

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KUMAŞLARIN ISLANMA VE NEM/SIVI EMME
DAVRANIŞLARI VE GİYİM KONFORU



Hande Gül ATASAĞUN

Ekim, 2015
İZMİR

KUMAŞLARIN ISLANMA VE NEM/SIVI EMME DAVRANIŞLARI VE GİYİM KONFORU

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

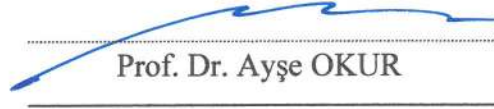
Hande Gül ATASAĞUN

Ekim, 2015

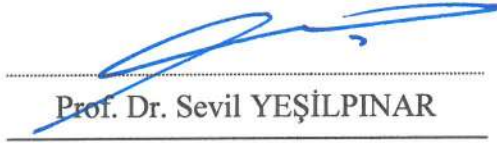
İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

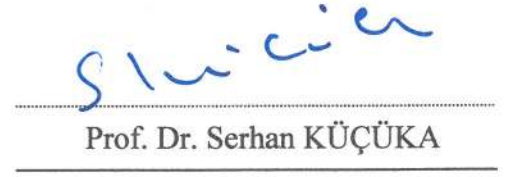
HANDE GÜL ATASAĞUN tarafından PROF. DR. AYŞE OKUR yönetiminde hazırlanan “KUMAŞLARIN ISLANMA VE NEM/SIVI EMME DAVRANIŞLARI VE GİYİM KONFORU” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Ayşe OKUR

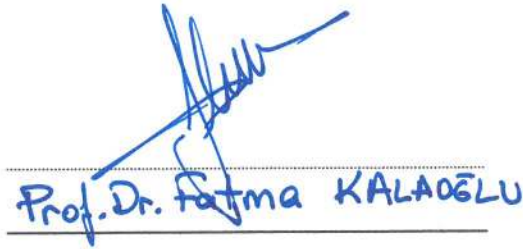
Yönetici


Prof. Dr. Sevil YEŞİLPINAR

Tez İzleme Komitesi Üyesi


Prof. Dr. Serhan KÜÇÜKA

Tez İzleme Komitesi Üyesi


Prof. Dr. Fatma KALAOĞLU

Jüri Üyesi


Doç. Dr. Hüseyin Gazi Türker

Jüri Üyesi


Prof. Dr. Ayşe OKUR
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Akademik hayata başladığım ilk günden beri benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bu süreçte her zaman bilgisi ve deneyimleri ile bana ışık tutan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ayşe Okur`a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmama değerli görüşleri ile katkıda bulunan tez izleme komitesi üyelerim Sayın Prof. Dr. Sevil Yeşilpınar ve Sayın Prof. Dr. Serhan Küçüka`ya teşekkür ederim. Doktora süresince yanımda olan ve karşılaştığım tüm zorluklarda desteğini gördüğüm ekip arkadaşım Sayın Dr. Eren Öner`e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın ölçümlerinin gerçekleştirilmesinde EMPA-Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology bünyesinde yer alan Isı ve Kütle Transferi Laboratuvarı`nın kapılarını bana sonuna kadar açtıkları ve burada bulunduğum süre boyunca değerli görüşleri ile çalışmama katkı sağladıkları için Sayın Dr. Simon Annaheim, Sayın Dr. Agnes Psikuta ve Sayın Dr. René Rossi`ye teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca ölçümlerimin yapılmasında bana destek olan Sayın Max Aeberhard, Sayın Rolf Stämpfli ve her konuda desteğini gördüğüm sevgili arkadaşım Emel Mert`e teşekkür ederim.

Çalışmamda kullandığım dokuma kumaşların üretimini gerçekleştiren Shamrock Tekstil`e, örme kumaşların üretimini gerçekleştiren Sun Tekstil`e ve bu süreçte bana yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Güngör Durur ve Sayın Gökhan Onur`a teşekkür ederim.

Doktora öğrenimim boyunca vermiş olduğu 2211 ve 2214-A kodlu burslar ile akademik hayata devam edebilmeme olanak sağlayan ve beni destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu`na teşekkür ederim.

Çalışmam süresince her zaman manevi olarak desteklerini gördüğüm canım aileme şükranlarımı sunarım. Son olarak bana çıktığım bu yolda sonsuz güvenerek, her zaman yanımda olduğunu hissettiren sevgili eşim Anıl Atasağun`a candan teşekkür ederim.

Hande Gül ATASAĞUN



KUMAŞLARIN ISLANMA VE NEM/SIVI EMME DAVRANIŞLARI VE GİYİM KONFORU

ÖZ

Bu tez çalışmasında üç farklı hammadde, örgü tipi ve atkı sıklığına sahip olan gömleklik kumaşlar ve üç farklı hammaddeden üretilen iç giysi kumaşları, kumaş kombinasyonları ve bu kumaşlardan dikilen gömlek ve iç giysilerden oluşturulan giysi çiftlerinin ısı ve su buharı/sıvı transfer özelliklerine çeşitli kumaş ve giysi özelliklerinin etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla önce tek katlı kumaşlarda, daha sonra da seçilmiş iç giysi-gömleklik kumaş çiftleri ve giysi çiftlerinde ısı ve su buharı/sıvı transferine ilişkin ölçümler yapılarak elde edilen bulgular istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir.

Pamuk, pamuk/poliester ve rejenere bambu gömleklik kumaşlar ve pamuk, poliester ve pamuk/poliester iç giysilik kumaşlar kullanılarak yapılan kapsamlı deneysel çalışma ve değerlendirmeler sonucunda terleme sırasında ölçülen soğuma hızı değerlerinin düşük olması ve kuruma süresinin kısa olması nedeniyle hammadde olarak poliester iç giysi ve pamuk/poliester gömleklik kumaş kombinasyonu, gömleklik kumaş yapısı olarak ise dimi örgü tipi ve gevşek atkı sıklık seviyesi termofizyolojik konfor açısından diğerlerine göre ön plana çıkmıştır.

Giysi kombinasyonları için yapılan termal manken testleri ile gömlek kumaşı vücut ile doğrudan temas ettiğinde gömleklik kumaş özelliklerinin ısı ve su buharı transferi üzerinde etkili olduğu ancak, katlı giysi sistemlerinde büyük ölçüde iç giysi özelliklerinin gömlekten daha önemli olduğu görülmüştür. İç giysinin kesiminin giysi kombinasyonlarının hem termal direnç hem de buharlaşma ısı kaybı değerlerini, iç giysi kumaşının hammaddesinin ise yalnızca buharlaşma ısı kaybı değerlerini etkilediği ortaya konulmuştur. Söz konusu testlerin tüm bulguları birlikte değerlendirildiğinde giysi kombinasyonlarının ısı ve su buharı transfer özellikleri üzerinde giysi katmanları arasındaki hava tabakası kalınlığının/boyutlarının giysi kumaşının örgü tipi ve sıklığından daha büyük bir etkiye sahip olduğunu söylemek

mümkündür. Elde edilen bu sonuçların giysi tasarımcılarının termofizyolojik konfor açısından avantajlı iç giysi-gömlek kombinasyonları geliştirebilmesine önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Gömlek, iç giysi, kumaş yapısal özellikleri, sıvı transfer özellikleri, termal direnç, buharlaşma ısı kaybı, terleyen termal manken, terleyen gövde, sıcaklık düşüşü, yoğunlaşma, kuruma davranışı, dikey kılcal emme test aparatı.



WETTING AND WICKING BEHAVIOUR OF FABRICS AND CLOTHING COMFORT

ABSTRACT

The aim of this dissertation is to determine the effects of various fabric and garment properties on heat and water vapour/liquid transfer properties of shirting fabrics with three different raw materials, weave types and weft densities, underwear fabrics made from three different raw materials, fabric combinations, and garment combinations that are composed of shirts and underwear sewn from these fabrics. In line with this purpose, heat and water vapour/liquid transfer properties were measured first for the single layer fabrics, and then for the selected underwear-shirting fabric combinations and the garment combinations, and the findings were assessed by statistical methods.

As a result of comprehensive experimental study and assessments conducted by using the shirting fabrics (cotton, cotton/polyester and regenerated bamboo) and the underwear fabrics (cotton, polyester, cotton/polyester), it was observed that combinations with the polyester underwear and the cotton/polyester shirting fabrics, twill weave type and loose weft density come into prominence as the raw material and fabric structure in terms of thermophysiological comfort because of the fact that they have lower cooling rate at the sudatory exposure, lower condensation and lower drying time as compared to others.

Thermal manikin tests conducted for the garment combinations reveals that the properties of shirting fabric have an effect on heat and water vapour transfer when fabric directly touches with skin. However, the underwear properties are more important than those of shirt on heat and moisture vapour transfer of layered clothing. It is demonstrated that garment fit of underwear affects both thermal resistance and evaporative heat loss; whilst raw material of underwear has only significant effect on evaporative heat loss of the garment combinations. When all the findings are considered, it is possible to say that air gap thickness/size between

garment layers have greater effect on heat and water vapour transfer properties than weave type and weft density of fabrics. It is thought that the obtained results will contribute to garment designers to improve advantageous combinations of shirt and underwear in terms of thermophysiological comfort.

Keywords: Shirt, underwear, fabric structural properties, liquid transfer properties, thermal resistance, evaporative heat loss, sweating thermal manikin, sweating torso, temperature drop, condensation, drying behaviour, vertical wicking test apparatus.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	v
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xviii
BÖLÜM BİR-GİRİŞ.....	1
1.1 Vücut Terleme Mekanizması ve Giysi Konforu	2
1.2 Tekstil Yüzeylerinde Su Buharı ve Sıvı İletimi	8
1.2.1 Su Buharı İletimi.....	9
1.2.1.1 Difüzyon	10
1.2.1.2 Absorbsiyon (Emilim), Adsorbsiyon ve Desorbsiyon	15
1.2.1.3 Zorlanmış Taşınım	19
1.2.2 Isılanma.....	21
1.2.2.1 Ara Yüzey Etkileşimleri ve Yüzey Gerilimi.....	21
1.2.2.2 Temas Açısı	27
1.2.3 Kılcal Emme	30
1.2.4 Eş Zamanlı Isı ve Sıvı İletimi	35
1.3 Tekstil Yüzeylerinde Isılanma ve Kılcal Emmeyi Etkileyen Faktörler.....	40
1.3.1 Hammadde.....	40
1.3.2 İplik ve Kumaş Yapısı	44
1.3.3 Terbiye İşlemleri.....	49
1.4 Tekstil Yüzeylerinin Su Buharı ve Sıvı İletim Özelliklerinin Ölçüm Yöntemleri.....	51
1.4.1 Su Buharı İletim Özellikleri.....	51
1.4.2 Isılanma ve Sıvı (Nem) İletim Özellikleri	57
1.4.2.1 Temas Açısı Ölçümü.....	57
1.4.2.2 Nem Kazanımı Ölçümü	59

1.4.2.3 Emicilik Yeteneğinin Belirlenmesi.....	60
1.4.2.3.1 Emme Kapasitesi ve Yatay Kılcal Emme	60
1.4.2.3.2 Dikey Kılcal Emme.....	66
1.4.2.4 Kuruma Yeteneğinin Belirlenmesi	70
1.4.3 Subjektif Konfor Değerlendirmeleri ve Fizyolojik Ölçümler	72
1.5 Önceki Çalışmalar	73
1.5.1 Kumaş Yapısal ve Fiziksel Özellikleri	73
1.5.2 Ölçüm Yöntemi Geliştirme	86
1.5.3 Subjektif Konfor Değerlendirmeleri ve Fizyolojik Ölçümler	98
BÖLÜM İKİ-MATERYAL VE METOT	110
2.1 Materyal.....	110
2.2 Metot	112
2.2.1 İplik Yapısal Özellikleri	113
2.2.2 Kumaş Yapısal ve Fiziksel Özellikleri	113
2.2.3 Tek Katlı Kumaşların Sıvı İletim Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Olarak Yapılan Testler.....	115
2.2.3.1 Dikey Kılcal Emme Testi ve Yeni Bir Test Aparatı Tasarımı.....	115
2.2.3.2 Su Emicilik Testi.....	118
2.2.3.3 Batma Süresi Testi	118
2.2.3.4 Çok Yönlü Sıvı Nem Yönetim Performansı Testi	118
2.2.3.5 Kuruma Hızı Testi.....	119
2.2.4 Kumaş ve Giysi Kombinasyonlarının Sıvı İletim Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Olarak Yapılan Testler.....	120
2.2.4.1 Terleyen Gövde Ölçümleri	120
2.2.4.2 Terleyen Termal Manken “SAM” Ölçümleri	124
2.2.5 İstatistiksel Analizler	129
BÖLÜM ÜÇ-BULGULAR VE TARTIŞMA.....	131
3.1 Kumaş Yapısal ve Fiziksel Özellikleri ile İlgili Ölçüm Sonuçları.....	131

3.2 Tek Katlı Kumaşlarda Sıvı İletim Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Olarak Yapılan Testlerin Sonuçları	132
3.2.1 Dikey Kılcal Emme Testi Sonuçları	133
3.2.2 Su Emicilik Testi Sonuçları	140
3.2.3 Batma Süresi Testi Sonuçları.....	142
3.2.4 Çok Yönlü Sıvı Nem Yönetim Performansı Testi Sonuçları	143
3.2.5 Kuruma Hızı Testi Sonuçları	146
3.2.6 Terleyen Gövde Ölçüm Sonuçları	149
3.2.6.1 İç Giysilik Örme Kumaşlar	149
3.2.6.2 Gömleklik Dokuma Kumaşlar	152
3.3 Kumaş ve Giysi Kombinasyonlarında Sıvı İletim Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Olarak Yapılan Testlerin Sonuçları.....	162
3.3.1 Terleyen Gövde Ölçüm Sonuçları	162
3.3.1.1 Hammadde ve Örgü Tipi Etkisi (1. Grup)	163
3.3.1.2 Hammadde ve Atkı Sıklığı Etkisi (2. Grup)	173
3.3.2 Terleyen Termal Manken Ölçüm Sonuçları	182
3.3.2.1 Gömlek Örgü Tipi, İç Giysi Hammaddesi ve İç Giysi Kesiminin Etkisi	183
3.3.2.2 Gömlek Hammaddesi, İç Giysi Hammaddesi ve İç Giysi Kesiminin Etkisi	186
3.3.2.3 Gömlek Atkı Sıklığı ve İç Giysi Hammaddesinin Etkisi.....	190
BÖLÜM DÖRT-SONUÇ VE ÖNERİLER.....	194
KAYNAKLAR	199
EKLER.....	225
EK-1: Kullanılan Kısaltmalar.....	225
EK-2: Gömlek ve İç Giysi Modelleri ve Ölçüleri	226
EK-3: Lif Kesiti ve Kumaş Yüzey Görüntüsü Örnekleri	227
EK-4: MMT Ölçüm İndeksleri ve Değerlendirme Skalası	226

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Deri yoluyla gerçekleşen ısı transferi	3
Şekil 1.2 Ter bezleri	5
Şekil 1.3 Vücut-mikroklima-giysi-çevre sistemi	8
Şekil 1.4 Su buharı transferinin gerçekleştiği farklı katmanlar.....	11
Şekil 1.5 I. Fick kanunu – Difüzyon akışı.....	13
Şekil 1.6 IUPAC tarafından tanımlanan adsorbsiyon izotermi.....	17
Şekil 1.7 Histerezis adsorbsiyon izotermi.....	18
Şekil 1.8 Sıvı molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetleri yüzünden oluşan sıvı yüzey gerilimi.....	22
Şekil 1.9 Katı bir yüzey üzerinde küçük bir sıvı damlasının denge durumu	23
Şekil 1.10 γ_c kritik yüzey gerilimini belirlemek için tipik bir Zisman grafiği	26
Şekil 1.11 Katı bir yüzey üzerinde sıvı damlalarının oluşturduğu temas açılarının gösterimi.....	27
Şekil 1.12 Çekilme, yayılma temas açıları ve temas açısı histerezis grafiği.....	28
Şekil 1.13 Wenzel ve Cassie-Baxter modeli	30
Şekil 1.14 Kapiler yükselmenin aşamaları.....	32
Şekil 1.15 Yuvarlak kesitli kılcal bir boruda menisküs oluşumu.....	32
Şekil 1.16 Gözenekli giysi boyunca terin transfer edilmesi.....	36
Şekil 1.17 Mikro lifli kumaş yapısı.....	41
Şekil 1.18 Coolmax® lifinin kesiti ve kumaştan nem transferinin gösterimi.....	42
Şekil 1.19 Aerocool® lifinin yapısı ve kesit şekli	42
Şekil 1.20 Nilit® Aquarius lifi kesit yapısı.....	43
Şekil 1.21 Drirerelease® yapısı	43
Şekil 1.22 İki katlı kumaşlarda nem transfer modelleri	46
Şekil 1.23 Microft® QD kumaşının kesit görüntüsü ve sıvıyı uzaklaştırması	47
Şekil 1.24 Polartec® Power Dry® High Efficiency® kumaş yapısı	48
Şekil 1.25 Moisture-Tech® kumaş yapısı.....	48
Şekil 1.26 3XDRY® uygulanmış kumaş yapısı	50
Şekil 1.27 Wicking Windows™ teknolojisi uygulanmış kumaş yapısı.....	51

Şekil 1.28 Kumaşlarda su buharı iletim özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler.....	52
Şekil 1.29 Dikey kap ve ters çevrilmiş kap yöntemi ölçüm düzeneği	52
Şekil 1.30 Terleyen termal mankenler “NEWTON” ve “ADAM”	55
Şekil 1.31 “Coppelius” isimli terleyen termal manken üzerindeki ter bezinin kesiti	56
Şekil 1.32 Terleyen termal baş ve el	56
Şekil 1.33 Gonyometre temas açısı ölçüm sistemi ve damla görüntüsü	57
Şekil 1.34 Wilhelmy prensibine göre temas açısı ölçümü için kullanılan düzenek ve temas açısı oluşumu	58
Şekil 1.35 Dokusuz yüzeylerde batma testi için hazırlanmış deney düzeneği.....	61
Şekil 1.36 Gravimetrik yöntemle göre yatay kılcal emme yeteneği ölçüm düzeneği.	62
Şekil 1.37 Gravimetrik Emicilik Test Sistemi (GATS)	63
Şekil 1.38 Nem Yönetim Cihazı (MMT)	64
Şekil 1.39 Görüntü analizi yöntemine göre yatay kılcal emme ölçüm düzeneği.....	64
Şekil 1.40 Kumaşlarda nem dağılımını görüntüleyen bilgisayarlı tomografi cihazı .	65
Şekil 1.41 (a) NMR deney düzeneği; (b) Renk kodlu kontur çizgisi.....	66
Şekil 1.42 Nötron radyografi ölçüm aparatı.....	66
Şekil 1.43 Gözenekli bir materyalde kılcal emme yüksekliğinin şematik olarak gösterimi.....	67
Şekil 1.44 Klasik dikey kılcal emme test yöntemi	68
Şekil 1.45 Görüntü analizi yöntemine göre çalışan dikey kılcal emme ölçüm düzeneği	69
Şekil 1.46 Elektromanyetik alan endüksiyonu esasına göre çalışan kılcal emme test aparatı	70
Şekil 1.47 Kuruma Hızı Test Cihazı	71
Şekil 1.48 Giyim denemesi test protokolü örneği	72
Şekil 1.49 Sıcaklık, ıslaklık ve konfor değerlendirmeleri için kullanılan skalalar	73
Şekil 1.50 Yoneda ve diğer. (1994) tarafından geliştirilen ölçüm düzeneği.....	87
Şekil 1.51 Absorbsiyon-kılcal emme ölçüm aparatı ve kumaş numunesi üzerinde ölçüm alanları.....	88
Şekil 1.52 Zhuang ve diğer. (2002a) tarafından geliştirilen yatay ve dikey transfer kılcal emme ölçüm düzeneği.....	89

Şekil 1.53 Rossi ve diğer. (2004) tarafından geliştirilen terleyen kol mekanizması..	89
Şekil 1.54 Kumaşlarda yatay kılcal emme için gereken süreyi belirleyebilen test aparatu	90
Şekil 1.55 Sarkar ve diğer. (2007) tarafından geliştirilen düzlemsel sıvı iletim test aparatu	91
Şekil 1.56 Huang ve Qian (2008) tarafından geliştirilmiş yeni ölçüm düzeneği	92
Şekil 1.57 Petrulyte ve Baltakyte (2009)`nin çalışmalarında kullandığı sıvı iletim özelliklerini belirleyebilen test aparatu	92
Şekil 1.58 Babu ve diğer. (2011) tarafından geliştirilmiş elektriksel prensibe göre çalışan kılcal emme test aparatu	93
Şekil 1.59 Test zamanı ile sıvı içerik değişimini gösteren türetilmiş grafikler	94
Şekil 1.60 Kumaş üzerinde yayılım alanının belirlenmesi	95
Şekil 1.61 Raja ve diğer. (2012) tarafından geliştirilmiş görüntü işleme yöntemine göre çalışan deney düzeneği	95
Şekil 1.62 Sıvının yayılım davranışını belirlemek için kullanılan (a) manuel ve (b) kameralı test düzeneği	96
Şekil 1.63 Yatay ve dikey kılcal emme test cihazı	97
Şekil 1.64 Kumaşlarda yatay kılcal emme ölçümleri için ter transfer test cihazı	98
Şekil 1.65 Choi ve diğer. (2003) tarafından kullanılan test prosedürü	101
Şekil 1.66 Guo ve diğer. (2008)`nin çalışmalarında kullanmış olduğu giysi çiftleri ve bu giysilerin ter iletim mekanizmaları	104
Şekil 1.67 Tang ve diğer. (2014b)`nin çalışmalarında kullandıkları subjektif değerlendirme yöntemi	108
Şekil 2.1 Dokuma kumaşlarda kullanılan örgü tipleri	111
Şekil 2.2 Dikey kılcal emme test aparatu için hazırlanan test plakasının ön ve arka yüzü	115
Şekil 2.3 Dikey kılcal emme test aparatının parçalarının gösterimi	116
Şekil 2.4 Dikey kılcal emme test aparatu	116
Şekil 2.5 Dikey kılcal emme test aparatu için hazırlanmış kullanıcı ara yüzü	117
Şekil 2.6 Nem Yönetim Cihazı (MMT) ve cihazda sensörlerin yerleşimi	119
Şekil 2.7 Terleyen gövde test cihazı ve temel parçaları	121
Şekil 2.8 Terleyen gövde ölçümlerinde kullanılan test prosedürü	121

Şekil 2.9 Terleyen gövde test cihazında terlemenin oluşumu.....	123
Şekil 2.10 Tipik terleyen gövde yüzey sıcaklığı değişim grafiği.....	124
Şekil 2.11 Terleyen termal manken “SAM” ve ısıtma bölgelerinin gösterimi	125
Şekil 2.12 Gömlek ve iç giysi (normal kesim ve dar kesim) modelleri.....	127
Şekil 2.13 Terleyen termal manken “SAM” kullanılarak giysi kombinasyonlarının ısı ve sıvı transferinin ölçümü.....	128
Şekil 3.1 Gömleklik dokuma kumaşlarda çözgü yönünde ölçülen dikey kılcal emme yüksekliği ve süresi değerleri.....	137
Şekil 3.2 Gömleklik dokuma kumaşlarda atkı yönünde ölçülen dikey kılcal emme yüksekliği ve süresi değerleri.....	138
Şekil 3.3 30 mm kılcal emme yüksekliği için kumaşların çözgü ve atkı yönündeki kılcal emme hızı değerleri	139
Şekil 3.4 Gömleklik dokuma kumaşlarda su emicilik yüzdesi değerleri	141
Şekil 3.5 Gömleklik dokuma kumaşlarda batma süresi değerleri.....	143
Şekil 3.6 Gömleklik dokuma kumaşlarda ölçülen AOTI değerleri.....	144
Şekil 3.7 Gömleklik dokuma kumaşlarda ölçülen OMMC değerleri	145
Şekil 3.8 Gömleklik dokuma kumaşlarda 40 dakika sonunda kalan su yüzdesi (KSY ₄₀) değerleri	149
Şekil 3.9 Gömleklik dokuma kumaşlarda 100 dakika sonunda kalan su yüzdesi (KSY ₁₀₀) değerleri.....	149
Şekil 3.10 İç giysilik örme kumaşlar için terleyen gövdede ölçülen sıcaklık değişimleri ve terleyen gövdenin ağırlık değişimi	150
Şekil 3.11 Hammadde ve örgü tipi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen termal direnç değerleri	153
Şekil 3.12 Hammadde ve örgü tipi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen dT ₁₀ ve dT ₆₀ değerleri	154
Şekil 3.13 Hammadde ve örgü tipi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen başlangıç soğuması (IC) değerleri.....	155
Şekil 3.14 Hammadde ve örgü tipi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen yoğuşan sıvı miktarı ve kuruma süresi (t _{dry}) değerleri.....	156

Şekil 3.15 Hammadde ve örgü tipi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen aktivite sonrası soğuma hızı (PC) değerleri	157
Şekil 3.16 Hammadde ve atkı sıklık seviyesi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen termal direnç değerleri.....	158
Şekil 3.17 Hammadde ve atkı sıklık seviyesi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen dT_{10} , dT_{60} ve başlangıç soğuması (IC) değerleri	160
Şekil 3.18 Hammadde ve atkı sıklık seviyesi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen yoğunlaşan sıvı miktarı, kuruma süresi (t_{dry}) ve aktivite sonrası soğuma hızı (PC) değerleri.....	161
Şekil 3.19 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen termal direnç değerleri	165
Şekil 3.20 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen dT_{10} ve soğuma gecikmesi (CD) değerleri...	166
Şekil 3.21 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen dT_{60} değerleri	168
Şekil 3.22 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen başlangıç soğuması (IC) ve sürdürülen soğuma (SC) değerleri	168
Şekil 3.23 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen aktivite sonrası sıcaklık düşüş değerleri (PC_{int}), geçen süre (PC_{dur}) ve soğuma hızı (PC) değerleri.....	170
Şekil 3.24 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen yoğunlaşan sıvı miktarı ve kuruma süresi (t_{dry}) değerleri.....	171
Şekil 3.25 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için hesaplanan biriken sıvı yüzdesi (%) değerleri.....	172
Şekil 3.26 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen termal direnç değerleri	175
Şekil 3.27 Çok katlı tekstil yapılarının kesitinin gösterimi.....	175
Şekil 3.28 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen dT_{10} ve soğuma gecikmesi (CD) değerleri....	176

Şekil 3.29 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen dT_{60} değerleri	178
Şekil 3.30 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen başlangıç soğuması (IC) ve sürdürülen soğuma (SC) değerleri	178
Şekil 3.31 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen aktivite sonrası soğuma hızı (PC) değerleri ..	179
Şekil 3.32 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen yoğunlaşan sıvı miktarı ve kuruma süresi (t_{dry}) değerleri.....	180
Şekil 3.33 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için hesaplanan biriken sıvı yüzdesi (%) değerleri	181
Şekil 3.34 Terleyen termal manken ile yapılan ölçümlerde değerlendirilen vücut parçaları (üst vücut ve gövde)	182
Şekil 3.35 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek örgü tipi, iç giysi hammaddesi ve iç giysinin kesimi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin termal direnç değerleri.....	184
Şekil 3.36 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek örgü tipi, iç giysi hammaddesi ve iç giysinin kesimi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin buharlaşma ısı kaybı değerleri	186
Şekil 3.37 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek hammaddesi, iç giysi hammaddesi ve iç giysinin kesimi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin termal direnç değerleri.....	188
Şekil 3.38 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek hammaddesi, iç giysi hammaddesi ve iç giysinin kesimi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin buharlaşma ısı kaybı	189
Şekil 3.39 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek atkı sıklık seviyesi ve iç giysi hammaddesi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin termal direnç değerleri.....	191
Şekil 3.40 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek atkı sıklık seviyesi ve iç giysi hammaddesi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin buharlaşma ısı kaybı	192

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 Aktiviteler sırasında üretilen yaklaşık metabolik nem miktarları.....	6
Tablo 1.2 Klasik dikey kılcal emme şerit yönteminin kullanıldığı bazı çalışmalarda kullanılan ölçüm parametreleri	69
Tablo 1.3 Nielsen ve diğer. (1989)'nin çalışmalarında kullandıkları ortam koşulları	99
Tablo 2.1 Dokuma kumaşlarda kullanılan ipliklerin özellikleri	110
Tablo 2.2 Sistematiik dokuma kumaşların üretiminde kullanılan tezgah üretim parametreleri.....	111
Tablo 2.3 Dokuma kumaşlar için FTTS-FA-004 (2011) standardına göre yapılan derecelendirme	120
Tablo 3.1 Gömleklik dokuma kumaşların yapısal ve fiziksel özellikleri.....	131
Tablo 3.2 Gömleklik dokuma kumaşların gözeneklilik ve hava geçirgenliği değerleri	132
Tablo 3.3 İç giysilik örme kumaşların yapısal ve fiziksel özellikleri	132
Tablo 3.4 Gömleklik dokuma kumaşların çözgü yönünde ölçülen kılcal emme süresi değerleri (dakika)	135
Tablo 3.5 Gömleklik dokuma kumaşların atkı yönünde ölçülen kılcal emme süresi değerleri (dakika)	136
Tablo 3.6 Gömleklik dokuma kumaşlarda su emicilik yüzdesi ölçüm sonuçları	141
Tablo 3.7 Gömleklik dokuma kumaşlarda batma süresi ölçüm sonuçları	142
Tablo 3.8 Gömleklik dokuma kumaşlarda AOTI ve OMMC ölçüm sonuçları	144
Tablo 3.9 Gömleklik dokuma kumaşlar içerisinde kalan sıvı yüzdesi değerleri	147
Tablo 3.10 İç giysilik örme kumaşlar için terleyen gövde test cihazından alınan ölçüm sonuçları	151
Tablo 3.11 Gömleklik dokuma kumaşlar için terleyen gövde test cihazından alınan ölçüm sonuçları	152
Tablo 3.12 Hammadde-örgü tipi (1. grup) ve hammadde-atkı sıklığı (2. grup) faktörlerine göre iç giysilik ve gömleklik kumaşlardan oluşturulan kumaş kombinasyonları.....	162

Tablo 3.13 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövde test cihazından alınan ölçüm sonuçları.....	164
Tablo 3.14 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövde test cihazından alınan ölçüm sonuçları.....	174
Tablo 3.15 Terleyen termal manken ölçümlerinde kullanılan giysilerin üretildikleri kumaşların dökümlülük katsayısı değerleri.....	182
Tablo 3.16 Gömlek kumaşının örgü tipi, iç giysinin hammaddesi ve iç giysinin kesimine göre oluşturulan giysi sistemleri için terleyen termal mankende ölçülen termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerleri ...	183
Tablo 3.17 Gömlek kumaşının hammaddesi, iç giysinin hammaddesi ve iç giysinin kesimine göre oluşturulan giysi sistemleri için terleyen termal mankende ölçülen termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerleri.....	187
Tablo 3.18 Gömlek kumaşının atkı sıklığı ve iç giysinin hammaddesine göre oluşturulan giysi sistemleri için terleyen termal mankende ölçülen termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerleri.....	191

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Gün boyunca en az sekiz saatlerini kapalı bir ortamda geçiren ofis çalışanlarının termal konfor durumlarının uzun süre korunabilmesi için sıcaklık, bağıl nem, hava kalitesi gibi ofis çevresel faktörlerinin yanı sıra giysi seçimi ve aktivite seviyesi gibi kişisel faktörler de önemli olmaktadır. Çevresel faktörler büyük ölçüde ofis binalarının ısı, havalandırma ve klima sistemlerine (HVAC) bağlı olarak değişmektedir. Günümüzde birçok ofis çalışanı hala HVAC sistemi yetersiz olan binalarda çalışmaktadırlar. Bunun sonucunda kişilerin termofizyolojik konfor durumlarını uzun süre koruyabilmeleri için kişisel faktörlerden birisi olan giysi seçimi ön plana çıkmaktadır.

Giysi konforu giyilen giysi ve bulunulan dış çevre arasındaki etkileşimler sırasında ve sonrasında kişinin giydiği giysiler içerisinde kendisini rahat hissetmesi hali olarak tanımlanmaktadır. Konforlu olma hali vücut sıcaklığının belli bir aralıkta tutulması ile sağlanabildiğinden çevre koşullarının değişimine, yapılan fiziksel aktivitelere ya da psikolojik etkenlere bağlı olarak vücut tarafından üretilen fazla ısının vücuttan uzaklaştırılması gerekmektedir. Kuru ısı transfer mekanizmalarının üretilen bu ısıyı uzaklaştırmak için yetersiz kaldığı durumlarda ise vücut ter salgılayarak sıcaklığını dengede tutmaya çalışmaktadır. Bu durumda ise ıslaklık konforu önemli olmaya başlamakta ve ısının yanı sıra üretilen terin de vücuttan giysiler yoluyla uzaklaştırılması istenmektedir.

Ofis çalışanları günümüzde giysilerini sosyal statü, inanılan din, kişisel özellikler, dış ortam koşulları ve moda gibi birçok faktöre göre seçmekte ancak, giysi seçiminde en etkili olan faktör zorunlu kıyafet yönetmelikleri veya yazılı olmayan kurum içi kuralları olmaktadır. Dolayısıyla çalışanlar çoğunlukla takım elbise ya da en azından gömlek ve pantolondan oluşan giysi çiftleri giymektedirler. Hareket açısından konforsuzluğa neden olabilen bu giysiler, eğer kişilerin çalıştıkları ortam sıcak ve nemli, yaptıkları iş stresli ise veya kişiler ofis içerisinde sürekli hareket halinde olmak zorunda iseler vücut sıcaklıkları ve terlemelerindeki artış nedeniyle kişilerin

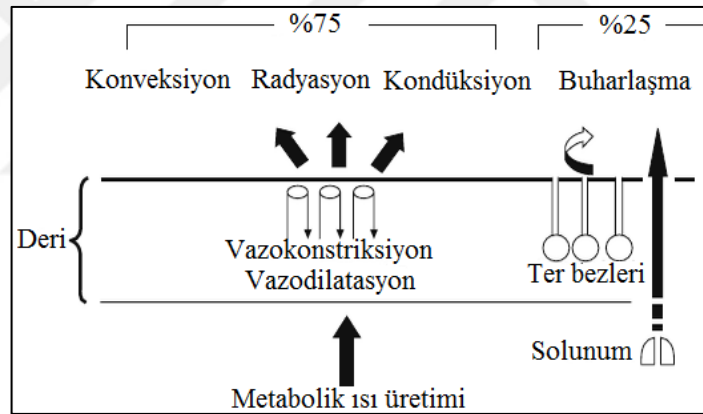
termofizyolojik konforunu da olumsuz etkileyecektir. Bu durum çalışanlarda dikkat kaybı, mental performansta düşme gibi iş verimliliğini etkileyen olumsuzluklara yol açacaktır. Bu çalışma ile giysilerin ısı ve su buharı/sıvı nem transfer özellikleri üzerinde etkili olan kumaş ve giysi özelliklerinin belirlenmesi ve ofis ortamında çalışan kişilerin termofizyolojik konfor durumunun uzun süre korunabilmesi ve çalışanların beklenen çevresel koşullara uygun olarak giyinebilmeleri için pazarda kolaylıkla bulunabilen ve ofis ortamında kullanım açısından avantajlı olabilecek olan iç giysi ve gömlekten oluşan giysi çifti önerileri yapılması amaçlanmaktadır.

Bu amaçla öncelikle geniş bir literatür araştırması yapılmış ve literatürde tekstillerin sıvı iletim özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak gözlenen eksikliklerden yola çıkılarak Bölüm 2’de verilmiş olan elektriksel prensibe göre çalışan dikey kılcal emme test aparatı geliştirilmiştir. Çalışmanın deneysel aşaması olan Bölüm 3’te ise farklı hammadde, örgü tipi ve atkı sıklık seviyelerine göre sistematik olarak üretilmiş olan gömleklik kumaşların tek katlı olarak, gelişmiş test yöntemleri kullanılarak ısı ve su buharı/sıvı transfer özellikleri tespit edilmiştir. Ayrıca bu bölümde çalışmanın amaçlarından birisi olan gömleklik kumaşlar ve iç giysilik kumaşlar kombinlenerek terleyen gövde test cihazında kumaş kombinasyonlarının transfer özellikleri ölçülmüştür. Bölüm 3’ün son kısmında ise terleyen termal manken kullanılarak seçilen kumaşlardan dikilen iç giysi ve gömleklerden oluşan giysi kombinasyonlarının gerçek kullanım durumunda ısı ve su buharı/sıvı transfer özelliklerini etkileyen faktörlerin belirlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmaların sonuçları sunulmuştur. Bölüm 4’te ise çalışmada elde edilen tüm sonuçlar göz önünde bulundurularak, ofis çalışanlarının termofizyolojik konforunu etkileyen kumaş ve giysi özellikleri tespit edilmiş ve çalışanların termofizyolojik konforu açısından avantajlı olabilecek iç giysi-gömlek kumaş kombinasyonu önerileri yapılmıştır.

1.1 Vücut Terleme Mekanizması ve Giysi Konforu

İnsan vücudu yaşamsal faaliyetlerini yerine getirirken çevresi ile denge içerisinde olan termodinamik ve karmaşık bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Çevre ve

organizma arasındaki ilk bariyer olan deri, dış çevreye doğru gerçekleşen ve dış çevreden gelen ısı ve sıvı akışlarını kontrol edebilen önemli bir organdır. Derinin yapısında karmaşık bir damar sistemi ve vücudun termoregülatör isteklerini cevaplayarak iletkenliğini değiştirmesine izin veren ter bezleri bulunmaktadır. Deri üzerinde kişilerin termal algı ve konforunu etkileyen ve termoregülatör kontrolüne katkı sağlayan, beyinden gelen bilgileri ileten ve deri sıcaklığını hissedebilen soğuk, sıcak ve ağrı-soğuk ve ağrı-sıcak olmak üzere dört tip termal duyu reseptörü yer almaktadır. Vücudun ısı değişimini oluşturan mekanizma kondüksiyon, konveksiyon, radyasyon yoluyla deri yüzeyinde gerçekleşen hissedilebilir ısı transferi, deri yoluyla ya da yüzey üzerindeki terin buharlaşması ile gerçekleşen buharlaşma ve difüzyonunu belirten gizli ısı transferi ve akciğerlerde solunum yoluyla gerçekleşen hissedilebilir ve gizli ısı transferini içermektedir (Şekil 1.1) (Arens ve Zhang, 2006).



Şekil 1.1 Deri yoluyla gerçekleşen ısı transferi (Arens ve Zhang, 2006)

Vücut ve çevre etkileşimi gerçekleştiğinde vücudun sahip olduğu bazı fizyolojik denetim mekanizmaları termal dengeyi korumak için harekete geçmektedir. Ortam koşullarına göre değişen bu mekanizmalar terleme, titreme, damar genişlemesi (vazodilatasyon) ve damar büzülmesi (vazokonstriksiyon) mekanizmalarıdır (Kaynaklı ve Kılıç, 2004). Terleme sonucunda oluşan terin buharlaşmasındaki artış ile vücuttan ısı kaybı artmaktadır. Titreme sonucunda kasların istemsiz hareketi yoluyla ısı üretilmektedir. Damar genişlemesi ve büzülmesi ile kan miktarındaki değişimin vücut sıcaklığını etkilemesi sonucunda kan damarlarının çapı değişmektedir (Arens ve Zhang, 2006). Titreme ve damar büzülmesi vücudu soğuğa

karşı koruyan, damar genişlemesi ve terleme ise vücudu sıcaklık artışından koruyan mekanizmalardır (Kaynaklı ve Kılıç, 2004).

Yapılan çeşitli aktiviteler sırasında ya da çevre sıcaklığının yüksek olması durumunda insan vücudu hızlı bir şekilde ısı üretmektedir. Üretilen bu fazla metabolik ısının vücuttan uzaklaştırılabilmesi için hissedilebilir ısı transferi yetersiz kalmakta ve bu yüzden vücudun soğutma sistemi tarafından ter üretilmektedir (Arens ve Zhang, 2006; Fangueiro, Filgueiras, Soutinho ve Meidi, 2010). Termoregülatuar terleme adı verilen bu terlemenin fonksiyonları merkezi sinir sistemi tarafından kontrol edilmektedir. Bu terleme ile deri üzerindeki yüksek enerjili moleküller buharlaştırılarak, deri ve yüzeydeki damar sıcaklığı azaltılmakta ve damarlardaki soğumuş toplardamar kanı vücudun merkezine ulaşarak, artan vücut iç sıcaklığının etkisi azaltılmaktadır (Raven, Wasserman, Squires ve Murray, 2012). Termoregülatuar terleme en fazla vücut iç sıcaklığından etkilenmekte olup, bunun yanı sıra deri sıcaklığı, cinsiyet, dış havanın nemi ve hareketi, fiziksel zindelik, günlük ritim gibi parametrelerden de etkilenmektedir (Tang, Kan ve Fan, 2014a). Diğer bir terleme çeşidi kişilerin duygusal, davranışsal ve bilişsel süreçlerini etkileyen herhangi bir stres anında vücutta bir geri bildirim sinyali olarak görev yapan duygusal terlemedir. Limbik sistem tarafından kontrol edilen duygusal terleme özellikle kişilerin avuç içleri ve ayak tabanlarında gerçekleşmektedir (Schlereth, Dieterich ve Birklein, 2009).

Vücutta ter üretimi yetişkinlerde 1,6-4 milyon arasında değişen sayıda deri altında bulunan boru şeklindeki ter bezleri sayesinde gerçekleşmektedir (Taylor, 2000). Ter bezlerinin yoğunluğu vücut bölgelerine göre değişim göstermektedir ve vücutta en fazla ter bezinin bulunduğu bölgelerden biri avuç içi ($644 \text{ ter bezi/cm}^2$) olarak bilinmektedir (Tang ve diğer., 2014a). Ekrin ve apokrin olarak iki tipi bulunan ter bezleri vücut sıcaklığını düzenlemenin yanı sıra deri yüzeyine atık olarak salgılanan su, sodyum tuzları ve azotlu atıkların vücuttan uzaklaştırılmasını da sağlamaktadır. Ekrin ter bezleri insan vücudunda soğumanın sağlanması için kullanılan birincil ter bezleridir. Bu ter bezlerinin fazla miktarda su salgılaması ile oluşan termoregülasyon sayesinde vücut soğutulabilmektedir. Vücudun neredeyse tamamında yer alan ekrin

koşullar ve yapılan ağır egzersizler sonucunda meydana gelmektedir. Hissedilir terlemeyle üretilen sıvı terin deri yüzeyinden hızlıca uzaklaştırılamaması durumunda kişilerde ıslaklık hissi oluşmaktadır. Deride oluşan bu ıslaklık deri ile temas eden giysiyi de ıslatarak, kişilerde giysi konforsuzluğuna sebep olmaktadır (Hu, 2008). İnsanlar nemi doğrudan saptayan sensörlere sahip değildirler ancak terleme sonucunda oluşan deri ıslaklığına karşı hassastırlar. Kişilerde deri ıslaklığı sonucu oluşan konforsuzluk algısı nemi emen epidermisin şişmesiyle ilişkilidir. Çünkü bu durum deri üzerindeki dokunma mekanoreseptörlerini uyararak kişilerin ıslaklığı hissetmelerine sebep olmaktadır (Arens ve Zhang, 2006).

Vücudun fazla ısı üretmesi sonucu oluşan terlemede eğer ortam havası kuru ise buharlaşma etkilidir ve ter bezi dışındaki derinin büyük bir kısmı ıslanmaksızın ter yüksek hızda uzaklaştırılabilmekte, oluşan terleme durumu kişi tarafından hissedilmemektedir. Eğer atmosfer nemli ise, terin buharlaştırılması için ter bezi etrafındaki ter ile kaplı alanın artması gerekmektedir. Deri ıslaklığı olarak bilinen olgu bu alanı belirtmektedir (Arens ve Zhang, 2006). Su buharı formunda deri ya da kumaş yüzeyinden buharlaşan ter vücutta oluşan fazla ısıyı taşıyarak vücudun konfor durumunun korunmasını sağlamaktadır. İnsan vücudu çeşitli aktiviteler sırasında farklı miktarlarda ısı üretmekte ve buna bağlı olarak artan vücut sıcaklığının düşürülmesi için farklı miktarlarda metabolik nem üretmektedir. Tablo 1.1 yapılan aktiviteler sonucunda kişilerin (63,5 kg ağırlığında; 178 cm boyunda; 1,8 m² toplam vücut alanına sahip olan) ürettiği metabolik nem miktarlarını göstermektedir. Bu tabloda kişinin derisinin kuru kalabilmesi ve dolayısıyla kişinin konfor durumunun korunabilmesi için vücudundan ne kadar nemin iletilmesi gerektiği gösterilmektedir (Purusthotaman, 2009).

Tablo 1.1 Aktiviteler sırasında üretilen yaklaşık metabolik nem miktarları (Purusthotaman, 2009)

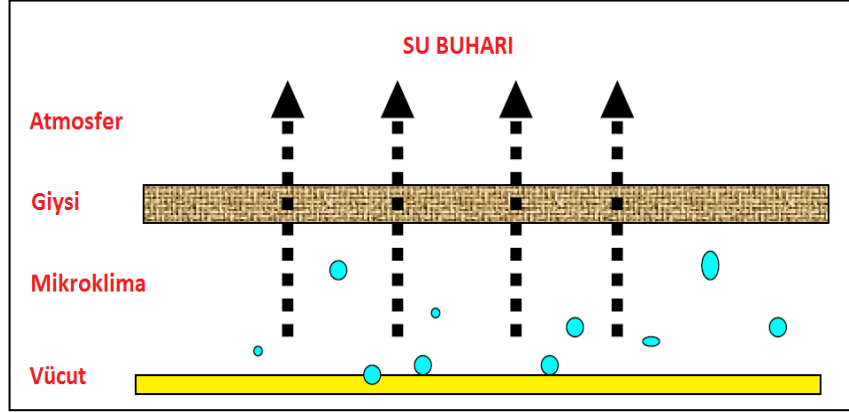
Aktivite	Nem üretimi (g/m ² /24 sa)
Dinlenme	350
Yürüyüş (5,5 km/sa)	1305
Merdiven çıkma (yüksüz)	2090
Merdiven çıkma (20 kg yük ile)	2780
Ağaç kesme	1860 - 2780

Sıcak çarpması ya da dehidratasyona sebep olacak kadar yüksek olmayan ortam sıcaklıklarında bulunan kişilerde konforsuzluğa sebep olan tek problem terlemedir ve oluşan bu ter kişilerde ıslaklık hissine bağlı olarak konforsuzluk hissi oluştursa bile herhangi bir hayati tehlike içermemektedir. Soğuk havalarda ise terleme daha ciddi risklere sebep olabilmektedir. Çünkü terleme sonrası oluşan nemin uzaklaştırılamaması sonucunda yoğunlaşma oluşabilmekte ve oluşan sıvı nem havadan daha iyi bir iletken olduğu için vücuttan ısı kaybı artabilmektedir. Bunun sonucunda vücutta oluşan ısı kayıpları nedeniyle donma, hipotermi gibi önemli riskler ile karşılaşılabilir (Hu, 2008).

