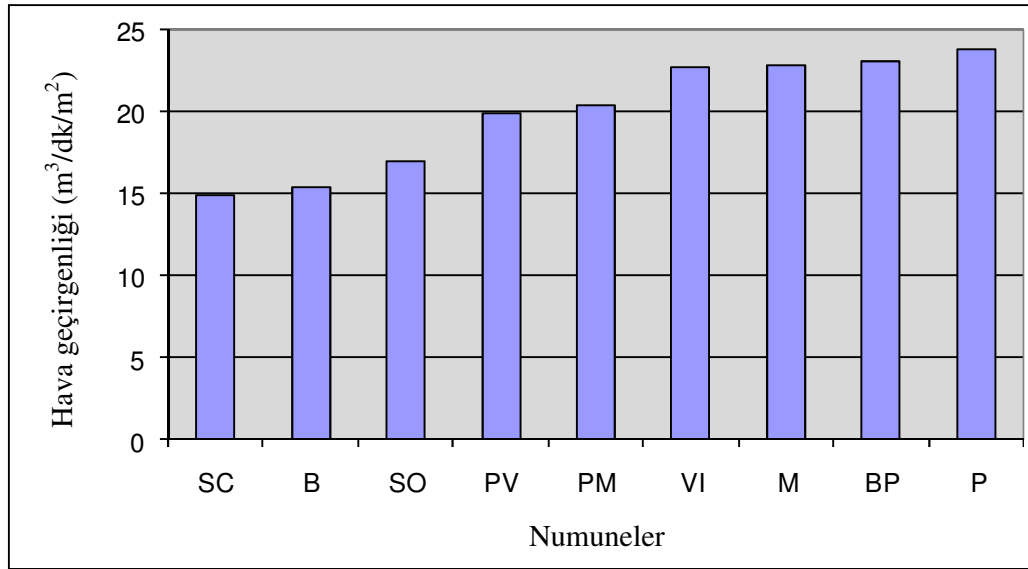
5.7 Hava Geçirgenliği Test Sonuçları

Numunelerin hava geçirgenliği değerleri Tablo 5.14’ de verilmiştir.

Tablo 5.14: Hava Geçirgenliği Değerleri

Numune Kodu	Hava Geçirgenliği ($\text{m}^3/\text{dk}/\text{m}^2$)
P	23.74
PM	20.33
PV	19.93
M	22.82
VI	22.72
B	15.33
BP	23.08
SC	14.89
SO	16.98

Şekil 5.13’ de grafiksel olarak numunelerin hava geçirgenlikleri arasındaki farklılıklar görülmektedir.



Şekil 5.13: Grupların Hava Geçirgenliği Değerleri

Şekil 5.13’ den de görüldüğü gibi, en düşük hava geçirgenlik değerini Seacell ve Soya grupları verirken en yüksek değeri de Pamuk grubunun vermektedir. Bununla birlikte, Pamuk grubuyla Modal grubunun hava geçirgenlik değerleri hemen hemen aynı iken karışımından oluşan Pamuk-Modal grubu daha düşük bir hava geçirgenliği sağlamaktadır. Benzer bir şekilde Bambu grubunun hava geçirgenlik değeri Pamuk grubunun çok altında kalmasına rağmen Bambu-Pamuk grubunun Pamuk ile hemen

hemen aynı değer verdiği görülmektedir. Sonuç olarak, hava geçirgenlik değerine lif tipinin direkt bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

Hava geçirgenliğini etkileyen en önemli parametrenin lifler ve iplikler arası boşluklar neticesinde oluşan kumaş gözenekliliği olduğu bilinmektedir [27]. Yaptığımız çalışmada kullanılan kumaşlar aynı örgü yapısına sahip olduğu için kumaş parametrelerinde görülen küçük değişimler hava geçirgenlik değerini çok etkilemeyecek seviyede kalmıştır. Yapılan korelasyon analizinde de hava geçirgenliğinin kumaşın yapısal parametreleri (yoğunluk, sıklık, nem kazanımı ve hacim oranı) ile bir korelasyon göstermediği tespit edilmiştir.

5.8 Mukavemet Testi Sonuçları

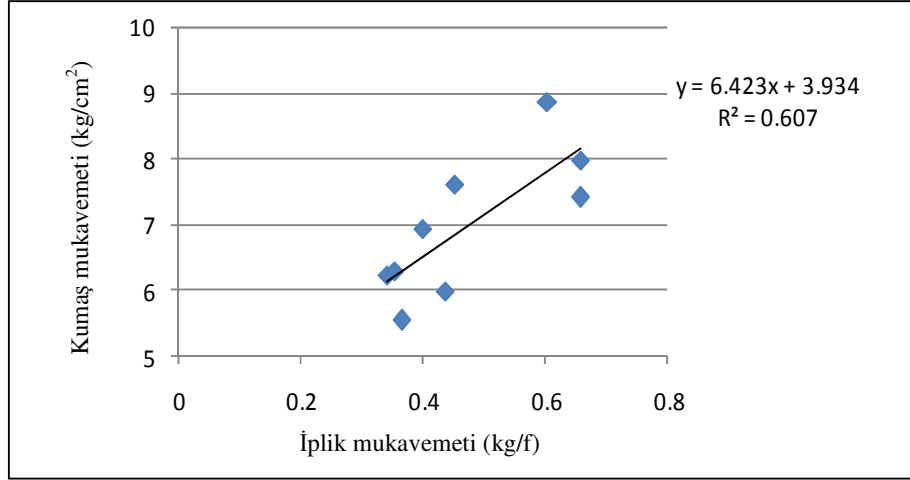
Numunelere yapılan patlama mukavemeti test sonuçları, kullanılan önyüz ipliklerine yapılan iplik mukavemeti test sonuçları ve lif mukavemet değerleri Tablo 5.15’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.15: Mukavemet Değerleri