Giysiler vücudun termoregülatör kontrol aralığını genişletmek için derinin dışında kullanılmakta ve deri yüzeyinden ısı ve nem kaybını değiştirebilen bir etkiye sahip oldukları için kişilerin konforunun belirlenmesinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde tekstiller ve giysilerin tüketiciler tarafından seçiminde ön plana çıkan parametrelerden biri olan giysi konforu, kişilerin yapmakta oldukları işleri verimli bir şekilde yerine getirmeleri açısından önemlidir. Eğer kişiler bulundukları çevre koşulları ve yapmakta oldukları aktivite seviyelerine göre giymiş oldukları giysiler içerisinde kendilerini konforlu hissetmezlerse, fiziksel ve mental performansları düşecek ve buna bağlı olarak iş verimliliklerinde bir azalma gözlenecektir. Bunun yanı sıra kişilerin yapmakta oldukları iş makina kullanmak, araba sürmek gibi dikkat gerektiren bir faaliyet ise konfor durumu kişilerin güvenliğini de etkileyen bir faktör olacaktır (Hu, 2008).

Kişilerin giydikleri giysiler içerisinde konforlu olma durumu ile aktiviteler sırasında üretmiş oldukları ter miktarları ilişkilidir. İnsan vücudu giysi ile kaplandığı zaman deri ve kumaş arasında bir mikroklima ortamı oluşmaktadır (Şekil 1.3). Terleme devam ettiği sürece, mikro klimada bulunan nem miktarı da artış göstermekte ve burada bulunan nemin iletimi kumaş tarafından gerçekleştirilmektedir. Üretilen terin uzaklaştırılamaması durumunda mikro klimada ter birikmekte ve dolayısıyla kişilerin derisindeki ıslaklığa bağlı olarak konforsuzluk hissi oluşmaktadır. Bu sebeple kumaşların sıvı iletim yeteneklerinin giysi konforunu

belirleyen en önemli parametrelerden biri olduğunu söylemek mümkündür (Raja, Babu, Senthilkumar, Ramakrishnan ve Kannan, 2014).



Şekil 1.3 Vücut-mikroklima-giysi-çevre sistemi (Hong, Hollies ve Spivak, 1988; Purusthotaman, 2009)

Deri yüzeyinden terin iletilmesini etkileyen iki önemli kumaş özelliği vardır. Bunlardan ilki yapılan aktiviteler sırasında giysinin deri yüzeyindeki terin buharlaşabilmesine izin vermesi; diğeri ise, aktivite bittikten sonra hızlıca kurumanın gerçekleşebilmesi için giysinin içerdiği nemin uzaklaştırabilmesidir (Raja, Babu ve diğ., 2014). Vücut tarafından üretilen ter buhar formunda giysi kumaşının iç yüzeyine ulaştığında kumaşın yapısal özelliklerine bağlı olarak çeşitli durumlar ortaya çıkabilmektedir. Eğer kumaş geçirgen bir yapıya sahipse, buhar kumaş üzerinden en dış yüzeye hava ile taşınarak geçebilmektedir. Fakat kumaş sisteminin son bileşeni geçirgen bir yapıya sahip değilse, buharın dışarı çıkması önlenmekte ve buhar sistem içerisinde yoğunlaşmaya uğrayabilmektedir. Bu şekilde oluşan sıvı su katmanı yüzünden, sonraki süreçlerde sistemden dışarıya gönderilmek istenen su buharının transferine de engel olunmaktadır (Hu, 2008).

1.2 Tekstil Yüzeylerinde Su Buharı ve Sıvı İletimi

Tekstil yüzeylerinin üzerlerinde bulunan buhar ve sıvı formdaki teri deriden dış çevreye iletebilme yetenekleri giysi sisteminin konforunu belirleyen önemli bir özelliktir. Tekstil yapıları ve sıvıların etkileşim sürecinin açıklanabilmesi için, aralarında oluşan bazı temel olguların anlaşılması gerekmektedir. Bu olgular lif

yüzeyinin ıslanması, lifli yapılar içerisinde sıvının transferi, lif yüzeyine adsorbsiyon ve materyalin iç yapısına sıvının difüzyonudur (Bivainytė ve Mikučionienė, 2011a). Bejan, Dincer, Lorente, Miguel ve Reis (2004) gözenekli materyallerde nem transferinin sıvı ve buhar difüzyonu, efüzyon, termodifüzyon, kapiler kuvvetler, osmotik basınç (geçişme basıncı) ve basınç değişimleri yoluyla gerçekleştiğini; Haghi (2011) ise tekstil yüzeylerinde nemin yüzeye bağlanmayan suyun kapiler akışı, bağlanmış olan suyun hareketi ve buhar transferi yoluyla gerçekleşeceğini belirtmiştir.

1.2.1 Su Buharı İletimi

Tekstil materyallerinin su buharı geçirgenlik özellikleri giysi sistemlerinin konforunun belirlenmesi ve teknik uygulamalar için kullanılan tekstil materyallerinin performanslarının değerlendirilebilmesi açısından önemli bir özelliktir. Vücuttan kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon ile gerçekleşen kuru ısı akışı metabolik ısı üretimini dengelemek için çoğu zaman yeterli olmamaktadır, bu yüzden deri yüzeyindeki terin de buharlaştırılması gerekmektedir (Yi, 2006). Kaynama noktasının altında sıvıların buhar haline dönüşme prosesi buharlaşma olarak tanımlanmaktadır. Sıvı moleküllerinin düzensiz hareketi yüzünden, suyun yüzeyi üzerinde sıcaklığı su yüzeyinin sıcaklığına eşit olan doymuş bir hava sınır katmanı oluşmaktadır. Eğer sınır katmanının su buharı konsantrasyonu havanınkinden fazla ise, sınıra giren moleküller ayrılanlardan daha az olmaktadır. Bağıl nemi %100`ün altındaki bölgelere suyun difüze olma durumu buharlaşma olduğunu göstermektedir. Ters bir durum oluştuğunda ise yoğunlaşma gerçekleşmektedir (Hu, Li ve Yeung, 2006).

Yoğunlaşma prosesi genellikle kumaş içerisindeki bölgesel buhar basıncının, belirli bir sıcaklıkta doymuş buhar basıncını arttırması sonucu gerçekleşmektedir. Deriden gelen sıcak ve nemli hava soğuk kumaş yüzeyine temas ettiğinde, kumaş yüzeyi soğuk bir duvar etkisi göstererek yoğunlaşma oluşumuna sebep olmaktadır. Kuru gözenekli lif materyallerinde su buharı yoğunlaşmasının oluşumu üç aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada materyalin içerisinde belli bir hız, sıcaklık ve buhar

konsantrasyonu oluşmakta ve yoğuşma başlamaktadır. İkinci aşamada sıvı içeriği yavaş bir şekilde artış göstermekte ve son aşamada ise, sıvı içeriği artarak belli bir eşik değeri geçtiği için yoğuşmuş damlalar birleşerek belli bir yüzey gerilimiyle ve yerçekimi altında hareket etmeye başlamaktadırlar. Özellikle su geçirmez kumaşlarda deriden kumaş katmanına su buharının difüze olması, kumaş katmanından atmosfere olduğu kadar kolay olmadığı için yoğuşma oluşma olasılığı daha yüksektir (Das ve Alagirusamy, 2010). Su buharının yoğuşması tekstil materyallerinde bulunan hava boşluklarının boyutları çok küçük olduğunda oluşmakta ve böyle durumlarda su buharı geçirgenliği, ısı ve kütle transferi üzerinde hava geçirgenliğinden daha etkili olmaktadır (Hu, Li ve Yeung, 2006).

Kumaşlarda su buharı iletimi lifler ve iplikler arasındaki boşluklardan gerçekleşmektedir. Tekstil yüzeylerinde su buharının iletim mekanizmaları şunlardır;

- Lifler arasındaki hava boşlukları boyunca su buharının difüzyonu
- Lifler tarafından su buharının emilim, iletim ve desorbsiyonu
- Lif yüzeyi boyunca su buharının adsorbsiyonu ve migrasyonu
- Zorlanmış taşınım ile su buharının iletimi (Das ve Alagirusamy, 2010).

1.2.1.1 Difüzyon

Herhangi bir maddenin sahip olduğu moleküllerin bireysel ve rastgele olarak yapmış oldukları hareketlerle derişim farkına bağlı olarak çok yoğun olarak bulundukları bir ortamdan az yoğun ortama doğru hareketlerine difüzyon denilmektedir (Tırnaksız, 2009). Nemin difüze edilmesi kavramı da bu tanıma bağlı olarak bir materyal boyunca su moleküllerinin taşınması prosesi olarak tanımlanabilmektedir (Sun ve Pan, 2006). Tek bileşenli yapılarda kütle transferi için difüzyon prosesi termal iletim prosesine benzemektedir. Lifli materyaller gibi çok bileşenli sistemlerde ise bileşenlerin her birinin davranışlarına bağlı olarak sistemin difüzyon davranışı belirlenmektedir. Örneğin; hava ve liflerden oluşan tekstil yüzeylerinde lifin nem difüzivite değeri havaninkinden çok düşüktür ve sistemin davranışı ne lif ne de havaninkine eşdeğerdir (Sun ve Pan, 2006).

Tekstil materyalleri boyunca su buharı difüzyonu farklı katmanlarda gerçekleşmektedir. Bu katmanlar (i) buharlaşan sıvı katmanı (doymuş su buharının tamamının bulunduğu); (ii) deri ve kumaş arasında hapsedilmiş hava katmanı; (iii) sınır hava katmanı ve (iv) dış çevre hava katmanıdır. Aşağıdaki şekilde bu katmanlar gösterilmektedir (Şekil 1.4);

(iv) Dış çevre hava katmanı
(iii) Sınır hava katmanı
(ii) Kumaş katmanı
(i) Buharlaşan sıvı katmanı
Deri

Şekil 1.4 Su buharı transferinin gerçekleştiği farklı katmanlar (Das ve Alagirusamy, 2010)

Yüksek bağıl neme sahip olan bir çevreden bağıl nemi düşük olan bir çevreye nemin iletiminde konsantrasyondaki değişim itici bir güçtür. Bu iki çevre arasında nem emme kapasitesine sahip olmayan gözenekli bir bariyerin olduğu varsayılırsa, kütle transfer hızı bariyerin yapısına (kalınlığı, gözenekliliği vb.) bağlı olarak değişecektir. Bu durumda buharın gözenekli bir ortam boyunca difüze olma yeteneği kütle transfer hızını etkileyecektir. Bunun yanı sıra eğer bariyer su için fiziksel ya da kimyasal bir afiniteye sahip ise, bariyer boyunca kütle transfer hızı ve bariyerin nemi emme-desorblama hızı arasında bir etkileşim oluşacaktır. Bu durum birçok tekstil materyali için de geçerlidir. Başlangıçta kumaşın nemi emmeye başlaması ve kumaş boyunca nemin difüze olması eş zamanlı olarak gerçekleşmektedir. Bu durum iki prosesin de kumaşın maruz kaldığı dinamik koşullar için denge değerine karşılık gelen kararlı bir nem kazanım değerine sahip olmalarına kadar devam etmektedir ve sonuçta kumaşın nem iletim hızı sabit bir değere ulaşmaktadır (Wehner, Rebenfeld ve Miller, 1985).

Lifli yapılarda su buharı difüzyonu düşük hızda moleküler seviyede gerçekleşen bir kütle transfer olgusudur (Das ve Alagirusamy, 2010). Tekstil yüzeylerinde su buharı, lifler ve iplikler arasındaki boşluklardan ve lif üzerinden difüze olabilmektedir. Bir katman boyunca gerçekleşen difüzyon prosesinde öncelikle katı boyunca moleküler difüzyon (polimerik faz) oluşmakta; daha sonra, lifler boyunca adsorbe olmuş moleküllerin yüzey difüzyonu ve kumaşın hava boşlukları boyunca

moleküler difüzyonu gerçekleşmektedir (Das, Das, Kothari, Fanguiero ve Araujo, 2007b). Lif boyunca gerçekleşen difüzyonda, ilk olarak su buharı kumaşın alt yüzeyinden lifin yüzeyine geçiş yapmaktadır. Ardından lifin iç yapısı ve/veya yüzeyi boyunca hareket ederek kumaşın dış yüzeyine ulaşmaktadır. Belli bir konsantrasyon değişiminde tekstil materyalinin difüzyon hızı materyal gözenekliliğine ve lifin su buharı difüzivite değerine bağlı olarak değişmektedir (Das, Das, Kothari, Fanguiero ve Araújo, 2007a).

Lifler arasındaki hava boşluklarından su buharının difüzyonu, tekstillerde su buharı iletimi için temel mekanizmadır. Tekstil materyallerinin nem difüzivitesi birçok faktörden etkilenmektedir. Bunlardan biri materyalin lif hacim oranıdır. Bu orandaki artış sonucunda materyal içerisindeki hava boşlukları azalacaktır ve buna bağlı olarak toplam difüzivitede bir azalma gerçekleşecektir. Tekstil materyallerinin hava geçirgenlik yeteneği ile su buharı difüzyonu doğrudan ilişkilidir (Das ve Alagirusamy, 2010). Materyalin açık ve boşluklu yapıya sahip olması su buharı difüzyonunu arttırmaktadır. Bunun yanı sıra difüzyon prosesi materyalin kalınlığından da etkilenmektedir. Çünkü materyal kalın ise gözeneklilik azalacak, nem kumaş kalınlığı boyunca geçmeden önce hava boşluklarında sıkışacak ya da lifler tarafından emilecektir (Yi, 2006).

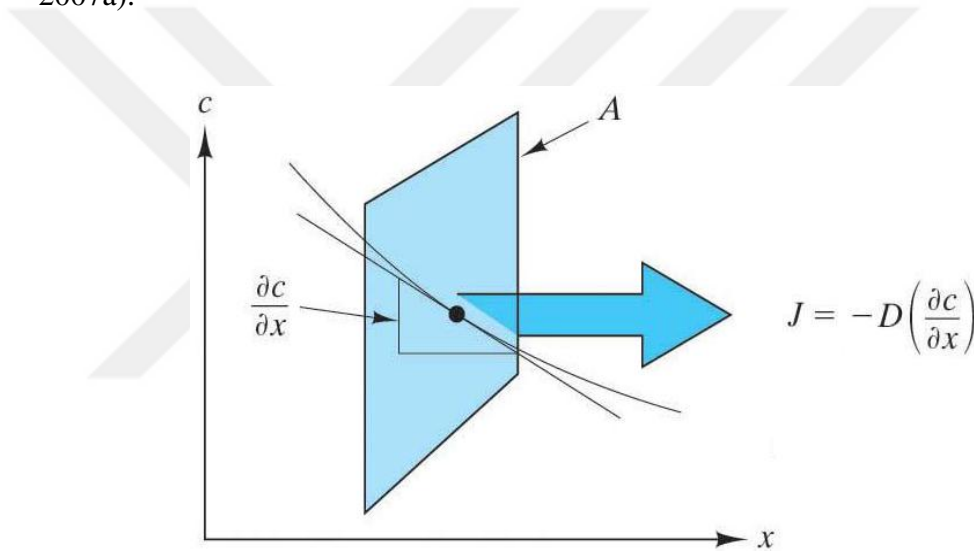
Hava boyunca su buharının difüzyon katsayısı $0,239 \text{ cm}^2/\text{sn}$, pamuklu bir kumaş kalınlığı boyunca ise $10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sn}$ 'dir. Bu durum kumaş içerisindeki hava boşlukları boyunca difüzyon prosesi çok hızlı bir şekilde gerçekleşirken, tekstil materyalinin düşük nem difüzivitesi yüzünden nemin kumaş sistemi boyunca liflerin içine ve dışına difüze olabileceği hızın sınırlı olduğunu göstermektedir (Das ve diğer, 2007a). Genellikle liflerdeki su konsantrasyonunun artışı ile liflerin difüzyon katsayısı artmaktadır (Das ve Alagirusamy, 2010).

Gözenekli ortamlarda su buharı gözeneklerin yeterince büyük olması durumunda moleküler difüzyon ya da Fick difüzyonu ile hareket edebilmektedir (Haghi, 2011). Difüzyon prosesinde itme gücü olarak görev yapan buhar basınç farkına bağlı olarak, buhar tekstil katmanının bir yüzünden diğer yüzüne difüze olmaktadır. Gözenekli bir

materyal boyuca difüzyon prosesini tanımlamak için kullanılan Fick'in I. Kanunu aşağıdaki eşitlikte gösterilmekte ve oluşumu Şekil 1.5`te verilmektedir;

$$J_x = -D \frac{\delta c}{\delta x} \quad (\text{g/cm}^2 \text{ sn}) \quad (1.1)$$

A alanına sahip bir yüzeyden x yönünde birim zamanda geçen atom sayısı difüzyon akısı J_x , D difüzyon katsayısı, c birim hacimdeki madde miktarını belirten konsantrasyon ve x uzaklık göstergesidir. Difüzyon akısı J_x , atomların difüzyon doğrultusundaki konsantrasyon gradyeni ($\delta c/\delta x$) ile doğru orantılıdır (Das ve diğer, 2007a).



Şekil 1.5 I. Fick kanunu – Difüzyon akışı (Dikicioğlu, 2011)

Difüzyon prosesi genellikle Fickian ve Non-Fickian difüzyon olarak ikiye ayrılmaktadır. Fick'in II. Kanunu'na uygun olarak gerçekleşen difüzyon prosesi Fickian olarak tanımlanmaktadır. Fick'in II. Kanunu herhangi bir malzeme kesitindeki konsantrasyonun (c) zamana (t) göre değişimini göstermektedir ve kararlı olmayan difüzyon koşullarında geçerlidir.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial c}{\partial x} \right) \quad (1.2)$$

D difüzyon katsayısının difüzyon türlerinin konsantrasyonu ve x konumunun bir fonksiyonu olmadığı varsayılırsa eşitlik aşağıdaki gibi düzenlenebilmektedir (Askeland, Fulay ve Wright, 2011);

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad (1.3)$$

Difüzyon katsayısının konsantrasyona bağlı olduğu durumlarda bile difüzyon prosesi Fickian olarak tanımlanmaktadır. Difüzyon katsayısının sabit olduğu durumlar için ise genellikle salt Fickian difüzyonu tanımlaması kullanılmaktadır. Materyal zamana bağlı olarak yeterince yavaş şekilde yapısını değiştirdiği zaman difüzyon prosesi Non-Fickian olarak adlandırılmaktadır ve bu durumda Fick'in II. Kanunu geçerli olmamaktadır (Björnham ve Sundqvist, 2000).

Nem çeken ve çekmeyen liflerin oluşturduğu sistemlerde nem difüzyon prosesleri farklı şekilde gerçekleşmektedir (Sun ve Pan, 2006). Nem çeken lif topluluklarında gerçekleşen buhar difüzyon prosesini Fickian kanunu ile açıklamak mümkün olmamaktadır. Bu durumda Non-Fickian difüzyonu olarak adlandırılan iki aşamalı difüzyon prosesi uygulanmaktadır. Non-Fickian difüzyon prosesinin ilk aşaması sabit difüzyon katsayısına sahip bir Fickian difüzyonu iken; ikinci aşama ise konsantrasyon gradyeni ve buhar akışı arasındaki eksponansiyel ilişki sonrasında ilk aşamadan daha yavaş hızda gerçekleşmekte ve lif yapısının viskoelastik relaksasyonundan etkilenmektedir (Li ve Holcombe, 1998; Das ve diğer, 2007a). Bu difüzyon prosesinin liflerin şişmesi ile açıklanması mümkün olmaktadır. Nem çeken lif moleküllerinin su buharına olan afinitesi sebebiyle difüzyon gerçekleşirken lifler su buharını emmekte ve şişmekte, bunun sonucu olarak hava boşluklarının boyutları azalmakta ve difüzyon prosesi gecikmektedir. Li ve Luo (2000) farklı nem çekme özelliğine sahip olan liflerden yapılmış olan kumaşların nem difüzyon proseslerini inceledikleri çalışmalarında pamuk, yün gibi yüksek su alma yeteneğine sahip olan lifler için difüzyonun konsantrasyona bağlı olarak değişen bir difüzyon katsayısıyla hızlı bir Fickian difüzyonu ve zamana bağlı bir difüzyon katsayısı ile yavaş bir şekilde olarak iki aşamalı gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Nem çekme yeteneği düşük

olan polipropilen liflerinden yapılan kumaşlarda ise difüzyon katsayısının sabit olduğu ve Fickian difüzyonu ile prosesi açıklamanın mümkün olduğu sonucuna varmışlardır.

Nem çekmeyen lifler için tek fazlı nem difüzyon prosesinde efektif nem difüzivite değeri (D_{eff}) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilmektedir;

$$D_{eff} = \varepsilon D_a / \tau \quad (1.4)$$

Bu eşitlikte D_a havadaki nem difüzivitesini, ε gözenekliliği ve τ akış yatağı (tortuosity) değerini belirtmektedir. Nem çeken kumaşlar için hava boşlukları boyunca makroskopik difüzyon ve lifler içerisindeki mikroskopik difüzyon arasındaki ilişkiler lifler tarafından gerçekleşen su buharı adsorbsiyonunun göz ardı edilememesinden dolayı önemlidir (Sun ve Pan, 2006). Nem çeken polimerlerde su buharının iletim hızı (WVT) aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir;

$$WVT = D S (p_1 - p_2) / l \quad (1.5)$$

Bu eşitlikte $(p_1 - p_2)$ iki yüzey arasındaki kısmi basınç gradyeni, l polimerin kalınlığı, D difüzyon katsayısı ve S çözünürlük katsayısıdır (Das ve Alagirusamy, 2010).

1.2.1.2 Absorbsiyon (Emilim), Adsorbsiyon ve Desorbsiyon

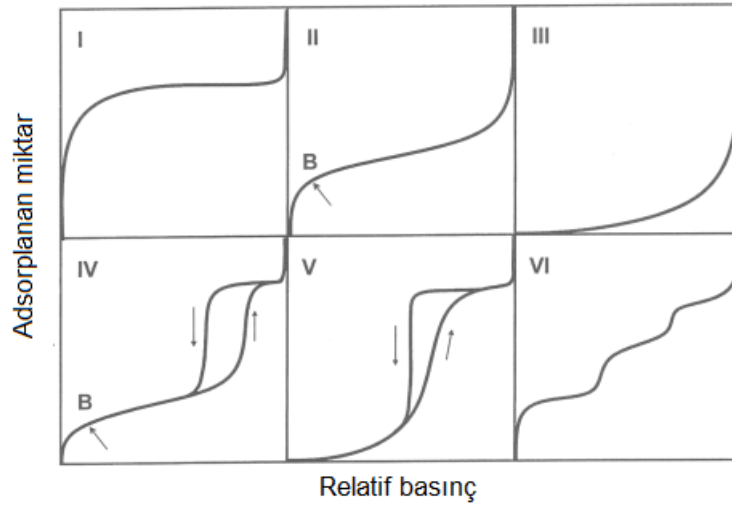
Absorbsiyon (emilim) kimyasal ya da fiziksel bir olgudur ve genellikle atom, iyon ya da moleküllerin bir katı yüzeyine tutunması olarak tanımlanan adsorbsiyon terimi ile karıştırılmaktadır. Adsorbsiyon ve absorpsiyon (emilim) olgularının farkı, emilime uğramış olan moleküllerin yüzey tarafından değil hacim tarafından tutulmasıdır. Emilim fiziksel ve kimyasal Emilim olarak ikiye ayrılmaktadır. Fiziksel Emilim gaz ve sıvı arasında oluşan ara yüzeyde gerçekleşen kütle transferidir. Kimyasal Emilim ise emici ve emilen maddeler arasında oluşan kimyasal reaksiyonu belirtmektedir (Albright, 2008). Desorbsiyon prosesi adsorbsiyonun tersine yüzeye

tutunan taneciklerin yüzeyden ayrılması olarak tanımlanmaktadır (Erbil, 2006). Bu üç kavramın tamamını sorbsiyon kavramı altında incelemek mümkündür.

Katıların üzerine, gaz yada sıvıların adsorbsiyonunda katı materyale *adsorbent*; adsorbe durumundaki materyale *adsorbat* adı verilmektedir. Adsorbsiyon prosesi fiziksel, kimyasal ve elektrostatik adsorbsiyon olarak üç gruba ayrılmaktadır. Elektrostatik emilim adsorbat ile adsorbent arasındaki elektriksel çekim sonucunda oluşmaktadır. Fiziksel adsorbsiyon zayıf van der Waals kuvvetlerinden dolayı gerçekleşmektedir. Kimyasal adsorbsiyonda ise, adsorbat ve adsorbent arasında daha kuvvetli bağlar olan kovalent ve iyonik bağlar oluşmaktadır (Erbil, 2006).

Adsorbsiyon prosesi yüzeyde biriken madde konsantrasyonu ve çözeltide kalan madde konsantrasyonu arasında bir denge oluşuncaya kadar devam etmektedir. Gaz ve katı arasında denge kurulduğunda, katının yüzeyinde katının hacminden daha fazla gaz yoğunlaştırılırsa bu durum *pozitif adsorbsiyon*; daha az ise *negatif adsorbsiyon* olarak adlandırılmaktadır. Yüzeyde tutulan molekül sayısı sıcaklık, basınç, yüzey enerjisinin dağılımı ve katının yüzey alanı ve gözenekliliğinden etkilenmektedir (Erbil, 2006).

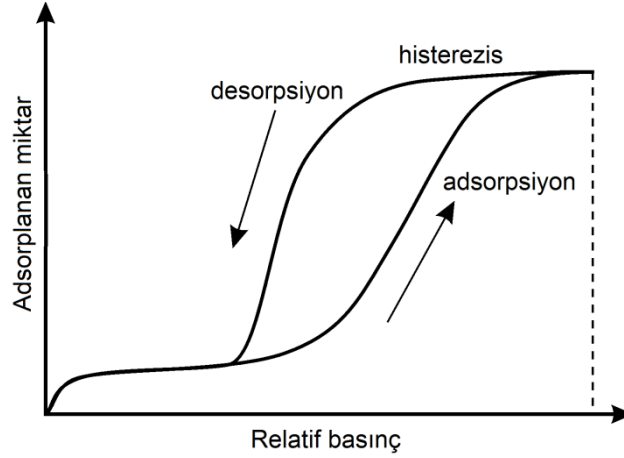
Sabit bir sıcaklıkta gaz basıncı ve adsorblanan molekül miktarı arasındaki bağıntıya bağlı olarak çizilen grafiklere adsorbsiyon izotermi denilmektedir (Chatterjee ve Gupta, 2002). Nem sorbsiyon izotermi için yapılan başka bir tanımlama ise sabit sıcaklıkta çevre bağıl nemi ve materyaldeki nem içeriği arasındaki ilişkinin grafik olarak gösterilmesidir (Pan ve Sun, 2006). Oluşacak denge durumu matematiksel olarak bu izotermi ile açıklanabilmektedir. İzotermi katı ve sıvı arasındaki etkileşimin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Adsorbent yüzeylerinin karakterize edilmesinde kullanılan izotermi farklı şekilde olabilmektedir. Brunauer, Deming, Deming ve Teller (1940) tarafından adsorbsiyon izotermi beş tipte sınıflandırılmıştır ve bu sınıflandırma izoterm sınıflandırmasının temelini oluşturmaktadır. International Union of Pure and Applied Chemistry'nin (IUPAC) sınıflandırmasına göre ise, adsorbsiyon izotermi altı tip olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6 IUPAC tarafından tanımlanan adsorbsiyon izotermi (Sing, 1982)

Tip I mikro gözenekli adsorbentleri tanımlamaktadır. Tip II ve Tip III sırasıyla güçlü ve zayıf adsorbent/adsorbat etkileşimine sahip olan makro gözenekli adsorbentler üzerindeki adsorbsiyonu belirtmektedir. Tip IV ve V histerezis özelliğe sahip olan adsorbsiyon izotermelerini göstermektedir. Tip VI ise düzgün gözeneksiz yüzeyler üzerinde aşamalı çok katlı adsorbsiyon için çizilmektedir (Sing, 1982).

Gözenekli yüzeylerde gaz adsorbsiyonu genellikle histerezis özellik göstermektedir (Şekil 1.7). Bunun anlamı çizilen adsorbsiyon ve desorbsiyon izotermi birbirleri ile çakışmamaktadır. Desorbsiyon sırasında yeniden adsorbsiyon oluşma olasılığı olduğu için gözenekli materyallerde desorbsiyon, adsorbsiyon kadar kolay gerçekleşmemektedir. İzotermin histerezis halkası yoğunlaşmaya neden olan küçük mezogözenekleri (çapları 2-50 nm) belirtmektedir (Erbil, 2006). Adsorbsiyon ve desorbsiyon eğrisi arasındaki histerezis nemin adsorblandığı ya da desorblandığı zaman liflerdeki yapısal değişiklikler için bir gösterge olmaktadır. Bu değişiklikler sonucunda kullanım ve giyim sırasında çevresel koşullara liflerin adaptasyonunu belirleyebilmek mümkün olmaktadır (Schuster, Suchomel, Männer, Abu-Rous ve Firgo, 2006).



Şekil 1.7 Histerezis adsorbsiyon izotermi (Svennberg ve Wadsö, 2008)

Su moleküllerinin adsorbsiyonu, tekstil materyali ve su buharı molekülleri arasında oluşan Van der Waals bağları sonucunda oluştuğundan kritik bir sıcaklıkta gerçekleşebilmektedir. Liflerin mekanik histerezisi ve liflerin hidrofilitesindeki artış ile adsorbsiyon histerezisi de artmaktadır (Das ve Alagirusamy, 2010).

Svennberg ve Wadsö (2008) iç mekanlarda kullanılan farklı materyallere sahip olan kumaş, dolgu elyafı ve süngerler için uygun olan sorbsiyon izotermelerinde Eşitlik 1.6'da gösterilmiş olan Hailwood ve Horrobin (1946) izoterm eşitliğini kullanmışlardır. Eşitlikte u nem içeriğini, ϕ bağıl nemi, A, B ve C değerleri ise sabit değerleri ifade etmektedir.

$$u = \frac{\phi}{A + B \cdot \phi - C \cdot \phi^2} \quad (1.6)$$

Tekstil liflerinin çoğu nemli havalarda havanın nemini emmekte ve kuru havalarda bu nemi üzerinden uzaklaştırmaktadır. Emilim-desorbsiyon prosesi sırasında, emicilik yeteneğine sahip olan kumaşlar atmosferde nem kaynağı olarak görev yapmaktadırlar (Das ve Alagirusamy, 2010). Liflerin suyu emme miktarı, lifin kimyasal ve fiziksel yapısına ve çevre koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Buhar basıncının yüksek ve sıcaklığın düşük olduğu koşullarda liflerin sıvıyı emme miktarı da artış göstermektedir. Liflerin su buharını emme yüzdesi nem kazanım değeri ile açıklanabilmektedir (Needles, 1986). Materyalin su

buharı difüzyon hızı nem kazanımındaki artış ile artmakta; aynı şekilde sorbsiyon-desorbsiyon boyunca nem iletimi de materyalin nem çekme yeteneğinin artması ile artmaktadır (Das, Das, Kothari, Fanguero ve Araujo, 2009b; Onofrei, Rocha ve Catarino, 2011). Nem çeken liflerin nem emicilik değerleri boyutsal değişim, elastik geri dönme, emme histerezisi ve liflerin şişmesinden etkilenmektedir (Das ve Alagirusamy, 2010).

Kumaşların emicilik yeteneğinin yüksek olması kumaş ağırlığını fazlalaştırma, kumaşı kurutma işleminin uzun sürmesi, soğuk havalarda giyilen giysilerin soğuk hissedilebilmesi gibi etkilerinden dolayı bazı durumlarda istenmeyebilmektedir (Yi, 2006). Nem çeken tekstil lifleri su buharını emdikten sonra, liflerin sahip olduğu makromoleküller ve mikrofibriller emilen su molekülleri tarafından itilmekte, selüloz molekülleri arasındaki molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağlarının kopması sonucunda da lifler şişmektedir. Liflerde şişmenin etkisi sonucunda da lifler arasındaki hava boşlukları azalmaktadır (Okubayashi, Griesser ve Bechold, 2004; Das ve Alagirusamy, 2010). Bu yüzden difüzyon prosesinin gerçekleşmesi gecikmektedir. Fakat lifler tarafından emilen su buharı lifler boyunca transfer edilebilmekte ve sonra hava boşlukları içerisine yayılmakta ya da desorbsiyon ile çevreye bırakılabilmektedir. Ancak bu proses difüzyon prosesinden düşük bir su buharı iletim hızında ve düşük miktarda su buharının iletiminde meydana gelmektedir.

1.2.1.3 Zorlanmış Taşınım

Taşınım ya da konveksiyon kavramı farklı sıcaklıklara sahip alanlar arasında sıvı veya gazın hareketi ile ısıнын transfer edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Sıcak havanın soğuk havadan daha az yoğun olması taşınımın sıcaklık değişimi sonucunda oluşmasına sebep olmaktadır. Taşınım eğer yalnızca sıcaklık kaynaklı yoğunluk farkı sonucunda oluşursa oluşan akış doğal taşınımdır (Stevens ve Fuller, 2015).

Bir nem katmanı üzerinde hava akışı oluştuğunda gerçekleşen su buharının iletimine ise zorlanmış taşınım denilmektedir. Bu proseste iletilen nem miktarı,

atmosfer ve nem kaynağı arasında oluşan nem konsantrasyonun farkına bağlı olarak değişmektedir. Zorlanmış konveksiyon prosesinde iletilen su buharı miktarı aşağıdaki eşitliğe bağlı olarak ifade edilebilmektedir;

$$Q_m = -A h_m (C_a - C_\alpha) \quad (1.7)$$

Bu eşitlikte Q_m akış yönünde A, kumaş alanı boyunca konveksiyon ile iletilen su buharı kütlesini, C_a ve C_α sırasıyla kumaş yüzeyi üzerindeki su buharı konsantrasyon değerlerini, h_m ise konvektif kütle transfer katsayısını belirtmektedir (Das ve Alagirusamy, 2010). Gözenekli ortamlarda zorlanmış konveksiyonun modellenmesi için kullanılan en bilinen eşitlik Darcy tarafından 1856 yılında ortaya konulmuştur. Bu kanuna göre konvektif hız aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilmektedir;

$$u = - \frac{k k_{rg}}{\mu_g} \frac{\partial P_g}{\partial x} \quad (1.8)$$

Bu eşitlikte k, lifli materyalin esas geçirgenliğini, k_{rg} , gazın relatif geçirgenliğini, μ_g su buharının dinamik viskozitesini, P_g , gaz basıncını, $\partial P_g / \partial x$ ise akış yönündeki basınç gradyenini göstermektedir. Su buharının dinamik viskozitesi ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilmektedir.

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T_0}{T} \right)^{1,25} \quad (1.9)$$

Burada T_0 başlangıç sıcaklığını ve μ_0 su buharının başlangıç sıcaklığındaki dinamik viskozitesini göstermektedir (Ghali, Ghaddar ve Jones, 2006; Wu ve Fan, 2008).

Rüzgarlı havalarda deriden atmosfere nemin iletilmesinde konveksiyon (taşınım), yoğunlaşma ve buharlaşma prosesleri önemli bir role sahiptir. Bu prosesler gözenekli materyalin sıcaklık ve nem dağılımına bağlı olarak değişmektedir. Sıvı formda bulunan terin buharlaştırılması sırasında gizli ısı vücuttan uzaklaştırılmakta ve vücut

soğutulmaktadır. Termal dengeyi koruyan evaporatif ısı transferinin önemi dış çevre sıcaklığının artışı ile daha da artmaktadır. Vücut ve çevre arasındaki düşük sıcaklık farkı yüzünden kondüksiyon ve konveksiyon yoluyla ısı iletimi azalmaktadır. Deri ve çevre arasında negatif sıcaklık gradyeni oluştuğunda, evaporatif ısı transferi vücut sıcaklığını azaltmanın tek yolu olmaktadır (Das ve Alagirusamy, 2010).

1.2.2 Islanma

Bir katı yüzeyin ıslanması belli koşullar altında bir katının sıvı ile temas ettiği zaman ortaya çıkan durumu ifade etmektedir. Katı yüzeyin ıslanma yeteneği ise sıvı ile etkileşim için onun potansiyelini göstermektedir. Katıların ıslanma yeteneğinin belirlenmesi farklı endüstri dallarında olduğu gibi tekstil yüzeylerinin üretiminde, özellikle boyama, baskı, kaplama, bitim işlemleri gibi işlemlerde ve son kullanım alanları için oldukça önemlidir (Patnaik, Rengasamy, Kothari ve Ghosh, 2006).

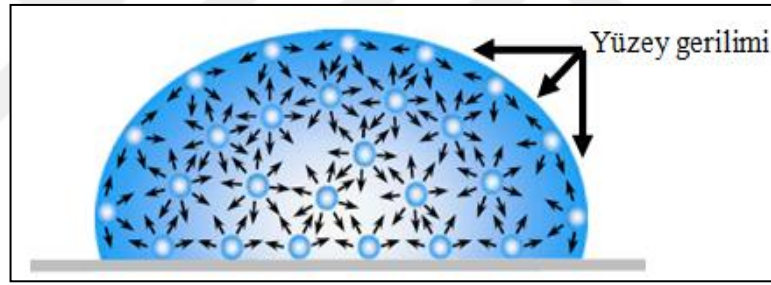
Kumaşlarda ıslanma özelliklerini etkileyen bazı parametreler bulunmaktadır. Bunlar liflerin moleküler oryantasyonu, çevresi, yapısı ve yüzey düzgünlüğü, örtme faktörü, alansal sıklık ve yüzey pürüzlülüğü gibi etkenlere bağlı olarak değişen tekstil yüzeyinin yüzey enerjisi ve ıslanma sıvısının yapısıdır (Tang ve diğer., 2014a).

1.2.2.1 Ara Yüzey Etkileşimleri ve Yüzey Gerilimi

Bir sıvının hacminde moleküllerin etkileşimi tüm yönlerde eş güçler tarafından dengeleniyor iken, sıvı yüzeyi üzerindeki moleküller dengesiz güçlerin etkisi altındadırlar. Yani sıvının yüzeyinde serbest bir enerji oluşumu gerçekleşmektedir. Serbest yüzey enerjisi sıvının yüzey alanını minimum tutma ve katı yüzey üzerinde sıvının ilerlemesini kısıtlama eğilimindedir. Bir sıvının bir katıyı tamamen ıslatabilmesi veya bir katının sıvı içerisine daldırılabilmesi için katı yüzeyin sıvının oluşan serbest yüzey enerjisini aşabilecek yeterli yüzey enerjisine sahip olması gerekmektedir (Patnaik ve diğer., 2006). Yüzey enerjisi bir materyalin başka bir materyalle etkileşebilmek için göstermiş olduğu yeteneği belirleyen bir parametredir

ve temas açısı da bu etkileşimin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Mazlounpour, Ansari ve Hemmatinejad, 2007).

Serbest yüzey enerjisi birim alandaki enerjinin ölçüsüdür ve genellikle yüzey gerilimi olarak adlandırılmaktadır. Yüzey gerilimi genel şekilde sıvının yüzeyinde birim uzunluğa düşen kuvvet olarak tanımlanır ve birimi mN/m ya da dyn/cm'dir (Patnaik ve diğer., 2006). Şekil 1.8'de bir sıvı-gaz ara yüzeyinde yer alan moleküller ve moleküller arasındaki çekim kuvvetleri (kohezyon kuvvetleri) görülmektedir. Yüzey gerilimi makroskopik ve mikroskopik kavramlar olarak ele alındığında; makroskopik olarak yüzey/ara yüzey alanını bir birim arttırmak için uygulanması gereken enerji olarak tanımlanabilirken, mikroskopik olarak ise molekül içi bağlar (kovalent, iyonik, metalik gibi) ve moleküller arası bağlar (van der Waals kuvvetleri gibi) göz önünde bulundurulmaktadır (Pan ve Zhong, 2006).



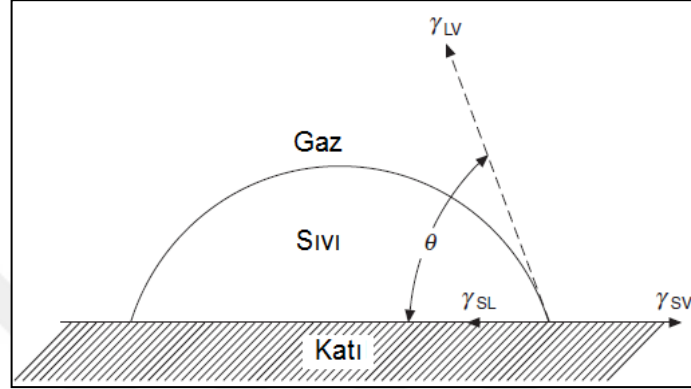
Şekil 1.8 Sıvı molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetleri yüzünden oluşan sıvı yüzey gerilimi (Yuan ve Lee, 2013)

Katı bir yüzeyin üzerine bir sıvı damlatıldığında yüzey üzerinde üç farklı yüzey gerilimi oluşmaktadır. Şekil 1.9'da gösterilen bu yüzey gerilimleri katı-sıvı ara yüzey gerilimi γ_{SL} , sıvı-buhar ara yüzey gerilimi γ_{LV} ve katı-gaz ara yüzey gerilimi γ_{SV} 'dir (Patnaik ve diğer., 2006).

Bir sıvının hem katı, hem de buhar ile teması sırasında oluşan denge durumu için Young-Dupré eşitliği kullanılabilir (Patnaik ve diğer., 2006).

$$\gamma_{SV} - \gamma_{SL} = \gamma_{LV} \cos \theta \quad (1.10)$$

Eşitlikte gösterilen θ açısı, katı-sıvı ara yüzeyi ve sıvı-gaz ara yüzeyinin teğeti arasındaki temas açısını göstermekte ve eşitliğin sağ tarafı adhezyon gerilimi ya da spesifik ıslanabilirlik olarak adlandırılmaktadır. Fakat bu eşitliğin kullanımı yalnızca düzgün, homojen, deforme olmamış ve su geçirmez yüzeyler üzerinde dengede duran sıvı damlası için uygun olmaktadır (Patnaik ve diğer., 2006).



Şekil 1.9 Katı bir yüzey üzerinde küçük bir sıvı damlasının denge durumu (Patnaik ve diğer., 2006)

Tekstil yapılarında ıslanma prosesi batma, kılcal emme, adhezyon, yayılım gibi birçok temel prosesi içerisinde barındırmaktadır. Yayılım bir katı üzerinde en az iki molekül katmanı kalınlığındaki sıvının akışı olarak tanımlanmaktadır. Yayılım sırasında katı-sıvı ve sıvı-buhar ara yüzeyinde artış gözlemlenmektedir. Buna karşın katı-buhar ara yüzeyi giderek küçülmektedir. Yayılma işi (W_S) katı ve sıvı ayrıldığı zaman oluşan serbest enerji değişimine eşit olan tersinir iş olarak tanımlanmaktadır (Patnaik ve diğer., 2006). Kısmi ıslanma ve tamamen ıslanmayı ayıran parametre kuru ve ıslak durumlarda substratın birim alanındaki yüzey enerjileri (E_{substrat}) arasındaki farkı ölçen yayılım parametresidir (Pan ve Zhong, 2006).

$$W_S = [E_{\text{substrat}}]_{\text{kuru}} - [E_{\text{substrat}}]_{\text{ıslak}} = \gamma_{SV} - (\gamma_{SL} + \gamma_{LV}) \quad (1.11)$$

Bu eşitlikte W_S pozitif ise, yüzey enerjisini düşürmek için sıvının katı üzerinde tamamen yayılacağı anlamına gelmektedir ($\theta=0$). Sonuçta moleküler ve kapiler kuvvetler arasındaki çekişmeden kaynaklı olarak nanoskopik kalınlıkta bir film tabakası oluşmaktadır. Eğer W_S değeri negatif ise damla yayılmayacaktır, fakat belli bir temas açısı ile substrat üzerine yerleşmiş olan küre şeklinde bir tepecik

oluşturacaktır. Su ile temas eden yüzeyin θ değeri $\pi/2$ değerinden küçük ya da eşit ise yüzeyin nem çeken; büyük ise nem çekmeyen yapıda olduğunu söylemek mümkündür (Pan ve Zhong, 2006; Patnaik ve diğer., 2006).

Batma ve kılcal emme prosesleri sırasında katı-gaz ara yüzeyi kaybolmakta ve katı-sıvı ara yüzeyi görülmektedir. Batma işi (W_I) veya penetrasyon işi (W_P) katı ve sıvının teması sona erdiğinde oluşan serbest enerji değişimi olarak tanımlanmaktadır. Kendiliğinden penetrasyonda, penetrasyon işi pozitif olmalıdır. Bu durum buhar ile temas eden katının ara yüzey enerjisi katı ve sıvı arasındaki ara yüzey gerilimini aştığı zaman oluşmaktadır. Birim alandaki ara yüzeyler için batma işi veya penetrasyon işi aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir (Patnaik ve diğer., 2006);

$$W_I = W_P = \gamma_{SV} - \gamma_{SL} \quad (1.12)$$

Adhezyon temas eden iki yüzey arasındaki etkileşim olarak tanımlanmaktadır. Adhezyon işi (W_A) temas eden katı ve sıvı yüzeyler ayrıldığı zaman sistemin serbest yüzey enerjisindeki değişime eşittir. Adhezyon işi aşağıdaki eşitlikte gösterildiği gibi hesaplanmaktadır (Patnaik ve diğer., 2006);

$$W_A = \gamma_{LV} + \gamma_{SV} - \gamma_{SL} = \gamma_{LV} + \gamma_{LV} \cos \theta = \gamma_{LV} (1 + \cos \theta) \quad (1.13)$$

Katılar yüksek enerjili olarak bilinen sert katılar (kovalent, iyonik ve metalik bağlara sahip olan) ve düşük enerji yüzeyli zayıf moleküler kristaller (van der Waals kuvvetleri veya özel durumlarda hidrojen bağları ile bağlı) olarak ikiye ayrılmaktadır. Yüksek enerji yüzeylerinde katı-gaz ara yüzey gerilimi 500-5000 mN/m aralığında değişirken; düşük enerji yüzeylerinde 10-50 mN/m aralığındadır. Liflerin çoğu düşük enerji yüzeyi kategorisindedir (Pan ve Zhong, 2006).