Numune Kodu	Patlama Mukavemeti (kg/cm²)	İplik Mukavemeti (kg/f)	Lif Mukavemeti (N/tex)
P	6.93	0.40	0.35
PM	7.59	0.45	0.25/0.35
PV	6.23	0.34	0.25/2.2
M	7.96	0.66	0.35
V	5.99	0.43	0.2
B	5.53	0.36	0.23
BP	6.28	0.35	0.25/0.23
SC	7.40	0.66	0.35
SO	8.86	0.60	0.38

Test edilen numune grupları vanize örgü olması ve arka iplik olarak kullanılan lycralı naylon ipliği çorabın mukavemetini belirleyen ana faktörler olmaktadır. Ancak arka iplikler ön ipliklerin izin verdiği ölçüde hareket edebildiklerinden ön ipliklerin de mukavemet üzerine etkisi mevcuttur.

Yapılan korelasyon analizinde önyüz iplik mukavemeti ile kumaş patlama mukavemeti arasında %95 anlamlılık seviyesinde 0. 779 değerine sahip yüksek bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. İplik mukavemet değerleri yüksek olan Soya, Seacell ve Modal gruplarının kumaş mukavemet değerlerinin de yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 5.14: İplik Mukavemetine Göre Kumaş Mukavemetinin Değişimi

5.9 Boncuklaşma Testi Sonuçları

Yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen boncuklaşma dereceleri Tablo 5.16' da gösterilmiştir.

Tablo 5.16: Boncuklaşma Dereceleri

Numune Kodu	Boncuklaşma Derecesi
P	4
PM	3-4
PV	3-4
M	3
VI	2
B	2-3
BP	3-4
SC	4
SO	3

Viskon ve Bambu gruplarının boncuklaşma derecelerinin çok kötü olduğu görülmektedir. Diğer yeni elyaf cinslerinde de boncuklaşma değerlerinin orta derecelerde kaldığı görülmektedir. Sadece Seacell buna bir istisna oluşturmaktadır. Diğer taraftan Pamuk en iyi sonucu verirken pamuk karışımli numunelerin de diğerlerine göre daha iyi durumda olduğu görülmektedir. Dolayısıyla yeni elyaf gruplarından elde edilecek çoraplarda boncuklaşma problemi olacağı söylenebilir. Bunu azaltmak için de pamuk ile karışım halinde kullanılması bir çözüm olarak sunulabilir.

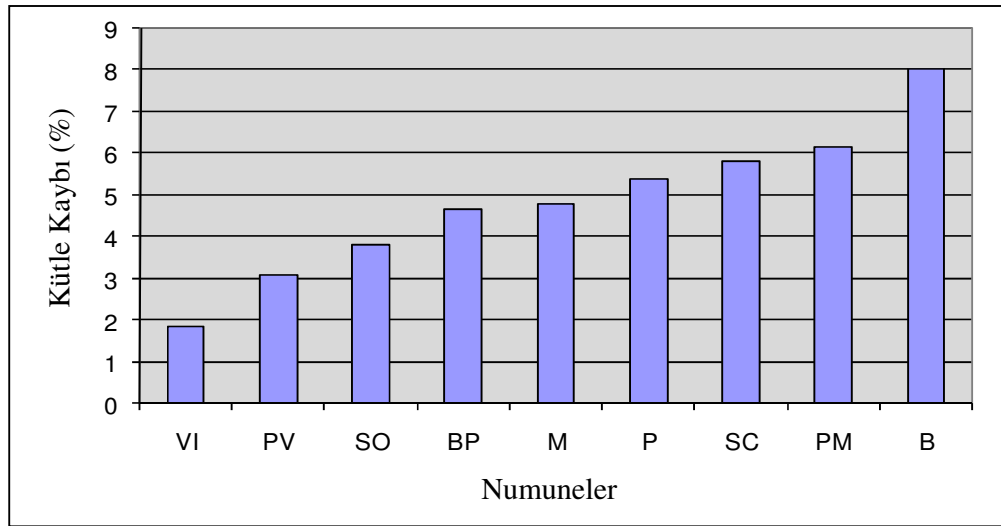
5.10 Aşınma Dayanım Testi Sonuçları

20000 devirlik bir aşınma uygulaması sonucu numunelerdeki kütle kaybı değerleri Tablo 5.17’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.17: Aşınma Sonucu Kütle Kaybı Değerleri

Numune Kodu	Başlangıç Ağırlığı (g)	20000 Devir Ağırlığı (g)	% Kayıp
P	0.336	0.318	5.36
PM	0.391	0.367	6.14
PV	0.392	0.38	3.06
M	0.48	0.457	4.79
VI	0.437	0.429	1.83
B	0.436	0.401	8.03
BP	0.386	0.368	4.66
SC	0.378	0.356	5.82
SO	0.422	0.406	3.79

Yüzdesel kütle kaybı oranları Şekil 5.15’ de grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi Viskon grubu aşınması en düşük grup olarak çıkmıştır. Diğer yandan Bambu grubunun kütle kaybı diğerlerine göre oldukça yüksek kalmıştır. Elyaf cinsinden kaynaklanan yüzey tüylülüğü ve gevşek yapı bunu oluşturan en önemli etkenlerdir.