Birçok moleküler sıvı yüksek enerji yüzeylerinde tamamen ıslanma elde edebilmektedir. Yüksek enerji yüzeylerinde sıvı-sıvı ve sıvı-katı etkileşiminin yalnızca van der Waals bağları ile oluşturulduğu ideal durumda; eğer yarı sonsuz bir katı ve sıvı bir araya gelirse, katı ve sıvı arasındaki van der Waals etkileşim enerjisi

harcanacağından; $\gamma + \gamma_{SO}$ enerjisi ile başlamakta ve γ_{SL} ile sonlanmaktadır. Burada γ sıvının yüzey gerilimini, γ_{SO} ise buharsız ya da kuru katının yüzey gerilimini, V_{SL} katı ve sıvı arasındaki van der Waals etkileşim enerjisini belirtmektedir. Bu proses aşağıdaki gibi açıklanabilmektedir;

$$\gamma_{SL} = \gamma_{SO} + \gamma - V_{SL} \quad (1.14)$$

Eğer iki sıvı veya iki katı bir araya getirilirse sırasıyla 2γ ve $2\gamma_{SO}$ enerjisi ile başlamakta ve sıfır ara yüzey enerjisiyle sonlanmaktadır.

$$2\gamma - V_{LL} = 0 \quad (1.15)$$

$$2\gamma_{SO} - V_{SS} = 0 \quad (1.16)$$

Yayılmış işinin hesaplanmasında kullanılan (1.11) eşitliğinde yerine konulduğunda;

$$W_S = \gamma_{SO} - (\gamma_{SL} + \gamma) = V_{SL} - V_{LL} \quad (1.17)$$

Eşitlikten de görülebileceği gibi tam ıslanmanın gerçekleşebilmesi için $W_S > 0$ olmalıdır; bu yüzden $V_{SL} > V_{LL}$ olması gerekmektedir (Pan ve Sun, 2006; Pan ve Zhong, 2006).

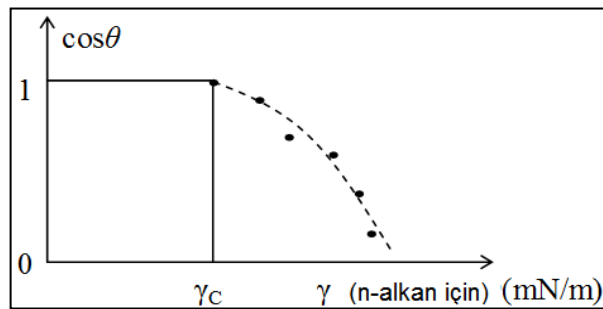
Düşük enerji yüzeylerinde seçilen sıvıya göre kısmi ya da tam ıslanma durumu oluşabilmektedir. Bunun belirlenebilmesi için en kullanışlı yöntem, sıvı yüzey gerilimine karşılık gelen temas açısının çizilmesidir. Zisman (1964) her katı yüzeyin kritik bir yüzey gerilimine (γ_C) sahip olduğunu ve sıvı yüzey gerilimi $\gamma > \gamma_C$ olduğunda kısmi ıslanma; $\gamma < \gamma_C$ olduğu zaman ise tamamen ıslanmanın gerçekleştiğini belirtmiştir (Pan ve Sun, 2006; Pan ve Zhong, 2006).

Tekstil liflerinin ideal bir yüzeye sahip olmaması dolayısıyla tekstil yüzeylerinde ıslanma olgusunun açıklanması zordur. Ayrıca γ_{SV} yüzey gerilimini belirleyen

doğrudan bir yöntem olmadığı için ıslanma enerjisinden ıslanma olgusunun tahmin edilmesi de oldukça zor olmaktadır (Patnaik ve diğer., 2006).

Kritik yüzey geriliminin deneysel olarak ölçülmesinde birçok kısıtlama ve sınırlamalar bulunmaktadır. Liflerin ıslanma davranışlarının belirlenmesi için kullanılan çeşitli yaklaşımlar ile kritik yüzey geriliminin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu yöntemler Zisman grafiği, Wu eşitliği, Fowkes teorisi, Kaelbeh yöntemi ve Wilhemly yöntemidir (Mazlounpour ve diğer., 2007). Düşük enerjili yüzeylerde materyallerin kritik yüzey gerilimlerinin belirlenmesi için sıklıkla kullanılan Zisman grafiği, analiz edilen bir yüzey üzerinde bir sıvının serbestçe yayıldığı zaman elde edilen deneysel bulgulara göre çizilmektedir ve bu teoriye göre sıvının yüzey gerilimi üzerine yayıldığı yüzeyin geriliminden düşük ya da bu gerilime eşit olmaktadır (Kabza, Gestwicki ve McGrath, 2000).

Zisman teorisi tek bileşenli olduğu için polar olmayan yüzeyler için kullanılmaktadır. Zisman grafiğinin oluşturulmasında bir seri homolog sıvı (genellikle n değişkenli n-alkan seçilmekte) ve γ yüzey geriliminin bir fonksiyonu olarak $\cos \theta$ değeri belirlenerek kritik yüzey gerilim değerini veren bir grafik çizilmektedir (Pan ve Zhong, 2006). γ_c değerinin elde edilmesi için giderek azalan yüzey gerilimlerine sahip sıvılar kullanılarak bir seri temas açısı ölçülmektedir. Bu sıvılarda temas açısının kosinüs değerlerine karşılık gelen yüzey gerilimleri çizilmektedir. Şekil 1.10'da verilmiş olan Zisman grafiğinde düz çizgi ölçüm noktaları arasındaki en uygun değeri göstermektedir ve $\cos \theta = 1$ değeri ile kesişmesi için ekstrapole edilmiştir. Kesişim noktasında, çizgi x eksenine dik olarak çizilmiş ve kritik yüzey gerilim değeri elde edilmiştir (Kabza ve diğer., 2000).

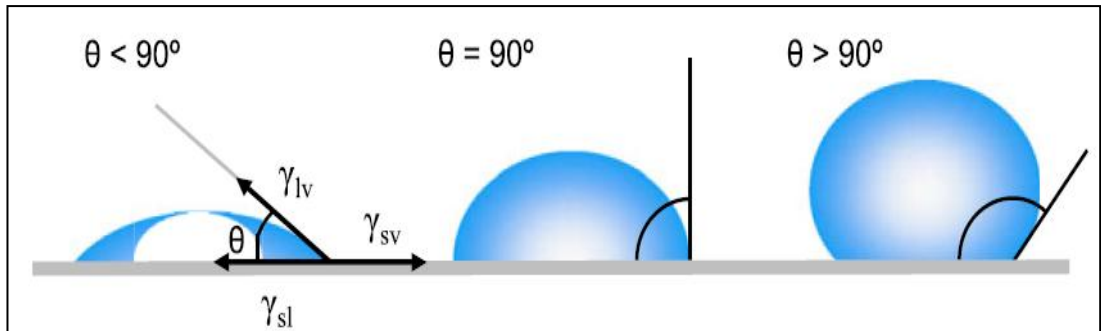


Şekil 1.10 γ_c kritik yüzey gerilimini belirlemek için tipik bir Zisman grafiği (Pan ve Zhong, 2006)

1.2.2.2 Temas Açısı

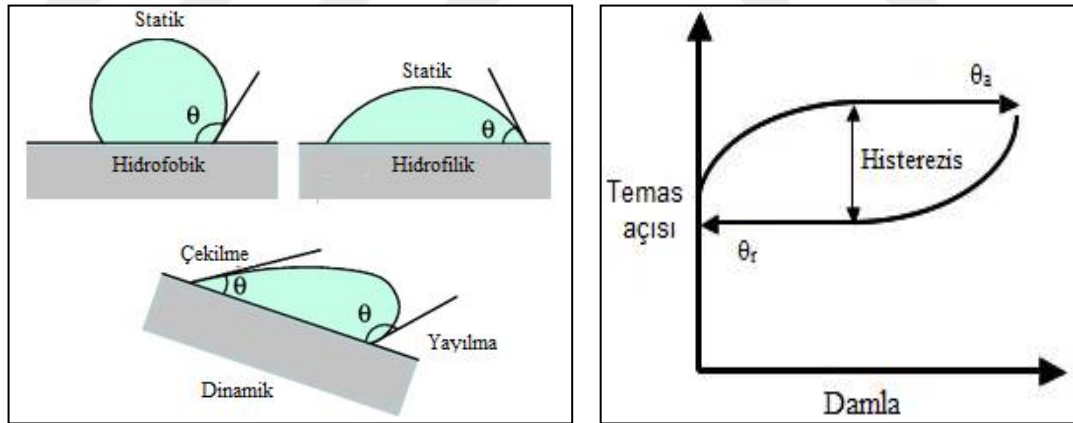
Lifli materyallerin ıslanma prosesi düzgün yüzeylerden oldukça farklı bir şekilde gerçekleşmektedir. Küçük gözenekli yapılardan meydana gelen kumaşlar için ara yüzey olgusu, düzgün yüzeylerde olduğu gibi tam olarak anlaşılamamıştır. Kumaşlarda oluşan karmaşık katı-sıvı ara yüzeyinde temas açısı ölçümü, materyalin ıslanma davranışının belirlenmesi için sıklıkla kullanılan deneysel bir parametredir (Mazloupour ve diğer., 2007). Temas açısı bir sıvı tarafından katının ıslatılmasının sayısal bir ölçüsüdür ve katı-sıvı temas geometrisini gösteren bir kavramdır (Erbil, 2006).

Katı-sıvı-hava ara yüzeyindeki sıvıda oluşan ve sıvı-buhar ara yüzeyinin teğeti ve katı-sıvı ara yüzeyi arasında çizilen açı temas açısı olarak adlandırılmakta ve θ ile gösterilmektedir. Şekil 1.11'de katı yüzey üzerinde çeşitli sıvıların oluşturmuş olduğu farklı temas açıları görülmektedir. Bu şekil incelendiğinde sıvı katı üzerinde yayıldığında katı-sıvı ara yüzeyinde oluşan temas açısının düşük olduğu; büyük temas açılarında ise sıvının katı üzerinde dağılmadan kaldığı görülmektedir. Yani katılarda düşük temas açısı sıvının katı üzerinde yayılma eğiliminde olduğunu ve güçlü katı-sıvı etkileşimini; buna karşın, büyük temas açısı katıların ıslanma davranışının zayıfladığını belirtmektedir (Erbil, 2006; Patnaik ve diğer., 2006). Temas açısının 90° 'den küçük olduğu durumlar için sıvının kısmen de olsa katıyı ıslattığı, büyük olduğu durumlarda ıslanmanın gerçekleşmediği söylenebilmektedir (Erbil, 2006).



Şekil 1.11 Katı bir yüzey üzerinde sıvı damlalarının oluşturduğu temas açıların gösterimi (Yuan ve Lee, 2013)

Bir katı-sıvı sistemi için oluşturulan Young eşitliğinde kullanılan γ_{SL} , γ_{LV} ve γ_{SV} termodinamik parametreleri tek bir temas açısı belirlenmesini sağlamaktadır. Uygulamada ise katı üzerine damlatılan bir damlanın birçok yarı kararlı durumu bulunmaktadır çünkü, gerçek yüzeyler ideal bir katı yüzeyi değildirler. Bu durumda gözlenen temas açıları genellikle eşitlikte belirlenen temas açısına eşit olmamaktadırlar. Bu sebeple ıslanma davranışının tanımlanmasında tek bir statik temas açısının ölçülmesi yeterli değildir. Üç fazlı temas çizgisi ve gerçek hareket olduğunda dinamik temas açısı elde edilmektedir. Bu durumda sıvı genişleyip, daralabilmektedir. Genişlediğinde oluşan temas açısı yayılma temas açısı (θ_a); daraldığında oluşan ise çekilme temas açısı (θ_r) olarak adlandırılmaktadır. Bu açılar θ_a 'nın yaklaştığı maksimum değer ve θ_r 'nin yaklaştığı minimum değer aralığındadır. Dinamik temas açısı farklı hızlarda ölçülebilmektedir ancak, düşük hızlarda ölçülürse statik temas açısına eşit ya da yakın bir değere sahip olmaktadır. θ_a ve θ_r arasındaki fark temas açısı histerezi olarak adlandırılmaktadır ($\Delta\theta = \theta_a - \theta_r > 0$) (Yuan ve Lee, 2013; Zhong, 2006). Şekil 1.12'de dinamik temas açıları ve temas açısı histerezi grafiği gösterilmektedir.



Şekil 1.12 Çekilme, yayılma temas açıları ve temas açısı histerezi grafiği (Stein, 2014; Yoon ve Garrell, 2008)

Temas açısı ölçümlerinde oluşan histerezinin sebebi yüzey pürüzlülüğü, katı yüzeyin mikroskobik kimyasal heterojenliği, damla büyüklüğü, yüzey üzerinde moleküllerin yeniden oryantasyonu-deformasyonu ve katı yüzey üzerindeki çatlak ve gözenekler içerisine nüfuz eden sıvı moleküllerinin büyüklüğüdür. Bunlardan en önemlileri yüzey pürüzlülüğü ve kimyasal heterojenliktir (Erbil, 2006).

Katı bir yüzey pürüzlü olduğunda oluşan termodinamik denge temas açısı Wenzel eşitliğiyle, kimyasal olarak heterojen yüzeylerde oluşan temas açısı ise Cassie-Baxter eşitliği ile açıklanabilmektedir (Qu, He ve Zhang, 2010; Yuan ve Lee, 2013). Wenzel (1936) çalışmasında pürüzlü yüzey üzerinde oluşan boşlukların tamamen sıvı ile dolduğunu belirtmiştir. Aşağıda Wenzel eşitliği gösterilmektedir;

$$\cos \theta_w = r \cos \theta = r (\gamma_{SV} - \gamma_{SL}) / \gamma_{VL} \quad (1.18)$$

Yukarıdaki eşitlikte θ_w Wenzel eşitliğindeki temas açısını, r ise yüzey pürüzlülük faktörünü göstermektedir. Yüzey pürüzlülük faktörü (r) gerçek alanın görünür alana oranı olarak tanımlanmaktadır. $r=1$, düzgün yüzeyler için kullanılmakta olup; pürüzlü yüzeyler için $r>1$ olduğunda temas açısının 0° ve 90° arasında olduğunu belirtmektedir. Düzgün bir yüzey üzerindeki temas açısı 90° 'den küçükse, pürüzlü yüzey üzerindeki temas açısı daha küçük olacaktır ($\theta<90^\circ$; $\theta_w<\theta$). Eğer 90° 'den büyük ise pürüzlü yüzey üzerindeki temas açısı daha da yüksek olacaktır ($\theta>90^\circ$; $\theta_w>\theta$) (Zhong, 2006; Qu ve diğer., 2010).

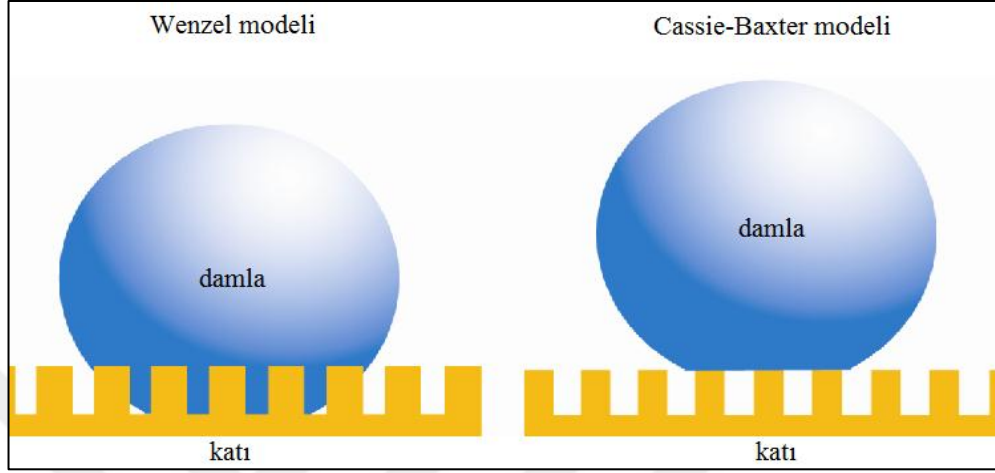
Cassie-Baxter (1944) tarafından oluşturulmuş olan model, Wenzel modeli temel alınarak bu modelin uygulanamadığı heterojen yüzeyler için geliştirilmiş bir modeldir (Rengasamy, 2006; Yuan ve Lee, 2013). Bu modelde pürüzlü yüzeyler üzerine sıvı damlatıldığında katı yüzeyin katı-buhar kompozit arayüzü olarak kabul edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Çünkü katı yüzey üzerinde oluşan boşlukların Wenzel modelinde olduğu gibi sıvı ile değil, hava ile dolu olduğu varsayımı yapılmaktadır (Şekil 1.13).

Bu modelde kompozit yüzey üzerinde katı ve buharın temas alanı oranı f_s ve f_v ile gösterilmektedir. Cassie-Baxter modeli için temas açısı θ_c aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir (Qu ve diğer., 2010).

$$\cos \theta_c = f_s \cos \theta_s + f_v \cos \theta_v \quad (1.19)$$

Eşitlikte $f_s + f_v = 1$; $\theta_s = \theta$; $\theta_v = 180^\circ$ olduğu için eşitliği aşağıdaki gibi yazabilmek mümkündür;

$$\cos \theta_c = f_s (\cos \theta + 1) - 1 \quad (1.20)$$



Şekil 1.13 Wenzel ve Cassie-Baxter modeli (Qu ve diğer., 2010)

1.2.3 Kılcal Emme

Islanma ve kılcal emme prosesleri birbirinden farklı kavramlar olarak tanımlanmakla birlikte ilişkili kavramlardır. Islanma kılcal emmenin gerçekleşmesi için bir ön koşuldur ve kapiler bir sistemde bir katı-sıvı ara yüzü ile katı-hava ara yüzünün kendiliğinden yer değiştirmesi kılcal emme olarak tanımlanmaktadır. Lifli materyalin içerisine bir sıvının transferi, dış güçler ya da kapiler güçler tarafından gerçekleştirilmektedir. Ortaya çıkan kapiler güçler, kapiler boşluklar içerisine sıvıyı itmektedir. Kılcal emme genellikle bir sıvı liflerin yüzeyi boyunca hareket ettiği ve lifler tarafından emilmediği zaman oluşmaktadır (Patnaik ve diğer., 2006; Sharabaty, Biguenet, Dupuis ve Viallier, 2008).

Tekstil yüzeylerinin kılcal emme yeteneği üretilen terin giysiden dış çevreye ne kadar hızlı uzaklaştığının bir göstergesidir. Kılcal emme prosesi tekstil yapıları sıvıda kısmen veya tamamen battığı ya da sınırlı sıvı miktarı ile temas halinde olduğu zaman gerçekleşmektedir (Patnaik ve diğer., 2006). Tekstil yüzeylerinde kapiler akış iki temel amaç için gerekli olmaktadır. Bunlardan ilki kumaş ya da ipliğin

kaplanması, boyanması ve bitim işlemlerindeki herhangi bir sıvı akışını tanımlamak için sıvı-lif temasının anlaşılması; diğeri ise tekstil yapılarının karakterizasyonu, heterojenliği, sıvının aktığı lifler arası boşluklardan kaynaklı gözenekliliği tam olarak anlayabilmektir (Perwuelz, Mondon ve Caze, 2000).

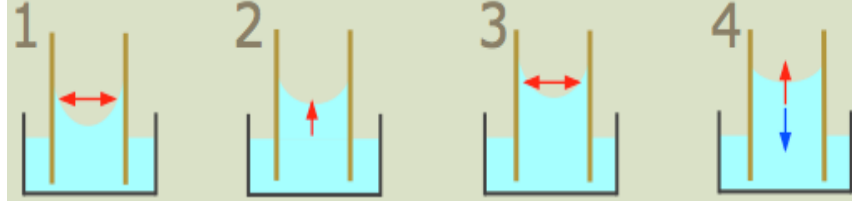
Lifler ile etkileşiminin boyutuna bağlı olarak, tekstillerin kılcal emme prosesleri dört ana kategoriye ayrılmaktadır;

- Lif yüzeyi içerisine difüzyon gerçekleşmeden bir sıvının kılcal emilimi; yalnızca kapiler penetrasyon,
- Liflerin üzerindeki bir terbiye maddesi veya bir sıvının difüzyonu ile kılcal emme; kapiler penetrasyon ve lifler içerisine sıvının difüzyonu,
- Lifler üzerine adsorbsiyon ile kılcal emme; sıvının kapiler penetrasyonu, sıvı içindeki yüzey aktif maddenin difüzyonu, lif üzerine yüzey aktif maddenin adsorbsiyonu,
- Lifler içerisine difüzyon ve adsorbsiyon içeren kılcal emme; kapiler penetrasyon, lifler içerisine sıvının difüzyonu, sıvının içindeki yüzey aktif maddenin difüzyonu, liflerin üzerinde katının adsorbsiyonu sonucu gerçekleşmektedir (Patnaik ve diğ., 2006).

Kapiler hareket ya da kapilerite kavramı dar tüpler, çatlaklar ve boşluklarda kendi yüzeyi ve etkileşim güçleri etkisi altında kalan bir sıvının akışı yada makroskopik hareketi olarak tanımlanmaktadır. Sıvı ve tüp yüzeyi arasında oluşan adhezyon kuvveti, sıvı molekülleri arasındaki kohezyon gücünden büyük olduğu zaman kapiler hareket oluşmakta, basınç farkı sıfır olduğu zaman ise akış durmaktadır (Sharabaty ve diğ., 2008).

Kılcal bir boruda kapiler yükselme dört aşamalı olarak gerçekleşmektedir (Şekil 1.14). Buna göre birinci aşamada sıvı kılcal borunun duvarını ıslatmakta ve yüzey alanı artış göstermektedir. İkinci aşamada yüzey alanı azaldığı için yüzey gerilimi oluşmaktadır. Üçüncü aşamada yükselmenin devam etmesine bağlı olarak, ıslanma daha yüksek seviyeden gerçekleşmektedir. Son kısımda ise sıvı, ağırlığının yüzey

gerilimi tarafından dengelendiği bir yüksekliğe ulaşmakta ve ulaşılan bu yükseklik sabitlenmektedir (Lower, 2011).



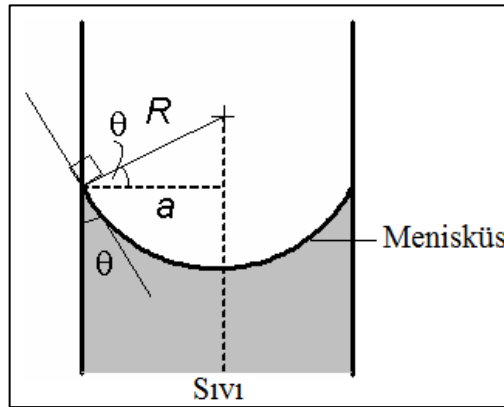
Şekil 1.14 Kapiler yükselmenin aşamaları (Lower, 2011)

Kapiler bir boruda bulunan sıvı borunun duvarlarını ıslattığı zaman menisküs adı verilen içbükey bir yüzey oluşmaktadır (Şekil 1.15). Kavisli sıvı-hava ara yüzeyi karşısında basınç farkı (ΔP) sonucu ortaya çıkan sıvının yüzey gerilimi Young-Laplace eşitliğine göre;

$$\Delta P = \gamma_{LV} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (1.21)$$

hesaplanmaktadır. Yuvarlak kesitli bir kılcal boru için R_1 ve R_2 olarak gösterilen eğri ara yüzlerinin yarıçapları birbirine eşit olmakta ve R ile gösterilmektedir. Buna göre eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilmektedir;

$$\Delta P = \frac{2 \gamma_{LV}}{R} \quad (1.22)$$



Şekil 1.15 Yuvarlak kesitli kılcal bir boruda menisküs oluşumu (Wikipedia, 2011)

Şekil 1.15'te görüldüğü gibi eğer kılcallık a yarıçapına sahip olacak şekilde dairesel ise; yarım küre şekline sahip olan menisküs için R değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$R = \frac{a}{\cos \theta} \quad (1.23)$$

Buna bağlı olarak kapiler basınç hesaplamak için kullanılan eşitlik aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$\Delta P = \frac{2 \gamma_{LV} \cos \theta}{a} \quad (1.24)$$

Kapiler duvar tamamen sıvı ile ıslandığında $\cos \theta$ değeri 1'e eşit olmaktadır. Pozitif yönlü bir kapiler basınç oluşumu için de θ değerinin 0° ve 90° arasında değişmesi gerekmektedir (Patnaik ve diğer., 2006).

Hacimsel akış hızının boru boyunca gerçekleşen basınç düşüş değişimleri ile ilişkili olduğunu belirten ve atalet kuvvetleri ile yer çekimi kuvvetinin etkisini yok sayan; idealleştirilmiş bir boru yapısında boru boyunca laminar akışı tanımlamak için kullanılan Poiseuille kanunu aşağıdaki eşitlikle açıklanabilmektedir (Chatterjee ve Gupta, 2002; Patnaik ve diğer., 2006).

$$V = \left(\frac{a^2}{8\eta} \right) \frac{\Delta P}{h} \quad (1.25)$$

Bu eşitlikte V değeri hacimsel akışı, a değeri borunun yarıçapını, η akışkanın viskozitesini, h borunun ıslanan kısmının uzunluğunu, ΔP ise h uzunluğu boyunca oluşan basınç farkını göstermektedir. (1.24) numaralı eşitlikte bulunan basınç farkı ΔP bu eşitlikte yerine konulursa, akışın lineer hızı için $V=dh/dt$ aşağıdaki gibi yazılabilmektedir;

$$\frac{dh}{dt} = \frac{a \gamma_{LV} \cos \theta}{4\eta h} \quad (1.26)$$

Yerçekimi kuvvetlerine karşı çok küçük yarıçapa sahip olan yuvarlak kapiler borulardan oluşan bir demet olarak gözenekli bir materyal boyunca sıvının akış hızını belirlemek ve kapiler difüzyonun açıklanması için Lucas-Washburn eşitliği de kullanılmaktadır (Patnaik ve diğer., 2006). Gözenekli materyallerde kılcal emmenin gerçekleştiği birçok kapiler sistemde, kapiler basınç başlangıçta yerçekimi kuvvetinden yüksek olmaktadır ve basınç farkı,

$$\Delta P = p - \rho_l g h \quad (1.27)$$

eşitliği ile ifade edilmektedir. Burada p kapiler basıncı, ρ_l sıvının özgül ağırlığını, g yerçekimi ivmesini göstermektedir. Buna göre akış hızı aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir.

$$\frac{dh}{dt} = \left(\frac{a^2}{8\eta} \right) \left(\frac{p}{h} - \rho_l g \right) \quad (1.28)$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{a \gamma_{LV} \cos\theta}{4\eta h} - \frac{a^2 \rho_l g}{8\eta} \quad (1.29)$$

Kapiler kuvvetler yerçekimi kuvvetleri tarafından dengelendiği zaman sıvının yükselmesi durmakta ve denge durumu oluşmaktadır. Denge durumundaki kılcal emme yüksekliği aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$h_{\text{denge}} = \frac{2\gamma_{LV} \cos\theta}{a\rho_l g} \quad (1.30)$$

Yer çekimi kuvvetlerini ihmal eden Lucas-Washburn eşitliğine göre kılcal emme yüksekliği zamanın karekökü ile doğrudan ilişkilidir ve kılcal emme yüksekliğini aşağıdaki şekilde ifade etmek mümkündür.

$$h = \sqrt{\frac{a\gamma_{LV} \cos\theta}{2\eta}} \sqrt{t} = c_h \sqrt{t} = c_h t^{0,5} \quad (1.31)$$

Bu eşitlikte h kılcal emme yüksekliğini, t değeri ıslanma süresini ve c_h değeri ise kılcal emme katsayısını göstermektedir (Lucas, 1918; Patnaik ve diğer., 2006; Washburn, 1921; Zhuang, Harlock ve Brook, 2002b).

Lucas-Washburn eşitliğinin gözenekli ortamlarda gerçekleşen sıvı transferini ortaya koyduğu düşünülse bile bazı araştırmacılar tarafından farklı kumaş tipleri için ıslanma süresinin eksponentinin 0,5'ten küçük olması gerektiği savunulmaktadır. Bu araştırmacılar olan Laughlin ve Davies (1961) çeşitli kumaşların kılcal emme davranışlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında Lucas-Washburn eşitliğinin uygun olmadığını belirlemiş ve bu eşitlikte bazı modifikasyonlar gerçekleştirmişlerdir. Bu eşitlik aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$h = c_h' t^k \quad (1.32)$$

Bu eşitlikte k değeri zamanın eksponentini ve c_h' değeri sabit bir değeri göstermek üzere; her iki tarafın logaritması alınmıştır.

$$\ln(h) = k \ln(t) + \ln(c_h') \quad (1.33)$$

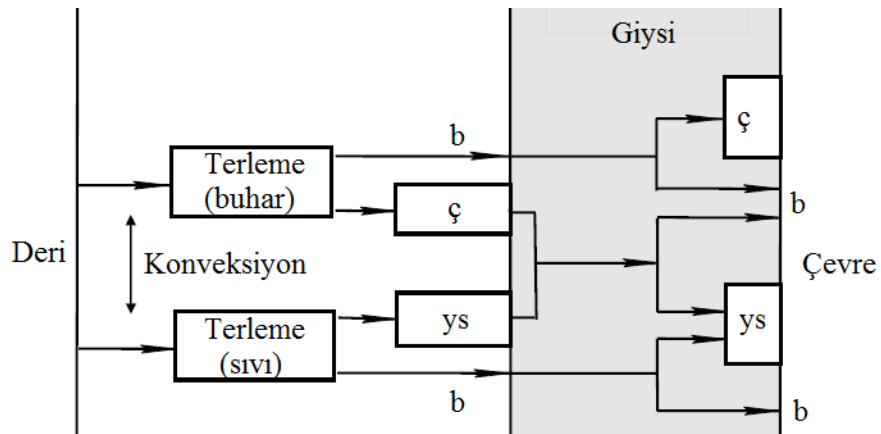
Zhuang ve diğer. (2002b) kılcal emme süresi ve kılcal emme yüksekliği arasındaki ilişkileri Lucas-Washburn ve Laughlin eşitliğine göre araştırdıkları çalışmalarında, yatay kılcal emme ölçüm sonuçlarını incelediklerinde büyük ölçüde Washburn eşitliği ile uyumlu olduğu; ancak dikey kılcal emme sonuçları için doymuş ve doymamış bölgeler bulunduğundan Washburn eşitliğinin uygun olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

1.2.4 Eş Zamanlı Isı ve Sıvı İletimi

İnsan vücudundan giysi yoluyla terin transfer edilme mekanizmasında oluşan sıcaklık farkından dolayı bu mekanizmada hem ısı ve hem de nem transferi gerçekleşmektedir (Şekil 1.16). Gözenekli materyallerde ısı transferi lifler ve arada kalan hava tarafından kondüksiyon, radyasyon ve konveksiyon mekanizmaları ile

gerçekleşmektedir. Sıvı ve nem transfer mekanizmaları ise boşluklardan buhar difüzyonu, lifler tarafından nemin emilimi, buharlaşma ve kapiler etkiler olarak bilinmektedir. Gözenekli materyallerde nemin buharlaşma ve yoğuşması sıcaklık ve nem dağılımına bağlı olarak oluşmaktadır. Isı transfer prosesleri, nem emme/desorblama ve buharlaşma/yoğuşma gibi fazın değiştiği sıvı nem transfer prosesleri ile bütünleşik olarak düşünülmektedir (Haghi, 2011).

Bir kumaş sistemi lifler ve içerisinde tutulan havadan oluşmaktadır. Bu sistemlerin ısıyı transfer etmek için göstermiş olduğu yetenek büyük ölçüde içerisinde bulundurduğu hava miktarından etkilenmektedir. Su buharı transferi ise kumaşta kullanılan liflerin hacminden ve diziliminden etkilenmektedir. Çünkü lifler su buharının hareketini engellemekte ve su buharı direncinin artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca lifin cinsine ve mikroklimada yer alan havanın bağıl nemine bağlı olarak kumaşlar nemi emmekte ya da desorblamaktadırlar. Liflerin nemi emmesi sonucunda ısı üretimi gerçekleşmekte ve bu ısıya bağlı olarak kuru ısıнын akışında artış ve gizli ısıнын akışında azalma gerçekleşmektedir. Suyun lifler tarafından desorbsiyonunda ise tam tersi bir etki gözlenmektedir (Ghali ve diğer., 2006).



Şekil 1.16 Gözenekli giysi boyunca terin transfer edilmesi (c.çiy; ys.yüzey suyu; b.buhar) (She ve Kong, 2000)

Yoğuşma prosesi lifli materyallerin büyük sıcaklık farklarına ve mikroklima bağıl neminin %100 değerine ulaşmasına sebep olan bir nem kaynağına maruz kalması sonucunda oluşmakta olan sürekli bir prostestir. Kuru lifli bir yapıda bu koşullar

aniden oluştuğu zaman, sıcak tarafta oluşan su buharı lifli materyal içerisine difüze olacaktır. Lif tarafından nemin alımı başlangıçta hızlı bir şekilde gerçekleşecek ve lifler tarafından adsorbsiyon sırasında oluşan ısı ile liflerin sıcaklığı ve su buharı basıncı artacaktır. Sonuçta emilen su ve mikroklimanın su buharı arasındaki basınç farkı azalacak ve buna bağlı olarak adsorbsiyon hızında bir düşme meydana gelecektir. Liflerin şişmesi sonucunda artan lif çapı kumaş sistemlerinin geçirgenliğini düşürecek. Mikroklimanın su buharı basıncı yüzey suyunun su buharı basıncından büyükse ve mikroklimadaki buhar konsantrasyonu doymuş buhar konsantrasyonundan daha düşük ise kumaş kuru şekilde kalacaktır. Eğer lif tarafından emilen su ve mikroklima arasında denge sağlanabilirse, yoğunlaşma süreci oluşmaksızın nemli taraftan difüze olan su buharı çevreye iletilebilecektir. Ancak lifli materyalin içerisinde herhangi bir yerde doyma gerçekleşirse ve buhar konsantrasyonu artarsa yoğunlaşma oluşacaktır (Ghali ve diğer., 2006).

Giysiler içerisinde nemin birikimi özellikle soğuk hava şartlarında istenmeyen bir durumdur. Çünkü kişilerin egzersiz sonrasında aktif terlemesi durmakta ve metabolik ısı üretimi azalmaktadır. Terin buharlaştırılması için hem giysi hem de vücuttan ısı alınmaktadır. Giysi ıslak olduğu zaman ter giysinin termal yalıtımını azaltacağı için, giysi yoluyla deriden ısı akışı çok yüksek olabilmektedir. Giysi içerisinde sıvının yoğunlaşması ve yoğunlaşan nemin desorbsiyonu ve yeniden buharlaşması ile ısıнын emilimi sebebiyle azalan giysi termal yalıtımı kişilerde egzersiz sonrası üşütücü bir etkiye sebep olmaktadır. Bu yüzden giysilerde nemin çevreye iletiminin en üst seviyede ve giysi tarafından nemin emilmesi ve yoğunlaşmanın minimum seviyede olması beklenmektedir. Deri ile temas eden kuru katman ıslak katmandan daha konforlu hissedilmektedir. Bu sebeple oluşan nem kişinin derisinden uzak bir katmana geçebilirse, dinlenme sırasında ısı kaybı azaltılmış olacaktır. Farklı çevre koşullarına göre giysi seçiminde kumaşların nem emme ve termal özellikleri ön plana çıkmaktadır (Haghi, 2012; Wu ve Fan, 2008).

Kumaşların nem çekmesindeki artış ile lif içerisine sıvının emilimi, kumaşların nem içeriğinde artışa sebep olmaktadır. Kararlı durumda bu artış materyalin direncini düşürmekte ve lifli yapıdan daha çok ısı kaybına neden olmaktadır. Süreksiz

durumda ise, nem Emilimi ile serbest bırakılan ısı yüzünden deriden ısı kaybını lifli materyalin nemi çekmesinin azalttığı söylenebilmektedir (Fan, Luo ve Li, 2000).

Bir giysi içerisinde difüze olan nemin akış hızının çok küçük olması yüzünden direkt olarak ölçülmesi zordur. Bu durumda ölçümler indirekt olarak gerçekleştirilmekte ve giysi konforunun değerlendirilebilmesi ve ısı ve nem transferi arasındaki etkileşimin belirlenmesi amacıyla araştırmacılar tarafından yoğunlaşma hareketi, emme transfer fonksiyonu, yer çekimi etkisi, buzlama etkisi, nem çekme etkileri ve geçirgenlik gibi etkiler dikkate alınarak matematiksel modeller oluşturulmaktadır. Bu modellerin oluşturulmasında ısı ve sıvı korunum yasaları kullanılmakta ve bazı varsayımlar yapılmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir;

- Gözenekli yapı bölgesel termal dengeye sahiptir ve bu denge materyalin gözenek boyutları çok küçükse oluşmaktadır.
- Nem içeriğindeki değişimler yüzünden liflerin hacimsel değişiklikleri ve buna bağlı olarak gözeneklilikleri sabittir.
- Lifli yapı homojen ve izotropiktir (Ghali ve diğer., 2006).

Isı ve sıvı transferinin etkisinin birlikte incelendiği ilk teorik modelleme çalışması Henry (1939) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada pamuk balyaları kullanılarak liflerin nem içeriği ve havadaki nem arasındaki ilişkinin belirlenmesi için lineer olmayan eşitlikler elde edilmiştir. Başka bir çalışma olan Ogniewicz ve Tien (1981) tarafından yapılan çalışmada ise kumaşlar için hem konvektif hem de difüzyif transfer mekanizmalarını içeren analizler yapılarak, yoğunlaşma mekanizması açıklanmaya çalışılmıştır.

Birleştirilmiş ısı ve sıvı transferinin modellenmeye çalışıldığı araştırmalarda kütle ve ısı korunum yasaları kullanılmaktadır. Su buharı korunum dağılımı aşağıdaki gibi yazılabilmektedir;

$$\varepsilon \frac{\partial[(1-S) \rho_v]}{\partial t} + (1-\varepsilon) \frac{\partial C_f}{\partial t} - W = -\frac{\partial J_{vD}}{\partial x} - \frac{\partial J_{vC}}{\partial x} \quad (1.34)$$

Bu eşitlikte S suyun hacimsel doygunluğunu (sıvı hacmi / gözenek hacmi), ε kumaşın gözenekliliğini, ρ_v su buharının yoğunluğunu, W boşluk hacminde suyun buharlaşma ya da yoğuşma akışını ($\text{kg/m}^3.\text{s}$), C_f lifin içerisindeki nem konsantrasyonunu (kg/m^3), J_{vD} difüzyon ile su buharının kütle akışını ($\text{kg/m}^2.\text{s}$), J_{vC} ise hacimsel akış ile su buharının kütle akışını göstermektedir. Bu eşitliğin solundaki ilk terim boşluklar içerisinde depolanan su buharını, ikinci terim katı lifler içerisinde depolanmış emilen su buharını ve W, üçüncü terim, buharlaşma/yoğuşma terimini göstermektedir. Sıvı nemin kütle korunum yasası ise aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir;

$$\varepsilon \rho_w \frac{\partial(S)}{\partial t} + W = - \frac{\partial J_l}{\partial x} \quad (1.35)$$

Eşitlikte ρ_w sıvı nemin yoğunluğunu göstermektedir ve eşitlikteki ilk terim boşluklarda suyun birikimini, ikinci terim yoğuşma/buharlaşma terimini göstermektedir. Eşitliğin sağ tarafındaki terim ise sıvının net kapiler akışını göstermektedir. Kuru hava kütlesi için korunum yasası ise aşağıdaki gibi yazılabilmektedir;

$$\varepsilon \frac{\partial [(1-S)\rho_a]}{\partial t} = - \frac{\partial J_{aD}}{\partial x} - \frac{\partial J_{aC}}{\partial x} \quad (1.36)$$

Eşitliğin ilk terimi boşluk hacimlerinde kuru havanın birikimini, sağ taraftaki birinci ve ikinci terim ise difüzyif (J_{aD}) ve konvektif kuru hava kütle akışını (J_{aC}) belirtmektedir. Enerji eşitliği ise aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$C_v \frac{\partial T}{\partial t} - \lambda (1-\varepsilon) \frac{\partial C_f}{\partial t} + Q_c = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_c \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (1.37)$$

C_v kumaşın hacimsel ısı kapasitesini ($\text{J/m}^3.\text{K}$), K_c kumaşın termal iletkenliğini (W/m.K), λ emilim ısısını (J/kg), Q_c yoğuşma ya da buharlaşmanın ısı akışını ($\text{J/m}^3.\text{s}$) göstermektedir. Eşitliğin ilk terimi kumaşın ısı depolamasını, ikinci terimi emilim ile

açığa çıkan enerjiyi, üçüncü terim yoğunlaşma ile açığa çıkan ısıyı, sağ taraftaki terim ise net iletilen ısı akışını belirtmektedir (Ghali ve diğer., 2006).

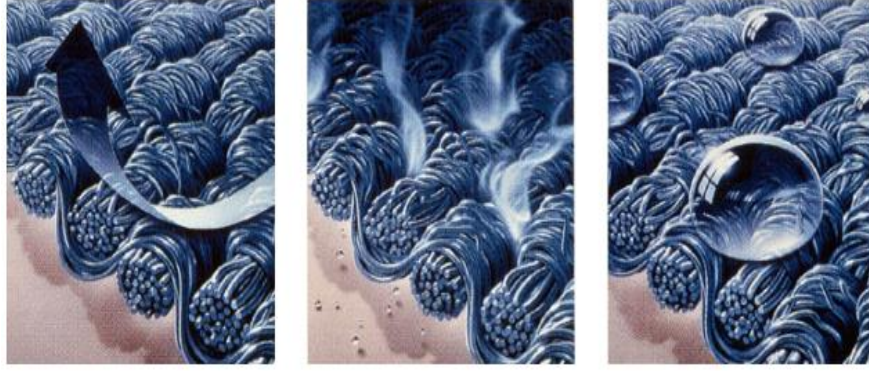
1.3 Tekstil Yüzeylerinde İslanma ve Kılcal Emmeyi Etkileyen Faktörler

Tekstil endüstrisinde tekstil yapılarının ıslanma ve kılcal emme davranışlarının önemi özellikle filtrasyon tekstilleri, tıbbi tekstiller, sporcu giysileri ve ekipmanları, iç giysiler, askeri giysiler, koruyucu giysiler gibi kullanım alanlarında ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, tekstillerin ıslanma ve kılcal emme özellikleri tekstil üretim prosesleri için de önemli olduğundan, bunları etkileyen faktörlerin belirlenmesi sonucunda üretim koşullarının iyileştirilmesi ve son kullanım alanlarına uygun olarak tekstil yapılarının tasarlanması mümkün olmaktadır.

1.3.1 Hammadde

Tekstil yüzeylerinin ıslanma ve kılcal emme davranışlarını etkileyen en önemli faktörlerden biri olan hammadde parametresi kapsamında yer alan lif şekli, boyutları, dağılımı gibi lif özellikleri yapı içerisindeki toplam boş hacim olarak tanımlanan tekstil yüzeylerinin gözenekliliği ile yakından ilişkilidir. Kılcal emme prensibine göre küçük gözeneklerin sahip olduğu sıvı basıncının yüksek olması sıvının hızlıca yükselmesini sağlamakta; daha büyük hacimli gözenekler ise sıvıyı bünyesinde tutma eğiliminde olmaktadır (Hsieh, 1995).

0,1-1,0 dtex aralığındaki numaralara sahip olan lifler olarak tanımlanan mikro liflerden yapılan tekstil yüzeylerinin kapiler boşlukları lif yapısından kaynaklı olarak küçüktür. Düşük kapiler çapın etkisiyle kapiler basınç artmakta ve sıvı buna bağlı olarak daha hızlı ilerlemekte ve kılcal emme yüksekliği daha fazla olmaktadır. Ayrıca mikro liflerin yüzey alanının fazla olması sebebiyle, üzerlerine damlatılan su damlalarını normal incelikteki lifli yapılara göre daha hızlı bir şekilde yayabilmektedirler (Şekil 1.17) (Mukhopadhyay ve Ramakrishnan, 2008; Ramakrishnan, Dhurai ve Mukhopadhyay, 2009).



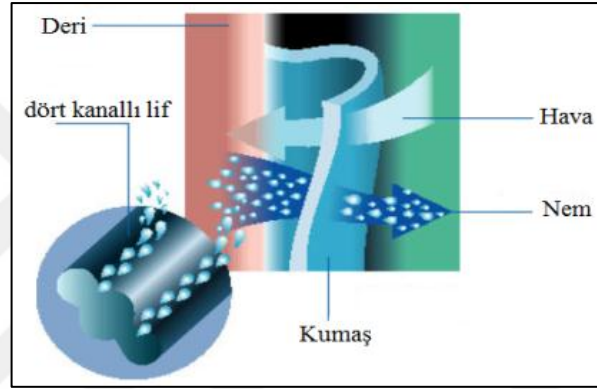
Şekil 1.17 Mikro lifli kumaş yapısı (Fiber Source, 2015)

Tekstil liflerinin etrafındaki çevre ile dengeye ulaşması için içerisindeki nem miktarını ayarlayabilme veya nemi üzerinde tutma yeteneği olarak tanımlanan nem çekme özelliği de kumaş-dış çevre ve kumaş-deri arasında gerçekleşen nem iletim proseslerini etkilemektedir (Plante, Holcombe ve Stephens, 1995). Nem çeken lifler çok sayıda su molekülünü emebilmekte ve bu durum standart atmosfer şartlarında yüksek nem kazanımına sahip olmalarını sağlamaktadır. Nem çeken grupların fazla olmasının tekstil yüzeylerinde su buharı geçirgenliği ve emicilik gibi özellikleri geliştirmesine karşın, sıvı nem iletim özelliklerini tersi yönde etkilediği görülmektedir. Sentetik liflerin ise nem çekmeyen yapılarına bağlı olarak kristalin bölgelerinin fazla olması sebebiyle sıvı emme yetenekleri düşüktür, buna karşın kuruma yetenekleri gelişmiştir. Böylece üzerlerindeki nemi kolayca dış çevreye iletebilmektedirler (Das ve diğer., 2009b). Emicilik özellikleri iyi olan nem çeken lifler ve nem çekmeyen liflerin karıştırılması sonucunda tekstil yüzeylerinin nem iletim yetenekleri geliştirilebilmektedir.

Liflerin sıvıyı iletme ve emicilik özellikleri lif-sıvı etkileşimleri ve lifli materyallerin geometrik konfigürasyonundan etkilenmektedir (Hsieh, 1995). Tekstil yüzeylerinin sıvı iletim özelliklerini iyileştirmek için çeşitli firmalar tarafından geliştirilmiş olan farklı lif kesit yapısına ya da lif karışımlarına sahip birçok ticari lif üretilmiştir. Bu lifler ve bu liflerden üretilen kumaşlar üretildikleri şirketler tarafından ticari olarak isimlendirilmiştir. İlk nem yönetimli kumaş 1953 yılında Damart firması tarafından üretilmiş olan Thermolactyl®'dir. Dupont firması

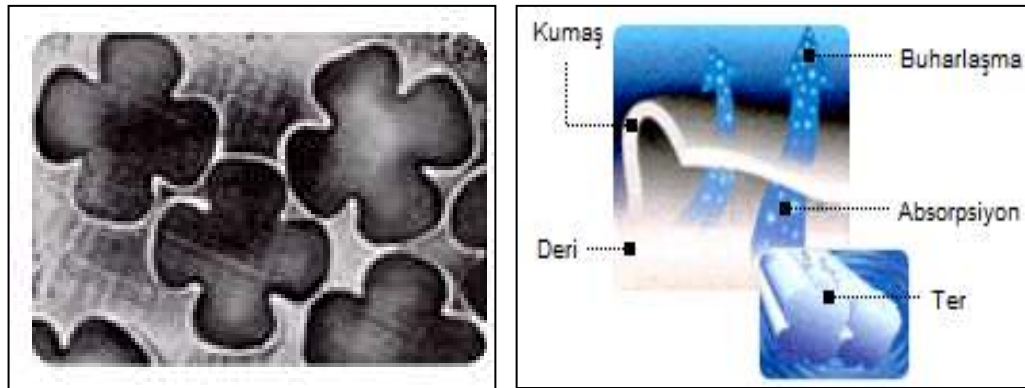
tarafından geliştirilen ve üstün nem yönetim özellikleri ile bilinen Coolmax® kumaşlar ilk kez 1984 Olimpiyat Oyunları'nda kullanılmıştır (Clark, 2008).

Günümüzde Invista firması tarafından üretilmekte olan modifiye edilmiş bir poliester lifi olan Coolmax® liflerinin üzerinde kanallar bulunmaktadır. Yüzey alanının fazla olması ve lif yapısında bulunan olukların oluşturduğu kapiler boşluklar sayesinde, sıvının tekstil yüzeyinden hızlıca buharlaşmasını sağlamaktadırlar. Bu lifin kanallı yapısı Şekil 1.18'de gösterilmiştir (Invista, 2015; Patnaik ve diğer., 2006).



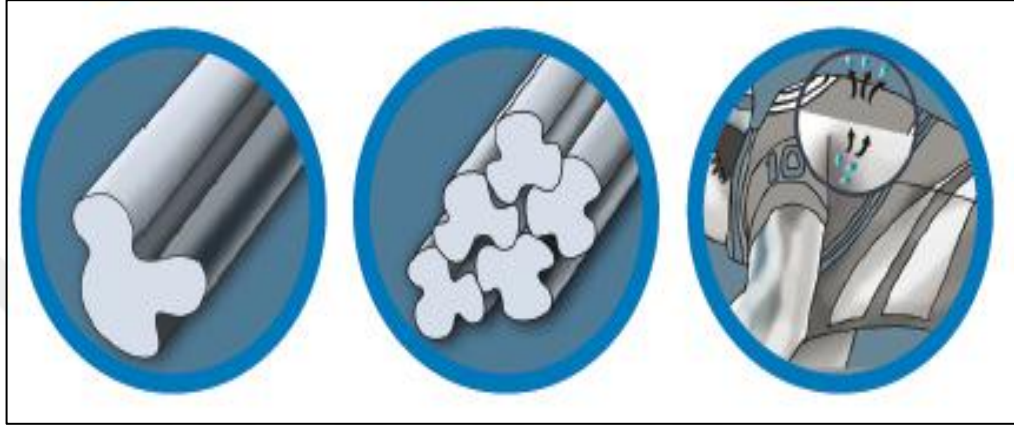
Şekil 1.18 Coolmax® lifinin kesiti ve kumaştan nem transferinin gösterimi (Invista, 2015)

Hyosung firması tarafından geliştirilen kesit şekli değiştirilmiş bir poliester lifi olan Aerocool® liflerinden yapılmış olan ipliklerde kapiler hareketlerin ter emilimini arttırdığı ve oluşacak terin deriden dış ortama hızla uzaklaştırabileceği üretici firma tarafından iddia edilmektedir (Şekil 1.19) (Hyosung, 2015).



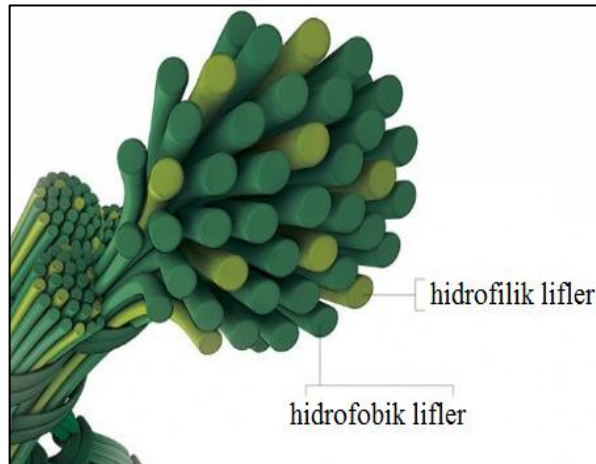
Şekil 1.19 Aerocool® lifinin yapısı ve kesit şekli (Hyosung, 2015)

Nilit Fibers firması tarafından üstün nem yönetim özelliğine sahip olduğu iddiasıyla piyasaya sunulan Nilit® Aquarius lifleri naylon 6.6 lifinin geliştirilmiş bir çeşididir. Terin vücuttan uzaklaştırılması için mikro kanallı yapıda ve kesit yapısı T şeklinde tasarlanmıştır. Böylece lifin yüzey alanı arttırılarak nem yönetim özellikleri iyileştirilmeye çalışılmıştır (Şekil 1.20) (Nilit, 2015).



Şekil 1.20 Nilit® Aquarius lifi kesit yapısı (Nilit, 2015)

Drirelease® adı verilen ticari tekstil yapılarında ise %85-90 nem çekmeyen sentetik lifler ve %10-15 nem çeken doğal liflerin karıştırılması ile deriden nem ve terin hızlıca emilebilmesi ve kumaşın dış kısmına hızlıca buharlaştırılabilmesi sağlanabilmektedir. Kılcal emmenin gerçekleşmesi için herhangi bir kimyasal işlem uygulanmadığı için yıkama sonrası nem iletiminde herhangi bir sorun yaşanmayacağı firma tarafından özellikle vurgulanmaktadır (Şekil 1.21) (Drirelease, 2015).



Şekil 1.21 Drirelease® yapısı (Drirelease, 2015)

Geliştirilmiş olan yeni lif yapılarına verilebilecek diğer bazı örnekler ise şunlardır: Thermolite® (Invista), Thermocool® (Invista), Cirrus® (Wellman International), Calculo® (Teijin Frontier Co.,Ltd.), Octa® (Teijin Frontier Co.,Ltd.), Coolever® (Huvis), CoolBest® (Libolon), Luxicool® (Luxilon Industries NV)...

1.3.2 İplik ve Kumaş Yapısı

Tekstil yüzeylerinin üretim parametrelerinden olan iplik ve kumaş yapısal ve fiziksel özellikleri, gözenekli yapılar olan tekstillerin sıvı nem iletim özelliklerini ve kuruma yeteneklerini etkileyen diğer parametrelerdir.

İplik özelliklerinden biri olan büküm faktöründeki artış ile lifler arasındaki kapiler boşluklar azaldığı için kılcal emme yüksekliği azalmakta ve kılcal emme suresi uzamaktadır (Ansari ve Kish, 2000; Taheri, Vadood ve Johari, 2013). İplik üretim yöntemlerindeki farklılıklar sonucunda da sıvı iletim özelliklerinin değiştiği birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Kompakt ipliklerin yüksek paketleme yoğunluğu sebebiyle kılcal emme yeteneklerinin konvansiyonel ring ipliklerine göre daha düşük olduğu gözlenmiştir (Subramanian, Venkatachalam ve Subramaniam, 2007). Murata Jet Spinning (MJS) iplikler ve konvansiyonel ring ipliklerinin konfor özelliklerinin karşılaştırıldığı diğer bir çalışmada ise MJS ipliklerin yapısının sıkı olmamasından kaynaklı olarak geçirgenlik ve emicilik özelliklerinin ring ipliklere göre daha iyi olduğu, buna karşın kılcal emme yeteneklerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tyagi, Bhattacharya ve Kherdekar, 2011).

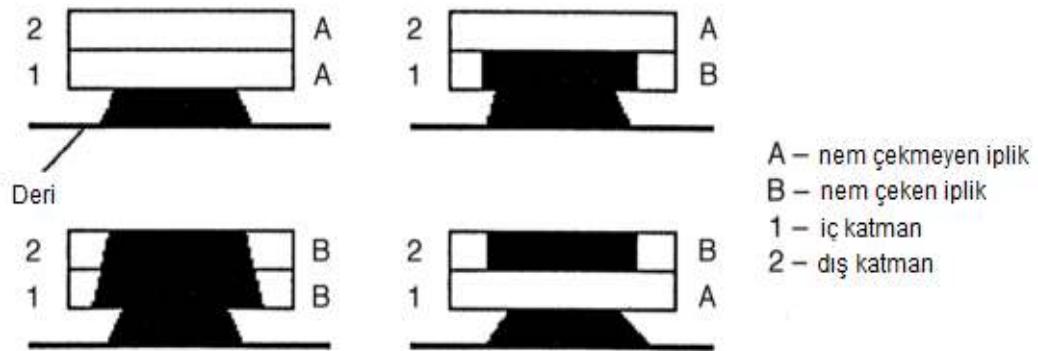
İnce ipliklerden yapılmış olan kumaşlarda kılcal emme yüksekliği ve su emme miktarı yüksektir. İnce olduklarından dolayı ıslandıktan sonra üzerlerinde tutmuş oldukları su miktarı az olduğu için kalın ipliklerden yapılanlara göre hızlıca kurumaktadırlar (Erdumlu ve Sarıcam, 2013). Tek katlı ipliklerden yapılmış olan kumaşların açık ve gözenekli yapıya sahip olması sebebiyle çok katlı ipliklere göre su buharı iletim davranışlarının daha gelişmiş olduğu söylenebilmektedir (Behera ve Mishra, 2007).

İplik özelliklerinin yanı sıra kumaş yapısal özelliklerinden olan örgü tipi, kalınlık, sıklık gibi parametreler de tekstil materyallerinin ıslanma ve kılcal emme davranışlarını değiştiren, yapı içerisindeki gözenek dağılımını etkileyen özelliklerdir. Atlama sayısı fazla olan dimi örgü tipine sahip olan kumaşların, bezayağı kumaşlarla kıyaslandığında kumaş yüzeyi üzerinde mevcut olan hava gözeneklerinin sayısına bağlı olarak değişen damla emme süresinin daha düşük ve toplam emiciliğinin daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca dimi kumaşlarda kılcal emme hızı bezayağı kumaşlara göre daha yüksek, su buharı direnci daha düşük çıkmaktadır (Behera, Ishtiaque ve Chand, 1997). Kumaş kalınlığında artış olduğunda, buhar kanalları da genişlemekte ve bu durum su moleküllerinin difüze edilmesi için gerekli olan süreyi arttırmaktadır. Kalınlığın artması ile liflerin amorf bölgelerine girecek olan su molekülü sayısı artmakta, buna bağlı olarak da nem geçirgenlik değeri azalmaktadır (Li, Wang ve Ren, 2005). Kumaşlarda sıklık artışı ise kılcal emme yüksekliğinin azalmasına sebep olmaktadır (Mazloumpour, Rahmani, Ansari, Nosrati ve Rezaei, 2011).

Giysi konforunun sürekliliğinin sağlanması amacıyla farklı yöntemler kullanılarak nem yönetimli kumaşlar geliştirilmiştir. Genellikle üretilen bu kumaşlarda temel prensip çok katlı olmaları ve kumaşların deri ile temas eden kısımlarında nem çekmeyen lifler kullanılarak sıvının emilmeyip bir üst katmana iletilmesi ve üst katmanda kullanılan nem çeken lifler ile de sıvı emiliminin sağlanarak dış çevreye aktarılmasıdır. Çok katlı kumaşlarda kumaşlar arasında kılcal emme buhar difüzyon prosesi ile sağlanmaktadır ve kumaş katmanları üzerine uygulanan dış basınç, bu katmanların birbirleri ile olan teması ve kumaş pozisyonları ile yakından ilişkilidir. Bu kumaşlarda sıvı önce deri ile bütünleşik durumda olan kumaş tabakasındaki boşlukları doldurmaya başlar. Yeteri kadar sıvı varsa bu kumaş doyuncaya kadar devam eder. Kritik bir noktadan sonra ise, sıvı birinci tabakadan ikinci tabakaya transfer edilmeye başlamaktadır (Patnaik ve diğer., 2006).

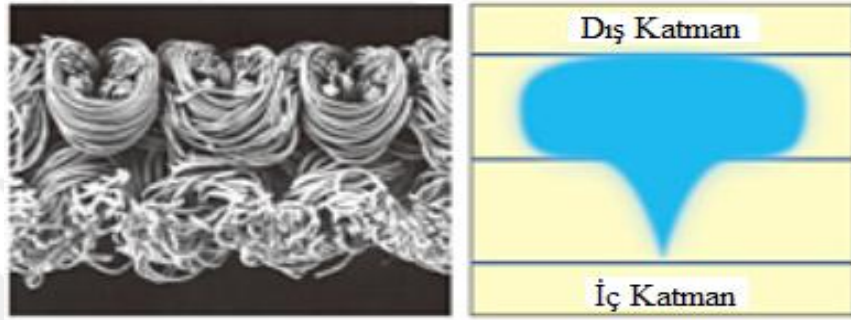
Liflerin farklı su emme yeteneklerine bağlı olarak iki katlı örme kumaşlar dört kategori altında toplanabilmektedirler (Şekil 1.22).

- Hem iç hem de dış katman nem çekmeyen ipliklerden yapılmışsa; iç katmandaki yapı tarafından suyun emilimi zor olacaktır. Oluşan ter kumaş içerisindeki gözenekler yoluyla su buharı olarak difüze olacak ve oldukça yavaş şekilde buharlaşacağından bu durum kişilerde konforsuzluğa neden olacaktır.
- İç katman nem çeken, dış katman nem çekmeyen ipliklerden yapılmışsa; deri ile temas eden iç katman tarafından ter emilir fakat üst katmandaki liflerin nem çekmemesi yüzünden dış katmana transfer edilemeyecektir. Bu durum nedeniyle kumaş kişiler tarafından ıslak ve soğuk hissedilecektir.
- Hem iç hem de dış katman nem çeken ipliklerden yapılmışsa; iç katman tarafından emilen sıvı dış katmana transfer edilecek ve dış kısımdaki ıslak alandan da çevreye transfer edilecektir. Buharlaşma hızı oluşan alan ile doğrudan ilişkilidir. İç katmanda kalan sıvı miktarı arttıkça ve dış ıslanma alanı küçüldükçe buharlaşma hızı azalacak, kumaş ıslak ve soğuk hissedilecektir.
- Dış katman nem çeken, iç katman nem çekmeyen ipliklerden yapılmışsa; ter iç katman tarafından doğrudan zor bir şekilde emilecektir. Fakat iç katmandaki lifler arasından kılcal emme hareketi ile dış katmana transfer edilebilecektir. Dış katmanın su emicilik yeteneği yüksektir ve terin hızlı bir şekilde buharlaşmasını sağlayan geniş ıslak bir alan oluşturmaktadır. Bu durum da giysi konforunu iyileştirmektedir (Long, 1999).



Şekil 1.22 İki katlı kumaşlarda nem transfer modelleri (Long, 1999)

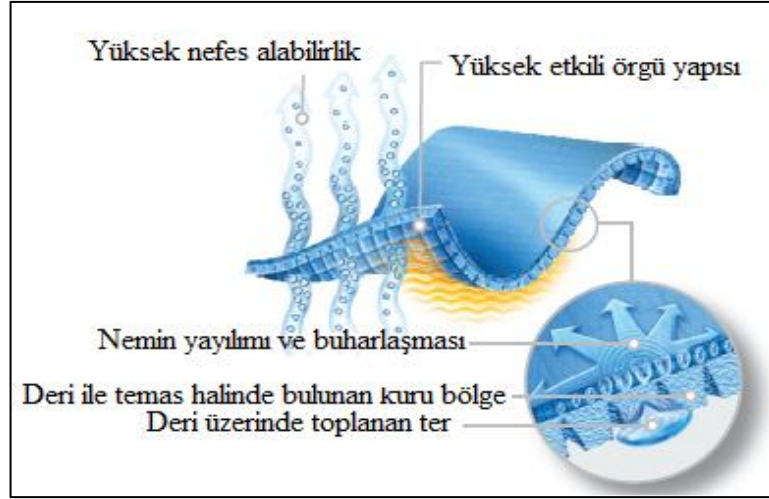
Çeşitli firmalar tarafından ticari olarak çok katlı kumaş yapısına göre geliştirilmiş, farklı kullanım amaçlarına göre tasarlanmış birçok nem yönetimli kumaş bulunmaktadır. Teijin Frontier Co. Ltd. firması tarafından iç katmanı gevşek, dış katmanı sıkı olarak iki katlı yapıda üretilmiş olan Microft®QD kumaşının oluşan kılcal etki ile deriden hızlıca teri uzaklaştırabildiği üretici firma tarafından belirtilmektedir (Şekil 1.23) (Teijin Frontier Co Ltd, 2015).



Şekil 1.23 Microft® QD kumaşının kesit görüntüsü ve sıvıyı uzaklaştırması (Teijin Frontier Co Ltd, 2015)

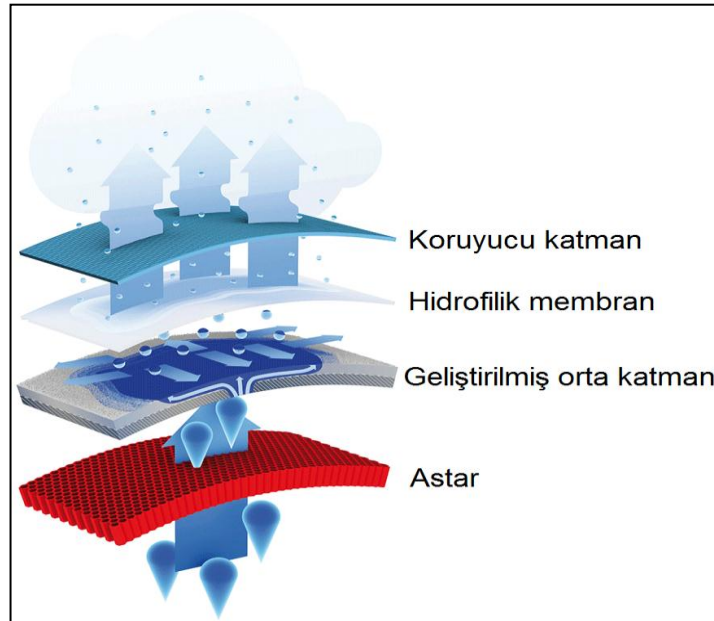
Polartec firmasının patentli ürünü olan Polartec® Power Dry® High Efficiency® terleme durumunda kişilerin derisini kuru tutabilmek amacıyla tasarlanmış bir kumaştır. Bu kumaş yapısı Şekil 1.24'te gösterilmiştir. Üretilen bu kumaşta kullanılan özel iki bileşenli örgü yapısı sayesinde kumaşın geçirgenlik yeteneği arttırılmakta, kumaş ağırlığı minimuma indirilmekte ve konfor açısından önemli olan vücut sıcaklığının korunmasının sağlanabildiği üretici firma tarafından belirtilmektedir (Polartec, 2015).

Kumaş yapılarında mikroliflerin kullanılması sonucunda da yüzey alanının artmasına bağlı olarak ter deriden hızlıca uzaklaştırılabilmektedir. Bu amaçla tasarlanmış olan mikroliflerden üretilmiş olan ticari kumaşlar da bulunmaktadır. Bunlardan biri olan MST® (Moisture System Transference) kumaşı Garmatex Technologies, Inc. tarafından geliştirilmiştir (Garmatex, 2015).



Şekil 1.24 Polartec® Power Dry® High Efficiency® kumaş yapısı (Polartec, 2015)

SympaTex Technologies firmasının ayakkabılarda konforun artırılmasına yönelik olarak geliştirdiği çok katlı yapı Moisture-Tech® ise farklı özelliklere sahip olan katmanları vasıtasıyla teri hızlıca uzaklaştırarak değişen iklimik koşullarda ayakların maksimum konfora sahip olmasını sağlamak için Şekil 1.25`de görüldüğü gibi tasarlanmıştır. Bu yapı içerisinde bulunan astar ve nem çeken iç katman ayaktan nemin emilimini sağlamakta; orta katman vasıtasıyla nemin yayılımı sağlanmakta ve son olarak nemin dış çevreye verilmesi için kılcal emme ve buharlaştırma işlemleri gerçekleştirilmektedir (SympaTex, 2015).



Şekil 1.25 Moisture-Tech® kumaş yapısı (SympaTex, 2015)

1.3.3 Terbiye İşlemleri

Tekstil yüzeylerinin ıslanma, kılcal emme ve emicilik özelliklerinde iyileştirme yapılabilmesi amacıyla bu yüzeyler üzerine uygulanan çeşitli bitim işlemleri bulunmaktadır ve bu işlemler genel olarak nem yönetim bitim işlemleri (MMF-Moisture Management Finish) olarak adlandırılmaktadır.

Yoo ve Barker (2004) aramid ve aramid/rayon karışımı ısıya dayanıklı iş giysilerinin nem yönetim özellikleri üzerinde nem çekme bitim işlemlerinin etkisini inceledikleri çalışmalarında aramid kumaşlarda emilim hızının arttığını, rayon karışımı olanlarda ise aramid kumaşlara göre buhar emilim özelliklerinin geliştiğini gözlemlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise Ng ve Hui (2005), Texcote adı verilen ve kumaşlarda su iticilik, hava geçirgenlik gibi özelliklerin geliştirilmesi için uygulanan özel bir nano bitim işlemini pamuklu gömleklik kumaşlara uygulayarak kişilerin konfor algılarını subjektif yöntemlerle değerlendirmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda bitim işlemi görmüş ve görmemiş kumaşlarda egzersiz öncesi önemli olan parametre dokunsal konfor iken, sonrasında nem ile ilişkili parametreler olduğu sonucuna varılmıştır. Ramachandran ve Sampath (2007) çalışmalarında ıslatıcı içeren MMF uygulanmış ve uygulanmamış pamuk, pamuk/poliester, mikrodene poliestere ve naylon dokuma kumaşların nem yönetim özelliklerini belirleyerek, kumaşların konforuna katkıda bulunan ıslatıcı maddeleri belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda ıslatıcı olarak kullanılan alkol etoksilat karışımı ve 1:2 oranında aminosilikon polieter kopolimer ve nem çeken polimer içeren reçetenin pH 5,5 ve 60-70°C sıcaklığında uygulanmasının optimum bitim işlemi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca mikrodene poliestere kumaşlar ve pamuklu kumaşların kılcal emme, ıslanma ve su emicilik değerlerinin pamuk/poliester karışımı kumaşlar ve naylon kumaşlardan daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Sampath ve Senthilkumar (2009) çalışmalarında mikro incelikteki poliestere kumaşlardan yapılmış olan kumaşlara amino silikon polieter kopolimer esaslı bir MMF uygulayarak, bu işlemin etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda MMF uygulanan kumaşlarda su emicilik hızının arttığı ve su buharı transfer özelliklerinde iyileşmeler olduğu belirlenmiştir.

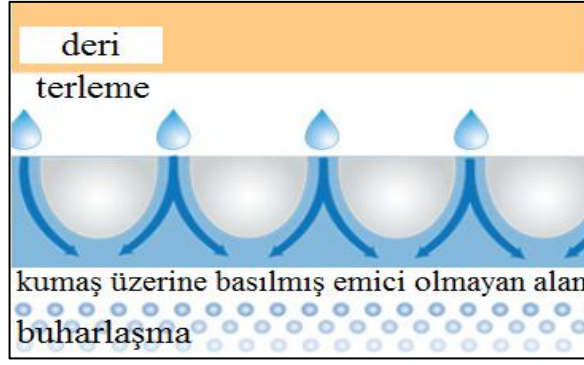
Kimyasal uygulamalar yapılarak geliştirilmiş ve ticarileştirilmiş olan tekstil yüzeyleri veya tekstil kimyasalları çeşitli firmalar tarafından üretilmektedir. Bunlardan biri olan Schoeller Technologies firması tarafından üretilen 3XDRY® bitim işleminde temel prensip; tek katlı bir tekstil yüzeyinin iç kısmına nem çeken, dış kısmına nem çekmeyen işlem uygulanmasıdır (Şekil 1.26). Firma tarafından bu kimyasal işlem ile terin iç kısımda geniş bir alana yayılarak vücuttan kolay bir şekilde uzaklaştırılabildiği ve dış katmanın terin dışarı çıkmasını önleyerek dışarıdan ter lekelerinin görünürlüğünün azalmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir (Schoeller Tech, 2015).



Şekil 1.26 3XDRY® uygulanmış kumaş yapısı (Schoeller Tech, 2015)

Cotton Incorporated tarafından geliştirilmiş olan Wicking Windows™ teknolojisi de pamuklu kumaşlarda ıslaklık hissini yok etmeyi hedefleyen bir nem yönetim uygulamasıdır. Bu teknoloji pamuklu kumaşların deriye yakın kısmı üzerindeki alanlara baskı uygulaması yoluyla yapılmaktadır (Cotton Incorporated, 2015). Şekil 1.27’de bu teknolojinin uygulandığı kumaş yapısı görülmektedir.

Bu kimyasal ya da kumaş yapılarına verilebilecek diğer örnekler ise şunlardır; Hydroperm® (Archroma Textiles), Scotchgard™ (3M), Vaportex® (Texollini), Coolest Comfort® (Nanotex), Dry Inside® (Nanotex), MCS® (Burlington)...



Şekil 1.27 Wicking Windows™ teknolojisi uygulanmış kumaş yapısı (Cotton Incorporated, 2015)

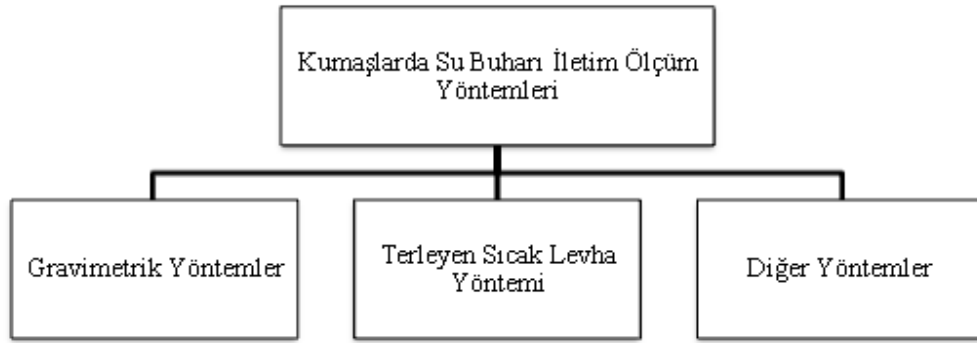
1.4 Tekstil Yüzeylerinin Su Buharı ve Sıvı İletim Özelliklerinin Ölçüm Yöntemleri

Standart atmosfer şartlarında kumaşların su buharı iletim fonksiyonları hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve termal iletkenlik; sıvı iletim fonksiyonları ise, kumaşların kılcal emmesi ve su emiciliği ile ilişkilidir (Singh, Chatterjee ve Das, 2010b). Tekstil yüzeylerinin üretim prosesleri ve çeşitli kullanım alanları için oldukça önemli olan su buharı ve sıvı transfer özelliklerinin belirlenmesi amacıyla birçok standart ve ölçüm yöntemi geliştirilmiştir. Bu objektif yöntemleri su buharı ve sıvı (nem) iletim ölçüm yöntemleri olarak iki sınıf altında incelemek mümkündür. Bunun yanı sıra kişilerin ıslaklık, konforsuzluk, soğukluk gibi algılarının belirlenmesine ve vücutlarının bu durumlara verdiği fizyolojik cevapların ölçülmesine olanak sağlayan giyim denemeleri de araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir.

1.4.1 Su Buharı İletim Özellikleri

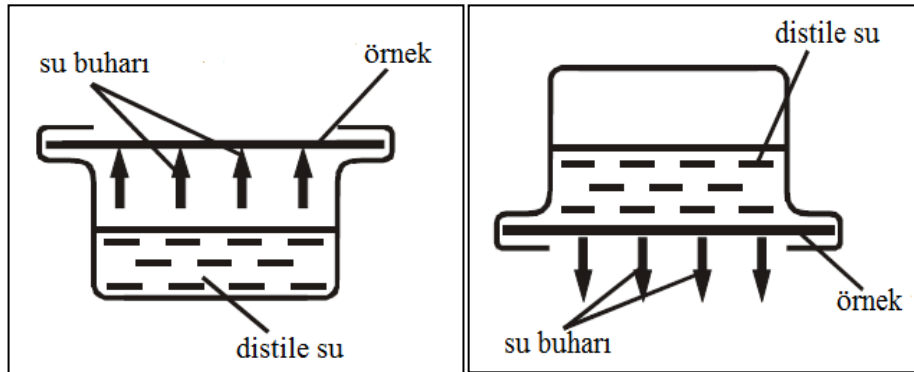
Giysilerde nefes alabilirliğin bir göstergesi olan su buharı geçirgenliği tekstil yüzeylerinin su buharını deri yüzeyinden dış çevreye iletme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Gericke ve Pol, 2010). Kumaşların su buharı iletim özelliklerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan yöntemler Şekil 1.28’de gösterildiği şekilde sınıflandırılmaktadır.

Tekstil materyallerinde su buharı geçirgenliği ölçümleri için genellikle gravimetrik yöntemler kullanılmaktadır. Tekstil materyallerinin su buharı iletim özelliklerinin ölçümü için kullanılan farklı standartlar (ASTM E96 / E96M – 14, 2014; BS 7209, 1990; ISO 15496, 2005) ve çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en bilinenleri dikey kap yöntemi, ters çevrilmiş kap yöntemi, kurutucu kap yöntemi ve dinamik nem nüfuz hücresi (DMPC) yöntemleridir.



Şekil 1.28 Kumaşlarda su buharı iletim özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler

Dikey kap ölçüm yönteminde üzeri test edilecek olan kumaş numunesi ile örtülmüş ve içerisi su ile doldurulmuş olan kaptaki suyun zamana göre azalması, bir gün boyunca periyodik olarak kabın tartılması sonucunda tespit edilmektedir. Ters çevrilmiş kap yönteminde ise, kabın ağız kısmına PTFE membran kaplanmaktadır. Hazırlanan test numunesi bu membran üzerine yerleştirilmektedir. Bu yöntemde de kabın ağırlığı aynı şekilde bir gün boyunca periyodik olarak ölçülmektedir (Şekil 1.29).



Şekil 1.29 Dikey kap ve ters çevrilmiş kap yöntemi ölçüm düzeneği (McCullough, Kwon ve Shim, 2003)

Su buharı iletim hızının (WVT) hesaplanması için her iki yöntemde de aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır;

$$WVT = \frac{G \times 24}{t \times A} \quad (g/m^2/gün) \quad (1.38)$$

Bu eşitlikte G ağırlık değişimini (g), A etkin kumaş alanını (m²), t ağırlık değişiminin meydana gelmesi boyunca geçen zamanı (saat) göstermektedir (Arabuli, Vlasenko, Havelka ve Kus, 2010; Huang ve Qian, 2008).

ISO 11092 ve ASTM F1868-14 standartlarına göre dinamik terleyen sıcak levha test cihazı ya da Hohenstein deri modeli kullanılarak kumaşlarda su buharı direnci ve termal direnç ölçümleri yapılabilmektedir. Fakat kumaşların su buharı geçirgenlik değerlerinin doğrudan bu cihazda ölçülmesi mümkün olmamaktadır. Kumaşlarda su buharı direnci ölçümlerinin yapıldığı terleyen sıcak levha test cihazı, ölçüm ünitesi ve su kaynağından oluşmaktadır. Su kaynağında bulunan damıtılmış su gözenekli levhanın yüzeyine beslenmektedir. Gözenekli levhanın üzeri su buharını geçirebilen ancak su geçirmez olan bir selofan ile kaplıdır. Hazırlanan kumaş numunesi bu selofan üzerine yerleştirilerek ölçümler gerçekleştirilmektedir. Gözenekli levha vücut deri sıcaklığını simüle eden sabit bir sıcaklığa ısıtılmaktadır. Tekstil materyallerinde su buharı direnci değerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır;

$$R_{et} = \frac{A \times (P_s - P_a)}{H} - R_{et0} \quad (m^2Pa/W) \quad (1.39)$$

Burada P_s ve P_a sıcak levhanın yüzeyinin ve ortam havasının su buharı basınç değerlerini (Pa), A ölçme ünitesinin alanını (m²), H ölçme ünitesinin ısıtma gücünü (W), R_{et0} ise çıplak levhanın su buharı direncini ifade etmektedir (Huang ve Qian, 2008). Dinamik terleyen sıcak levha test cihazında ölçülebilen başka bir geçirgenlik değeri ise, kumaşın su buharı direncinin yanı sıra termal direncini de göz önünde bulundurarak kumaşların nefes alabilirliği hakkında bilgi veren su buharı geçirgenlik indeksidir. ISO 11092'ye göre bu indeks su buharının geçişi için kumaş

geçirgenliğinin relatif bir ölçüsü olarak tanımlanabilmektedir ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır;

$$I_{mt} = \frac{R_{ct}}{R_{et}} \times 60 \quad (1.40)$$

Eşitlikte R_{ct} kumaş termal direnç değerini ve R_{et} su buharı direnç değerini göstermektedir. Geçirgenlik indeks değeri 0 ve 1 arasında değişmektedir. Bu değer 0 ise kumaş geçirgen değildir ve 1 ise tamamen geçirgendir olarak ifade edilmektedir. Kumaş geçirgenlik indeks değeri ile kumaşların hava geçirgenlik, kalınlık, nem kazanımı, termal iletkenlik ve kuruma hızı arasında anlamlı ilişkiler bulunmaktadır (Bedek, Salaün, Martinkovska, Devaux ve Dupont, 2011).

Giysilerde termal konfor belirlenirken objektif ölçüm yöntemlerinin yanı sıra doğrudan insan vücudu üzerinden alınan fizyolojik ölçümler ve algı değerlendirmeleri de kullanılabilmektedir. Fakat insan vücudu üzerinden ölçüm almanın maliyetli olması, fazla zaman harcanması ve elde edilen ölçüm sonuçlarının daha az tekrarlanabilirliğe sahip olması gibi sebepler dolayısıyla insan vücudu formunda tasarlanmış olan farklı simülasyon test cihazları geliştirilmiştir. Dinamik terleyen sıcak levha test cihazının prensibine göre çalışan ve başlangıçta giysi termal yalıtımının ölçülmesi için geliştirilmiş olan termal mankenler de bu simülasyon cihazlarından biridir (Fan ve Qian, 2004). Karmaşık bir yapıya sahip olan termal mankenler yaklaşık 70 yıldan beri araştırma ve geliştirme amaçlı olarak tekstil endüstrisinde kullanılmaktadır. Dünyada 100'den fazla termal manken bulunduğu bilinmektedir. Tarihte kullanılan ilk termal manken 1940'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri Ordusu'nda kullanılan tek parçalı bakır mankendir (Holmer, 2004).

Termal mankenler için kullanılan üç tip ısıtma sistemi bulunmaktadır. Bu sistemlerde ısıtma elemanı mankenin dış yüzeyi, mankenin iç yüzeyi veya mankenin iç alanına yerleştirilebilmektedir. İç yüzey ya da iç alana ısıtma elemanı yerleştirileceğinde, manken yüzey sıcaklığının sabit olarak tutulabilmesi için mankenin dış kabuğunda alüminyum, bakır gibi yüksek iletkenliğe sahip materyaller kullanılmaktadır (Tanabe, Arens, Bauman, Zhang ve Madsen, 1994). Termal

mankenlerin üretimi sırasında yapılan çeşitli değişiklikler ile hareket edebilen, nefes alabilen, terleyen mankenler geliştirilmiştir (Şekil 1.30).

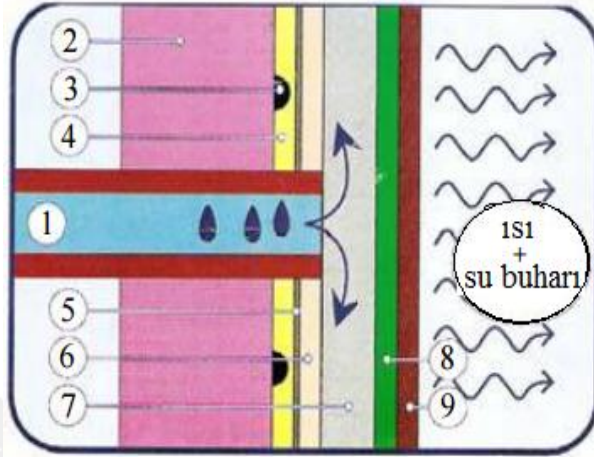
Terleyen termal mankenler, insan ve insanın termal çevresi arasında giysi sistemi üzerinden ısı ve su buharı transferini simüle eden cansız mankenlerdir (Zimmerli, 2000). Terleyen termal mankenlerin yüzeyi insan derisine benzer şekilde ısı ve nem üretmektedir ve manken üzerine giydirilen giysi üretilen ısı ve su buharının çevreye geçişini engelleyerek bir bariyer etkisi oluşturmaktadır. Terleyen termal mankenlerde yüzeyin nem üretebilmesi için yüzey üzerine kontrollü miktarda sıvı sağlayan çok sayıda ter bezi yerleştirilmektedir (Şekil 1.31). Terleyen termal mankenler sıklıkla fonksiyonel ve koruyucu giysilerin farklı çevre ve iş koşulları için konforunun değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu mankenler sayesinde farklı çevre koşullarında termal denge üzerine giysi sisteminin etkisi belirlenebilmektedir (Meinander, 1999).



Şekil 1.30 Terleyen termal mankenler “NEWTON” ve “ADAM” (National Research Council, 2008; Wang 2008)

Terleyen mankenlerde terleme seviyesi, deri ve çevre sıcaklığı, test süresi ve test döngüsü giysilerin kullanım amaçlarına göre değiştirilebilmektedir. Terleyen termal mankende yalnızca su buharı direnci ölçümleri değil; aynı zamanda bölgesel ve

ortalama vücut ısı değerleri, termal yalıtım, su buharı iletimi, ısı kaybı üzerinde terlemenin etkisi, giysiler içerisindeki sıvının yoğunlaşması, vücut bölgeleri arasında farklılıklar, test döngüleri sırasında gerçekleşen dinamik değişiklik ölçümleri de izlenebilmektedir (Henri, 2012).



Şekil 1.31 “Coppelius” isimli terleyen termal manken üzerindeki ter bezinin kesiti (1. Su kaynağı; 2. Kabuk; 3. Isıtılmış tel; 4, 5, 6, 9 koruyucu katman; 7. Kılcal emme katmanı; 8. Mikro gözenekli katman) (Meinander, 1999)

Terleyen termal mankenler dışında, ölçüm yöntemi terleyen termal mankenlere benzer şekilde, tekstil malzemelerinin kullanım yerlerine göre termal konfor ölçümlerinde kullanılmak üzere dizayn edilmiş olan ve insan vücudunun çeşitli parçalarını simüle eden terleyen gövde, el, ayak ve baş gibi ölçüm cihazları da bulunmaktadır (Şekil 1.32).



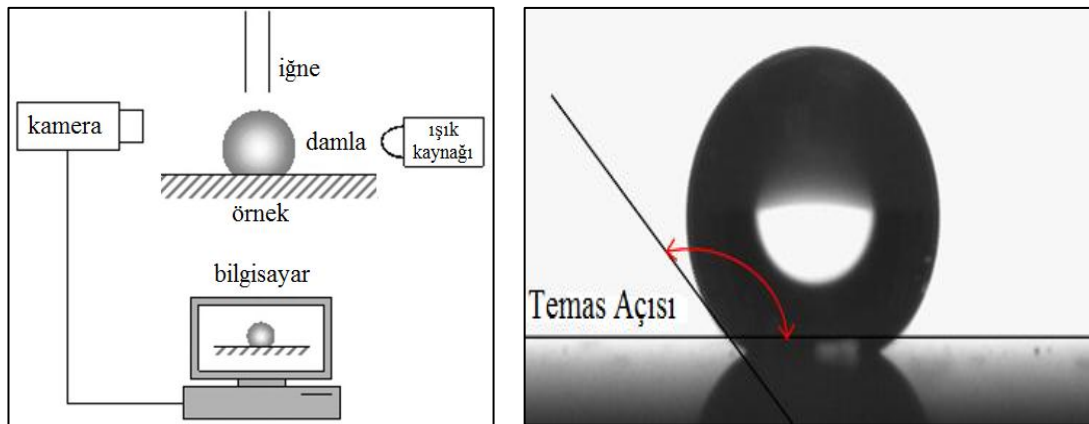
Şekil 1.32 Terleyen termal baş ve el (Northwest, 2015)

1.4.2 Islanma ve Sıvı (Nem) İletim Özellikleri

Tekstil yüzeylerinin sıvı iletim özelliklerinin belirlenmesi için temas açısı, yüzey gerilimi, nem kazanımı ve nem içeriği ölçümleri, kuruma yeteneğinin ve emicilik özelliklerinin belirlenmesi gibi testler geliştirilen çeşitli yöntemler ya da ilgili standartlara uygun olarak gerçekleştirilmektedir.

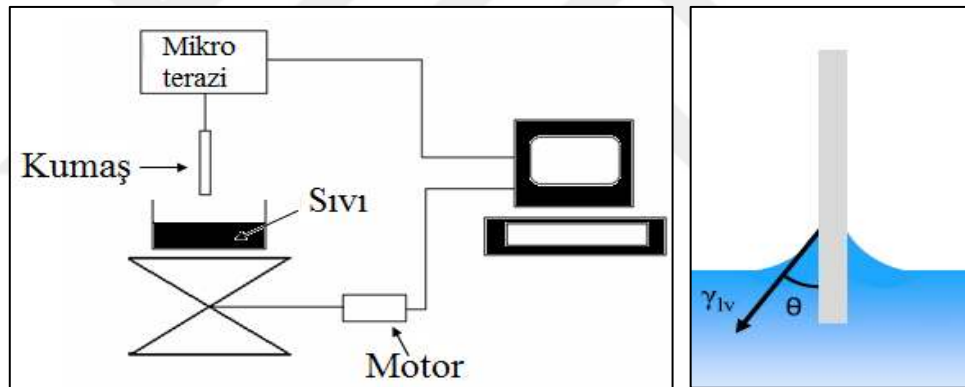
1.4.2.1 Temas Açısı Ölçümü

Tekstil yüzeylerinde temas açısı ölçümü iki yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bunlar (1) Gonyometre ve (2) Tensiyometre yöntemleridir. Gonyometre yöntemi ile temas açısının ölçülmesinde temel prensip, katı üzerinde bulunan sıvı damlasının şeklinin analiz edilmesine dayanmaktadır. Burada temas açısı olarak katı ve damla yüzeyinin teğeti arasındaki açı ölçülmektedir. Bu yöntem için test düzeneğinde tekstil üzerine damlanın damlatıldığı bir iğne, damla görüntüsünün rahat alınabilmesi için bir ışık kaynağı, damla görüntülerini kaydetmek ve bilgisayara göndermek için tasarlanmış bir kamera düzeneği yer almaktadır (Şekil 1.33). Bu yöntem ile büyük ölçüde düzgün yüzeylerin üzerindeki çok küçük sıvı damlaları için analiz yapılması mümkün olmasına karşın; teğet çizgisinin belirlenmesinin zor olması, çekilme ve yayılma temas açılarının yeniden ölçüldüğünde aynı sonuçları vermesinde karşılaşılan zorluklar, katı üzerinde sıvının hızını kontrol etme zorluğu gibi dezavantajları bulunmaktadır (Patnaik ve diğer., 2006).



Şekil 1.33 Gonyometre temas açısı ölçüm sistemi ve damla görüntüsü (Salaun, Devaux, Bourbigot ve Rumeau, 2009)

Tensiyometre yöntemi Wilhelmy prensibine dayanarak ıslanma sıvısının yüzey gerilimi ve katının çevresi kullanılarak, bir katının test sıvısı içerisine yerleştirilmesine dayanmaktadır. Bu tekniğe göre ölçülen kuvvet değeri katının çevresi boyunca tüm noktalarda oluşan ortalama bir kuvvet değerini göstermektedir (Patnaik ve diğer., 2006). Kumaşlar için sıvı-katı temas açısı ölçüleceğinde kumaşın pürüzlü yapısının damlanın emilimine sebep olabilmemesinden dolayı kumaşlar için tensiyometre yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntemde kesilen kumaş numuneleri bir telin uç kısmındaki kancaya takılmakta ve tel de mikro teraziye alt kısmından tutturulmaktadır. Test sıvısının içinde bulunduğu kap ise hareket edebilen bir düzenek üzerine ve kumaşın alt kısmına yerleştirilmektedir. Belli bir hızda ($\mu\text{m/s}$) düzenek yukarı doğru hareket ettirilerek, sıvı ve katı temas ettiğinde düzenek durdurulmaktadır. Bu durumda numune sıvı yüzeyinin içerisine birkaç mikrometre girmektedir (Şekil 1.34) (Pappas, Copeland ve Jensen, 2007).