Şekil 5.15: Aşınma Sonucu Yüzdesel Kütle Kaybı Değerleri

Her ne kadar gruplar arasında kütle kayıpları açısından farklılıklar görülmüş olsa da 20000 devirlik bir aşındırma sonucunda numunelerde delinme görülmemiştir. Bunun sebebi olarak da numunelerde arka iplik olarak naylon ipliğinin kullanılmış olması gösterilebilir.

5.11 Esneklik Testi Sonuçları

Elde edilen % esneme miktarları Tablo 5.18’ de gösterilmektedir.

Tablo 5.18: Esneme Miktarları

Numune Kodu	% Esneme
B	133
PM	156
PV	151
M	206
VI	184
B	190
BP	172
SC	163
SO	150

Modal, Viskon ve Bambu gruplarının esnemesi en yüksek gruplar olduğu bunun yanında Pamuğun yeni liflere göre çok geride kaldığı görülmektedir.

5.12 Kalınlık Tespiti Sonuçları

Numunelerin ölçülen kalınlık değerleri Tablo 5.19’ da belirtilmiştir.

Tablo 5.19: Kalınlık Değerleri

Numune Kodu	Kalınlık (mm)
P	1.17
PM	1.16
PV	1.15
M	1.23
VI	1.1
B	1.2
BP	1.16
SC	1.18
SO	1.17

Kalınlıklar arasında ciddi bir fark görülmemiştir. Sadece Modal ve Bambu yüksek gramaj ve yüksek sıklık değerleri neticesinde diğerlerine göre daha kalın olduğu görülmektedir.

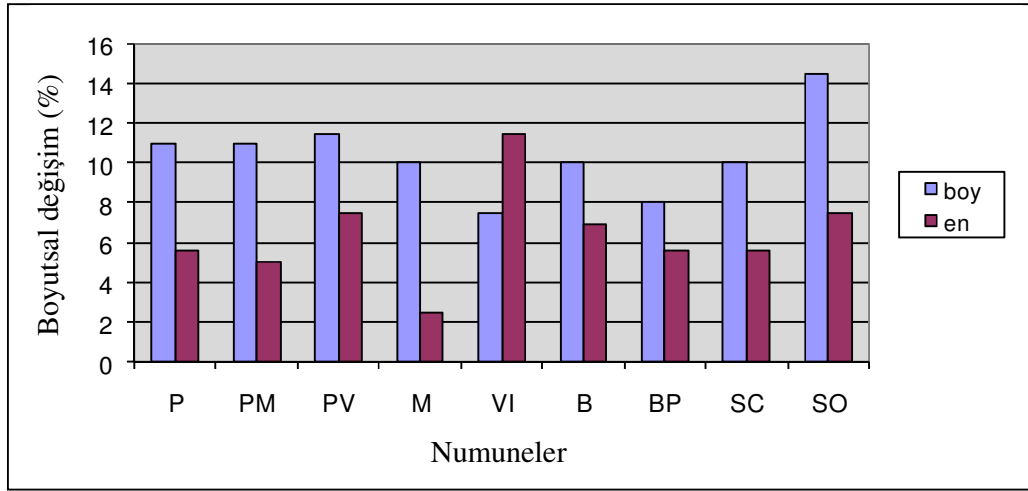
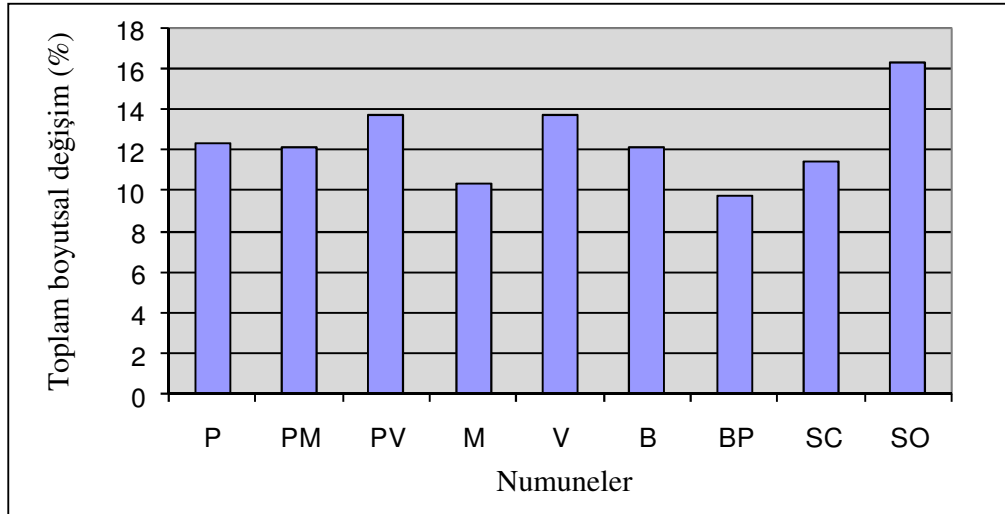
5.13 Boyutsal Değişim Testi Sonuçları

Elde edilen boyutsal değişim sonuçları Tablo 5.20’ de görülmektedir.