Şekil 1.34 Wilhelmy prensibine göre temas açısı ölçümü için kullanılan düzenek ve temas açısı oluşumu (Pappas ve diğer., 2007; Yuan ve Lee, 2013)

Kumaş sıvı ile temas ettiği zaman ağırlığındaki değişim mikro terazi yardımıyla kontrol edilmektedir. Bu değişim kaldırma kuvveti ve ıslanma kuvvetinin bir kombinasyonudur. Wilhelmy prensibine göre ıslanma kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$F_W = \gamma_{LV} P \cos\theta \quad (1.41)$$

Burada γ_{LV} sıvının yüzey gerilimini, P temas çizgisinin çevresini ve θ temas açısını göstermektedir. Sonuçta toplam kontrol edilen kuvvet değişimi (F) ise şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$F = \gamma_{LV} P \cos\theta - V \Delta\rho g \quad (1.42)$$

Bu eşitlikte yer alan V yer değiştiren sıvı hacmini, $\Delta\rho$ sıvı ve hava arasındaki yoğunluk farkını ve g yerçekimi ivmesini göstermektedir (Yuan ve Lee, 2013).

1.4.2.2 Nem Kazanımı Ölçümü

Kumaşların serbest haldeki su tutma yeteneği olarak tanımlanan nem kazanımını belirleyen en önemli parametreler liflerin mikro yapısı ve hidrofilitesidir. Lif içerisinde suyu emen grup sayısının artması ile kumaşların nem kazanım değerlerinde artış olmaktadır (Bedek ve diğer., 2011). Tekstillerin nem kazanım ve nem içeriğinin belirlenmesi için kullanılan yöntemlerden birisi olan etüvde kurutma yönteminde pamuklular için ASTM D 2495-07 (2012) standardı, yünüler için ASTM D1576-13 (2013) standardı kullanılmaktadır. Bu yöntemde temel olarak kondisyonlanmış ve ilk ağırlıkları kaydedilmiş olan numuneler $105\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklığına ısıtılmış olan etüv içerisine konulmaktadır. Belli aralıklarla numune kütlesinde herhangi bir değişim olup olmadığı kontrol edilerek, kurutulan numunenin ağırlığı kuru ağırlık olarak kaydedilmektedir. Etüvden sonra atmosfer koşullarında tutulan numunelerin ağırlıkları ise orijinal yani nemli kütle ağırlığı olarak kaydedilmektedir. Bir materyalin nem kazanımı (R) numune içerisindeki nem miktarının, numunenin kuru haldeki ağırlığına (M) oranı ile belirlenmekte ve aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmaktadır;

$$R = \frac{M_0 - M}{M} \times 100 (\%) \quad (1.43)$$

Kumaş numunesinde bulunan nem miktarının, kumaşın nemli haldeki ağırlığına oranı olarak tanımlanan nem içeriği (C) hesaplanırken ise aşağıdaki eşitlik

kullanılmaktadır. Bu eşitliklerde M_0 nemli ağırlığı, M ise kuru ağırlığı ifade etmektedir (Adanur, 1995).

$$C = \frac{M_0 - M}{M_0} \times 100 (\%) \quad (1.44)$$

Lifler tarafından suyun emilim prosesi ortamın bağıl nemi, sıcaklığı, emme periyodunun uzunluğu gibi parametrelere bağlıdır. Kuru bir materyalin suyu emme prosesi başlangıçta hızlı bir şekilde gerçekleşirken, nem içeriği dengeye geldiği zaman ise yavaşlamaktadır. Denge noktasının üzerinde sıvı alımı gerçekleştiğinde ise biraz ısı üretilir ve bu kendiliğinden gerçekleşen fiziksel bir prosestir (Timar-Balazsy ve Eastop, 2011). Yüksek nem kazanımına sahip olan liflerden yapılmış olan kumaşlarda kuruma hızı oldukça düşüktür. Bu durum ise kişilerde soğukluk ve ıslaklık hissi oluşmasına sebep olmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda nem kazanım değerinin kumaşların su buharı direnci ile pozitif yönlü ve nem geçirgenlik değerleri ile negatif yönlü anlamlı ilişkilere sahip olduğu belirlenmiştir (Bedek ve diğer., 2011; Jun, Park, Shim ve Kang, 2009; Li ve diğer, 2005).

1.4.2.3 Emicilik Yeteneğinin Belirlenmesi

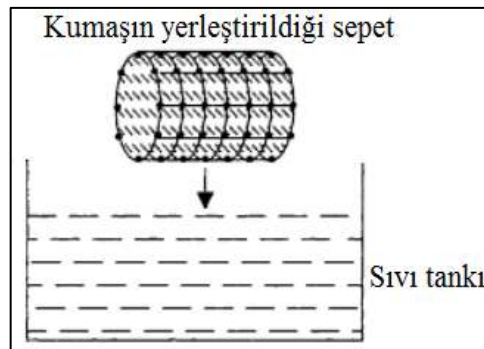
Sıvının kumaş içerisine kapiler olarak penetrasyonu sınırlı ya da sınırsız bir sıvı haznesinden gerçekleşebilmektedir. Sınırsız hazneden gerçekleşen kılcal emme ölçümleri batma testi ve yatay ve dikey kılcal emme testlerini içermekte; sınırlı hazne ölçümlerinde ise kumaş yüzeyi üzerine bir damla olarak damlatılan sıvının hareketi incelenmektedir (Patnaik ve diğer., 2006).

1.4.2.3.1 Emme Kapasitesi ve Yatay Kılcal Emme. Bir malzemenin sıvıyı almak ve bünyesinde tutmak için gösterdiği eğilim olarak tanımlanan su emicilik kavramı, tekstil yüzeylerinin vücudun üretmiş olduğu terin emilimi için göstermiş olduğu yetenek olarak da tanımlanabilmektedir. Su emicilik değeri kumaşlarda hammadde, kalınlık, katı ve sıvının hacimsel yoğunluğundan etkilenmektedir (Behera ve diğer., 1997; Chatterjee ve Gupta, 2002; Yoo ve Barker, 2005a).

Tekstillerin emicilik yeteneğinin belirlenmesi için kullanılan standartlar AATCC 79 (2014), BS 3449 (1990) ve JIS L 1907 (2010) standartlarıdır. AATCC 79 (2014) standardına göre gergin bir şekilde kasnak üzerine yerleştirilen test numunesi üzerine belli bir yükseklikten bir damla su damlatılmakta ve bu damlanın emilerek gözden kaybolması için geçen süre ıslanma süresi olarak kaydedilmektedir. Kumaşlarda emicilik değerinin belirlenmesinin hedeflendiği başka bir standart olan BS 3449 (1990) standardında ise, kumaşlarda emicilik süresi yerine yüzde emicilik değeri belirlenmektedir.

Tekstil yüzeylerinde emme yeteneğinin belirlenmesi için kullanılan başka bir test yöntemi ise batma (daldırma) testidir. Bu yöntemin temel prensibi damıtılmış su ile dolu olan bir kap içerisine belirli bir yükseklikten belli boyutlarda hazırlanmış numunelerin bırakılarak tekstil yüzeyinin tamamen sıvı içerisine batması için geçen sürenin kaydedilmesidir.

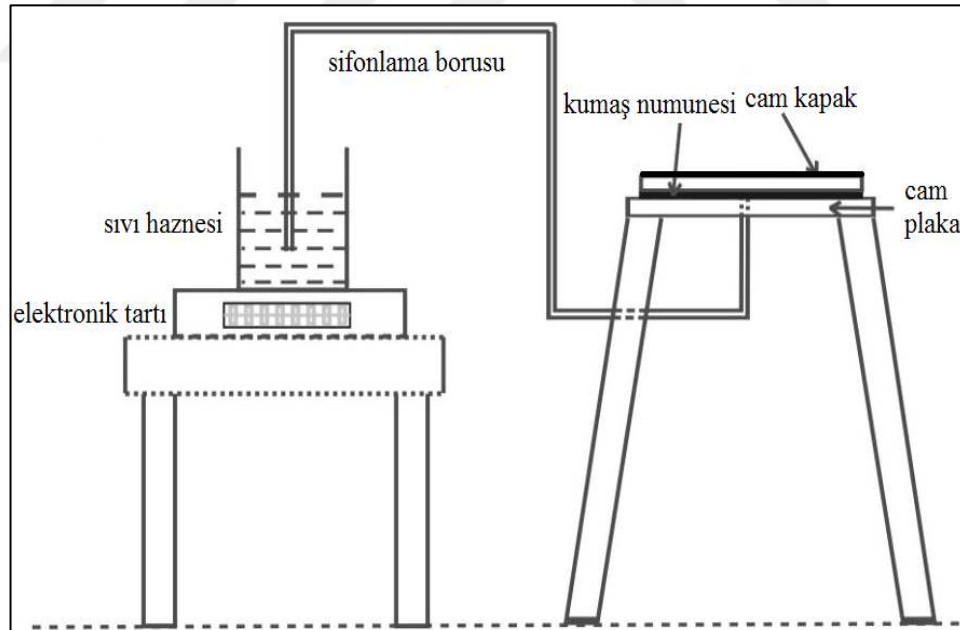
INDA 10.1 ve 10.2 standartlarına göre Şekil 1.35`de görülmekte olan ve dokusuz yüzeyler için önerilen ölçüm yönteminde kumaş delikli sepet içerisine yerleştirilmekte ve belli bir mesafeden sıvı içerisine bırakılmaktadır. Burada sepetin tamamen batması için geçen süre batma süresi olarak kaydedilmektedir. Ayrıca, sepet sıvı içerisine battıktan sonra belli süre sıvı içerisinde bekletilip, batmadan önceki ve sonraki ağırlığı kullanılarak emme kapasitesi de aynı yöntemle belirlenebilmektedir (Chatterjee ve Gupta, 2002).



Şekil 1.35 Dokusuz yüzeylerde batma testi için hazırlanmış deney düzeneği (Chatterjee ve Gupta, 2002)

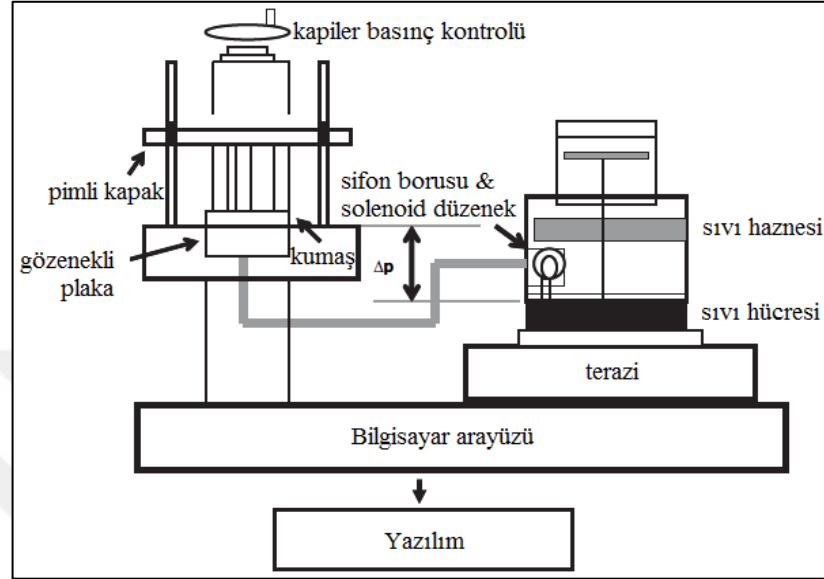
Kumaş kalınlığı boyunca sıvının iletimi olarak tanımlanan yatay ya da düzlemsel kılcal emme özelliği ölçümleri de kumaşlarda emicilik yeteneğinin belirlenmesi için yapılmakta olan testlerdendir. Yatay kılcal emme ölçümleri için kullanılan standartlar AATCC 195 (2009) ve AATCC 198 (2013) standartlarıdır. Tekstil yüzeylerinde yatay kılcal emme ölçümleri genellikle gravimetrik yöntemler ya da görüntü analizi ile gerçekleştirilmektedir.

Gravimetrik yöntemler sonucunda elde edilen yatay kılcal emme hızı değerleri aynı zamanda kumaşların emilim kapasitesi olarak da belirtilebilmektedir. Fanguero ve diğer. (2010) çalışmalarında kullandıkları yatay kılcal emme ölçüm yönteminde kumaş numunesi üzerine sifonlama yoluyla küçük bir su damlasının temas etmesini sağlamışlar ve kumaş tarafından emilen sıvı miktarını kaydetmesi amacıyla elektronik bir tartı kullanmışlardır. Kumaş numunesinin emdiği sıvı miktarının kumaş kalınlığı ile ilişkili olduğunu düşünerek yatay kılcal emme yeteneğini birim kalınlık başına emilen sıvı miktarı olarak hesaplamışlardır (Şekil 1.36).



Şekil 1.36 Gravimetrik yöntemle yatay kılcal emme yeteneği ölçüm düzeneği (Fanguero ve diğer., 2010)

Sıvının kumaşlar tarafından emilim yeteneğini gravimetrik olarak belirlemek için kullanılan test cihazlarının en bilinenlerinden birisi de Gravimetrik Emicilik Test Sistemi (Gravimetric Absorbency Testing System, GATS)'dir (Şekil 1.37).

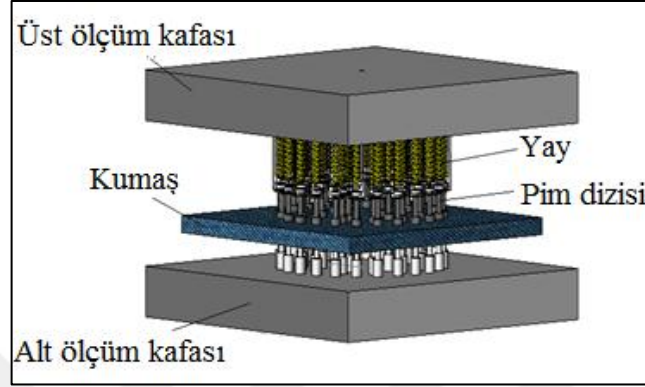


Şekil 1.37 Gravimetrik Emicilik Test Sistemi (GATS) (Schuster ve diğer., 2006; Yoo ve Barker, 2004)

GATS'ın çalışma prensibi gözenekli plaka üzerine yerleştirilmiş olan kumaş numunesine ince bir boru yoluyla su haznesinden gelen sıvı ağırlığındaki değişimlerin sürekli olarak bir terazi yardımıyla izlenmesi ve bilgisayar ortamına aktarılması esasına dayanmaktadır. Bu yöntem kullanılarak test sonunda numune içerisindeki su miktarını gösteren emme kapasitesi (gram), sıvının kumaş tarafından emilme hızı (gram/dakika) ve buharlaşma yüzdesi değerleri bir bilgisayar yazılımı yardımıyla hesaplanabilmektedir.

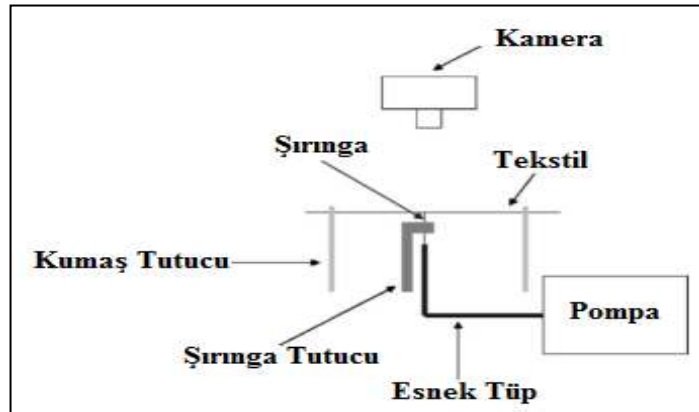
Tekstil yüzeylerinde emicilik yeteneğinin belirlenmesi için geliştirilen Nem Yönetim Cihazı (Moisture Management Tester – MMT) kullanılarak cihaza yatay olarak yerleştirilen kumaşlarda ıslanma süresi, emilim oranı, maksimum ıslak daire çapı, yayılım hızı, kümülatif tek yönlü taşıma endeksi ve sıvı yönetim performansı gibi farklı parametrelerin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu cihazda kumaşın üst yüzeyine su damlatıldıktan sonra, kumaşın nem yönetim özellikleri iki kumaş yüzeyinin elektriksel direnç değişiminin ölçülmesi ile belirlenmektedir (Şekil 1.38).

Araştırmacılar MMT’de ölçülen üst ve alt yüzey ıslanma süresi ile AATCC 79 standardına göre yapılmış olan damla emicilik testi arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde etmişlerdir (Hu, Li, Yeung, Wong ve Xu, 2005; Yao, Li ve Hu, 2008).



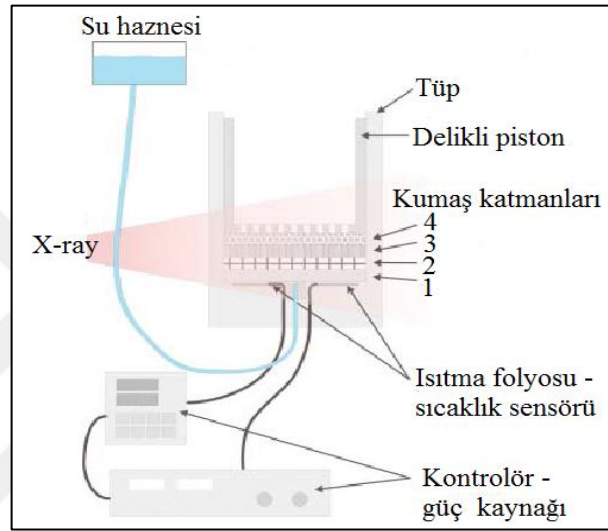
Şekil 1.38 Nem Yönetim Cihazı (MMT) (Yao ve diğer., 2008)

Kumaşların yatay kılcal emme yeteneğinin gravimetrik yöntemler ile tam ve net olarak belirlenmesi söz konusu olduğunda buharlaşma sonucu kaybolması muhtemel olan sıvı kaybından dolayı, her zaman doğru sonuçlar elde edilemediği düşünüldüğü için araştırmacılar tarafından görüntü analizi ile yatay kılcal emme davranışı belirleme yöntemleri son yıllarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemlerin çalışma prensibine göre tekstil yüzeyi üzerinde sıvının yayılımı kamera yardımıyla izlenmekte ve belirlenen süre sonunda elde edilen görüntülerden sıvının yayılım hızı görüntü işleme yöntemi ile belirlenmeye çalışılmaktadır (Şekil 1.39).



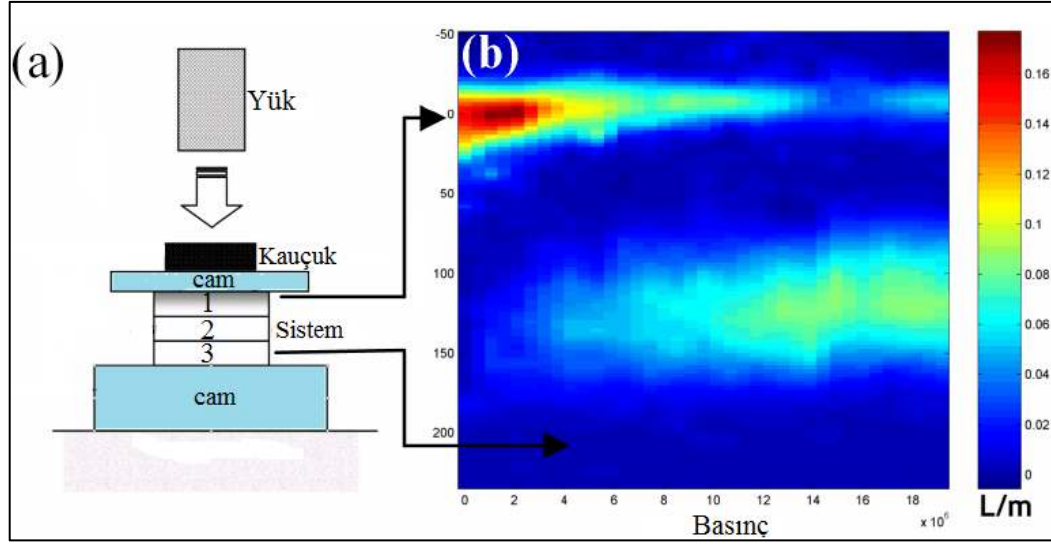
Şekil 1.39 Görüntü analizi yöntemine göre yatay kılcal emme ölçüm düzeneği (Morent ve diğer., 2006)

Kamera ile görüntü analizleri dışında ileri düzeyde gelişmiş bir çok cihaz ile de kumaş katmanlarının nem dağılımı belirlenebilmektedir. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-CT) kullanılarak kumaşın X-ray geçirgenlik ve yoğunluğuna bağlı olarak yüksek çözünürlükte iç yapısı ortaya konulabilmektedir. Weder, Brühwiler ve Laib (2006) bilgisayarlı tomografi cihazı üzerinde yaptıkları modifikasyonlar ile çok katlı giysi sistemlerinde nem dağılımını bir, iki ve üç boyutlu olarak görüntüleyebilen bir cihaz tasarlamışlardır (Şekil 1.40).



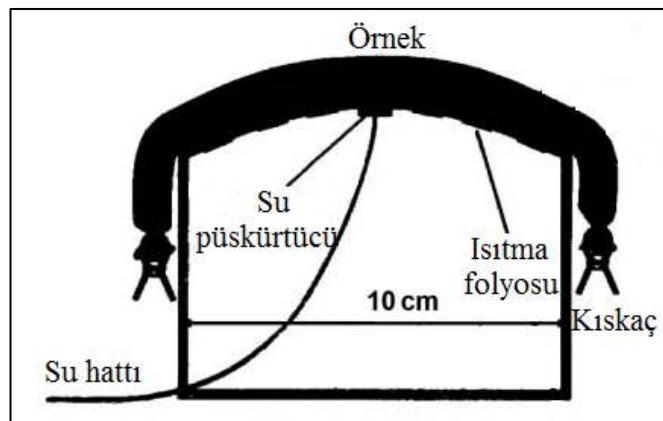
Şekil 1.40 Kumaşlarda nem dağılımını görüntüleyen bilgisayarlı tomografi cihazı (Weder ve diğer., 2006)

Başka bir yöntem olan nükleer manyetik rezonans (NMR) yöntemi kullanılarak da tekstillerin sıvı iletim davranışları elektromanyetik bir ortamın soğurma spektrumuna bağlı olarak ortaya konulabilmektedir. Elektromanyetik alan her bir atom için spesifik bir işaret vermektedir (Şekil 1.41). Buna göre elektromanyetik yoğunluk materyalin miktarını göstermektedir. Bu yöntemde radyoaktif bir kaynak kullanılmadığı için X-ray cihazlarına göre daha güvenlidirler. Fakat bu cihazlar hem pahalıdır, hem de kullanımı için uzmanlık gerektirmektedirler (Bencsik, Adriaensen, Brewer ve McHale, 2008; Tang ve diğer., 2014a).



Şekil 1.41 (a) NMR deney düzeneği; (b) Renk kodlu kontur çizgisi (Bencsik ve diğer., 2008)

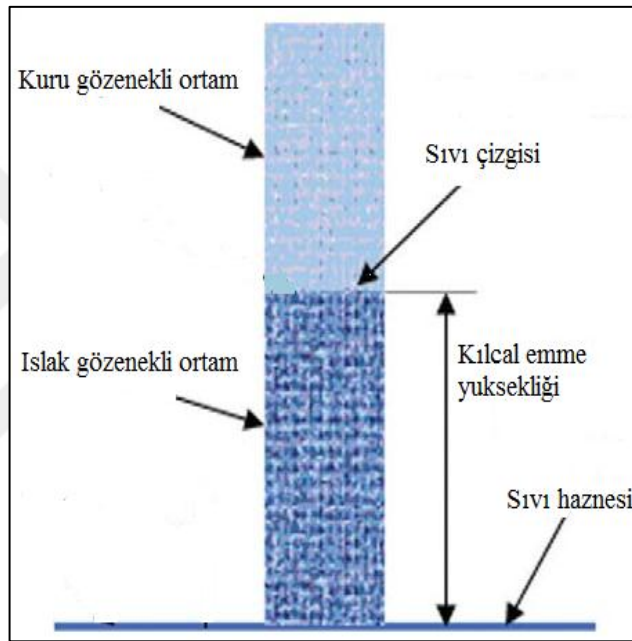
Nötron radyografisi yöntemi ile çok katlı tekstil yapılarında sıvı transfer davranışları görüntü analizi ile belirlenebilmektedir (Şekil 1.42). Bu yöntem genel olarak X-ray radyografi yöntemine benzemekle birlikte, nötronlar düşük atomik ağırlığa sahip olan materyallere zarar verebilmektedir. Bu yöntemde nötron ışın demeti bir cisim yoluyla iletilmekte ve iki boyutlu olarak görüntü kaydedilmektedir. Seçilen cismin sönümlleme davranışı onun kimyasal bileşenine ve yapısına bağlıdır. Organik materyaller ve su bu yöntemde görülebildiğinden, nem içeriği rahatlıkla belirlenebilmektedir (Tang ve diğer., 2014a).



Şekil 1.42 Nötron radyografi ölçüm aparatı (Weder ve diğer., 2004)

1.4.2.3.2 Dikey Kılcal Emme. Dikey olarak yerleştirilen kumaş şeridi tarafından sıvının kılcal emilimi başladığında, sıvı iplikler arasında ve iplikler içerisindeki

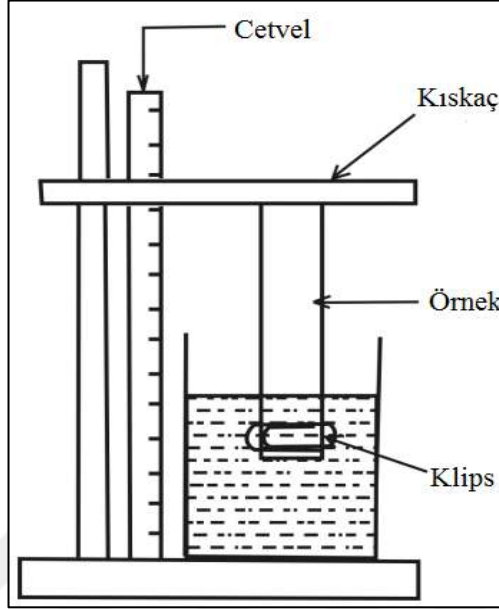
gözenekler boyunca hareket etmektedir. Kılcal emme süresinin dolması ile iplikler arasındaki gözeneklerdeki sıvı transferi yerçekimi ve kapiler kuvvetler arasındaki denge yüzünden durma eğilimindedir (Şekil 1.43). Ancak bu kuvvetler dengeye ulaşana kadar yüksek kapiler basınç yüzünden iplik içi gözeneklerde sıvı hareket etmeye devam etmektedir. Bu yüzden dikey kılcal emme sırasında iplik içi ve iplikler arası gözenekler içerisine dolan sıvı doymuş bir kılcal emme bölgesi oluşturmakta ve doymamış bölgede ise yalnızca iplik içi gözenekler sıvı ile dolmaktadır (Zhuang ve diğer., 2002b).



Şekil 1.43 Gözenekli bir materyalde kılcal emme yüksekliğinin şematik olarak gösterimi (Masoodi ve Pillai, 2010)

Dikey şerit kılcal emme ölçümleri kumaşlarda kılcal emme davranışlarının belirlendiği yöntemler arasında uygulanabilirliğinin kısmen kolay olması ve günlük hayattaki kullanımı simüle edebilmesinden dolayı yaygın olarak kullanılan bir ölçüm yöntemidir. Bu yöntemin uygulanması için kullanılan BS 3424-18 (1986), DIN 53924 (1997), AATCC 197 (2013), ISO 9073-6 (2004) gibi farklı standartlar bulunmaktadır. Bu standartlarda kullanılan temel yöntem, klasik dikey şerit test yöntemidir. Bu yöntemde göre belli boyutlarda kesilmiş olan kumaş numunelerinin üst ucu sabitlenip, alt ucuna batmanın kolay bir şekilde gerçekleşmesi için bir ağırlık

tutturularak sıvı haznesi içerisine belli bir miktar daldırılmakta ve kumaş üzerinde sıvının yükselmesi çıplak gözle izlenmektedir (Şekil 1.44).



Şekil 1.44 Klasik dikey kılcal emme test yöntemi (Fangueiro ve diğer., 2010)

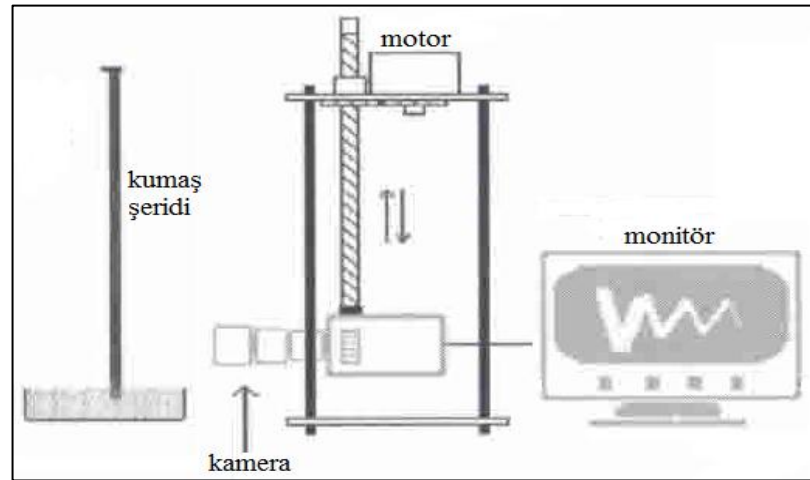
Literatürde klasik dikey kılcal emme test yöntemi kullanılan çalışmalar incelendiğinde araştırmacıların ortam koşulları, numune büyüklüğü, numune sayısı, suya daldırılan kumaş uzunluğu, kumaşların uç kısımlarına bağlanan ağırlık, test süresi gibi birçok test parametresini farklı şekilde seçtikleri gözlenmiştir (Tablo 1.2).

Literatürde klasik şerit dikey kılcal emme yönteminin uygulanması sırasında araştırmacıların karşılaştığı bazı zorluklar olduğu belirlenmiştir. Bunlar çıplak gözle ölçümlerin takip edilmesi, koyu renkli kumaşlarda ölçüm sonuçlarının doğru olarak okunamaması, ölçümleri uzun süren kumaşlarda testi yapan kişinin aparat yanında beklemek zorunda olması, tekrarlı ölçümlerde her biten ölçüm sonrasında yeni test için kumaşın yerleştirilmesinin zaman alması, sıvının yükselmesinin rahat bir şekilde görülebilmesi için su içerisine eklenen boyanın yüzey gerilimini değiştirmesidir. Bu sebeple günümüzde birçok araştırmacı tarafından farklı esaslara dayanan yeni dikey şerit kılcal emme test yöntemleri geliştirilerek dezavantajların ortadan kaldırılması amacıyla çalışmalar gerçekleştirilmekte ve standart olması amaçlanan yeni yöntemler ortaya konulmaya çalışılmaktadır.

Tablo 1.2 Klasik dikey kılcal emme şerit yönteminin kullanıldığı bazı çalışmalarda kullanılan ölçüm parametreleri

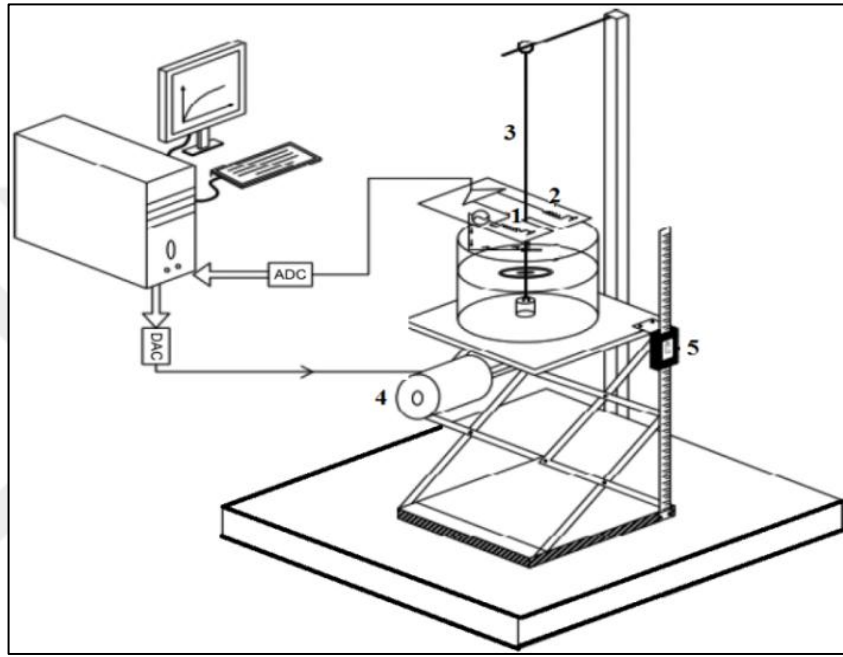
Araştırmacılar	Kumaş tipi	Kullanılan standart	Numune boyutu (cm)	Ortam koşulları	Kullanılan sıvı	Daldırılan kumaş uzunluğu (mm)
Zhang, Li, Chen ve Long (1999)	Örme	-	20x3	19,5°C %67	-	-
Asayesh ve Maroufi (2007)	Örme	-	15x2	24°C %42	Distile su	5 mm
Sharabaty ve diğer. (2008)	Dokuma	-	10x2	20°C %65	Distile su + Küp boya	-
Das, Das, Kothari, Fanguero ve Arajao (2009a)	Dokuma	DIN 53924	20x2,5	-	Distile su + Reaktif boya	30 mm
Sampath ve Senthilkumar (2009)	Örme	BS 3424	20x2	-	Distile su	20 mm
Fanguero ve diğer. (2010)	Örme	-	20x2,5	-	Distile su	30 mm
Singh ve diğer. (2010b)	Örme	BS 3424	30,5x2,5	-	Distile su + boya	-
Tyagi ve diğer. (2011)	Dokuma	TAPCC	20x2,5	-	Distile su + Reaktif boya	30 mm

Zhuang ve diğer. (2002b) kumaşların dikey kılcal emme ölçümlerinde sıvı yükselmelerinin rahat bir şekilde belirlenebilmesi için DIN 53924 (1997) standardına göre hazırladıkları test düzeneğine bir video kamera ekleyerek ve bilgisayar ile bağlantısını sağlayarak test sonuçlarını görüntü analizi yöntemine göre değerlendirmişlerdir (Şekil 1.45).



Şekil 1.45 Görüntü analizi yöntemine göre çalışan dikey kılcal emme ölçüm düzeneği (Zhuang ve diğer., 2002b)

Mazloumpour ve diğer. (2011) manyetik endüksiyon esasına göre suyun kılcal yükselme değerini zamanın fonksiyonu olarak veren bir ölçüm aparatı geliştirmişlerdir (Şekil 1.46). Bu cihazın ölçüm prensibine göre sıvı yükseldikçe motor tarafından sıvı haznesi aşağı doğru itilmekte ve test numunesinin kuru kısmı sensör ile karşı karşıya gelmektedir. Böylece kumaş içerisinde sıvının iletim hızı, sıvı haznesinin ters yönde hareket hızına eşit olmaktadır.



Şekil 1.46 Elektromanyetik alan endüksiyonu esasına göre çalışan kılcal emme test aparatı: 1. Sensör 1; 2. Sensör 2; 3. Kumaş; 4. DC motor; 5. Dijital cetvel (Mazloumpour ve diğer., 2011)

1.4.2.4 Kuruma Yeteneğinin Belirlenmesi

Tekstil yüzeylerinde kuruma hızı ya da kuruma süresi ölçülerek belirlenen kuruma yeteneği deriden emilen terin ya da su buharının hızlı bir şekilde dış çevreye uzaklaştırılmasını ifade etmekte olup, kişilerin termofizyolojik konforunu etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Tekstillerin kuruması için geçen süre ıslak materyal tarafından tutulan sıvı miktarına bağlıdır ve bu durum lif içeriği ve kumaş kalınlığından etkilenmektedir. Başlangıçta üzerine az sıvı alan tekstiller daha hızlı kuruma özelliğine sahiptir (Steele, 1958).

Tekstillerde kuruma süresi iki temel periyottan oluşmaktadır. Birinci periyot sabit hızlı kuruma periyodu olup materyal içerisindeki su yüzeye çok hızlı bir şekilde gelebildiği sürece devam edecek ve buharlaşma da sabit bir hızda gerçekleşecektir. İkinci periyotta ise kuruma hızı sürekli olarak düşecektir (Fourt, Sookne, Frishman ve Harris, 1951).

Tekstil yüzeylerinde kuruma yeteneği yapılan testler sonucunda elde edilen kuruma süresi, suyun buharlaşma oranı, kumaş içerisinde kalan sıvı miktarı gibi farklı parametrelere göre belirlenebilmektedir. AATCC 199 (2013) standardına göre gravimetrik bir nem analizörü kullanılarak kumaşlarda kuruma süresi ölçülmektedir. AATCC 200 (2014) ve AATCC 201 (2014) numaralı standartlara göre ise, hava akış ve sıcak levha yöntemlerine göre kumaşlarda kuruma hızı ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Diğer bir standart olan FTTS-FA-004 (2011)'e göre kumaş numuneleri kuru olarak tartılmakta ve daha sonra üzerine belli miktarda su damlatılarak belirli aralıklarla kumaş ağırlığı tartılmaktadır. Burada numune içerisinde kalan sıvı miktarı ölçülmektedir.

SDL Atlas firması tarafından üretilen Kuruma Hızı Test Cihazı ile kumaşlarda kuruma yeteneği ölçümleri gravimetrik olarak kolay bir şekilde bağımsız olarak ya da MMT ile bağlantı kurularak gerçekleştirilebilmekte, bu cihazın yazılımı sayesinde kuruma yüzdesi ve kuruma hızı değerleri görülebilmekte ve zamana karşı kuruma yüzdesi ve kumaş ağırlığı grafiklerinin çizdirilebilmesi mümkün olmaktadır (Şekil 1.47) (SDL Atlas, 2015).



Şekil 1.47 Kuruma Hızı Test Cihazı (SDL Atlas, 2015)

1.4.3 Subjektif Konfor Değerlendirmeleri ve Fizyolojik Ölçümler

Tekstil yüzeylerinin su buharı ve sıvı nem iletim özelliklerini belirlemek için objektif yöntemler kullanılabildiği gibi kişilerin giysi haline dönüştürülmüş kumaşlar içerisindeki ıslaklık, soğukluk, konforsuzluk gibi algılarını skalalar yardımıyla değerlendirmeleri de sağlanabilmekte veya kişilerden alınan fizyolojik ölçüm sonuçlarına göre konfor algıları değerlendirilebilmektedir. Subjektif konfor değerlendirmeleri için gerçek durumları simüle eden çevre koşulları (sıcaklık, nem, rüzgar hızı...) ve kullanım alanına uygun aktivite seviyeleri oluşturularak kişinin giysiyi giydiğinde oluşan konfor durumu giyim denemeleri ile belirlenebilmektedir. Subjektif konfor değerlendirmelerinin düzgün bir şekilde yapılabilmesi için öncelikle uygun deneklerin seçilmesi ve deneklerin boyu, kilosu, sağlık durumu gibi fiziksel özelliklerinin, eğitim durumlarının birbirlerine yakın olması gerekmektedir.

Giyim denemelerinde giysinin kullanım alanına göre bir test protokolü hazırlanmaktadır. Bu protokole göre başlangıçta mutlaka kişiler testin yapılacağı ortamda belirli bir süre ortama uyum sağlamaktadırlar. Sonraki süreçte ise giysinin kullanım alanına göre denekler tarafından yapılacak olan fiziksel aktiviteler gerçekleştirilmektedir. Son süreçte kişiler egzersiz sonrası soğuma periyodunu tamamlamaktadırlar (Şekil 1.48).

Ön koşullama	Period	1	2	3,4,5,6
 Oturma	Aktivite	 Oturma	 Egzersiz (7km/sa)	 Oturma
10 dk	Süre	10 dk	20 dk	10 dk
25±2°C, % 50±5	Ortam koşulu	-15°C *	-15°C *	-15°C *

Şekil 1.48 Giyim denemesi test protokolü örneği (Yoo ve Kim, 2012)

Protokolün uygulanması öncesi ve sonrasında kişilerin konfor durumunu belirlemeye yönelik olarak hazırlanan skalalar yardımıyla her periyodun sonunda kişilerin ıslaklık, sıcaklık, yapışkanlık gibi algıları belirlenmeye çalışılmakta ve test

başlangıcında kişilerin vücutlarına takılan sensörler yardımıyla kalp atış hızı, vücut sıcaklığı, mikroklima nemi, oksijen alımı gibi fizyolojik ölçümleri giyim denemeleri boyunca kaydedilerek insan vücudunun tepkileri tespit edilmeye çalışılmaktadır. Subjektif algıların belirlenmesine yönelik olarak araştırmacılar tarafından kullanılan çok çeşitli skalalar bulunmaktadır. Şekil 1.49 da bu skalaların bir örneği görülmektedir.

5	• Sıcak	5	• Çok fazla ıslak	5	• Tamamen konforlu
4	• Ilık	4	• Çok ıslak	4	• Konforlu
3	• Nötr	3	• Islak	3	• Nötr
2	• Serin	2	• Nemli	2	• Konforsuz
1	• Soğuk	1	• Kuru	1	• Tamamen konforsuz

Şekil 1.49 Sıcaklık, ıslaklık ve konfor değerlendirmeleri için kullanılan skalalar (Atasağun, Öner, Okur ve Beden, 2015)

1.5 Önceki Çalışmalar

1.5.1 Kumaş Yapısal ve Fiziksel Özellikleri

Farnworth ve Dolhan (1985) çalışmalarında pamuklu ve polipropilen iç giysilerin ısı ve sıvı iletimini ölçerek termal konfor açısından farklarını belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla iç giysiler üzerine %50-50 pamuk-naylon karışımı gömleklik kumaş yerleştirmişler ve iki farklı terleme hızı için terleyen sıcak levha üzerinde oluşan ısı kaybını ölçmüşlerdir. Ayrıca iç giysilerin kılcal emme yeteneklerini belirlemek için de testler gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda polipropilen iç giysilerin kılcal emme yeteneğinin ısı kaybı eğrisinin şekline etkisi olduğu belirlenmesine karşın, bu sonuçların doğrudan kişinin konfor durumunu belirleyici olmadığı gözlenmiştir. Aynı zamanda araştırmacılar bu iki tip iç giysi için yüksek terleme durumunda ölçülen ısı kaybı değerleri arasında herhangi bir fark olmadığı ve kullandıkları yöntemin kararlı durumda farkları belirlemek için yeterince uygun olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Zhang ve diğer. (1999) 1-1,67 dtex inceliğinde üretilen polipropilen liflerinin örme kumaşlarda kullanılması ile incelik, yapı ve birleştirildiği materyaldeki farklılıklara göre ıslaklık konforunun belirlenmesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Polipropilen lifler pamuk, polipropilen/pamuk, ipek, viskon gibi farklı nem çeken lifler ile kaplanarak iplikler üretilmiş ve bu ipliklerden de tek katlı, çift katlı ve çok katlı olarak 10 tip örme kumaş üretilmiştir. Kumaşların sıvı iletim özelliklerini belirlemek için kılcal emme, su tutma yeteneği, buharlaşma ve nem iletim testleri uygulanmış ve terleyen manken kullanılarak bu kumaşlardan dikilen giysiler üzerinde biriken ter miktarları da ölçülmüştür. Ayrıca giyim denemeleriyle kişilerin ıslaklık, sıcaklık ve yapışkanlık algıları da skalalar yardımı ile belirlenmiştir. Test sonuçları incelendiğinde konfor açısından polipropilen liflerin kaplandığı nem çeken lifler arasında en iyi sonucu veren lifin viskon lifi olduğu görülmüştür. Tek katlı örme kumaşların, çift katlı ya da çok katlılardan daha iyi nem iletim özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu kumaşlarda kuruma davranışının kumaş kalınlığı, yapısı, gramajı ve lif tipine bağlı olduğu gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan polipropilen örme kumaşın ince ve düşük örtme faktörüne sahip olmasının ona mükemmel kuruma yeteneği kazandırdığı belirtilmiştir.

Fukazawa, Lee, Matsuoka, Kano ve Tochihara (2004) tarafından geliştirilen hareket edebilen terleyen termal manken kullanılarak soğuktan koruyucu giysilerin üç farklı tipi için (polietrafloretilen lamine edilmiş, poliüretan lamine edilmiş ve lamine yapılmamış) farklı terleme seviyelerinde ısı ve nem transferi ölçümleri gerçekleştirilmiş ve yoğunlaşma akışının yoğun olduğu vücut parçaları belirlenmeye çalışılmıştır. Terleme seviyesinin $65 \text{ g/m}^2\text{sa}$ 'dan düşük olması durumunda üç giysi tipi için de termal konfor durumunun sürdürülebileceği ancak, daha yüksek seviyelerde ($130 \text{ g/m}^2\text{sa}$ civarında) ısı-kütle transfer dengesinin bozulması sonucunda oluşan yoğunlaşma ile vücut konforsuzluğunun artacağı sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda yoğunlaşmanın özellikle gövde, kalça ve bacaklarda yoğun bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür.

Yoo ve Barker (2005a) çalışmalarında ısı direnci yüksek olan ve genellikle sıcak ve nemli ortamlarda giyilen aramid ve aramid/FR rayon karışımli koruyucu giysilerin

(kılcal emme bitim işlemi görmüş/görmemiş) termofizyolojik özellikleri ve duyuşal özelliklerini ölçerek konfor durumlarını objektif olarak belirlemeye çalışmışlardır. Termofizyolojik ölçüm sonuçlarına bağılı olarak kumaşlar arasındaki farkların tahmin edilmesi, duyuşal özellik sonuçlarına göre ise kumaşlar arasındaki farkların belirlenmesi mümkün olmuştur. Rayon lifinin kullanıldığı kumaşlarda nem geri kazanım değerinin arttığı, buna karşın sıvı nem yönetim performansının değişmediğı gözlenmiştir. Kılcal emme bitim işlemi görmüş kumaşlarda sıvı emme hızının arttığı, fakat sıvı ve su buharı toplam emilim miktarının değişmediğı sonucuna varılmıştır.

Yoo ve Barker (2005b) bir önceki çalışmalarında kullandıkları ısıl direnci yüksek olan kumaşlardan koruyucu giysi üreterek 30 kişiden oluşan bir değerlendirici grubu ile giyim denemeleri gerçekleştirmişler ve kumaşların ölçülen termofizyolojik ve duyuşal özellikleri ile subjektif konfor değerlendirmeleri arasındaki ilişkileri belirlemeye çalışmışlardır. Sıvı yönetim özellikleri ve buhar tamponlama kapasitesi değerlerinin kişilerin emici olmama, yapışma ve ıslaklık için yapmış oldukları subjektif değerlendirmeler arasında istatistiksel olarak önemli korelasyonlar olduğı sonucuna varılmıştır.