Tablo 5.20: Boyutsal Değişim Değerleri

Numune Kodu	Boyutsal Değişim (%)		
	Boy	En	Toplam
P	11	5.6	12.35
PM	11	5	12.08
PV	11.5	7.5	13.72
M	10	2.5	10.30
VI	7.5	11.5	13.72
B	10	6.8	12.13
BP	8	5.6	9.77
SC	10	5.6	11.47
SO	14.5	7.5	16.32

Şekil 5.16’ da enine ve boyuna boyutsal değişimleri, Şekil 5.17’ de ise toplam çekme değerleri grafiksel olarak gösterilmektedir.

**Şekil 5.16:** Enine ve Boyuna Çekme Değerleri**Şekil 5.17:** Toplam Çekme Değerleri

Grafiklerden de görüldüğü gibi en yüksek boyutsal değişimi Soya grubu vermektedir. Diğer gruplar anlamlı bir fark oluşturmamaktadır. Çekmenin önemli olduğu durumlarda elyaf seçiminin bu durum göz önünde bulundurularak yapılması gerekmektedir.

5.14 Genel Değerlendirme

Önceki bölümlerde her kumaş özelliği için deney gruplarının gösterdiği farklılıklar analiz edilmişti. Bu bölümde ise çoraplarda kullanılan elyaf grupları bazında bir değerlendirme yapılmıştır. Karşılaştırmanın kolaylaştırılması açısından elde edilen konfor özellikleri tek bir tablo altında birleştirilerek Tablo 5.21’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.21: Genel Performans Değerleri

	Kumaş Özellikleri			Konfor Özellikleri								Fiziksel Özellikler				
Numune Kodu	Kalınlık	Yoğunluk	İlmek Sıklığı	MVTR	K	h	Transfer Islanma	Kılcal Islanma	R	Kuruma Hızı	Hava Geçirgenliği	Mukave met	Boncuk laşma	Aşınma	Boyutsal Değişim	
	mm	g/cm ³	1/cm ²	g/m ² 24saat	(W/m.°C) x10 ⁻²	(W/m ² .°C)	%	cm	%	saat	(m ³ /dk/m ²)	(kg/cm ²)		%	En %	Boy %
P	1.17	0.224	140	593.98	5.504	9.44	31	2.54	5.39	8.3	23.74	6.93	4	5.36	5.6	11
PM	1.16	0.256	140	577.96	6.120	10.31	44	5.00	7.17	8.8	20.33	7.59	3-4	6.14	5	11
PV	1.15	0.251	165	581.16	5.318	9.92	23	3.66	7.54	8.6	19.93	6.23	3-4	3.06	7.5	11.5
M	1.23	0.287	176	574.30	6.661	9.68	36	3.54	9.08	6.7	22.82	7.96	3	4.79	2.5	10
VI	1.1	0.296	176	569.38	5.367	9.61	23	3.40	9.13	8.3	22.72	5.99	2	1.83	11.5	7.5
B	1.2	0.279	192	586.93	5.956	9.61	24	2.07	9.22	9.3	15.33	5.53	2-3	8.03	6.8	10
PB	1.16	0.257	165	597.63	5.792	9.78	23	3.34	7.27	9.1	23.08	6.28	3-4	4.66	5.6	8
SC	1.18	0.242	165	597.70	5.937	10.13	38	4.32	6.37	9	14.89	7.40	4	5.82	5.6	10
SO	1.17	0.262	176	592.76	4.736	10.20	24	2.26	5.35	7	16.98	8.86	3	3.79	7.5	14.5

Modal; %9.08 nem kazanımı oranıyla yüksek bir nem tutma özelliğine sahip olması neticesinde vereceği serinlik hissi, parlak görünümü ve yumuşaklığı bakımından iyi bir tuşe ve estetik özellik göstermektedir.

Transfer ıslanma ve kılcal ıslanma testlerinden elde edilen veriler doğrultusunda Modal elyafından elde edilen çorapların ıslanabilirliğinin iyi olduğu görülmüştür. Zira transfer ıslanma testinde %35.4 lük bir ıslanma oranıyla diğer gruplar arasından üçüncü ve kılcal ıslanma testinde ise dördüncü sırada yer almıştır. Dikkati çeken asıl sonuç ise iyi ıslanabilen bu elyafın aynı zamanda hızlı bir kuruma da sağlamış olmasıdır. Dolayısıyla Modal' ın sıvı transferinde iyi bir performans sergilediği görülmektedir.

Su buharı geçirgenliğine bakıldığında ise yüksek nem kazanımı ve yüksek yoğunluğu nedeniyle düşük oranda bir nem transferi sağlamaktadır.

Modal elyafından elde edilen çorapların ısı iletim değeri en yüksek çıkan grup olmuştur, bunun yanında ısı taşınım değerinin de orta seviyelerde olduğu görülmektedir. Bu verilere göre Modal lifinin iyi bir ısı tutucu olmadığı, dolayısıyla, sıcak havalara göre dizayn edilecek çoraplar için ideal bir özelliğe sahip olduğu söylenebilir.

Fiziksel performans olarak esneklik, mukavemet ve boyutsal değişim bakımından iyi sonuç veren Modal' ın aşınma ve boncuklaşma değerlerinin ortalama seviyesinde kaldığı görülmektedir.

Pamukla karışım halinde kullanılması durumunda konfor özelliklerinin ne şekilde değiştiğine bakacak olursak sadece su buharı geçirgenliği ve ısı iletim katsayısının çok değişmediği ancak ısı taşınım ve sıvı transfer değerlerinde – ıslanma oranı %44 – ilk sırayı alarak %100 Modal' dan daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. İşin içine pamuk girdiği için sadece kuruması daha yavaş olmaktadır. Fiziksel performans açısından tüm özelliklerde %100 Modal' dan çok farklı olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlar ışığında pamuk karışımlı Modal' ın yazlık çorap imalatında Modal' a göre hem konfor hem de fiziksel özellikler bakımından daha iyi sonuçlar vereceği söylenebilmektedir.

Viloft; pamuk ile karışımlı hali deney çalışmalarında kullanıldığı için sonuçlarda pamuğun etkisi görülmektedir. Diğer gruplara göre en dikkat çekici farkı ısı transferi

ve kılcal ıslanma değerlerinde vermektedir. Isı iletim katsayısının düşük taşınım katsayısının ise yüksek olduğu dolayısıyla hem yaz hem de kışlık çorap dizaynı için uygun bir lif olduğu söylenebilir. Transfer ıslanma bakımından en düşük değeri (%23) veren Viloft kılcal ıslanmada diğer gruplar arasında üçüncü sırada yer almaktadır, bu da lif kesit yapısının kılcal harekete uygun olduğunu göstermektedir. Fiziksel testlerde pamuğa çok yakın değerler veren Viloft fiziksel performans bakımından iyi olarak tanımlanabilecek bir seviyede çıkmıştır.

Bambu; su buharı geçirgenliği sonuçlarına bakıldığında pamuktan kötü viskondan iyi sonuç verdiği görülmektedir. Ancak pamukla karışım halinde kullanılması durumunda hem %100 pamuğun hem de %100 bambunun üstünde yer alarak en iyi transfer sağlayan grup konumuna gelmektedir.

Hem bambunun hem bambu-pamuk karışımının ısı iletim ve taşınım katsayıları bakımından ortalama değerlerde olduğu görülmektedir.

%9.22 lik oranla en yüksek nem kazanım değerine sahip olan bambu bu özelliği sayesinde temas halinde serinlik hissine en iyi verebilecek durumdaki elyaf olmaktadır. Islanma oranları bakımından hem bambunun hem de bambu-pamuğun değerleri düşük çıktığı görülmüştür (%24 - %23). Kılcal ıslanma değeri bakımından da çok düşük seviyede olan bambu pamuk ile karışım halinde daha iyi sonuç vermesine rağmen ortalamayı aşmadığı görülmüştür. Kuruma hızları bakımından da en geç kuruyan çorap grupları olmuşlardır.

Fiziksel özelliklerine bakıldığında mukavemet, aşınma ve boncuklaşma bakımından çok kötü olduğu görülmektedir, bunun yanında esnekliğinin ve yumuşaklığının oldukça iyi olduğu söylenebilir. Bambu-pamuk karışımı ise %100 bambuya göre çok daha iyi bir fiziksel performans göstermektedir.

Seacell; konfor özellikleri bakımından hava geçirgenliği ve nem tutma oranı haricindeki özelliklerde oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Özellikle su buharı transferi, ıslanma (%38) ve kılcal sıvı transfer değerlerinin çok yüksek çıkması akla lifin içindeki yosun özlerinin bir etkisi sonucu olabileceğini getirmektedir.

Isıl değerleri incelendiğinde ısı iletim katsayısının ortalama değerlerde, ısı taşınım katsayısının ise ortalama üstünde çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla ısı transferinin yüksek olduğu söylenebilir.

Fiziksel özellikleri bakımından da oldukça yüksek sonuçlar veren Seacell yazlık çorap imalatında kullanılması durumunda hem konfor hem de fiziksel performans bakımından iyi sonuç vermesi beklenebilir.

Soya; düşük nem kazanımı (%5.36), düşük ıslanma oranı (%24) ve düşük kılcal transfer değerlerine sahip olması sonuçları doğrultusunda az su sever bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Soya grubunun su buharı transfer miktarı diğer liflere göre yüksek değerlerde çıkmaktadır. Sıvı transferi bakımından su itici lif gibi davrandığı söylenebilir. Sıvıyı lif içine almayıp yüzeysel harekete olanak sağladığı bu yüzden yüksek bir su buharı transferine ve hızlı kurumaya imkan verdiği görülmektedir.

Isıl değerlere bakıldığında ısı iletiminin en düşük olduğu görülmektedir. Bunun protein esaslı bir lif olması nedeniyle lif moleküler yapısının diğer selülozik esaslı liflerden farklı olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Buna karşın ısı taşınım değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla soya lifi kumaşta kullanılacak yere göre farklı davranışlar sergileyeceği söylenebilir.