Schuster ve diğer. (2006) Tencel® liflerinden üretilmiş olan tekstil malzemelerinin fonksiyonel ve konfor özelliklerini belirlemeye çalıştıkları çalışmada bu kumaşların su buharı ve sıvı emilim özelliklerini GATS cihazını kullanarak ölçmüşlerdir. Bu liflerden yapılan kumaşların su buharı emme kapasitelerinin oldukça yüksek olduğunu ve Tencel®/poliester karışımı kumaşların ıslanma yeteneğinin %100 Tencel® kumaşlardan daha iyi olduğunu belirlemişlerdir.

Behera ve Mishra (2007) düşük ağırlığa sahip olan takım elbiselik kumaşların mekanik ve fizyolojik konfor özelliklerini inceledikleri çalışmada yün, ipek ve çeşitli yün ve ipek karışımlarından yapılmış olan kumaşlar kullanmışlardır. Keten karışımı kumaşların mekanik konfor özelliklerinin diğerlerinden daha iyi olduğı, ipek ve ipek karışımı kumaşlarda ise nemin adsorbsiyon ve difüzyonu için büyük yüzey alanı sağlayan ince lif yapısından dolayı su buharı geçirgenliğinin iyi olduğı sonucuna varılmıştır. Ayrıca tek katlı ipliklerde yapının açık ve gözenekli

olmasından kaynaklı olarak su buharı iletim yeteneğinin çift katlı ipliklerden yapılan kumaşlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Oğlakçıoğlu ve Marmaralı (2007) farklı örgü tipleri (süprem, ribana, interlok) ve farklı hammaddelere (pamuk, poliester) sahip olan örme kumaşların termal konfor özelliklerini inceledikleri çalışmalarında kumaşların termal iletkenlik, termal direnç, termal absorpsivite ve relatif su buharı geçirgenlik değerlerini ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda süprem kumaşların sahip olduğu yapısal özellikler yüzünden termal iletkenlik ve termal direnç değerlerinin en düşük olduğunu; buna karşın su buharı geçirgenlik değerlerinin diğerlerinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Süprem kumaşların sahip olduğu bu özellikler sayesinde yazlık kıyafetlerde tercih edilebileceği, ribana kumaşların ise ilk temasta hissettirmiş olduğu sıcaklık hissinin interloktan yüksek olmasıyla ön plana çıktığı sonucuna varılmıştır.

Zhou, Feng, Du ve Li (2007) yün, yün/poliester, yün/Coolmax® ve farklı bitim işlemleri görmüş olan iki farklı yün/pamuk karışımı olarak tasarladıkları kumaşların sıvı nem transferini Nem Yönetim Cihazı ile ölçmüşlerdir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde bu cihazda ölçülen üç özelliğin (kumaş üst yüzeyindeki yayılım, kumaş boyunca üst yüzeyden alt yüzeye transfer, kumaşın alt yüzeyindeki yayılım) yünlü kumaşların sıvı nem transfer performansını tanımlayabildiği görülmüştür. Bu özellikler dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda geliştirilen yün/pamuk karışımı kumaşların iyi nem yönetim özelliklerine sahip olduğu gözlenmiştir.

Sharabaty ve diğer. (2008) yatak çarşafı olarak kullanılacak olan pamuk, poliester ve çok katmanlı pamuk/poliester kumaşların ıslanma davranışlarını inceledikleri çalışmalarında bu kumaşlar için dikey kılcal emme ölçümleri gerçekleştirmişlerdir. Bir yüzü poliester, diğer yüzü pamuk olan çift katlı kumaşlarda yapılan ölçümlerde suyun kumaşın her iki tarafını da ıslattığı belirlenmiştir. İki katmanı birbirine bağlayan yapı ve kullanılan ipliklerin kapiler yükselme için önemli olduğu da çalışma sonucunda vurgulanmıştır.

Keiser, Becker ve Rossi (2008) yapmış oldukları çalışma ile itfaiyeci giysilerinde önemli bir sorun olan buhar yanıklarını en aza indirmek amacıyla yeni kumaş kombinasyonları belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla seçilen pamuk ve aramid iç giysiler ile farklı materyal kombinasyonlarına sahip olan dört katmandan oluşan itfaiyeci ceketleri kombinlenmiş ve nem iletim özellikleri dinamik terleyen levha, terleyen gövde ve terleyen silindir kullanarak ölçülmüştür. Çalışma sonucunda nem çekmeyen iç giysiler bir sonraki katmana nemi transfer edebildiğinde bu giysinin sıvı emme kapasitesinin tamamını kullanmadığı ve sıvının nem çeken liflerden yapılan diğer giysi katmanlarında ortaya çıktığı gözlenmiştir. İkinci katmanın nemi emmemesi durumunda ise, aramid iç giysilerin pamuklu iç giysiler gibi sıvıyı benzer miktarda emdiği ya da damlaların süzülerek aktığı belirlenmiştir. Kombinasyonlarda kullanılan ikinci katmanın nem dağılımını belirleme de oldukça önemli olması çalışmanın göze çarpan bulgularındandır. Çalışma sonucunda ilk katmanın nem içeriğinin hem materyal özelliklerine, hem de komşu katmanların veya kombinasyonun özelliklerine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Celcar, Meinander ve Gersak (2008a) farklı kombinasyonlara sahip dört katmandan oluşan erkek iş giysilerinin terleyen silindir kullanarak iki farklı çevre koşulu ve iki farklı terleme seviyesinde ısı ve sıvı iletim özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada giysi kombinasyonları için kuru termal direnç, buharlaşma ısı kaybı, su buharı iletimi oranı ve buharlaşan ve yoğuşan sıvı miktarı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda kuru ısı kaybının çevre sıcaklığındaki düşüş ile arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, buharlaşan ve yoğuşan sıvı miktarının terleme seviyesindeki artış ile arttığı belirlenmiştir. Celcar, Meinander ve Gersak (2008b) önceki çalışmalarının devamında ise üç farklı çevre koşulu ve iki farklı terleme seviyesi için terleyen manken kullanarak iş kıyafetlerinin çeşitli sıvı ve ısı iletim özelliklerini ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda kuru ve buharlaşma ısı kaybı sonuçlarını karşılaştırdıklarında, önceki çalışmalarına benzer şekilde çevre sıcaklığındaki azalmanın kuru ısı kaybını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Buharlaşma ısı kaybının ise, çevre sıcaklığı ile çok az miktarda değiştiği belirlenmiştir. Düşük çevre sıcaklıklarında yoğuşma değerlerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Faz değiştiren materyal (PCM) içeren giysi sistemleri ve yünlü ve yün

karışımli materyaller arasındaki farkın çok az olması çalışmada elde edilen diğer bir çarpıcı sonuçtur.

Richards ve diğer. (2008) yaptıkları çalışmada soğuk çevre koşulları altında iki katmanlı giysi kombinasyonları boyunca oluşan ısı transferine nemin etkisini belirlemişler, giysi boyunca oluşan kuru ve yağ ısı transferini üç farklı kurum bünyesinde bulunan termal mankenleri kullanarak ölçmüşlerdir. İç giysi olarak pamuk, poliester ve polipropilen hammaddeleri kullanılırken; dış giysi olarak ise nem açısından geçirgen, yarı-geçirgen ve geçirgen olmayan giysiler kullanılmıştır. Sonuçta kumaşların geçirgenlik özelliklerinin kuru ısı kaybını büyük ölçüde etkilediği görülmüştür. Kararlı koşullar altında, oluşan ısı kaybının nemin buharlaşma ve yoğunlaşma döngüsünden kaynaklandığı; geçici koşullar altında ise, nemin sorpsiyon ve desorpsiyonunun ısı kaybını etkilediği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda giysi geçirgenliğine bağlı olarak, soğuk koşullar altında oluşan toplam ısı kaybının beklenen kuru ve buharlaşma ısı kaybı toplamından daha yüksek olabileceği belirlenmiştir.

Nayak, Punj, Chatterjee ve Behera (2009) poliester/viskon karışımli takım elbiselik kumaşların dokunsal ve termal konforu üzerinde örgü tipi, atkı sıklığı ve poliester içeriğinin etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla çalışmada üç farklı atkı sıklığına sahip olan bezayağı ve dimi yapıda %50-50 ve %30-70 poliester-viskon kumaşlar kullanılmıştır. Kumaşın teri uzaklaştırma yeteneğini gösteren su buharı transferi özellikleri konforu etkileyen bir parametre olması sebebi ile ölçülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde, kumaştaki poliester miktarının artışı ile su buharı transferinin azaldığı ve termal direnç değerlerinin arttığı görülmüştür. Örgü tiplerine göre ise dimi kumaşların bezayağı kumaşlardan daha yüksek hava geçirgenliğine, buna karşın daha düşük su buharı transferine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, poliester miktarındaki artışın kumaşların eğilme ve kayma direncini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Das ve diğer. (2009a) farklı karışım oranlarına sahip poliester ve viskon karışımli iplikler kullanarak üretilmiş bezayağı dokuma kumaşlar kullandıkları çalışmalarında

nem iletim özellikleri üzerinde karışımli materyallerin hidrofilitesinin etkisini incelemişlerdir. Bu kapsamda kumaşların hava geçirgenlik, su buharı geçirgenlik, nem kazanımı, dikey ve yatay kılcal emme davranışlarını ve emicilik kapasitesi ve süresini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda kumaşların içeriğindeki viskon artışı ile su buharı geçirgenlik değeri ve emiciliğin arttığını gözlemlemişlerdir. Bu kumaşlarda gerçekleştirilen yatay ve dikey kılcal emme testi sonucunda ise yapıdaki viskonun artması ile kılcal emmenin genel olarak azaldığı gözlenmiştir. Kumaşların batma sürelerinin viskon oranındaki artış ile azaldığı, kuruma sürelerinin ise arttığı görülmüştür.

Hes ve Araujo (2010) çalışmalarında kişilerin derisi ve ıslak pamuklu kumaş arasındaki hava katmanının toplam soğuk ısı akışı üzerine etkisini incelemişlerdir. Tüm kumaşların kuru, ultra kuru ve ıslak durumları için relatif su buharı geçirgenlik değerleri ölçülmüştür. Çalışma sonucunda hava katmanı olmaksızın deri ile bütünleşik olarak ölçüm yapılan kumaşlarda nem miktarındaki artış ile soğutucu etkinin arttığı belirlenirken, 2 mm ve 4 mm kalınlıktaki hava tabakalarında kumaşların nem içeriğinin artması ile soğutucu etkinin sabit kaldığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulguların uç çevre koşullarında kullanılacak olan koruyucu giysiler için değerlendirilmesinin iyi olacağı belirtilmiştir.

Singh, Chatterjee ve Das (2010a) friksiyon iplikçiliği ile elde edilmiş ipliklerden üretilmiş olan kumaşların hava geçirgenlik, su buharı geçirgenliği ve termal iletkenlik gibi konfor özellikleri üzerinde öz/kabuk lif oranı değişimi, lif ve iplik inceliğinin etkisini araştırmışlardır. Bu parametrelerden herhangi biri sabit tutularak, diğer parametreler arttırıldığında kumaşların hava ve su buharı geçirgenlik değerlerinin arttığı, buna karşın termal iletkenlik değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Singh ve diğer. (2010b) kumaşların sıvı iletim özelliklerinden olan kılcal emme yüksekliği ve emicilik özellikleri için de aynı parametrelerin etkilerini belirledikleri çalışmalarında, liflerin kalınlığındaki ve kabuk liflerinin oranındaki artışın kumaşların sıvı iletim özelliklerinde artışa sebep olduğunu belirlemişlerdir. İplik kalınlığındaki artışın ise bu özelliklerde ilk önce artışa, daha sonra azalmaya sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

Namligoz, Coban ve Bahtiyari (2010) çalışmalarında çözgü ve atkı ipliklerinde farklı hammaddelerden üretilmiş iplikler kullanılan 21 dokuma kumaşın nem iletim özelliklerini karşılaştırmışlardır. Selülozik lif olarak pamuk, lyocell ve viskon kullanılmış; sentetik lif olarak ise, üç farklı kesit yapısına sahip olan (dairesel kesitli, altı kanallı ve mikro yapılı) poliester lifleri tercih edilmiştir. Kumaşların sıvı transfer özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Nem Yönetim Cihazı kullanılmıştır. Dairesel kesitli poliesterin pamuk ve lyocell ile karışımlarında en iyi sıvı yönetim performansı değerlerine ulaşılmıştır. Poliester kumaşlarda ise değerlerin düşük olduğu belirlenmiştir. Testler sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde, karışımli kumaşların etkin bir şekilde sıvı emilimi ve iletimini sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Uçar ve diğer. (2010) geliştirdikleri kompozit bir lifin su buharı emme performansı üzerine yaptıkları çalışmalarında, bu liflerden örme kumaş yüzeyleri üretmişlerdir. Çalışmada kullanılan lif yapısında su emicilik özelliği olmayan polipropilen ve yüksek su emici özelliğe sahip olan süper emici polimerler kullanılmıştır. “C” şeklinde bir lif kesitinin dış yüzeyinde polipropilen, iç yüzeyinde ise süper emici olarak nitelendirilen polimerler yer almaktadır. Üretilen kumaşlar için yapılan su buharı emme performansı çalışması sonucunda, 24 saat sonunda yapısında süper emici polimer içermeyen kumaşların hiç nem almadığı, içerenlerin nem alma performansında artış olduğu görülmüştür. Üretilen kumaşlar için 24 saat sonunda kişiler tarafından dokunarak yapılan subjektif değerlendirmeler sonucunda da kişilerin polimer içermeyen kumaşları kuru, diğerlerini ise kuruya yakın olarak değerlendirdikleri gözlenmiştir. Bu polimerlerden yapılan kumaşların temizlenmesi için Airwash susuz yıkama ve kuru temizlemenin uygun seçenekler olduğu; fakat sulu yıkamanın yapılmaması gerektiği belirtilmiştir.

Gericke ve Pol (2010) çalışmalarında rejenere bambu, pamuk ve viskon liflerinden yapılmış olan örme kumaşların ısı ve sıvı transfer özelliklerini karşılaştırmışlardır. Bu amaçla kumaşlar için sıvı transfer özelliklerinden olan emicilik, su buharı geçirgenliği, su buharı direnci ölçümleri yapılmış; termal transfer özelliği olarak ise, termal direnç ve termal absorptivite değerleri ölçülmüştür. Ayrıca çalışmada terleyen manken kullanılarak emicilik, termal direnç ve su buharı direnci

ve bunlara bağı olarak geçirgenlik indeksi de belirlenmiştir. Çalışma sonucunda bambu kumaşlar ve üretim yöntemlerinin benzemesine bağı olarak viskon kumaşların yakın değerler aldığı ve bambu kumaşların viskon ve pamuğa göre iletim özelliklerinde önemli bir iyileştirme sağlamadığı sonucuna varılmıştır.

Fangueiro ve diğer. (2010) ön yüzde poliester ya da polipropilen, arka yüzde ise çeşitli fonksiyonel lifler kullanarak çift plakalı olarak ürettikleri örme kumaşların kılcal emme ve kuruma davranışlarını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda viskon Outlast® kumaşların kılcal emme davranışlarının hem polipropilen hem de poliester ile birlikte oluşturulan örme kumaşlar için, diğerlerinden iyi olduğu ancak, kuruma hızının en düşük olduğu belirlenmiştir. Coolmax® kullanılan kumaşların ise hem kılcal emme hem de kuruma davranışlarının iyi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, ön yüzünde polipropilen kullanılan kumaşların kuruma yeteneklerinin poliester kullanılanlardan daha iyi, ancak kılcal emme davranışlarının daha kötü olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Huang ve Chen (2010) kumaşların su buharı iletim hızı üzerinde rüzgar hızı, relatif nem, hava sıcaklığı ve bunların birleştirilmiş etkisini incelemişlerdir. Çalışmada hava sıcaklığı 5°C aralıklarla 10-30°C arasında değişirken, relatif nem %0-50 arasında, rüzgar hızı 0,1-0,4 m/s arasında değiştirilerek bunların kombinasyonlarından 120 farklı çevre koşulu yaratılmıştır. Kullanılan materyallerin su buharı iletim davranışları Huang ve Qian (2008) tarafından geliştirilmiş olan test cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçta yüksek hava sıcaklığı, düşük bağıl nem ve yüksek rüzgar hızında su buharı iletim hızının yüksek olduğu belirlenmiştir. Yaratılan farklı koşullar için oluşturulan regresyon denklemlerinin su buharı iletimini tahmin etmede başarılı olduğu görülmüştür.

Öztürk, Nergis ve Candan (2011) %100 akrilik, %50-50 ve %85-15 pamuk-akrilik ve %100 pamuk liflerinden yapılmış, Ne 20 ve Ne 30 olarak iki farklı iplik numarasında üretilmiş olan rotor ipliklerinin ve bu ipliklerden yapılmış olan örme kumaşların kılcal emme davranışlarını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda akrilik ipliklerinin kılcal emme yüksekliklerinin fazla olduğu, pamuk

ipliklerinde ise suyun difüzesi sonucu şişmesinden kaynaklı olarak düşük çıktığı belirtilmiştir. Ayrıca kalın ipliklerin kılcal emicilik hızının ince olanlara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kumaş kılcal emicilik değerlerinin hem sıra hem de çubuk yönünde iplik kılcal emicilik değerleri ile ilişkili olması da göze çarpan önemli bir bulgudur.

Troynikov ve Wardiningsih (2011) spor giysi katmanlarında kullanılan yün/poliester ve yün/bambu karışımı örme kumaşların nem yönetim özelliklerini ölçmüşler ve spor giysi katmanları için en uygun lif karışımlarının belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışmada poliester, yün, bambu kumaşlar ve farklı karışım oranlarında yün/poliester ve yün/bambu lifinden yapılmış çift yüzlü örme kumaşlar kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde karışımı kumaşların nem yönetim özelliklerinin genel olarak karışım olmaksızın üretilen kumaşlara göre daha iyi olduğu görülmüştür. Cihazın kendi değerlendirme kriterlerine göre yapmış olduğu sınıflandırma sonrasında poliester, %43-57 yün-poliester, %35-65 yün-bambu, %52-48 yün-bambu, %60-40 yün-bambu kumaşlar nem yönetimli kumaşlar olarak belirlenmiştir.

Bivainyte ve Mikucioniene (2011a) çift katlı örme kumaşların dinamik emme kapasitesi üzerinde hammadde ve örme yapılarının etkisinin olup olmadığını araştırmışlardır. Bu amaçla kumaşların üst kısmına damlatılan damlanın hem alt hem de üst yüzeydeki zamana bağlı yayılım alanları bir video kamera yardımıyla kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda sıvı damlasının kumaş hammadde, sıklık ve örme yapısından etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca, en hızlı su emicilik değerinin dış kısmı pamuk ya da rejenere bambu, iç kısmı Coolmax® olan kumaş yapılarında elde edildiği belirtilmiştir. Polipropilen ve pamuk kombinasyonunun iç kısımda suyu emme ve dışarıya iletmede en kötü yeteneğe sahip olduğu da çalışmanın bulgularındandır. Bivainyte ve Mikucioniene (2011b) diğer bir çalışmalarında ise çift katlı örme kumaşların su buharı ve hava geçirgenlik değerleri üzerinde bu parametrelerin etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda hava geçirgenlik değerlerinin hammadde ve örme yapısından etkilendiğini, buna karşın su buharı geçirgenlik değerini etkileyen temel parametrenin lif tipi olduğunu belirtmişlerdir. Su

buharı geçirgenliğinin örme yapısına bağlı olmamasından kaynaklı olarak, hava geçirgenlik ve su buharı geçirgenlik değerleri arasında herhangi bir korelasyon bulunmaması da çalışmanın çarpıcı bulgularındandır.

Rossi, Stämpfli, Psikuta, Rechsteiner ve Brühwiler (2011) iki farklı basınç değeri için X-ray tomografi cihazını kullanarak farklı materyallerden yapılmış çorapların yatay ve yanal (in-plane) yönlerde üç boyutlu olarak sıvı transfer özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada poliamid, polipropilen ve yün liflerinden üretilmiş çoraplar kullanılmıştır. Cihaz için ölçüm süresi 20 dakika klimatize etme, 60 dakika su verilmesi, 30 dakika soğuma periyodu olacak şekilde toplam 110 dakika olarak ayarlanmıştır. Çalışma sonucunda poliamid ve yün çorapların yanal kılcal emme değerlerinin zamana bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Polipropilen kumaşlarda yatay kılcal emme kapasitesinin yüksek basınç altında iyi olduğu; yün için de bu değerlerin iyi olmasına karşın polipropilen kadar hızlı olmadığı sonucuna varılmıştır. Polipropilen kumaşlar için düşük basınçta nemin tamamının emilemediği de bu çalışmada ulaşılan diğer bir sonuçtur.

Bedek ve diğer. (2011) farklı hammadde ve örgü yapısına sahip olan iç giysilik kumaşların termal ve nem yönetim özelliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, Caseto® isimli bir yazılımı kullanarak üç ayrı aktivite seviyesi için termal algılar, sıcaklık ve deri ıslaklığını tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda kararlı durumda kumaşların termal konfor özelliklerinin kumaşların gözeneklilik ve nem kazanım değerlerinden etkilendiği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra yazılımın tahmin etmiş olduğu deri sıcaklığının kumaşların termal iletkenliği ile deri ıslaklığının ise su buharı direnci, nem kazanımı ve kuruma süresi ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Çalışma sonucunda örgü yapılarından ribana ve interlok kumaşların yaz aylarında kullanımının, 2 x 2 ribana kumaşın ise kışın kullanımının uygun olacağı belirtilmiştir.

Onofrei ve diğer. (2011) örme kumaş yapıları arasındaki farkların kumaşların termal ve sıvı yönetim özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla dokuz farklı örgü tipine sahip olan Coolmax® ve Outlast® tan yapılmış kumaşlar kullanılmıştır.

Bu kumaşlarda yapılan su buharı geçirgenlik ölçümlerinin sonuçlarına göre, yüksek buhar difüzesi sağlayabilen nem çekme özelliği dolayısıyla Outlast® kumaşların Coolmax® kumaşlardan daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Coolmax® kumaşların kuruma süresi değerlerinin Outlast® kumaşlardan daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Outlast® kumaşlar içerisinde en hızlı kuruyan örme yapısının süprem örgü tipi olduğu da çalışmanın bulgularından birisidir. Çalışma sonucunda düşük termal direnç ve yüksek termal iletkenlik, hava ve su buharı geçirgenliği değerlerine sahip olan Outlast® kumaşların sıcak hava koşulları için, Coolmax® kumaşların ise soğuk hava koşulları için uygun seçenekler olabileceği belirtilmiştir.

Wardningsih ve Troynikov (2012) rejenere bambu ipliklerden süprem örgü yapısında ve 13 farklı örtme faktörüne sahip olan kumaşın nem yönetim özelliklerini Nem Tayin Cihazı ile ölçerek, örtme faktörünün cihazda ölçülen özellikler üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda örtme faktörünün artışının bambu kumaşlarda sıvı yönetim performansını azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca kumaşlarda örtme faktörü değerinin artması sonucunda ıslanma süresinin arttığı ve bunun dışında emme oranı, yayılım hızı, maksimum ıslak daire çapı gibi değerlerin gözeneklilikteki azalmaya bağlı olarak düştüğü sonucuna varılmıştır.

Prakash, Ramakrishnan ve Koushik (2013) bambu/pamuk karışımli süprem örme kumaşlarda, kullanılan karışım oranının nem yönetim özellikleri üzerine etkisini Nem Yönetim Cihazı kullanarak araştırmışlardır. Bu amaçla çalışmalarında %100 pamuk, %100 bambu, %70-30 pamuk-bambu, %50-50 pamuk-bambu ve %30-70 pamuk-bambu karışımli kumaşlar kullanmışlardır. Çalışma sonucunda bambu lifindeki artışa bağlı olarak kumaşların ıslanma süresinin, yayılım hızının, maksimum ıslak daire yarıçapının ve toplam nem yönetim performansı değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan kumaşlarda bambu miktarının %50 oranını aşması durumunda cihazın bu kumaşların nem yönetim özelliğini kötü olarak değerlendirdiği belirtilmiştir.

Erdumlu ve Sarıcam (2013) çalışmalarında üç farklı iplik inceliğine sahip olan ring ve Vortex iplikler ve bunlardan üretilmiş olan kumaşların dikey kılcal emme, su emicilik ve kuruma özelliklerini araştırmışlardır. İplik tipinin bu özellikler üzerindeki etkisini araştırmak için yaptıkları istatistiksel analizlerde, kuruma süresi dışında tüm ölçüm parametreleri üzerinde etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Vortex iplikler ve kumaşların kılcal emme ve su emicilik değerlerinin ring ipliklerine göre daha düşük değerlere sahip olduğu çalışma sonucunda görülmüştür. Ayrıca, ince ipliklerden yapılan kumaşların daha yüksek kılcal emme ve su emicilik değerlerine sahip olduğu ve hem Vortex hem de ring ipliklerinden yapılan ince kumaşların genellikle daha hızlı kurduğu çalışmada belirtilmiştir.

Öner, Atasagun, Okur, Beden ve Durur (2013) çalışmalarında hammadde, örgü tipi ve kumaş sıklığının örme kumaşların nem yönetim özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Nem Yönetim Cihazı'nı kullanarak bu cihazda ölçülen kümülatif tek yönlü transfer indeksi ve toplam nem yönetim performansı değerlerini incelediklerinde poliester kumaşların toplam nem yönetim performansı değerlerinin selüloz esaslı olarak üretilen kumaşlara göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Sıklık değerlerindeki artışın genel olarak örme kumaşlarda sıvı transferini azalttığı sonucuna varılmıştır. Örgü tipinin ise ölçülen bu özellikler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir.

Öner ve Okur (2013) penye pamuk ipliklerinden üç farklı kumaş sıklığında ve dokuz farklı örgü tipine sahip olacak şekilde üretilmiş olan örme kumaşların sıvı emme, transfer ve geçirgenlik özellikleri üzerinde kumaş yapısının etkisini incelemişlerdir. Kumaşlarda sıklık değerinin artması sonucunda hava geçirgenlik değerleri düşerken, kılcal emme yeteneklerinde artış olduğu sonucuna varılmıştır. Atlamalı örme yapısına sahip olan örme kumaşlarda kılcal emme ve nem yönetim özelliklerinin yüksek çıktığı da çalışmanın bulgularındandır.

Öner ve Okur (2014) yaptıkları çalışmada askı ve atlamalı örgü yapısına sahip olan altı farklı hammadde kullanılarak üretilmiş olan örme kumaşların çeşitli konfor özelliklerinin ölçümelerini gerçekleştirmişler ve elde edilen sonuçlara göre çeşitli

tişörtler tasarlamayı amaçlamışlardır. Yapılan objektif ölçümlerin sonuçlarına göre atlamalı yapıya sahip olan poliester ve pamuk/Coolmax® kumaşların iyi nem yönetim özelliklerine sahip olduğu, askılı yapıda olan viskon ve Tencel LF® kumaşların yüksek hava geçirgenlik ve düşük su buharı direncine sahip olduğu belirlenmiştir. Tişörtlerin çeşitli kısımlarında bu kumaşlar kullanılarak konfor açısından avantajlı olduğu düşünülen dokuz farklı tipte tişört tasarlanmıştır.

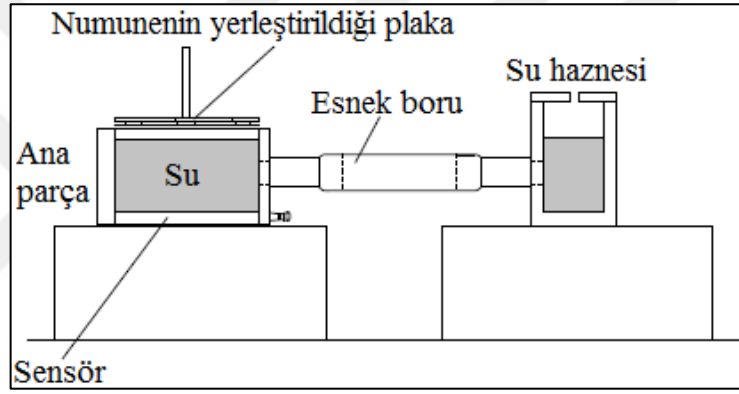
Atasağun ve diğer. (2015) spor giysilerde kullanılan ribana örgü yapılı Viloft® lifi karışımı kumaşların mekanik, ısı ve sıvı transfer özelliklerini objektif olarak ölçmüş ve bu kumaşlardan üretilen tişörtler kullanılarak yapılan subjektif giyim denemeleri ile kişilerin çeşitli konfor algılarını ve vücut fizyolojik ölçüm sonuçlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda Viloft® karışımı kumaşların mekanik özelliklerinin pamuk ve viskon örme kumaşlardan herhangi bir üstünlüğü olmadığı belirlenmiştir. Viloft®/Coolmax® karışımı kumaşların düşük su buharı direnci ve yüksek nem yönetim özellikleri sayesinde ön plana çıktığı, Viloft®/yün karışımı kumaşların spor giysiler için uygun bir tercih olmadığı sonucuna varılmıştır.

Petrusic ve diğer. (2015) çalışmalarında itfaiyeci giysilerinde kullanılan üç farklı astar ve altı farklı iç çamaşırının ayrı ayrı ve birlikte su buharı geçirgenlik ve nem yönetim özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar hem iç giysi hem de astar kumaşların sıvı ve iletim özelliklerini etkileyen en önemli faktörün lif yapısı olduğunu buna karşın su buharı geçirgenlik özelliklerinin en fazla kumaşların fiziksel özelliklerinden etkilendiğini belirtmişlerdir. Doğal ve sentetik liflerin kombinasyonlarının nem yönetimi açısından en iyi özelliğe sahip olduğu çalışma sonucunda görülmüş ve aramid/viskon karışımı olarak kullanılan astar kumaşları ile birleştirilmiş olan iç giysilerde nem ve su buharı yönetim özellikleri diğerlerine göre daha iyi çıkmıştır.

1.5.2 Ölçüm Yöntemi Geliştirme

Yoneda, Mizuno ve Yoneda (1994) çalışmalarında basınç sensörü kullanarak kumaş yüzeyine dikey olarak suyun emilimini belirleyen bir aparat geliştirmişlerdir.

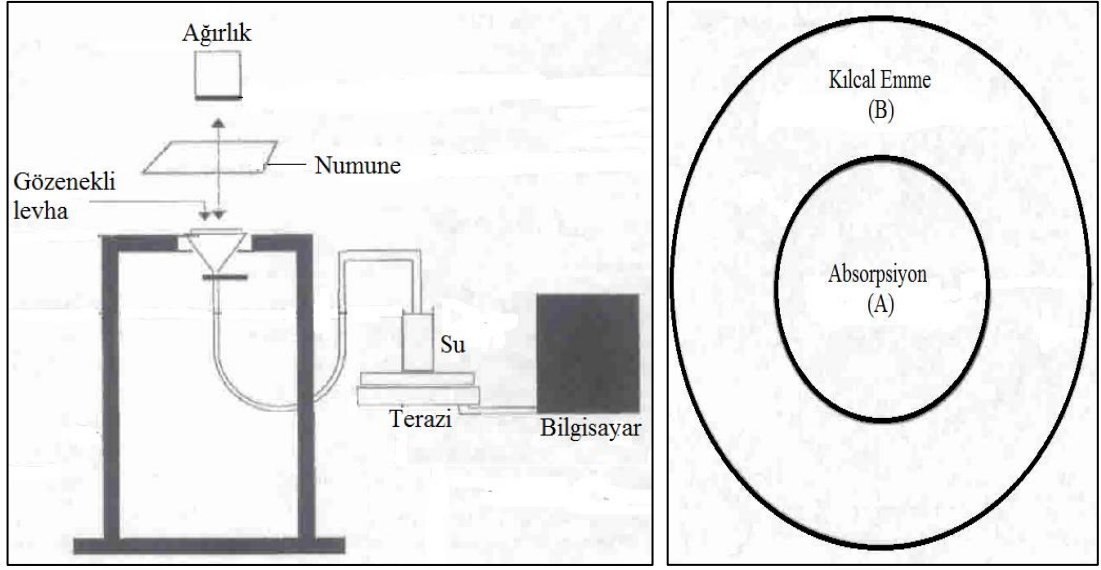
Bu aparat bir ana parça ve su haznesinden oluşmakta ve bu iki parça esnek bir tüp yardımıyla birbirine bağlanmaktadır (Şekil 1.50). Ana parçanın alt kısmında yer alan basınç sensörü kumaş tarafından suyun emilmesi sonucunda kolon basıncının azalmasını kontrol etmekte ve alınan sinyaller bir ampifikator yardımıyla büyütülerek sonuçlar zamana bağlı olarak değerlendirilmektedir. Tek katlı kumaşların değerlendirilmesinde su emicilik oranı sabiti ve maksimum su emicilik değerleri kullanılmıştır. İki katlı kumaşların değerlendirilmesinde ise Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılarak non-lineer difüzyon modelinden yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda kumaş kat sayısındaki artışın su emme hız sabitini arttırdığı gözlenmiştir.



Şekil 1.50 Yoneda ve diğer. (1994) tarafından geliştirilen ölçüm düzeneği

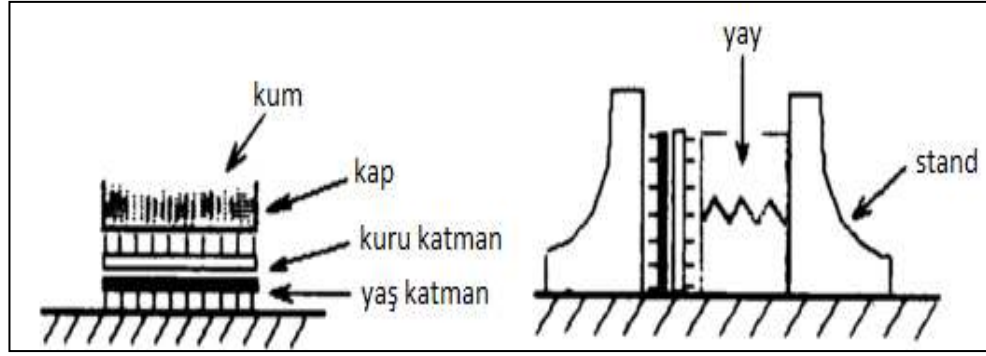
D'Silva, Greenwood, Anand, Holmes ve Whatmough (2000) kumaşlarda kılcal emme ve emilim ölçümlerini eş zamanlı olarak gerçekleştirebilen bir ölçüm yöntemi geliştirmişlerdir. Şekil 1.51'de görülen test aparatı üzerine numune gözenekli levha ile merkezi çakışacak şekilde yerleştirilmekte, böylece emme alanı gözenekli levhanın yüzey alanı ile sınırlandırılmaktadır. Bu alan doyduğunda ise kılcal emme gerçekleşmeye başlamaktadır.

Geliştirilen bir bilgisayar yazılımı sayesinde su haznesinden sıvı kaybı ölçülerek absorpsiyon ve kılcal emme eğrisinin görülebilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca programda emilim için materyalin toplam emilim kapasitesi, emilim hızı, emilim süresi değerleri; kılcal emme için ise kılcal emilen su miktarı, yüzey suyu transfer hızı, kılcal emme süresi değerleri hesaplanabilmektedir.



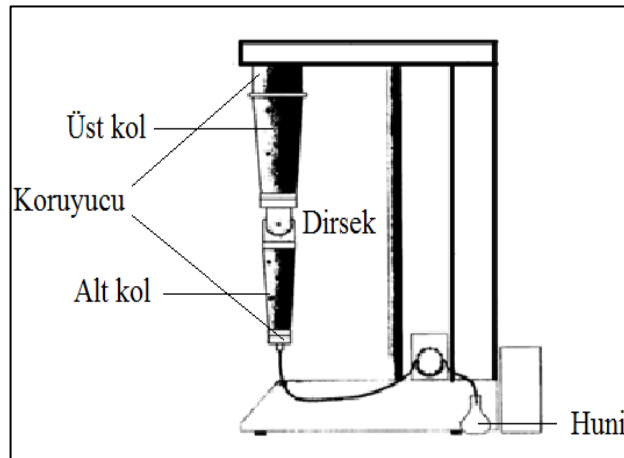
Şekil 1.51 Absorbsiyon-kılcal emme ölçüm aparatı ve kumaş numunesi üzerinde ölçüm alanları (D`Silva ve diğer., 2000)

Zhuang, Harlock ve Brook (2002a) yaptıkları çalışmada kumaşların kılcal emme ölçümlerinde kullanılmak üzere bir aparat hazırlamışlardır. Geliştirilen aparatta ıslak ve kuru olarak hazırlanan numunelerin ölçümleri yatay ve dikey olarak gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 1.52). Yatay ölçümlerde kesilen kumaş katmanları üzerine aynı çapta kum içeren bir kap konulmakta ve kum miktarı değiştirilerek uygulanan basınç miktarı değiştirilebilmektedir. Dikey olarak hazırlanmış düzenekte ise yaylı bir sistem ile kumaş üzerine basınç uygulanabilmektedir. Ölçümler için kumaş distile su içerisine tamamen batırılıp, daha sonra kağıt havlu ile fazla suyu alınmaktadır. Islak kumaş üzerine kuru kumaş yerleştirildikten sonra belirli bir süre sıvı transferine izin verilmekte ve sıvı transfer miktarı kuru kumaş ağırlığı tartılarak ölçülmektedir. Araştırmacılar çeşitli örme kumaşlarda yaptıkları ölçümlerin sonuçlarına göre kumaş katmanları üzerine uygulanan dış basınç miktarı ve ıslak kumaş katmanında tutulan su miktarının kılcal emme transferini etkileyen önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir.



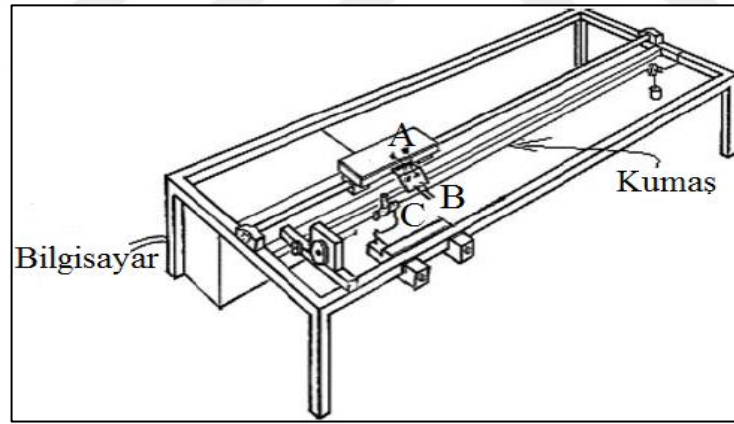
Şekil 1.52 Zhuang ve diğer. (2002a) tarafından geliştirilen yatay ve dikey transfer kılcal emme ölçüm düzeneği

Rossi, Gross ve May (2004) çalışmalarında orta derecede soğuk ortam koşullarında dört katmandan oluşan tekstil yapılarının su buharı transferi ve nem birikim özelliklerini terleyen kol ile ölçmüşlerdir. Terleyen kol üst kol, dirsek, alt kol ve koruyuculardan oluşmaktadır (Şekil 1.53). Alt kol ve üst kol üzerinde bulunan 22 adet püskürtücü sayesinde kol terleyebilmektedir. Fazla su test aparatının alt kısmında bulunan bir huni içerisinde toplanmaktadır. Terleyen kol için uygun boyutlarda kesilen numuneler kol üzerine yerleştirilmektedir. Her test öncesi ve sonrasında her kombinasyon için tüm katmanlarının ağırlığı ve üst kol ve alt kola beslenen su miktarı belirlenmektedir. Su buharı iletim hızı hunide ve numune üzerinde biriken sıvı miktarı ölçülerek hesaplanmaktadır. Çalışma sonucunda dış çevre sıcaklığının azalması ile gruplar arasındaki su buharı direnç farklarının arttığı görülmüştür.



Şekil 1.53 Rossi ve diğer. (2004) tarafından geliştirilen terleyen kol mekanizması

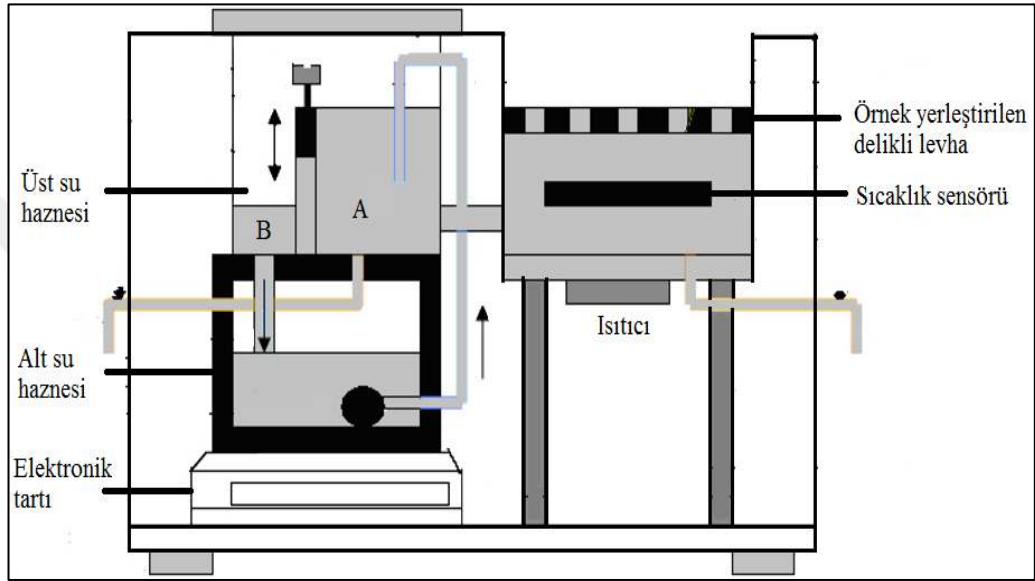
Mazloupour ve diğer. (2007) ham ve su geçirmez pamuklu kumaşlar kullanarak yapmış oldukları çalışmada bu kumaşların içerisinde farklı sıvıların penetrasyon davranışlarını belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla elektriksel direnç tekniği esasına göre çalışmakta olan bir test aparatı hazırlamışlardır. Bu ölçüm aparatında sıvının yatay yönde transferi elektrik panosu kullanılarak elektriksel dirençteki ani azalmaya göre belirlenmektedir. Hazırlanan test numunesi hareketli bir temas sensörüne temas etmekte, bir ucu ise sabit olan sıvı haznesi içerisindeki sıvıya beslenmektedir. Sıvı temas sensörüne ulaştığı anda kumaş direnci azalmakta ve sıvı, kumaşın ıslanmış kısmı ve temas sensörü içerisinde elektriksel akım geçmektedir. Önceden belirlenen bir değere göre ise kumaş direncindeki ani azalma bilgisayar yazılımında tanımlanabilmektedir (Şekil 1.54). Bitim işlemi görmüş olan kumaşlarda penetrasyon hızı ve kılcal emme mesafesinde ham kumaşa göre azalma olduğu görülmüştür. Bitim işlemleri sonrasında kumaşların yüzey karakteristiklerinin değişmesi yüzünden kumaşların katı-buhar yüzey gerilimi değerlerinin birbirinden farklı olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 1.54 Kumaşlarda yatay kılcal emme için gereken süreyi belirleyebilen test aparatı: A: Elektrik panosu; B: Hareketli temas sensörü; C: Sıvı haznesi (Mazloupour ve diğer., 2007)

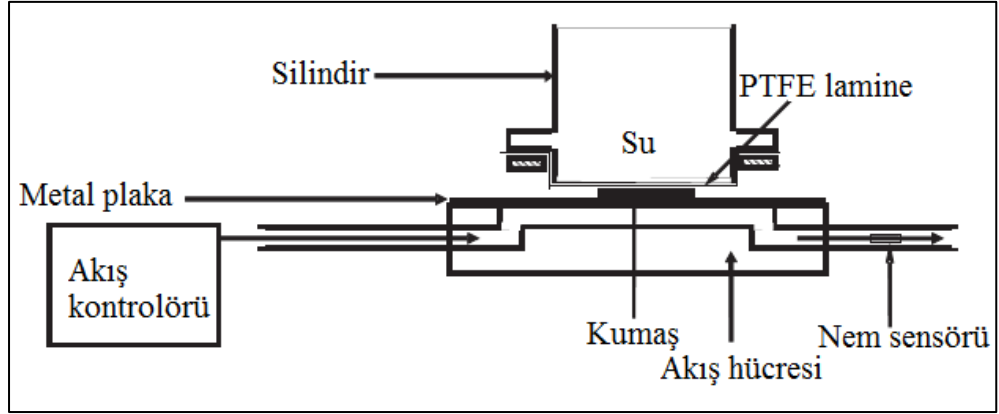
Sarkar, Fan ve Qian (2007) kumaşların düzlemsel yönde sıvı emme ve buharlaşma özelliklerini belirleyebilen bir test cihazı geliştirmişlerdir (Şekil 1.55). Cihazın çalışma prensibine göre alt su haznesinde bulunan su, üst su haznesinin A bölmesine pompalanmaktadır. Suyun A ve B bölmelerini ayıran duvar üzerinden dökülmesi için pompalama hızı ayarlanabilmektedir. Dökülen su, tekrar alt su haznesine gönderilmektedir. Kumaş numunesi ise su kabı üzerindeki delikli metal plaka

üzerinde bulunan numune platformu üzerine yerleştirilmektedir. Su sıcaklığının sabit kalması için, su kabının alt kısmına bir ısıtıcı yerleştirilmiştir. Sıvı, kumaş boyunca transfer edildiği ya da emildiği için haznedeki sıvı miktarı azaldığından, kap içerisindeki sıvı miktarının aynı kalması sifonlama yöntemi ile sağlanmaktadır. Kumaşa emilen ya da transfer edilen sıvı miktarı elektronik tartı kullanılarak alt ve üst su haznelerinin ağırlıklarından ölçülebilmekte ve bilgisayara kaydedilmektedir.



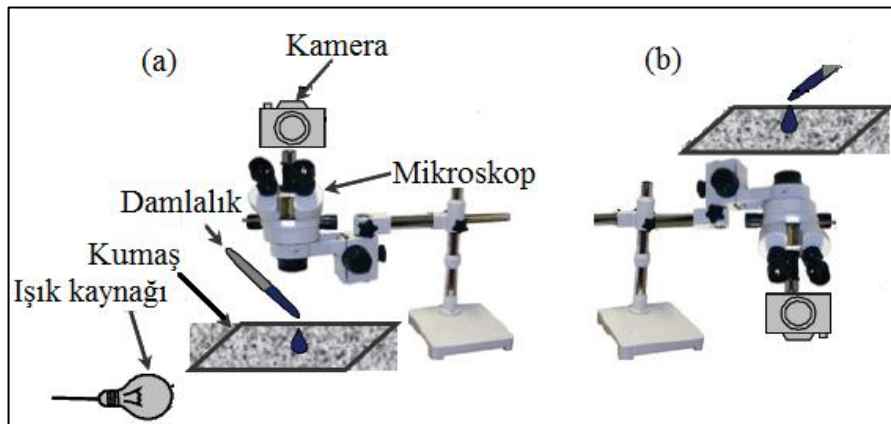
Şekil 1.55 Sarkar ve diğer. (2007) tarafından geliştirilen düzlemsel sıvı iletim test aparatı

Huang ve Qian (2008) kumaşlarda su buharı transfer yeteneğinin ölçülmesi için kullanılan çeşitli test yöntemlerini farklı parametrelere göre karşılaştırmış ve bu sonuçlardan yola çıkarak yeni bir test yöntemi önermişlerdir (Şekil 1.56). Yapılan çalışma sonucunda, tüm yöntemler arasında en yüksek su buharı iletim hızının kurutucu ters çevrilmiş kap yönteminde elde edildiği, dikey kap yönteminde ise en düşük değerlerin elde edildiği görülmüştür. Yeni yöntemin diğer standart test yöntemleri ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Kurutucu kap, ters çevrilmiş kap ve yeni geliştirilen yöntemin gerçek koşulları doğrudan simüle etmedikleri ancak, kalite kontrol testlerinde kullanımının mümkün olduğu belirtilmiştir.



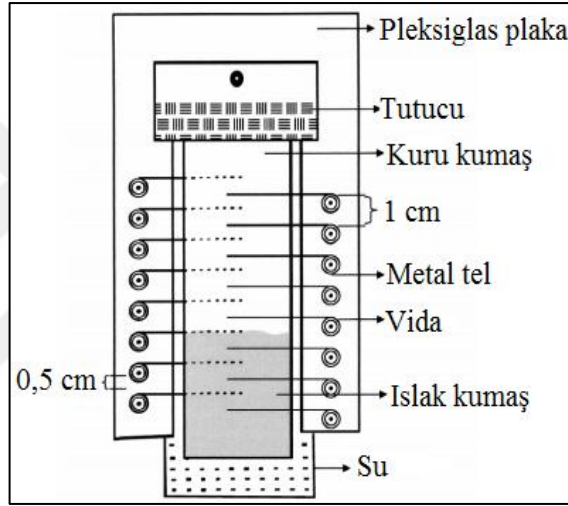
Şekil 1.56 Huang ve Qian (2008) tarafından geliştirilmiş yeni ölçüm düzeneği

Petrulyte ve Baltakye (2009) çeşitli terbiye işlemleri görmüş olan havlu kumaşların sıvı emme ve iletim özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında mikroskop ve kamera kullanarak görüntü analizi uygulaması yapabilen bir test aparatı geliştirmişlerdir (Şekil 1.57). Bu yöntemde kumaş yüzeyine sıvının damlatıldığı andan tamamen emildiği ana kadar kumaşın hem alt hem de üst kısmından olmak üzere tüm proses kaydedilmekte, alınan kamera görüntüleri kullanılarak damlanın yayılım alanı ölçülmekte ve zamana bağlı olarak alan değişimleri hesaplanabilmektedir. Çalışmada elde edilen sonuçlar çeşitli regresyon yöntemleri kullanılarak açıklanmıştır. Uygulanan terbiye işlemleri ve bu işlemlerin yoğunluklarındaki artışın kumaşın damlayı emme süresini azalttığı ve sıvının damlatıldığı ilk 10 saniyede kumaş üzerinde oluşan ıslanma alanını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 1.57 Petrulyte ve Baltakye (2009)'nin çalışmalarında kullandığı sıvı iletim özelliklerini belirleyebilen test aparatı: (a) kumaşın üst kısmı için; (b) kumaşın alt kısmı için görüntü alma yöntemi

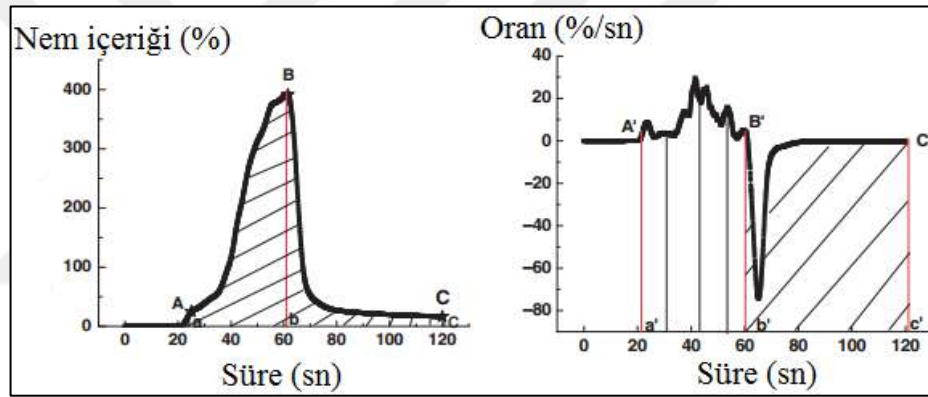
Babu, Koushik, Lakshmikantha ve Subramanian (2011) kumaşlarda dikey kılcal emme ölçümü gerçekleştirilmesi amacıyla açık ve kapalı elektrik devresi prensibine göre çalışabilen bir test aparatı tasarlamışlardır. Kuru kumaşın bir ucu sıvı haznesi içerisine daldırılarak sıvının kumaş üzerinde yükselmesi sensörler ile algılanmış ve alınan sinyaller bilgisayara aktarılmıştır (Şekil 1.58). Cihaz etkinliğinin belirlenmesi amacıyla kumaşların atkı ipliklerinde numara ve sıklık değerleri değiştirilerek üretilmiş kumaşlar için ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda sıklık ve atkı ipliği numarası artışının kullanılan kumaşlarda kapiler yüksekliği ve penetrasyon hızını azalttığı belirlenmiştir.



Şekil 1.58 Babu ve diğer. (2011) tarafından geliştirilmiş, elektriksel prensibe göre çalışan kılcal emme test aparatı

Meng, Ng, Hui, Li ve Hu (2011) çalışmalarında yalnızca örme ve dokuma kumaşlar için kullanılmakta olan Nem Yönetim Cihazı'nda çocuk bezlerinin sıvı iletim özelliklerinin belirlenebilmesi için yeni bir değerlendirme yöntemi geliştirmişlerdir. Buna göre cihazdan elde edilen indekslerden altı yeni indeks türetilerek çocuk bezlerinin iletim özellikleri için değerlendirmeler yapılmaya çalışılmıştır. Nem transferinin belirlenebilmesi için çalışmada yapay üre solüsyonu kullanılmıştır. Kullanılan numuneler için 60-300 saniye arasında pompalama süreleri belirlenmiştir. Şekil 1.59'da çalışmada kullanılan yeni indeksler grafik üzerinde gösterilmiştir. Buna göre ilk grafik incelendiğinde A noktası yüzeyin ıslanma süresini; B noktası maksimum nem içeriğinin bulunduğu noktayı göstermektedir. C

noktası ise, bir önceki aşamada biriken nemin katmanının altında penetre olmaya başlaması boyunca ölçülen zaman periyodunu göstermektedir. Diğer grafik incelendiğinde ise, A'-B' pompalama süresince ortalama nem birikim oranını, B'-C' aralığı ise ortalama nem penetrasyon oranını belirtmektedir. Ayrıca çalışmada çocuk bezlerinin genel nem iletim performansını belirlemek amacıyla tüm indeksler kullanılarak nem birikim kapasitesi olarak yeni bir indeks daha hesaplanmıştır. Tüm indeksler için gerçekleştirilen aşamalı regresyon modelleri ile önem seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçta çocuk bezlerinin nem kapasitesi üzerinde yalnızca nem birikim oranının etkisi olmadığı belirlendiği için çocuk bezlerinin nem yönetim performansını ölçüm eğrilerinden türetilen beş indeks ile açıklayabilmenin mümkün olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 1.59 Test zamanı ile sıvı içerik değişimini gösteren türetilmiş grafikler (Meng ve diğer., 2011)

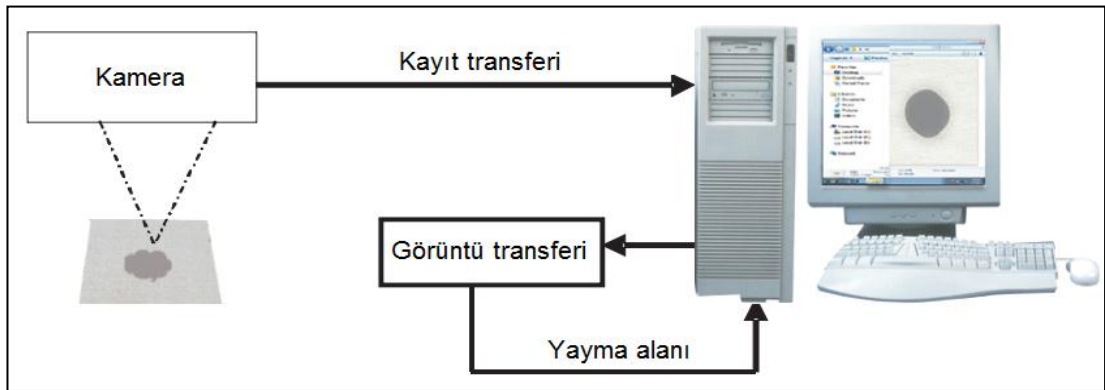
Sampath, Mani ve Nalankilli (2011) farklı filament sayılarına sahip olan poliester ipliklerinden yapılmış örme kumaşlara nem yönetim bitim işlemi uygulayarak kumaşların konfor özelliklerini belirlemek için yaptıkları çalışmada yatay kılcal emme ölçümlerinin yapılması amacıyla iki yeni test yöntemi geliştirmişlerdir. İlk yöntemde kumaş numunesi 10 cm çapında bir nakış kasnağına gerdirilerek yerleştirilmiş ve kumaş üzerine belli bir mesafeden 1 ml su damlatılarak yayılma alanı ölçülmüştür. Ölçüm işlemi kumaş yüzeyi altına yerleştirilen bir grafik kağıdı yardımıyla yapılmıştır (Şekil 1.60). Doymanın belirlendiği diğer yöntemde ise 20 cm çapında bir nakış kasnağına kumaş gerdirilmiş ve her 3 saniyede bir 6 mm yükseklikten 1 ml su damlatılmıştır. Kumaş, damlatılan suyu içerisine almakta, doyduğunda ise fazla su damlaları kumaş üzerinde kalmaktadır ve bu nokta doyma

noktası olarak kaydedilmiştir. Önceki yöntemdekine benzer şekilde yayılım alanı grafik kağıdı ile işaretlenerek belirlenmiştir. Yatay kılcal emme sonuçları incelendiğinde, filament sayısının artması ile suyun yayılım alanı ve doyma noktasına ulaşma zamanının arttığı belirlenmiştir.



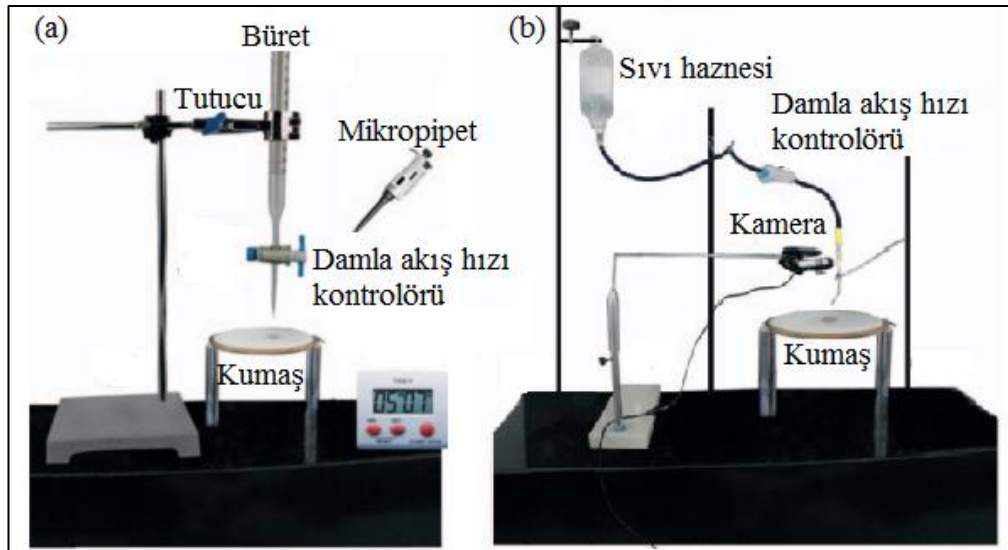
Şekil 1.60 Kumaş üzerinde yayılım alanının belirlenmesi (Sampath ve diğer., 2011)

Raja, Koushik, Ramakrishnan, Subramaniam ve Ramesh Babu (2012) kumaş üzerinde sıvıların yayılım alanını gömülü görüntü işleme yöntemini kullanarak belirlemişlerdir (Şekil 1.61). Çalışma için kullanılan görüntü analizi yöntemi tekstil yapıları için uygun olmadığından kılcal emme alanını hesaplayabilen yeni bir algoritma geliştirmişlerdir. Bu yöntemde göre bir kamera aracılığıyla öncelikle kumaş üzerindeki yayılım alanı kaydedilmiş ve görüntüler geri plan çıkarım algoritması kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda kullanılan bu yöntemin manuel yöntemde göre hız, doğruluk, verilerin depolanması ve hataların önlenmesi açısından avantajlı olduğu belirtilmiştir.

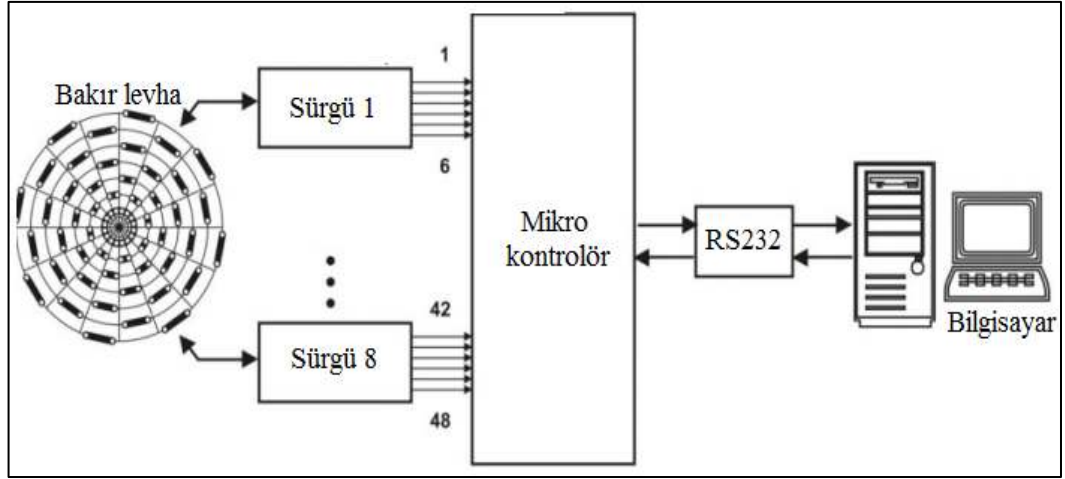


Şekil 1.61 Raja ve diğer. (2012) tarafından geliştirilmiş görüntü işleme yöntemine göre çalışan deney düzeneği

Raja, Ramakrishnan, Babu, Senthilkumar ve Sampath (2014) çalışmalarında kumaşlarda sıvının yayılım davranışını ölçen farklı yöntemleri karşılaştırarak, bu yöntemler arasındaki korelasyonları belirlemişlerdir. Bu amaçla toplam 12 örme ve dokuma kumaşın emme kapasitesi ve emme hızı değerleri ölçülmüştür. Kullanılan ilk yöntem manuel olmakla birlikte nakış kasmağı üzerine yerleştirilen kumaşın üzerine kumaş doyana kadar sıvı damlatılması esasına dayanmakta ve yayılım alanı kumaşın altına yerleştirilen bir grafik kağıdı ile belirlenmektedir (Şekil 1.62-a). İkinci yöntemde sıvının yayılımı ticari Photoshop programı ile görüntü analizi yöntemine göre değerlendirilmektedir. Bu amaçla yüksek çözünürlüklü bir kamera sistemi düzeneğe üzerine yerleştirilmiş ve veri aktarımı için bilgisayara bağlanmıştır. Üçüncü yöntemde ise, ikinci yönteme benzer şekilde yüksek çözünürlüklü kamera ile alınan görüntüler Matlab programında sinyal işleme yöntemi (EIAS) kullanılarak incelenmiştir (Şekil 1.62-b). Çalışma sonucunda EIAS yönteminin tamamen otomatik olmasına bağlı olarak daha kısa sürede ölçüm yapabildiği görülmüştür. Test yöntemlerinden elde edilen değerler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, manuel yöntem ve ticari Photoshop görüntü analizi yöntemi arasında yüksek korelasyon olduğu belirlenmiştir. Ayrıca EIAS ve Photoshop kullanılan yöntemler arasında manuel ve EIAS'a göre daha kuvvetli ilişkiler olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 1.62 Sıvının yayılım davranışını belirlemek için kullanılan (a) manuel ve (b) kameralı test düzeneği (Raja, Ramakrishnan ve diğer., 2014)



Şekil 1.64 Kumaşlarda yatay kılcal emme ölçümleri için ter transfer test cihazı (Raja, Babu ve diğer., 2014)

1.5.3 Subjektif Konfor Değerlendirmeleri ve Fizyolojik Ölçümler

Fuzek (1981) yaptığı çalışmada örme tişört kumaşlarının mekanik ve iletim özelliklerini objektif olarak ölçmüştür. Aynı zamanda kişilerin çeşitli algılarını ölçmek amacıyla skalalar kullanarak subjektif konfor değerlendirmeleri gerçekleştirmiştir. Çalışmasında objektif ölçümler ve subjektif değerlendirmeler arasındaki korelasyonu inceleyerek, tişört kumaşları için yapılan konfor değerlendirmelerini etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmıştır. Sonuçta subjektif konfor değerlendirmelerini etkileyen en önemli parametrenin giysinin vücuda oturması olduğu belirlenmiştir. Diğer önemli parametrelerin ise kişinin alışmış olduğu lif karışımı ve giysi stili olduğu gözlenmiştir. Kumaşların tutum, yumuşaklık gibi duyuşal özelliklerinin, nem iletimine ilişkin özelliklerinin ve termal geçirgenlik özelliğinin ise kişi konforunu belirlemek için etkilerinin daha az olduğu sonucuna varılmıştır.

Nielsen, Gavhed ve Nilsson (1989) çalışmalarında paketleme işi yapan kişilerin farklı ortam koşullarındaki konfor durumlarını belirlemek için bir protokol hazırlamışlar, buna göre kişilerin subjektif algılarını skalalar yardımıyla belirlemişler ve çeşitli fizyolojik ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada kişilere sıkı bir iç giysi ve sıkı olmayan bir gömlek giydirilmiştir. Test protokolü Tablo 1.3'de gösterilen ortam koşullarını içermektedir.

Tablo 1.3 Nielsen ve diğer. (1989)'nin çalışmalarında kullandıkları ortam koşulları

Periyotlar	Sıcaklık (°C)	Bağıl nem (%)	Hava hızı (m sn ⁻¹)
0-30. dakika (Nötr)	20°C	%37	0,45
30-60. dakika (Soğuk)	5°C	%95	0,39
60-75. dakika (Dinlenme)	20°C	%37	0,45
75-90. dakika (Soğuk)	5°C	%95	1,23

Çalışma sonucunda her iki sıcaklık durumu için de gövde ve üst kol sıcaklığının yüksek olduğu, buharlaşma hızının ise 20°C'ta yüksek olduğu gözlenmiştir. Kişilerin vücut ısısı, kalp atış hızı ve subjektif termal değerlendirmeleri arasında herhangi bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Araştırmacılar tarafından serin koşullarda, sıkı iç katmanın derinin soğumasını azaltacağı, sıcak koşullarda ise, gevşek iç katmanın sıklıdan daha etkin olarak buharlaşmaya izin vereceği belirtilmiştir.

Bakkevig ve Nielsen (1994) kişilerin soğukta dinlenmesi sırasında termal konfor algıları ve termoregülatör cevapları üzerinde lif tipi, kumaş yapısı ve ıslak iç giysilerin etkisini araştırmışlardır. Çalışmada pamuk (1x1 ribana), yün (1x1 ribana) ve polipropilen (1x1 ribana ve file) liflerinden yapılmış uzun alt ve üst iç giysi iki katlı giysi sisteminin bir parçası olarak kullanılmıştır. Bunların yanı sıra sık kullanılan interlok yapıya sahip çift katlı yün-polipropilen (%47-53) karışımı kumaş da iç giysi olarak çalışmada tercih edilmiştir. Dış katman olarak ise, %65-35 poliester-pamuktan yapılmış olan ceket ve pantolon kullanılmıştır. 8 kişi ile gerçekleştirilen testler sırasında kişiler önceden ısıtılarak hazırlanmış olan giysiler ile 60 dakika boyunca 10°C sıcaklık ve %85 bağıl neme sahip ortamda oturmuşlardır. Testler sırasında kişilerde deri sıcaklığı, ağırlık kaybı, kalp atış hızı gibi fizyolojik değişimler belirli aralıklarla ölçülmüştür. Ayrıca kişilerin nem, sıcaklık ve termal konfor algıları skalalar kullanılarak subjektif olarak kaydedilmiştir. Veriler incelendiğinde ıslak iç giysilerin testler sırasında anlamlı bir soğutma etkisine sahip olduğu gözlenmiştir. İki katlı giysi sistemlerinde iç giysinin örgü tipinin buharlaşma hızını etkilediği belirlenmiş ve iç giysilerin kalınlığının termal konfor üzerinde lif tiplerinden daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Bakkevig ve Nielsen (1995) yapmış oldukları diğer bir çalışmada farklı hammadde ve örgü tipine sahip olan üç katmanlı giysi sistemi içerisinde kullanılan iç giysilerin termal konforu ve ter birikimi üzerinde aktivite seviyesinin etkisini

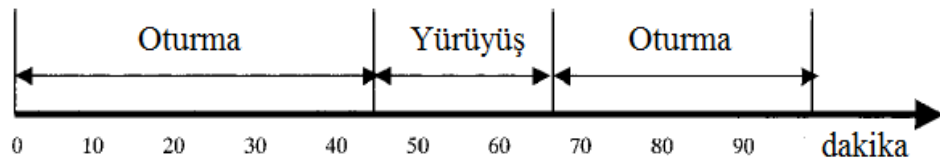
incelemişlerdir. Çalışmada, %100 polipropilen (1x1 ribana ve file) ve %100 yün (1x1 ribana) uzun alt ve üst iç giysi kullanılmıştır. Orta katman olarak futter örgülü yün ve dış katman olarak %65-35 poliester-pamuk ceket ve pantolon kullanılmıştır. Testler 10°C sıcaklık ve %85 bağıl nemde, hava hızı 0,1 m/sn'den düşük olan bir ortamda, 8 kişiyle, 40 dakikalık bisiklet egzersizi ve 20 dakika dinlenme olarak iki farklı iş seviyesinde (oksijen alımı farklı olacak şekilde) iki kez tekrar edilmiştir. Testler sırasında önceki çalışmaya benzer şekilde çeşitli fizyolojik ölçümler gerçekleştirilmiş ve kişilerin konfor algıları için verdikleri cevaplar kaydedilmiştir. Sonuçta çalışma periyotları sırasında yüksek ısı ve ter üretiminin kişilerde konforsuzluk algısını yükselttiği ve terleme sonrası giysilerde biriken terin dağılımının iç giysilerin lif tipine bağlı olduğu belirlenmiştir. Yanı sıra, yüksek aktivite seviyelerinde çalışma sırasında giyilen üç katlı giysi sistemlerinde iç giysinin örme yapısının buharlaşma hızına etkisi olduğu görülmüştür.

Li (1997) sıcak ve soğuk olmak üzere iki farklı çevre şartında gerçekleştirilen egzersizler sırasında kişilerin giydikleri giysiler için subjektif konfor algılarına göre verdikleri cevaplar ve kumaşların transfer özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada farklı hammaddelerin kullanıldığı sistematik olarak üretilmiş olan sekiz tip örme kumaş kullanılmıştır. Kumaşların sahip olduğu transfer özelliklerinden termal direnç, su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği, damla emicilik, yatay kılcal emme ve suyun buharlaşma eğilimini objektif olarak ölçmüşlerdir. Subjektif konfor değerlendirmeleri sırasında ise kişilerin soğuk (14°C-%32 bağıl nem) ve sıcak (32°C-%45 bağıl nem) çevre koşullarında gerçekleştirdiği egzersizler boyunca konfor algıları subjektif olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için oluşturulan beş noktalı bir skala kullanılarak kişilerden termal-ıslaklık, dokunma ve vücuda uygunluk konfor algıları olarak üç ana kategoriye ayrılmış olan 19 farklı algısını (yapışkanlık, kaşıntı, ıslaklık, soğukluk, boğuculuk...) puanlaması istenmiştir. Objektif olarak ölçülen kumaş transfer özellikleri ile subjektif konfor değerlendirmeleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde, yatay kılcal emme ve damla emicilik değerleri ile genel olarak subjektif termal-ıslaklık konfor algıları arasındaki korelasyonlar anlamlı çıkmıştır. Kumaş termal direnç test sonuçlarının ise hem soğuk hem de sıcak

koşullarda kişilerin cevapları ile arasında ters yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür, bu durumda spor giysilerde termal yalıtım özelliklerinin önemli olduğunu gösterdiği belirtilmiştir.

Bartels ve Umbach (2002) çalışmalarında nem çeken membranlar ve kaplamaların su buharı geçirgenliğinin sıcaklıkla değişimini ve bu yapıların fizyolojik fonksiyonlarını belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla yapılan çalışmada dört farklı koruyucu giysi kullanılmış ve giyim denemelerinde kullanılmak üzere ceket ve pantolondan oluşan takımlar hazırlanmıştır. Giyim denemeleri için dört erkek gönüllü ile çalışılmıştır. Çevre sıcaklığının etkisinin belirlenmesi için ortam koşulları 20°C, 0°C ve -20°C olarak ayarlanmıştır. Her gönüllü koşu bandı üzerinde 5,5 km/sa hız ile iki saat boyunca yürütülmüştür. Deneklerin ter üretimi ve giysilerin nem alımı, giysilerin ve kişilerin her birinin başlangıç ağırlığı ve son ağırlığı kaydedilerek giyim denemesi sonrasında hesaplanmıştır. Sonuçta su buharını geçiren tekstiller için fizyolojik fonksiyonlarının tüm test sıcaklıkları için su buharı geçirmeyenlerden daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Choi, Lee ve Kim (2003) kış mevsiminde giyilen termal iç giysilerin kişilerin termofizyolojik ve subjektif konfor algılarına etkisini incelemiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen testler 18°C ve 23°C olarak iki farklı çevre sıcaklığında, %30 bağıl nem ve 0,2 m/sn'den daha düşük hıza sahip bir ortamda yapılmıştır. Her iki çevre koşulunda da aynı giysiler giyilmiş olup, %100 pamuklu termal iç giysi yalnızca 18°C sıcaklıkta giyilmiştir. Subjektif testler için altı erkek gönüllü ile çalışılmıştır. Şekil 1.65'de çalışmada kullanılan test prosedürü görülmektedir.



Şekil 1.65 Choi ve diğer. (2003) tarafından kullanılan test prosedürü

Test prosedürünün yürüyüş kısmında gönüllüler 3,2 km/sa hızı geçmeyecek şekilde yürümüşlerdir. Her test iki kez tekrarlanmış olup, testler sırasında kişilerin

rektal sıcaklığı, deri sıcaklığı, giysi mikroklima sıcaklığı ölçülmüştür. Ayrıca kişilerin bölgesel ve tüm vücut termal algısı ve termal konfor algısı subjektif olarak skalalar yardımıyla belirlenmiştir. Çalışma sonucunda kişilerin rektal sıcaklığı ve mikroklima sıcaklığı ölçümlerinde iki çevre koşulu arasında anlamlı bir fark olmadığı; buna karşın, ortalama deri sıcaklıkları arasında anlamlı bir fark olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda çevre sıcaklığına bağlı olarak kişilerin termal algıları arasında anlamlı bir fark gözlenirken, termal konfor değerlendirmeleri arasında fark oluşmadığı belirtilmiştir.

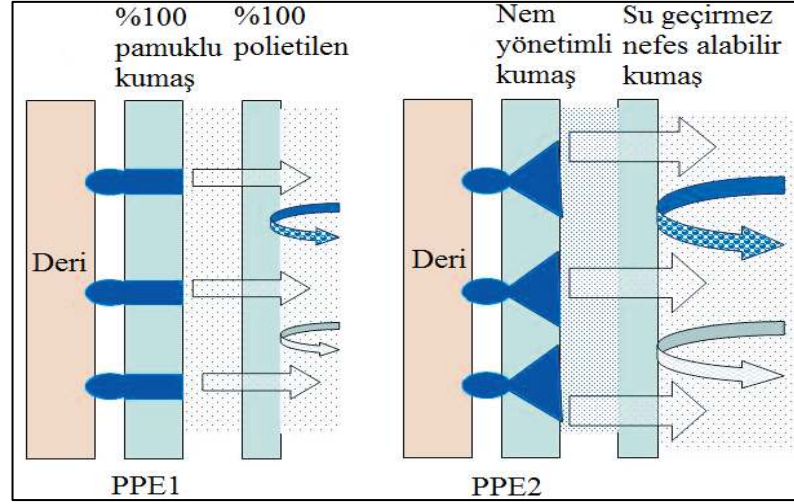
Wong ve Li (2004) çalışmalarında sıkı yapıdaki aerobik giysileri ile yapılan egzersizler sırasında subjektif konfor değerlendirmeleri ile kişilerin termal ve nem algısı ve toplam vücut konfor algısını belirlemişlerdir. Ayrıca deneklerin vücutlarının farklı bölgelerindeki nem ve sıcaklık değerleri sensörler yardımı ile ölçülmüştür. Yapılan subjektif değerlendirmeler ve fizyolojik ölçümler arasındaki korelasyon incelendiğinde deri yüzey sıcaklığı ve nem algısı değerlendirme puanları arasında anlamlı ilişkiler bulunduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra toplam giysi konforunun dış uyluktaki termal algı ve iç uyluktaki nem algısı ile en iyi şekilde açıklanabileceği sonucuna varılmıştır.

Dai, Imamura, Liu ve Zhou (2008) pamuklu ve pamuk/soya lifi karışımı kumaşlarda objektif olarak ölçtükleri batma ve dikey kılcal emme yeteneğinin, bu kumaşlardan üretilen tişörtlerin mikrokliması üzerindeki etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Altı kişinin katıldığı giyim denemelerinde uygulanan egzersiz protokolü 10 dakika dinlenme, 30 dakika koşu bandında 5,8 km/sa hızla yürüyüş ve 30 dakika dinlenme olarak belirlenmiştir. Giyim denemeleri sabah ve öğleden sonra olarak günün iki farklı zamanında gerçekleştirilmiştir. Kişilerin sırt mikroklima sıcaklık ve bağıl nemi test boyunca dakikada bir kaydedilmiş ve buna bağlı olarak doymuş buhar basıncı hesaplanmıştır. Ayrıca belli aralıklarla kişilerin ıslaklık, yapışkanlık ve boğuculuk algıları beş noktalı bir skala yardımıyla değerlendirilmiştir. Sonuçta buhar basıncının soya lifi karışımı tişörtlerde pamuklulara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Pamuklu kumaşlar için subjektif konfor değerlendirme puanlarının karışımı kumaştan daha yüksek olduğu, yani pamuklu tişörtlerin

karışımı tişörtlerden daha konforsuz olduğu görülmüştür. Çalışmada giysi ve deri arasında oluşan mikroklimanın konforunda sıvı transferinin sıvı emme özelliklerinden daha önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Fan ve Tsang (2008) çalışmalarında aktif olarak yapılan sporlar sırasında kişilerin termal konfor algısı üzerinde giysi termal özelliklerinin etkisini belirlemek için beş farklı eşofman kullanarak giyim denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Subjektif giyim denemelerinde kullanılmak üzere oluşturulan protokole göre kişiler iklimik ortamda 30 dakika badminton oynamışlardır. Egzersizden önce ve sonra kişilerin konfor algıları beş noktalı bir skala ile değerlendirilmiştir. Termal direnç, su buharı direnci ve giysi içerisindeki nem birikimini ölçmek için ise terleyen manken kullanılmıştır. Egzersizden önce kişilerin konfor algılarının giysinin termal özellikleri ile ilişkili olmadığı belirlenmiştir. Egzersizden sonra yapılan subjektif değerlendirmelerin ise giysinin su buharı ve sıvı iletim özellikleri ile anlamlı ilişkilere sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Terleyen manken ile yapılan ölçümlerin insanların konfor durumlarını gerçekçi bir şekilde yansıtabildiği belirlenmiştir.

Guo ve diğer. (2008) koruyucu giysi giyen kişiler için uygulanan bir test protokolü sırasında kişilerden alınan fizyolojik ölçüm sonuçları (iç kulak sıcaklığı, ortalama deri sıcaklığı, mikroklima bağıl nemi...) üzerinde kumaş nem iletim özelliklerinin etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada PPE1 (pamuklu iç giysi ve %100 polietilen dış giysi) ve PPE2 (nem yönetimli pamuklu iç giysi ve su geçirmez nefes alabilir dış giysi) olarak adlandırılan iki farklı kişisel koruyucu giysi (PPE) kullanılmıştır (Şekil 1.66). Bu giysi çiftlerinin çeşitli konfor özellikleri karşılaştırıldığında nem yönetim performansının PPE2 iç giysisinde ve su buharı geçirgenliğinin PPE2 dış giysisinde PPE1'e göre daha yüksek olduğu; ayrıca ortalama deri sıcaklığı ve göğüs mikroklima neminin PPE1'de daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 1.66 Guo ve diğer. (2008)'nin çalışmalarında kullanmış olduğu giysi çiftleri ve bu giysilerin ter iletim mekanizmaları

Jiao, Yao, Lau ve Li (2009) çalışmalarında nötr (20°C-%50 bağıl nem) ve sıcak (30°C-%80 bağıl nem) çevre koşullarına uygun olarak bir giyim denemesi protokolü hazırlayarak, kişilerden giyim denemelerinde hidrofilik uygulama gören poliester ve nem çekmeyen poliester kumaşların termal ve ıslaklık konforunu (nemlilik, yapışkanlık, kuruluk, ağırlık, soğukluk, nefes alabilirlik...) ve mekanik konforunu (kaşıntı, batma, kabalık, yumuşaklık...) subjektif olarak skalalar yardımı ile değerlendirmelerini istemişlerdir. Elde edilen tüm subjektif konfor değerlendirme sonuçlarının, kumaşların objektif olarak ölçülebilen kılcal emicilik ve nem yönetim özellikleri ile ilişkilerini araştırmışlardır. Bu ilişkiler incelendiğinde, kumaş nem iletim özelliklerinin poliesterde uygulanan hidrofilik işlem ile büyük ölçüde değiştiği, buna karşın kişilerin duysal algılarında çok az bir farklılık olduğu sonucuna varılmıştır. Hidrofilik uygulama yapılan poliester kumaşların kılcal emicilik ve nem yönetim özelliklerinin, belirlenen bu çevre koşullarında kişilerin nefes alabilirlik ve hava geçirmezlik algılarını oldukça etkilediği görülmüştür.

Kaplan ve Okur (2009) çalışmalarında subjektif değerlendirme yöntemlerinden önkol testi ve giyim denemelerini kullanarak kişilerin konfor algılarını belirlemiş, aynı zamanda kullanılan kumaşların çeşitli fiziksel ve termal özelliklerini ölçmüşlerdir. Elde edilen değerler arasındaki ilişkileri incelediklerinde kişilerin önkol testi değerlendirmeleri ve deri yüzey sıcaklık düşüşleri arasında herhangi bir

ilişki bulunmadığını, bu hislerin daha çok kumaş yüzey özellikleri ve geçirgenlik özelliklerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Giyim denemesi sonucunda elde edilen sıcaklık ve ıslaklık hislerinin ise mikroklima sıcaklık değerleri ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Wu, Zhang ve Li (2009) egzersiz yapan kişilerde termal ve ıslaklık konforunun artırılması için vücudun çeşitli bölgelerinin sıcaklık ve nem karakteristiğine göre vücut bölgelerine uygun kumaşlar seçerek yeni bir giysi tasarımı yapmayı amaçlamışlardır. Çalışmada öncelikle 10 farklı nem çeken lif ve lif karışımlarından yapılmış olan tişört için kişilerin termal ve ıslaklık algısını belirlemeye yönelik olarak giyim denemeleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda giysi tasarımı için bambu, lyocell, soya ve modal liflerinin kullanımının uygun olduğuna karar verilmiş ve bu liflerin farklı vücut bölgelerinde kullanıldığı bir tişört üretilmiştir. Bu tişört giyildiğinde kişilerin yapışkanlık algısının önceki giyim denemelerine göre daha düşük çıktığı, buna karşın ıslaklık algısında herhangi bir değişiklik bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Jun ve diğer. (2009) farklı kumaşlardan üretilmiş olan şapkalar için yaptıkları giyim denemelerinde mikroklima ortamının sıcaklığını, nemini ve kişilerin alın sıcaklığını ölçmüşlerdir. Ayrıca kişilerin konfor algılarını test periyodu boyunca her 10 dakikada bir kaydetmişlerdir. Bu değerler ve kumaş özelliklerinin ilişkisini değerlendirmek amacıyla kumaşların çeşitli ısı ve nem iletim özelliklerini ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda kumaşların sahip olduğu su emicilik değerlerinin mikroklima ortamının sıcaklık ve nemi üzerinde etkili olduğu, buna karşın hava geçirgenliği ve su buharı iletiminin herhangi bir etkisi olmadığını belirlemişlerdir. Ayrıca şapka giyen kişilerde 33°C'nin üzerindeki sıcaklık derecelerinde konforsuzluk hissinin başladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Brazaitis, Kamandulis, Skurvydas ve Daniuseviciute (2010) çalışmalarında pamuklu ve poliester kumaşlardan yapılmış olan tişörtleri giyen kişiler için yüksek yoğunluklu egzersiz içeren bir giyim denemesi protokolü hazırlamışlar ve bu kişilerin egzersiz sırasında ve sonrasındaki psikolojik değerlendirmeleri ve fizyolojik

cevaplarını (deri sıcaklığı, rektum sıcaklığı, kalp hızı...) araştırmışlardır. Çalışma sonucunda yoğun egzersizler sırasında giyilen poliester tişörtlerin pamukluya göre konfor açısından önemli bir avantajının olmadığı belirtilmiştir. Ancak poliester giyen kişilerde egzersiz öncesi vücut sıcaklığına daha hızlı dönüldüğü ve yoğun egzersiz sonrasında titreme/terleme algısı değerlerinin pamuğa göre daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Yokura ve Sukigara (2010) çalışmalarında kadın pedlerinin ıslaklık konforunu belirlemek için giyim denemeleri ve subjektif tutum değerlendirmeleri gerçekleştirmişlerdir. Giyim denemesi protokolüne göre kişilerin pedleri kullanmaya başladıklarından üç saat sonra ıslaklık algılarını değerlendirmeleri istenmiştir. Subjektif tutum değerlendirmeleri ise nemlendirilmiş ve kondisyonlanmış bir kutu içerisine yerleştirilen pedlere kişilerin elleri ile dokunarak değerlendirme yapmaları sonucunda elde edilmiştir. Ayrıca kullanılan pedlerin ısı, hava ve sıvı iletim özellikleri de KES-FB cihazında ölçülmüştür. Çalışmada tutum değerlendirmelerinin ıslak koşullar altında gerçekleşen maksimum ısı akışı ile ilişkili olduğu ve giyim denemelerinde elde edilen sonuçların ıslak koşullardaki tutum değerlendirmelerinden tahmin edilmesinin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

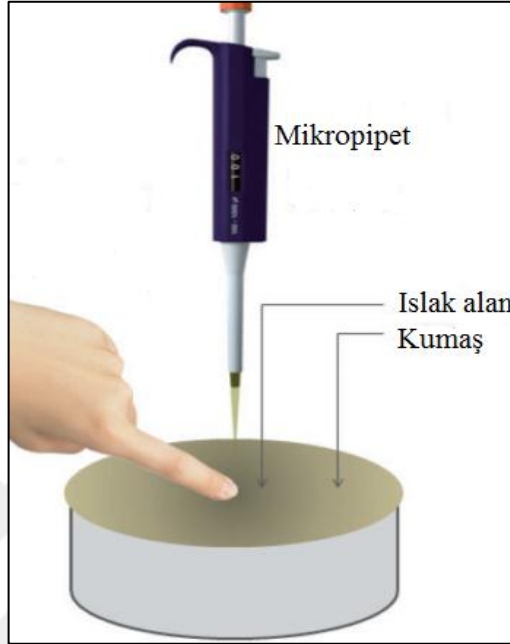
Jun, Park ve Kang (2010) farklı ortam koşullarında şapka giyen kişilerin subjektif algılarını değerlendirmek ve şapka içerisindeki mikroklima özelliklerini belirlemek amacıyla giyim denemeleri gerçekleştirmişler ve bu sonuçların kumaş özelliklerinden nasıl etkilendiğini belirlemeye çalışmışlardır. Radyasyon ve hava akımının olmadığı koşullar altında şapka mikroklimasının kumaşların sıvı nem iletim özelliklerinden etkilendiği; hava akımının olduğu fakat radyasyonun olmadığı bir ortamda kumaşların hava geçirgenlik özelliklerinin önemli olduğu; radyasyonun olduğu hava akımının olmadığı bir çevrede ise yüksek termal dirence sahip kumaşların düşük sıcaklık ve düşük nemli bir mikroklima oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca kişilerde termal konforsuzluk durumunun 33°C civarında kazanılmaya başlandığı ve 35°C'de yüksek bir seviyeye ulaştığı oluşturulan regresyon modelleri ile belirlenmiştir.

Yüksel ve Okur (2011) yaptıkları çalışmada farklı yapısal ve fiziksel özelliklere sahip olan dokuma ve örme kumaşların subjektif konfor değerlendirmeleri ile objektif olarak ölçülebilen kumaş özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemeyi amaçlamışlardır. Yapılan çalışma sonucunda, subjektif değerlendirmeler sonucunda kişilerin ıslaklık hislerindeki artış sonucunda soğukluk hissinde artış olduğu ve kumaşların hava geçirgenlik özelliğinin bu algılar üzerinde etkisi olduğu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen tüm bulgular değerlendirildiğinde, önkol testi değerlendirmeleri ile kumaş özellikleri arasında beklenildiği kadar çarpıcı bir ilişki gözlemlenmemiştir. Fakat objektif ölçüm sonuçları arasında anlamlı ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Kumaşların su buharı direnci ölçüm sonuçlarının termal direnç, kalınlık ve hava geçirgenliği ile anlamlı fakat ters yönlü bir ilişkiye sahip olduğu çalışmanın bulgularındandır.

Wang, Zhang, Li ve Zhu (2013) çalışmalarında standart itfaiyeci giysilerini farklı iç giysiler ile kombinleyerek oluşturdukları giysi çiftleri ile sıcak (28°C) ve soğuk (15°C) ortam koşullarında iki farklı giyim denemesi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada kişilerden alınan fizyolojik ölçüm sonuçları ve subjektif konfor değerlendirmesi sonuçları değerlendirildiğinde, sıcak koşullarda giysi çiftlerinin kişilerin konfor durumlarını değiştirdiği belirlenmiştir. Pamuk ve keten iç katmanın kişilerde konfor algısını geliştirebileceği, buna karşın poliesterin tam tersi etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Soğuk çevre koşullarında ise terlemenin çok az olmasından dolayı farklı giysi iç katmanlarının kişilerin konfor algısına herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tang, Kan ve Fan (2014b) farklı lif karışımları, iplik tipi ve kumaş yapısına sahip olan 20 farklı kumaş için kişilerin ıslaklık algılarını ölçerek, elde edilen bu değerlendirme sonuçları ve objektif olarak ölçülen kumaş özelliklerini incelemişlerdir. Subjektif olarak gerçekleştirilen testlerde 0,1 ml su ile ıslatılmış olan kumaşlarda sıvının yayılımından bir dakika sonra kişiler baş parmaklarını ıslak alanda kaydırarak dokunmuşlar ve algılarını referans kumaşlar ile karşılaştırarak skala yardımıyla değerlendirmişlerdir (Şekil 1.67). Kumaşların ise yatay kılcal emme alanı, dikey kılcal emme yüksekliği, su emicilik, nem yönetim performansı gibi sıvı

iletim özellikleri ölçülmüştür. Yapılan değerlendirmeler sonucunda kumaşlarda ölçülen su emme kapasitesi ve yatay kılcal emme alanı ile kişilerin ıslaklık algısı arasında güçlü bir korelasyon bulunduğu belirlenmiştir.



Şekil 1.67 Tang ve diğer. (2014b)'nin çalışmalarında kullandıkları subjektif değerlendirme yöntemi

Celcar (2014) iç çamaşırı, gömlek, takım elbise ve kabandan oluşan dört katmanlı ve genelde yün ve yün karışımli olan giysi sistemlerini kullanarak, soğuk ortam koşullarında kişilerin konfor durumunun nasıl etkilendiğinin belirlenmesi amacıyla giyim denemeleri içeren bir çalışma yapmıştır. Kişilerin 10°C sıcaklıkta ortalama deri sıcaklıkları düşük olmasına karşın, kendilerini konforlu hissettikleri; 5°C sıcaklık için biraz konforsuz hissettikleri fakat, yürüyüş aktivitesi yapılırken konforlu oldukları; 0°C'de ise vücut sıcaklığı çok fazla düştüğü için kişilerin konforsuz olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuçta önerilen giysi sistemlerinin 0°C sıcaklığın altında termal korumayı gerçekleştirmesinin mümkün olmayacağı belirtilmiştir.