Fiziksel performansı incelendiğinde ise aşınma ve boncuklaşmanın orta değerlerde olduğu ama yüksek bir mukavemet sağladığı görülmektedir. Ancak boyutsal değişim bakımından diğer liflere göre en kötü sonucu vermiştir.

6. TARTIŞMA

Yeni lifler olarak tabir ettiğimiz Modal, Viloft, bambu, Seacell ve soya lifleri ile geleneksel lifler olarak tabir edilen pamuk ve viskon liflerinden elde edilen ipliklerle örülmüş çorap formundaki giysilerin çeşitli konfor ve fiziksel performansı incelenmiştir. Sentetiklerden farklı sonuçlar verdiği bilinen benzer yapıdaki bu liflerin kendi içlerinde ne kadar farklılık yarattığı ve bu farklılığı yaratırken kumaşın hangi parametrelerinin daha etkili olduğu araştırılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda çorapların konfor özelliklerine lif tipinin hem direkt hem de dolaylı olarak etkisi olduğu tespit edilmiştir. Direkt etki lifin yapısal özelliğinden kaynaklanan farklılıklar neticesinde olurken dolaylı etki lif tipinin değişmesi sonucunda değişen kumaş parametrelerinin etkisiyle olmaktadır. Örneğin, su buharı geçişine etki eden faktörlerin başında kumaşın yoğunluğunun ve nem içeriğinin geldiği tespit edilmiştir. Her iki parametre de su buharı geçişini azaltacak yönde etki etmektedir. Her ne kadar bu iki parametre kumaşın bir özelliği gibi görünse de içinde kullanılan elyafa göre değiştiği için dolaylı olarak elyaf cinsinin değişmesinin su buharı geçişinde farklılık yarattığı görülmüştür.

Çorapların ısı davranışları incelendiğinde, ısı taşınım katsayısının ve ısı iletim katsayısının farklı kumaş parametrelerinden etkilendiği görülmüştür. Isı iletim katsayısı daha çok kumaşın içeriğinden yani içinde kullanılan farklı liflerin moleküler yapısından etkilenmektedir. Isı taşınım katsayısı ise daha çok kumaşın ve içindeki liflerin şekilsel özelliklerinden etkilenmektedir. Yani kumaşın örgü yapısı, sıklığı, lif kesiti, ipliğin tüylülüğü, yoğunluğu ve nem oranı gibi etkenler ön plandadır.

Çorapların ıslanma davranışları direkt olarak lif cinsinden etkilenmektedir. Farklı lif cinslerinin sahip olduğu farklı temas açısı değerleri o lifin ıslanabilirlik seviyesini belirlemektedir.

Çalışmalar sonucunda çoğu selülozik esaslı olan bu liflerin giysi konforu üzerine olan etkilerinin farklı olduğu görülmüştür. Seacell ve Modal liflerinin gerek konfor özellikleri gerekse fiziksel performans açısından iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Bambu elyafı ise beklenenin aksine düşük seviyede bir konfor performansı gösterirken sadece temas sonucu serinlik hissinin çok iyi vereceği görülmektedir. Bunun yanında fiziksel performansının da kötü olduğu tespit edilmiştir. Viloft lifi sağladığı ısı izolasyonu ve kılcal sıvı transferi özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Diğerlerinden farklı yapısı olan soya ise düşük ısı iletim yüksek ısı taşınım katsayısı ile farklı bir ısı davranış sergilemektedir. Su buharı ve sıvı performansı bakımından su itici liflere benzer davranışlar göstermektedir. Fiziksel olarak mukavemetinin yüksek oluşu dikkat çekmektedir.

Ortaya çıkan en belirgin sonuç ise Modal, Viloft ve bambu ile pamuk arasında yapılan %50-50 karışımli ipliklerden elde edilen çorapların gerek konfor özellikleri gerekse fiziksel özellikleri bakımından sunduğu performansların bu liflerin %100 halinden çok daha iyi netice vermesi olmuştur. Dolayısıyla bu yeni liflerden optimum verim alabilmek için pamuk ile karışım halinde kullanılması daha uygun olacağı görülmektedir.

Yapılan çalışmada görülmektedir ki, bir iplik seçimi yaparken giysinin neresinde kullanılacağı, hangi mevsimde kullanılacağı, nasıl bir fiziksel performans beklendiği bilinmesi durumunda elde edilen verilerden yararlanılarak tercihler yapılabilecektir. Örneğin, soyadan örülmüş bir çorap dört mevsim boyunca giyilebilecekken bambu veya Modal' dan örülmüş çoraplar yazın iyi serinleme verirken kışın aynı oranda ısınma sağlamayacaktır.

Bu çalışma yeni liflerin özelliklerinin öğrenilmesi bakımından iyi bir kaynak niteliği taşımakta olup literatürdeki bu konudaki boşluğu doldurmakta faydalı olacaktır. Kumaş parametrelerinin sabit tutulduğu bu çalışmanın devamı olarak kumaş parametrelerinin de etkisinin incelenmesi bu konudaki çalışmaları detaylandırma ve çeşitlendirme açısından uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Prahsarn, C.**, 2001. Factors Influencing Liquid and Moisture Vapor Transport in Knit Fabrics, *PhD Thesis*, NCSU, Raleigh.
- [2] **Wang, Y.**, 2002. Heat and Moisture Transfer and Clothing Thermal Comfort, *PhD Thesis*, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong.
- [3] **Slater, K.**, 1975. Discussion Paper: The assesment of Comfort, *Journal of Textile Institute*, **77(3)**, 157-171.
- [4] **Barker, R. L.**, 2002. From fabric hanf to thermal comfort: the evolving role of objective measurements in explaining human comfort, *Int. Journal of Clothing Clothing Science and Technology*, **14(3/4)**, 181-200.
- [5] **Gibson, P.W.**, 1993. Factors Influencing Steady-State Heat and Water Vapor Transfer Measurements for Clothing Materials, *Textile Research Journal*, **63(12)**, 749-764.
- [6] **Long, H.**, 1999. Water Transfer Properties of Two-Layer Weft Knitted Fabrics, *Int. Journal of Clothing Science and Technology*, **11(4)**, 198-205.
- [7] **Zhuang, Q., Harlock, S.C., Brook D.B.**, 2002. Transfer Wicking Mechanism of Knitted Fabric Used as Undergarment for Outdoor activities, *Textile Research Journal*, **72(8)**, 727-734.
- [8] **Kissa, E.**, 1996. Wetting and Wicking, *Textile Research Journal*, **66(10)**, 660-668.
- [9] **Hu, J., Li, Y., Yeung, K., Wong, A. S. W., Xu W.**, 2005. Moisture Management Tester: A Method to Characterize Fabric Liquid Moisture Management Properties, *Textile Research Journal*, **75(1)**, 57-62.
- [10] **Schneider, A.M., Holcombe, B.V., Stephens, L.G.** 1996. Enhancement of Coolness to the Touch by Hyroscopic Fibers, *Textile Research Journal*, **68(8)**, 515-520.
- [11] **Rossi, R.M., Gross, R.**, 2004. Water Vapor Transfer and Condensation Effects in Multilayer Textile Combinations, *Textile Research Journal*, **74(1)**, 1-6.

- [12] **Schneider, A.M., and Holcombe, B.V.**, 1991. Properties Influencing Coolness to the Touch of Fabrics, *Textile Research Journal*, **61(8)**, 488-494.
- [13] **Schneider, A.M.**, 1987. Heat Transfer Through Moist Fabric, *PhD Thesis*, University of New South Wales, Australia.
- [14] **Smith, J. E.**, 1993. The Comfort of Clothing, *Textiles*, **22(1)**, 18-20.
- [15] **Frydrych, I., Dziworska, G., Bilska, J.**, 2002. Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics Made of Natural and Man-Made Cellulose Fibres, *Fibers&Textiles in Eastern Europe*, **10(4)**, 40-44.
- [16] **Uçar, N., Yılmaz, T.**, 2004. Thermal Properties of 1x1, 2x2, 3x3 Rib Knit Fabrics, *Fibers&Textiles in Eastern Europe*, **12(3)**, 34-38.
- [17] **Jirsak, O., Gok, T., Ozipek, B., Pan, N.**, 1998. Comparing Dynamic and Static Methods for Measuring Thermal Conductive Properties of Textiles, *Textile Research Journal*, **68(1)**, 47-56.
- [18] **Shivers, J.**, 1980. Physical Measures of Clothing Comfort: A Literature Review, *Canadian Home Economics Journal*, **30(4)**, 241-244.
- [19] **Wallenberger, F. T.**, 1982. What is New in Man-Made Fibers: fiber dependent garment comfort factors, *Textile Chemist and Colorist*, **14(8)**, 33-37.
- [20] **Ruckman, J.E.**, 1997. Water vapour transfer in waterproof breathable fabrics Part1: under steady-state conditions, *International Journal of Clothing Science and Technology*, **9(1)**, 10-15.
- [21] **McCullough, E. A., and Jones, B. W.**, 1984. A comprehensive data base for estimating clothing insulation, *ER Technical Report 84-0 1*, Manhattan, KS: Institute for Environmental Research Kansas State University.
- [22] **Mecheels, J.H., and Umbach, K.H.**, 1977. The psychometric ranges of clothing systems, *Clothing Comfort: Interactions of Thermal, Ventilation, Construction and Assessment Factors*, pp 133-166, Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science Publishers.
- [23] **Repoulis, A.**, 2001. Thermal Insulation:Q&A,
http://www.oreivatein.com/page/c&m/e_thermal.htm#start
- [24] **Hatch, K. L., Woo, S. S., Barker, R. L., Ebdhakrishnaiah, P., Markee, N. L., Maibach, H. I.** 1990. In vivo cutaneous and perceived comfort response to fabric. Part .1: Thermophysiological comfort

- determinations for three experimental knit fabrics, *Textile Research Journal*, **60(7)**, 405-412.
- [25] **Sontag, S. M.**, 1985. Comfort Dimensions Of Actual And Ideal Insulative Clothing For Older Women, *Clothing and Textile Research Journal*, **4(1)**, 9-17.
- [26] **Adler, M.M., and Walsh, W.K.**, 1984. Mechanism of Transient Moisture Transport Between Fabrics, *Textile Research Journal*, **54(6)**, 334.
- [27] **Cheng, K.P.S., & Cheung, Y.K.** 1994. Comfort in Clothing, *Textile Asia*, 48-52.
- [28] **Coplan, M.J.**, 1953. Some Moisture Relations of Wool and Several Synthetic Fibers and Blends, *Textile Research Journal*, **23**, 897-916.
- [29] **Fourt, L., Sookne, A.M., Frishman, D., and Harris M.**, 1951. The Rate of Drying of Fabrics, *Textile Research Journal*, **21**, 26-32.
- [30] **TS ISO 8302**, 2002. Isı yalıtımı - Kararlı halde ısı direncin ve ilgili özelliklerin tayini, *Türk Standartlar Enstitüsü*, Ankara.
- [31] **Kim J.O., Spivak S. M.**, 1994. Dynamic moisture vapour transfer through textiles. Part II: Further techniques for microclimate moisture and temperature measurement, *Textile Research Journal*, **64(2)**, 112-121.
- [32] **Searle, C.M.**, 1990. Evaluation of the Comfort Properties of Selected Lingerie Fabrics, *PhD Thesis*, Kansas State University, Manhattan, Kansas.
- [33] **Yoo, S., Barker, R.L.** 2004. Moisture Management Properties of Heat-Resistant Workwear Fabrics- Effects of Hydrphilic Finishes and Hygroscopic Fiber Blends, *Textile Research Journal*, **74(11)**, 995-1000.
- [34] **Hobbs, N. E., Oakland, B. G., & Hunvitz, M. D.** 1986. Effects of barrier finishes on aerosol spray penetration and codort of woven and disposable nonwoven fabrics for protective clothing, *Performance of protective clothing. ASTM STP 900*, (pp. 15 1- 16 1). Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [35] **Epps, H. H., & Song, M. K.** 1992. Thermal transmittance and air permeability of plain weave fabrics. *Clothing and Textiles Research Journal*. **11(I)**, 10-17.
- [36] **Candan, C.**, 2004. Çorap Örmek Teknolojisi, Çorap Sanayicileri Derneği Yayını, İstanbul.
- [37] **Modal**. Lenzing Fibers. <http://www.lenzing.com/fibers/en/textiles/4178.jsp>

- [38] **Tencel**. Lenzing Fibers. <http://www.lenzing.com/fibers/en/textiles/4180.jsp>
- [39] **Viloft**. Kelheim-Fibers. <http://www.kelheim-fibres.com/produkte/uk/viloft/produkte.htm>
- [40] **Woodcock, A.H.**, 1962, Moisture Transfer in Textile Systems, Part I, *Textile Research Journal*, **32**, 628-633.
- [41] **Zirnrnerli, T., & Weder, M. S. (1997)**. Protection and comfort - a sweating torso for the simultaneous measurement of protective and comfort properties of PE. In *J. O. Stull & Arthur D. Schwope (Vol. Eds.)*.
- [42] **Bamboo**. Bambrotex. <http://bambrotex.com>
- [43] **Seacell**. Topkapı İplik. <http://www.topkapi-iplik.com.tr/TR/scell.html>
- [44] **Aircell**. Bilkont Tekstil. http://www.bilkont.com.tr/tekstil/tr_urun_mineral.asp
- [45] **Soybean**. Soybean Protein Fiber. <http://www.spftex.com>
- [46] **Coolmax**. Invista <http://coolmax.invista.com/>
- [47] **Thermolite**. Invista http://www.invista.com/page_product_thermolite_en.shtml
- [48] **Isolfil**. Boriofiore. <http://www.boriofiore.com/engfiles/engisolf.htm>
- [49] **ASTM E96-00**, 2000. Standard Test Methods For Water Vapor Transmission of Materials, *American Society for Testing and Materials International*, PA, US.
- [50] **DIN 53924**, 1997. Velocity of suction of textile fabrics in respect of water method determining the rising height, *Deutsches Institut für Normung*, Berlin, Germany.
- [51] **ASTM D2654**, 1971. Standard methods of test for moisture content and moisture regain of textile material, *American Society for Testing and Materials International*, PA, US.
- [52] **ASTM D737-04**, 2004. Standard test method for air permeability of textile fabrics, *American Society for Testing and Materials International*, PA, US.
- [53] **TS 393 EN ISO 13938-1**, 2002. Tekstil – Kumaşların Patlama Özellikleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [54] **TS EN ISO 12945-1**, 2002. Tekstil – Kumaşlarda Yüzey Tüylenmesi ve Boncuklaşma Yatkınlığı Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- [55] **TS EN ISO 12947-2**, 2001. Tekstil – Martindale Metoduyla Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [56] **BS EN 60456**, 1999. Clothes Washing Machines for Household Use – Methods for Measuring the Performance, *British Standards Institution*, London, UK.
- [57] **Schacher, L., Adolphe D.C., Drean J.Y.**, 2000. Comparison between thermal insulation and thermal properties of classical and microfibres polyester fabrics, *International Journal of Clothing Science and Technology*, **12(2)**, 84-95.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Rize’ de doğdu. Orta ve Lise öğrenimini Mersin Dumlupınar Lisesinde tamamladı. 1994 yılında girdiği İTÜ Tekstil Mühendisliği Bölümünden 1999 yılında mezun oldu. Aynı yıl İTÜ FBE Tekstil Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Eş zamanlı olarak bir yıl süreyle Emin Tekstil’ de Kalite Kontrol Mühendisi olarak çalıştı. 2002’ de Kalite Kontrol Mühendisi olarak girdiği GAAT International’ da halen görevini devam ettirmektedir.