Shabaridharan, Das ve Gersak (2014) üç farklı çevre sıcaklığında (10°C, 0°C, -10°C) iç katmanı örme polyester, dış katmanı polyester polimer kaplamalı bir kumaştan yapılmış olan bir ceket için dört farklı yalıtım katmanı kullanarak ceketler hazırlamış ve bu giysileri kullanarak giyim denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Yalıtım

katmanı olarak poliester lifler (1,5 denye) ve içi boşluklu liflerden (6 ve 15 denye) iğneleme tekniğı ile üretilmiş olan dokusuz yüzey kumaşlar ve poliester liflerinden yapılmış sıcak hava ile ısı bağlama yöntemine göre üretilmiş dokusuz yüzey kumaşlar kullanılmıştır. Giyim denemeleri sırasında vücudun sekiz farklı bölgesinin mikroklima sıcaklığı ve bağıl nemi ölçülmüştür. Ayrıca ceket ve diğeri giysilerin ağırlığı, kişilerin çıplak ve giysileri giydiğinde kütlesi ve kumaşların termal özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ince ve içi boşluklu liflerin yüksek hava sıcaklıklarında konfor performansının iyi olduğı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra soğuk hava koşullarında da bu liflerin performansının diğeri göre daha üstün olduğı sonucuna varılmıştır.



BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Çalışmada kumaşların ıslanma ve kılcal emme davranışları üzerinde kumaş yapısal ve fiziksel özelliklerinin etkilerinin belirlenmesi amacıyla hammadde özellikleri ve makina ayarları değiştirilerek üretilen 26 tip sistematik gömleklik dokuma kumaş kullanılmıştır. Bu kumaşlar 45 tel/cm çözgü sıklığına sahip olacak şekilde tezgah genişliği 190 cm, çerçeve kapasitesi 16 ve atkı renk kapasitesi 8 olan armürlü VAMATEX 1001 ES marka negatif kancalı dokuma makinasında dokunmuştur. Kumaşlarda 14,8 tex iplik numarasına sahip olan pamuk ve rejenere bambu ring iplikler ve yalancı büküm iğ ile üretilmiş olan 36 filamentli 150 denye inceliğinde kesikli poliester multifilament iplik kullanılmıştır. Tablo 2.1`de dokuma kumaşlarda kullanılan pamuk ve rejenere bambu ipliklerin özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.1 Dokuma kumaşlarda kullanılan ipliklerin özellikleri

Hammadde			Pamuk	Rejenere Bambu
İplik özellikleri				
Büküm değerleri	T/inç		26,7	27,2
	Büküm katsayısı (α_c)		4,2	4,3
Düzgünsüzlük değerleri	% U		9,2	10,7
	% CV _m		11,5	13,5
	İnce yer	- %50/km	2,4	3,6
	Kalın yer	+ %50/km	10,4	42,8
	Neps	+ %200/km	15,2	80,8
Tüylülük değeri	1 mm		11797,6	18257,6
	2 mm		2146,0	7335,6
	S3		590,0	5249,0

Dokuma kumaşlar pamuklu (atkı ve çözgü ipliği pamuk), bambu (atkı ve çözgü ipliği rejenere bambu) ve pamuk/poliester karışımı (atkı ipliği poliester, çözgü ipliği pamuk) olarak üç farklı tipte üretilmiştir. Ayrıca her bir kumaş tipi için gevşek, orta ve sıkı kumaş yapısını tanımlayacak şekilde üç farklı atkı sıklık seviyesi ve bezayağı, 3/1 dimi ve panama türevi olarak üç farklı örgü tipi kullanılmıştır. Şekil 2.1`de kumaşlarda kullanılan örgü tipleri gösterilmektedir. Üretimden kaynaklı bir hataya bağlı olarak pamuk/poliester kumaşlardan panama örgü tipi ve sıkı kumaş yapısına

sahip olan kumaşın ürettirilmesi mümkün olmamıştır. Sistematik dokuma kumaşlar için tezgah üretim parametreleri Tablo 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Dokuma kumaşlarda kullanılan örgü tipleri (Bezayağı, 3/1 dimi ve panama türevi)

Tablo 2.2 Sistematik dokuma kumaşların üretiminde kullanılan tezgah üretim parametreleri

Kumaş kodu*	Çözümlü ipliği		Atkı ipliği		Örgü tipi	Atkı sıklığı (tezgah) (tel/cm)	Çözümlü sıklığı (tezgah) (tel/cm)
	Hammadde	İplik numarası (tex)	Hammadde	İplik numarası (tex)			
P_B_G P_B_O P_B_S	Pamuk	14,8	Pamuk	14,8	Bezayağı	26 30 34	45 45 45
P_D_G P_D_O P_D_S					3/1 Dimi	28 34 40	45 45 45
P_P_G P_P_O P_P_S					Panama türevi	30 36 42	45 45 45
B_B_G B_B_O B_B_S	Rejenere Bambu	14,8	Rejenere Bambu	14,8	Bezayağı	26 30 34	45 45 45
B_D_G B_D_O B_D_S					3/1 Dimi	28 34 40	45 45 45
B_P_G B_P_O B_P_S					Panama türevi	30 36 42	45 45 45
S_B_G S_B_O S_B_S	Pamuk	14,8	Poliester	16,7	Bezayağı	24 28 32	45 45 45
S_D_G S_D_O S_D_S					3/1 Dimi	28 34 40	45 45 45
S_P_G S_P_O					Panama türevi	26 32	45 45

*1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)

Dokuma tezgahından çıkan ham kumaşların son kullanıma hazır hale getirilmesi amacıyla kullanılan hammaddenin tipine göre kumaşlara çeşitli terbiye işlemleri uygulanmıştır. Pamuklu ve bambu kumaşlarda kumaş üzerinde yakma ve pamuk/poliester karışımı kumaşlarda ise silindir üzerinde yakma işlemi yapılmıştır. Tüm kumaşlar için yakma işlemi sonrasında 70°C’de yıkama ve 95°C’de kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kumaşların tamamı için 30 gr/l mikro silikon esaslı yumuşatıcı kullanılarak silikon apre işlemi ve sonrasında 140°C’de kurutma işlemi yapılmıştır. Pamuklu ve bambu kumaşlar için kalandır ve sanfor işlemi, pamuk/poliester karışımı kumaşlar için ise yalnızca sanfor işlemi yapılmıştır. Ayrıca pamuk/poliester karışımı kumaşlarda 185°C’de 48 saniye termofikse işlemi gerçekleştirilmiştir.

Giysi kombinasyonlarının termofizyolojik konforunun belirlenmesi için yapılacak olan ölçümlerde iç giysi olarak kullanılmak üzere tüm makina ayarları sabit tutulup, hammadde tipi değiştirilerek örme kumaşlar üretilmesi planlanmıştır. Örme kumaş üreten bir firmanın desteği ile iç giysilik kumaşlarda sıklıkla tercih edilen pamuk, poliester ve %50-50 pamuk/poliester karışımı 19,7 tex iplik numarasına sahip olan ipliklerden makina çapı 34, makina inceliği 28 olan Mayer&Cie yuvarlak örme makinasında süprem örgü tipinde üç tip örme kumaş üretilmiştir. Üretim sonrasında pamuk ve pamuk/poliester örme kumaşlara sırasıyla 110°C ve 80°C sıcaklıklarında 20 dakika süre ile kasar işlemi yapılmıştır. Poliester örme kumaş için ise 80°C sıcaklıkta 15 dakika ön yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir.

2.2 Metot

Çalışmada kullanılan tüm kumaşlar yapılacak olan ölçümler öncesinde TS EN ISO 139 (2008) standardı esaslarına göre, standart atmosfer koşullarındaki laboratuvar ortamında (20±2°C sıcaklık ve %65±2 bağıl nem) en az 24 saat boyunca bekletilerek kondisyonlanmıştır.

2.2.1 İplik Yapısal Özellikleri

Kumaşların üretimi için üretici firmanın kullandığı ipliklerin yapısal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ilgili standartlara uygun olarak iplik düzgünsüzlük ve tüylülük ölçümleri yapılmıştır. İpliklerde düzgünsüzlük ölçümleri tekstil materyalinin uzunluğu boyunca kütleli değişiminin belirlenmesi esasına göre çalışan Uster Tester 4 İplik Düzgünsüzlük Ölçeri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüylülük ölçümleri için ise Uster Zweigle Hairiness Tester 5 kullanılmıştır. Ölçüm sonucunda elde edilen S3 değeri 3 mm ve daha uzun tüylerin toplamını belirtmektedir. Ayrıca ipliklerde TS EN ISO 2061 (2011) standardına göre büküm tayini yapılmıştır.

2.2.2 Kumaş Yapısal ve Fiziksel Özellikleri

Dokuma kumaşlarda atkı (tel/cm) ve çözgü (tel/cm), örme kumaşlarda sıra (ilmek/cm) ve çubuk (ilmek/cm) sıklığının belirlenmesi amacıyla lup kullanılarak kumaşların farklı yerlerinden 10 ölçüm gerçekleştirilmiş ve bu değerlerin ortalamaları alınarak hesaplanan değer sıklık değeri olarak kullanılmıştır (TS 250 EN 1049-2, 1996; TS EN 14971, 2006).

Kumaşlarda metrekare ağırlık ölçümleri için kumaşın farklı yerlerinden 10 cm x 10 cm beş numune kesilmiştir. Bu kumaşların ağırlık ölçüm sonuçlarına göre kumaşların metrekare ağırlığı değerleri hesaplanmıştır (TS EN 12127, 1999).

Kumaşlarda kalınlık ölçümleri James Heal Kumaş Kalınlık Ölçeri ile gerçekleştirilmiş ve ölçümler sırasında 5 gr/cm²'lik bir baskı ağırlığı kullanılmıştır (TS 7128 EN ISO 5084, 1998).

Kumaşların hava geçirgenliği değerleri TS 391 EN ISO 9237 (1999) standardı dikkate alınarak Textest FX 3300 Hava Geçirgenliği Cihazı'nda 20 cm² test alanı ve 100 Pa test basıncı ayarında ölçülmüştür. Her bir kumaş için 10 tekrar yapılmış ve bu ortalama hava geçirgenliği hesaplanmıştır.

Kumaşların ıslanma ve kılcal emme davranışlarını etkilediği bilinen kumaş gözenek parametrelerinin belirlenmesi için dokuma kumaşların yüzeysel gözeneklilik (P_s) ve hacimsel gözeneklilik (P_v) değerleri teorik olarak hesaplanmıştır. Kumaşların örtme faktörü (CF) değerlerine bağlı olarak yüzeysel gözeneklilik değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Militky, Vik, Vikova ve Kremenakova, 2004);

$$CF = d_{\text{ç}} * D_{\text{ç}} + d_a * D_a - d_{\text{ç}} * d_a * D_{\text{ç}} * D_a \quad (2.1)$$

$$P_s = 1 - CF \quad (\%) \quad (2.2)$$

Eşitlikte $D_{\text{ç}}$ ve D_a değerleri kumaşların çözgü ve atkı sıklığını, $d_{\text{ç}}$ ve d_a ise çözgü ve atkı ipliklerinin çapını göstermektedir. Kumaşlarda çözgü ve atkı ipliklerinin kesişme tiplerine bağlı olarak oluşturulan birim gözenek hücre modeli dikkate alınarak, dairesel iplik çapı varsayımı ve Pierce yaklaşımına göre kumaş hacimsel gözeneklilik değerleri de aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (Turan ve Okur, 2012).

$$P_v = \frac{V_T - V_Y}{V_T} \times 100 \quad (\%) \quad (2.3)$$

Yukarıdaki eşitlikte V_T birim gözenek hücresinin toplam hacmini ve V_Y toplam iplik hacmini göstermektedir. Kumaş gözeneklilik değerlerinin yanı sıra iki boyutlu ve üç boyutlu gözenek yarıçapları da Turan ve Okur (2012)'un çalışmalarında kullandığı eşitlikler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Terleyen termal manken ölçümlerinde kullanılan giysilerin üretildiği kumaşların dökümlülük katsayısı Cusick Dökümlülük Ölçeri ile TS EN ISO 9073-9 (2009) standardı esas alınarak belirlenmiştir. Kumaşlarda dökümlülük katsayısı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

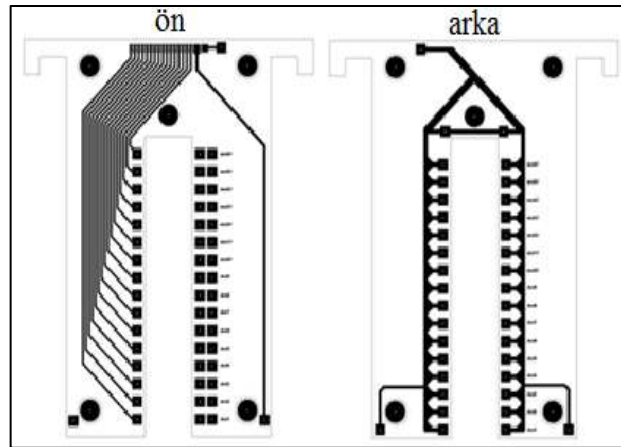
$$D = \frac{A_s - A_d}{A_0 - A_d} \times 100 \quad (\%) \quad (2.4)$$

Eşitlikte A_0 kumaş numunesinin orijinal alanını (cm^2), A_d destek plakasının alanını (cm^2) ve A_s dökümlü kumaş numunesinin gölgesinin alanını (cm^2) göstermektedir.

2.2.3 Tek Katlı Kumaşların Sıvı İletim Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Olarak Yapılan Testler

2.2.3.1 Dikey Kılcal Emme Testi ve Yeni Bir Test Aparatı Tasarımı

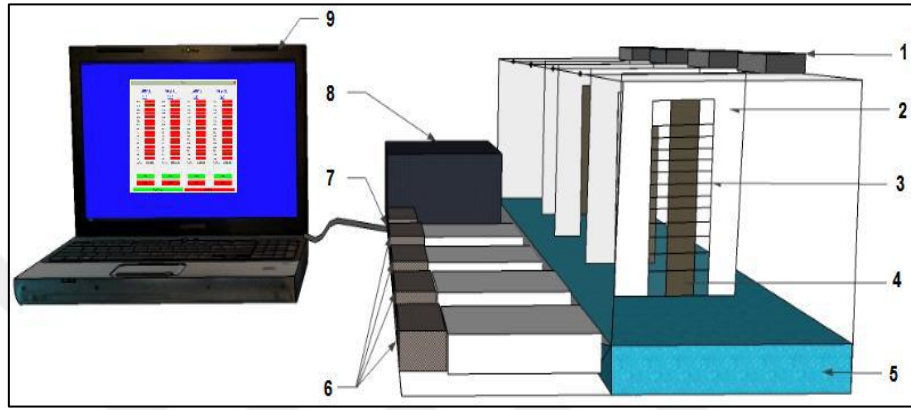
Literatürde klasik dikey kılcal emme testlerinin yapılmasında bazı zorluklar olduğu tespit edilmiş ve testin daha kolay bir şekilde yapılması ve sonuçlarının sağlıklı bir şekilde alınabilmesi için bir test aparatı tasarlanmıştır. Bu test aparatı elektriksel prensibe göre eş zamanlı olarak dört adet kumaş numunesinin dikey kılcal emme testini gerçekleştirebilmektedir. Kumaş numunelerinin üzerine tutturulması ve sıvının kumaş numunesi üzerinde yükselmesi sonucu alınan sinyallerin bilgisayara iletiminin sağlanması için pleksiglas malzemeden yapılmış ve üzerinde bakır iletim yolları bulunan test plakaları hazırlanmıştır. Şekil 2.2’de test plakasının ön ve arka yüzü gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Dikey kılcal emme test aparatı için hazırlanan test plakasının ön ve arka yüzü

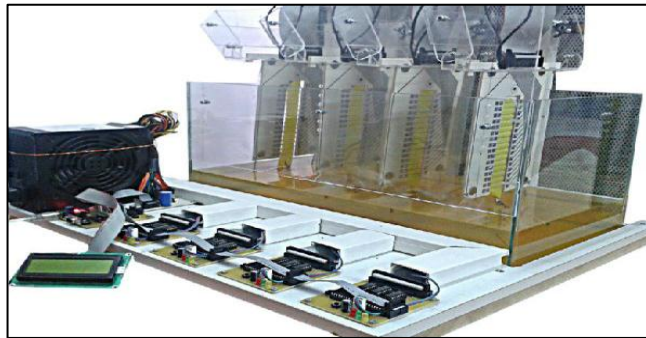
Test plakasında bir santimetre aralıklı olarak 16 adet karşılıklı algılayıcı yuva bulunmaktadır. Bu yuvalara iyi elektrik iletim özelliğine sahip olan saf gümüş teller bağlanmış ve testlerde algılayıcı sensör olarak kullanılmıştır. Bu test aparatında

pleksiglas test plakası üzerindeki sensörler tarafından alınan sinyaller kontrolörler tarafından toplanmakta ve ana kontrolöre seri iletişim kanalı ile gönderilmektedir. Sonuçta toplanan tüm veriler bilgisayara gönderilmekte ve kumaş numunesi üzerinde suyun her bir santimetre yükselmesi için geçen süre bilgisayarda milisaniye olarak kaydedilmektedir. Test aparatının parçalarını gösteren temel çizim Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3 Dikey kılcal emme test aparatının parçalarının gösterimi (1-DC servo motor; 2-pleksiglas test plakası; 3-sensörler; 4-kumaş; 5-distile su; 6-kontrolörler; 7-ana kontrolör; 8-güç kaynağı; 9-bilgisayar)

Test prosedürüne göre her bir kumaş tipi için atk ve çözgü yönünde 2,5 cm x 20 cm boyutlarında dört adet numune kesilmektedir (DIN 53924, 1997). Numunelerin uç kısımlarına bir ağırlık bağlanarak test plakaları arasında yerleştirilmekte ve bu plakalarda DC servo motorlar sayesinde yukarı ve aşağı yönde hareket edebilen düzenek üzerine yerleştirilerek, kumaşların uç kısımları sıvı haznesi içerisinde bulunan distile su içerisine batırılmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Dikey kılcal emme test aparatı

Test aparatına yerleştirilen numune kumaşlar üzerinde suyun yükselmesinin kolaylıkla takip edilebilmesi amacıyla Visual C# programı kullanılarak bir kullanıcı ara yüzü oluşturulmuştur (Şekil 2.5). Bu ara yüz yardımıyla testleri başlatmak ve durdurmak mümkün olmaktadır.

Şekil 2.5 Dikey kılcal emme test aparatı için hazırlanmış kullanıcı ara yüzü

Test plakalarının sıvı haznesi içerisine DC servo motorlar tarafından indirilmesi ve testin başlatılması için kullanıcı ara yüzünde bulunan “başlat” butonuna basılmaktadır. Test plakaları indirildikten sonra kumaşın su ile temas edip etmediğinin anlaşılabilmesi için test plakalarının uç kısımlarına da algılayıcı sensörler yerleştirilmiştir.

Kumaş numunesi üzerinde distile su 16 cm seviyesine ulaştığında test kendiliğinden sonlanmaktadır. Fakat kumaş üzerinde suyun yükselmesinin 16 cm seviyesine ulaşmadığı ve kumaşın daha erken doyarak su yükselmesinin durduğu durumlar için testi bitirebilmek amacıyla kullanıcı ara yüzü üzerine bir “durdur” butonu da eklenmiştir. Testlere başlamadan önce kumaşların dikey kılcal emme yüksekliğinin 16 cm seviyesine ulaşıp ulaşmadığı yapılan ön denemeler ile belirlenmekte ve eğer ulaşılmıyorsa ön denemelerin sonuçlarına göre test süresinin uzunluğuna karar verilmektedir.

2.2.3.2 Su Emicilik Testi

Kumaşlarda su emicilik testi ölçümleri BS 3449 (1990) standardına göre gerçekleştirilmiştir. Çözgü yönüne 45° açı yapacak şekilde 8 cm x 8 cm boyutlarında dört adet kumaş numunesi hazırlanmıştır. Numuneler kuru olarak tartıldıktan sonra içerisinde distile su bulunan bir kaba 20 dakika boyunca daldırılmıştır. Kap içerisinden çıkarılan numunelerin üzerinde bulunan fazla su mekanik bir çalkalayıcı yardımı ile uzaklaştırıldıktan sonra numuneler tekrar tartılmıştır. Her bir numune için su emicilik değeri aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmış ve dört ölçümün ortalaması alınarak hesaplanan değer su emicilik yüzdesi olarak kaydedilmiştir.

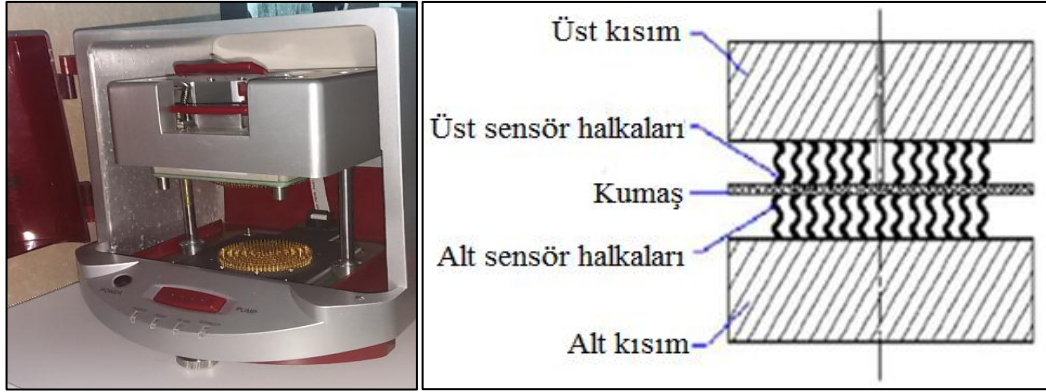
$$\text{Su emicilik} = \frac{\text{Emilen sıvı miktarı}}{\text{Kuru ağırlık}} \times 100 (\%) \quad (2.5)$$

2.2.3.3 Batma Süresi Testi

2,5 cm x 2,5 cm boyutlarında kesilen kumaş numuneleri belirli bir mesafeden distile su ile dolu bir kap içerisindeki suyun yüzeyine bırakılmıştır. Kumaş suyun yüzeyinden kaybolana kadar geçen süre kronometre ile kaydedilmiş ve bu değer batma süresi olarak tanımlanmıştır. Her bir kumaş tipi için beş ölçüm yapılmıştır.

2.2.3.4 Çok Yönlü Sıvı Nem Yönetim Performansı Testi

Çalışmada kullanılan kumaşların çok yönlü sıvı nem iletim özellikleri Hu ve diğer. (2005) tarafından tasarlanan Nem Yönetim Cihazı (Moisture Management Tester-MMT) kullanılarak AATCC 195 (2009) standardına göre ölçülmüştür. Bu cihazda eş merkezli olarak yerleştirilmiş alt ve üst sensörler bulunmaktadır (Şekil 2.6). Cihazda üst kısım kumaşın deriye yakın olan kısmını, alt kısım ise dış çevreyi simüle etmektedir. 8 cm x 8 cm boyutlarında kesilen kumaş numuneleri bu sensörler arasına yerleştirilerek ölçümler gerçekleştirilmektedir. Ölçümlerde numune kumaşın üst kısmına belirlenmiş miktarda test sıvısı (yapay ter) verilmekte ve bu test sıvısının kumaş üst yüzeyinden dışarı doğru yayılması, alt yüzeyden dışarı doğru yayılması ve kumaş üst yüzeyinden alt yüzeyine iletim davranışları incelenmektedir.



Şekil 2.6 Nem Yönetim Cihazı (MMT) ve cihazda sensörlerin yerleşimi (Yao ve diğer., 2008)

MMT ile kumaşların alt ve üst yüzeyi için ıslanma süresi, emilim oranı, maksimum ıslak daire yarıçapı, yayılım hızı ve ayrıca kümülatif tek yönlü taşıma indeksi ve nem yönetim performansı değerleri ölçülebilmektedir.

2.2.3.5 Kuruma Hızı Testi

Kumaşların kuruma davranışının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen ölçümler FTTS-FA-004 (2011) standardına göre yapılmıştır. Her bir kumaş tipi için 5 cm x 5 cm boyutlarında beş adet numune hazırlanmıştır. Kesilen numune kumaşlar hassas terazide tartılarak kumaşın kuru ağırlığı w_f olarak kaydedilmiştir. 0,2 ml saf su mikropipet ile test numunesinin merkezine 1 cm yükseklikten damlatılmış ve ıslak ağırlık w_0 olarak kaydedilmiştir. Her 10 dakikada bir olmak üzere 100 dakika boyunca kumaş içerisindeki suyun değişen ağırlığı ölçülerek, bu ağırlık ise w_i olarak kaydedilmiştir. Kalan su yüzdesi değeri (KSY) zaman içerisinde numune kumaş bünyesinde kalan su miktarının değişimi olarak açıklanmaktadır. 40. dakika için elde edilen değer standarda göre değerlendirme indeksi olarak dikkate alınmakta ve aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmaktadır;

$$KSY_{40} = \frac{(W_i - W_f)}{(W_0 - W_f)} \times 100 (\%) \quad (2.6)$$

Tablo 2.3'te standarda göre dokuma kumaşların kuruma derecesini gösteren değerlendirme skalası yer almaktadır.

Tablo 2.3 Dokuma kumaşlar için FTTS-FA-004 (2011) standardına göre yapılan derecelendirme

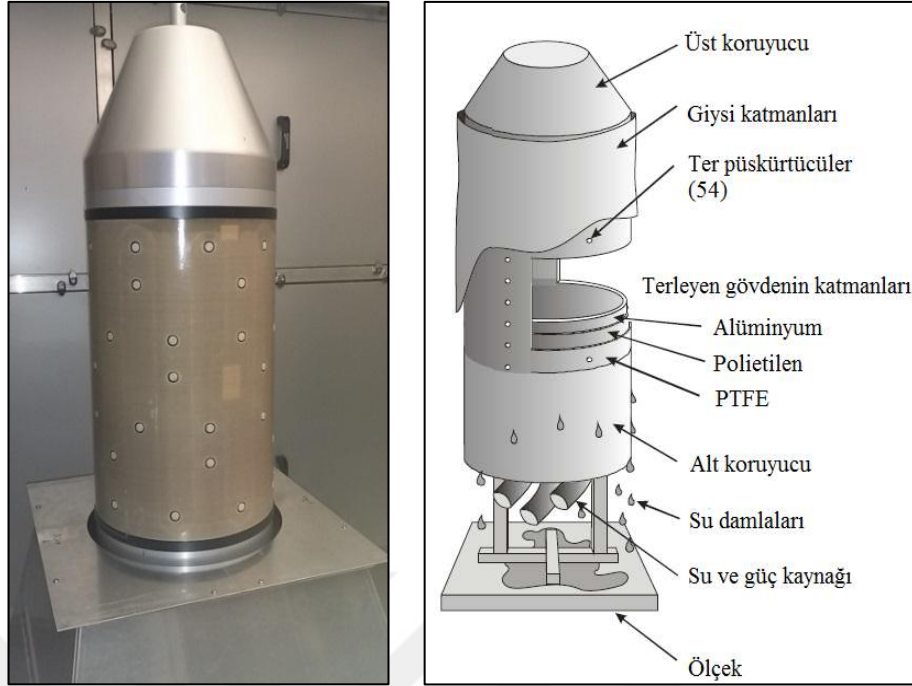
KSY ₄₀ (%)	Derece
$X < 3$	5
$3 \leq X < 10$	4
$10 \leq X < 20$	3
$20 \leq X < 37$	2
$X \geq 37$	1

2.2.4 Kumaş ve Giysi Kombinasyonlarının Sıvı İletim Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Olarak Yapılan Testler

2.2.4.1 Terleyen Gövde Ölçümleri

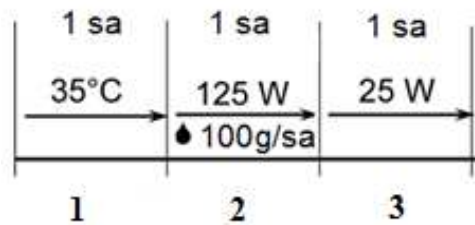
Çalışmada terleyen gövde test cihazı kullanılarak hem tek katlı dokuma ve örme kumaşların hem de kumaş kombinasyonlarının termofizyolojik konfor özellikleri belirlenmiştir. Terleyen gövde kullanılarak yapılan testlerin tamamı İsviçre EMPA Koruma ve Fizyoloji Laboratuvarı'nda (Laboratory for Protection and Physiology, EMPA) gerçekleştirilmiştir.

Terleyen gövde test cihazı yetişkin bir insanın gövdesini simüle edecek şekilde tasarlanmıştır. Cihaz çevre koşullarının ayarlanabildiği iklimik bir kabin içerisinde yer almaktadır. Bu çalışmada yapılan ölçümler için çevre koşulları 20°C sıcaklık, %50 bağıl nem ve 1 m/sn rüzgar hızı olarak ayarlanmıştır. Test cihazı üç temel parçadan oluşmaktadır. Bunlar cihazın alt ve üst kısmında bulunan koruyucu kısımlar ve ortasında yer alan ölçüm kısmıdır. Terleyen gövdenin ölçüm kısmı 30 cm çap ve 46 cm yükseklik değerine sahip olduğu için numuneler cihazın ölçüm kısmının tamamını kaplayacak şekilde yaklaşık 60 cm x 100 cm boyutlarında hazırlanmıştır. Terleyen gövdenin ölçüm kısmı üzerinde 54 adet ter püskürtücü bulunmaktadır ve cihazda terin simüle edilmesi için distile su kullanılmaktadır. Şekil 2.7'de terleyen gövde test cihazı ve cihazın temel parçaları ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Terleyen gövde test cihazı ve temel parçaları

Çalışmada terleyen gövde ile yapılan ölçümler gerçek durumu simüle edecek şekilde üç fazlı olarak yapılmıştır (Şekil 2.8). Buna göre birinci fazda numune cihaz üzerine yerleştirildikten sonra 35°C sabit yüzey sıcaklığı ve 1 m/sn rüzgar hızında bir saat boyunca ortama alışma sağlanmıştır. İkinci fazda cihaz 125 W sabit ısıtma gücü, 100 gr/sa terleme hızı ve 1 m/sn rüzgar hızında bir saat süre ile çalıştırılmıştır. Bu faz bir insanın orta seviyede fiziksel aktivite yaptığı bir durumu simüle etmektedir. Son fazda ise aktivite sonrası vücudun soğuması simüle edilmekte olup, terleme durdurularak cihaz bir saat boyunca 25 W sabit ısıtma gücü ve 1 m/sn rüzgar hızında çalıştırılmıştır.



Şekil 2.8 Terleyen gövde ölçümlerinde kullanılan test prosedürü

Terleyen gövdenin sıcaklığının 35°C olarak ayarlandığı birinci fazda tek katlı kumaşlar veya giysi kombinasyonları için ölçülen kuru termal direnç değeri (R_{CT}) terleyen gövdenin yüzey alanına ($A=0,43 \text{ m}^2$), yüzey ve çevre sıcaklığı arasındaki farka ($\Delta T=15 \text{ K}$) ve ortalama ısıtma gücüne (P) bağlı olarak değişmektedir. Terleyen gövdenin etrafındaki sınır hava tabakasının termal direncinin (R_{CT0}) hesaplanan değerden çıkarılması ile R_{CT} değeri aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmaktadır;

$$R_{CT} = \frac{A \times \Delta T}{P} - R_{CT0} \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad (2.7)$$

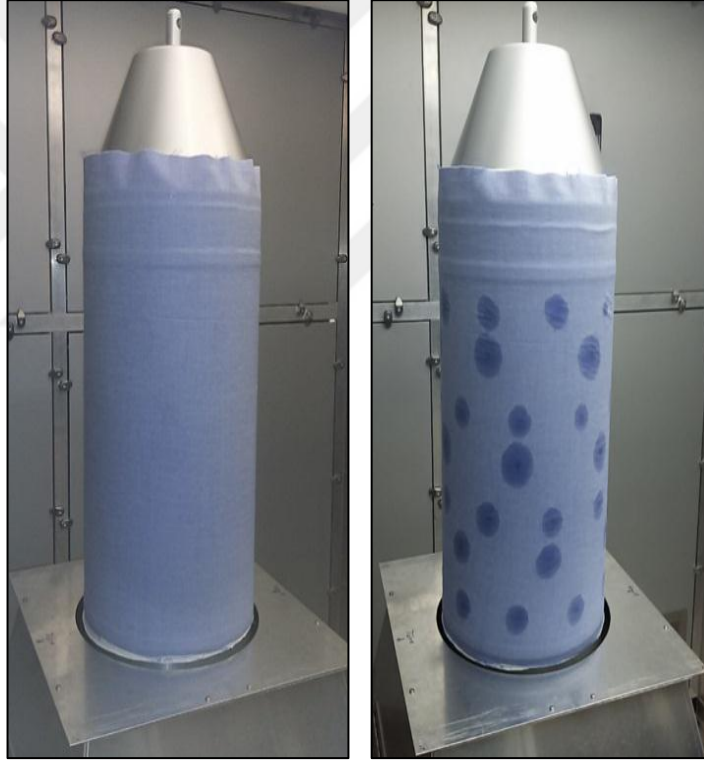
İkinci fazda terleyen gövde ısıtma gücü 125 W olarak sabitlenmiş ve 100 gr sıvı sürekli olarak test numunesi üzerine beslenmiştir (Şekil 2.9). Bu değerler bir insanın 500 W güç harcadığı ve 0,4 l/sa terleme hızına sahip olduğu orta yoğunlukta bir fiziksel aktiviteyi simüle etmektedir. Bu faz boyunca yüzey sıcaklık değişimleri kaydedilmekte ve bu değerler ıslak termal direnç, nemin yayılım alanı ve su buharı direncine büyük ölçüde bağlı olmaktadır.

İkinci faz boyunca cihaz tarafından aşağıdaki parametreler kaydedilmektedir;

- *Soğuma gecikmesi (Cooling delay - CD)*: Soğumanın başladığı zamana kadar geçen süredir. Birimi dakikadır.
- *Başlangıç soğuması (Initial cooling – IC)*: Soğumanın başlamasından sonra sıcaklığın azalma hızı olarak tanımlanmaktadır ve birimi °C/sa`dır.
- *Sürdürülen soğuma (Sustained cooling - SC)*: Bu fazın ikinci yarısında yüzey sıcaklığındaki değişimin hızıdır. Birimi °C/sa`dır.
- *Sıcaklık değişimi (dT_{10} ve dT_{60})*: İlk 10 dakika ve 60. dakikanın sonunda ölçülen sıcaklıktaki azalma miktarıdır. Birimi °C`dır.
- *Yoğuşan sıvı miktarı*: Faz sonunda tekstil yapıları içerisinde yoğuşan sıvı miktarı gram cinsinden kaydedilmektedir.

Üçüncü ve son fazda ise aktivite sonrası soğuma simüle edilmektedir ve terleyen gövdenin ısıtma gücü 25 W olarak sabitlenmiştir. Bu fazda herhangi bir sıvı beslemesi gerçekleştirilmemektedir. Faz boyunca ölçülen parametreler aşağıdaki gibidir;

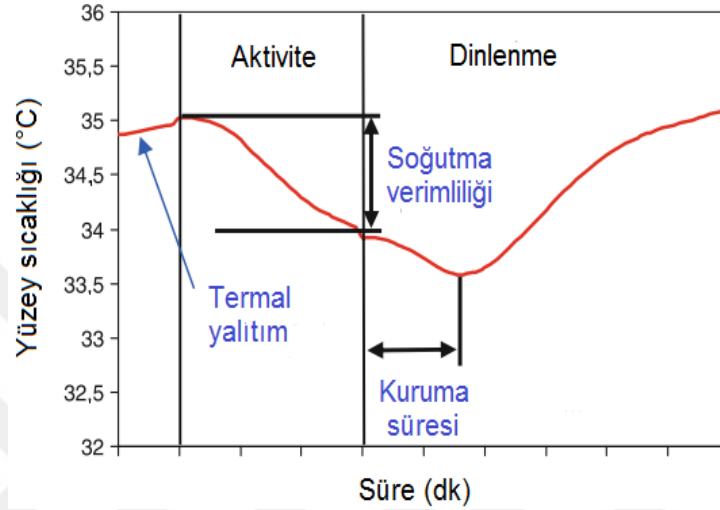
- *Aktivite sonrası en yüksek sıcaklık düşüşü ve süresi (PC_{int} ve PC_{dur}):* Tekstil yapıları aktivite bittikten sonra yapısında soğumaya neden olan bir miktar sıvıyı bulundurdıklarından bu fazda sıcaklık düşüşü olmaktadır. Cihaz tarafından en yüksek sıcaklık düşüş değeri ($^{\circ}C$) ve bu değere ulaşılan kadar geçen süre (dakika) kaydedilmektedir.
- *Aktivite sonrası soğuma hızı (PC):* Ölçülen en yüksek sıcaklık düşüş değeri ve süresine bağlı olarak aktivite sonrası soğuma hızı $^{\circ}C/sa$ olarak cihaz tarafından kaydedilmektedir.
- *Kuruma süresi (t_{dry}):* Numune sabit bir ağırlığa ulaşana kadar geçen süre kuruma süresi (dakika) olarak kaydedilmektedir.



Şekil 2.9 Terleyen gövde test cihazında terlemenin oluşumu

Tüm fazlar sonucunda terleyen gövdede sıcaklık değişimi için elde edilen genel bir grafik Şekil 2.10`da verilmiştir. Terleyen gövdede yapılan ölçümlerin öncesi ve sonrasında kumaş numunelerinin ağırlıkları tartılarak kaydedilmektedir. Numunelerin kuru ve yaş ağırlıkları arasındaki fark giysi katmanları arasında biriken sıvı miktarını göstermektedir. Ayrıca kumaş numuneleri sıvıyı belirlenen test süresi

içerisinde emmedikleri zaman, emilmeyen su süzülerek cihazın alt kısmında bulunan bir kap içerisinde toplanmaktadır. Toplanan bu sıvının ağırlığı da test sonunda kaydedilmektedir. Tekstil yüzeyi üzerinden buharlaşan nem miktarı ise test sırasında kumaş üzerine beslenen toplam sıvı miktarından, kumaş üzerinde biriken sıvı ve süzülerek akan sıvı miktarının toplamı çıkarılarak hesaplanmaktadır.



Şekil 2.10 Tipik terleyen gövde yüzey sıcaklığı değişim grafiği (Rossi ve Psikuta, 2012)

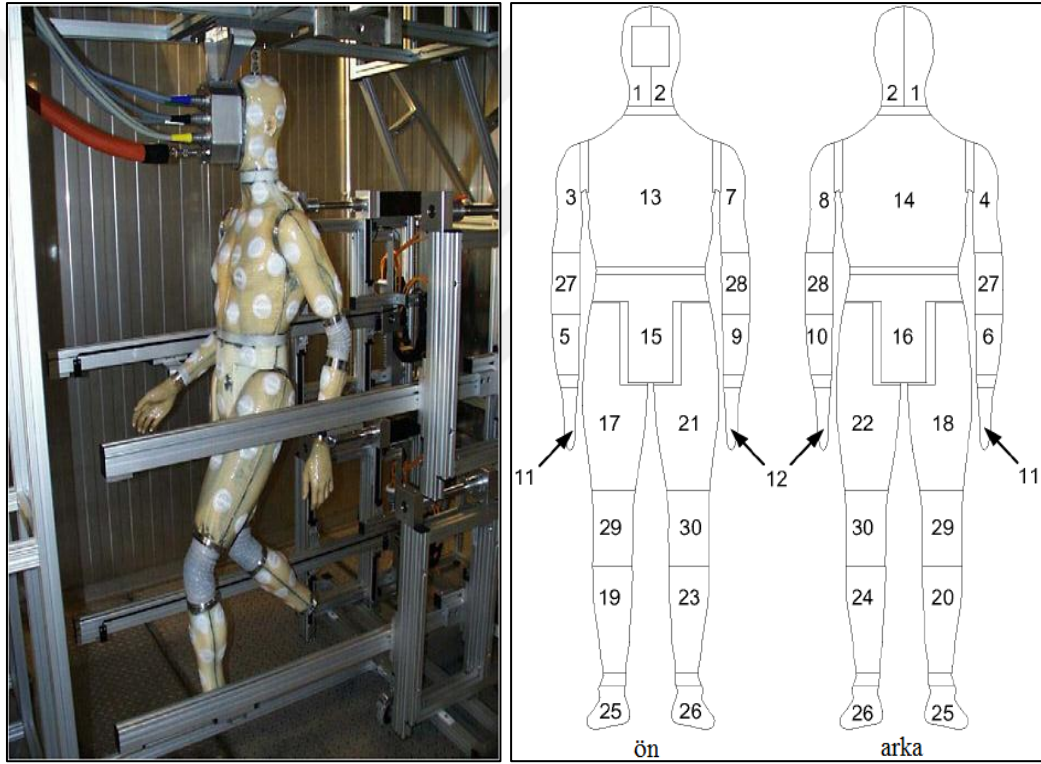
2.2.4.2 Terleyen Termal Manken “SAM” Ölçümleri

Terleyen gövde test cihazında kumaşlar için yapılan termofizyolojik konfor ölçümlerinin sonuçları değerlendirilerek, bu ölçümlerde ön plana çıkan iç giysi-gömlek kombinasyonlarının avantajlarını sınamak amacıyla terleyen termal manken üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümler İsviçre EMPA Koruma ve Fizyoloji Laboratuvarı'nda (Laboratory for Protection and Physiology, EMPA) bulunan ve insan vücudunu simüle eden terleyen termal manken “SAM” (Sweating Agile Thermal Manikin) kullanılarak yapılmıştır.

Giysi kombinasyonlarının termofizyolojik konforunun subjektif giyim denemeleri ile doğru bir şekilde belirlenebilmesi, bu ölçümlerin tekrarlanabilirliğinin kişilerin cinsiyeti, yaşı, uyku ve beslenme düzeni, testlerin gün içerisinde hangi saat aralığında yapıldığı gibi birçok parametreye bağlı olması nedeniyle oldukça zordur (Richards ve Mattle, 2002). Subjektif giyim denemelerinin bu zorlukları dikkate

alınarak İsviçre Federal Laboratuvarları (The Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology) tarafından terleyen termal manken “SAM” tasarlanmıştır.

Manken 26 dış parça ve 4 ısıtma birleşim yerinden (diz ve dirsekler) oluşan 30 ayrı ısıtma bölgesine sahiptir (Şekil 2.11). Manken üzerindeki her bir parça sabit bir güç ile ya da sabit ortalama bir yüzey sıcaklığına göre ısıtılabilir. Manken için yüksek aktivite düzeylerini simüle eden 1,2 kW değerine kadar ısıtma gücü sağlanabilmektedir.



Şekil 2.11 Terleyen termal manken “SAM” ve ısıtma bölgelerinin gösterimi (Richards ve Mattle, 2002; Rossi ve Psikuta, 2012)

Manken üzerinde 125 adet ter püskürtücü bulunmaktadır. Bu değer bir insan vücudunda bulunan ter bezlerinin sayısından çok az olmasına karşın, manken üzerindeki ter püskürtücüler yaklaşık olarak insan vücudunu simüle edebilecek bir dağılım sağlayacak şekilde konumlandırılmıştır. Mankende sıvı ter olarak distile su kullanılmakta olup, mankenin yüz kısmında yer alan valfler ile tüm vücuda dağıtılmaktadır. Mankenin vücuduna sıkıca oturan bir giysi yüzeyden tüm suyu

buharlaştırmayı sağlayan ve ter püskürtücüleri kaplayan ikinci bir deri olarak kullanılmıştır. Böylece mankende hem düşük terleme hızına sahip hissedilmeyen terleme, hem de yüksek terleme hızına sahip su buharı ve sıvı içeren hissedilebilir terleme simüle edilebilmektedir.

Terleme hızı mankenin dışında bulunan besleme tankındaki suyun ağırlığındaki azalmanın hassas bir terazi ile tartılması sonucu kontrol edilmektedir. Giysi içerisindeki nem miktarı ise mankenin ağırlığına göre tespit edilmektedir. Terleme hızı tüm aktivite ve koşulların simüle edilebilmesi için 20 ml/sa ve 4 l/sa arasında değişebilmektedir. Ayrıca, manken gerçeğe uygun hareketler yapabilmesi amacıyla, iki eksenli bir motora bağlıdır ve omuz, dirsek, kalça ve dizlerinde bulunan bağlantılar sayesinde her bölgesi dikey yönde hareket edebilmektedir. Mankenin bulunduğu klimatik kabinin ortam koşulları -30-40°C sıcaklık ve %30-95 bağıl nem değerleri arasında ayarlanabilmektedir. Bu ortamda ayrıca bir de rüzgar jeneratörü bulunmaktadır.

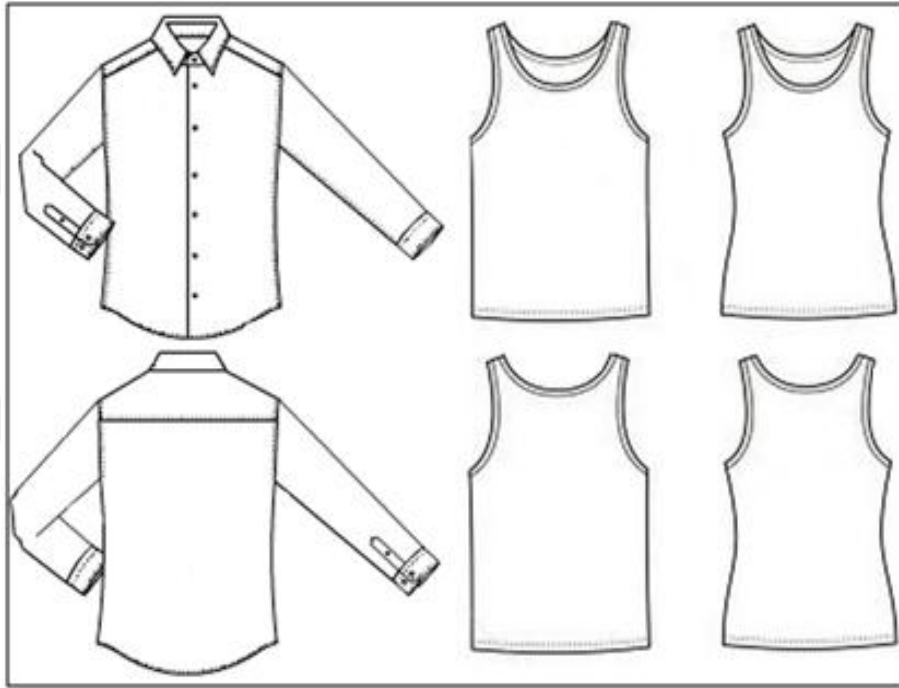
Çalışmada kullanılmak üzere terleyen termal mankenin ölçülerine uygun olacak şekilde, seçilen örme kumaşlardan iç giysiler ve dokuma kumaşlardan erkek gömlekleri hazırlanmıştır. Şekil 2.12'de bu giysilerin modelleri görülmektedir. Ayrıca yapılan tüm ölçümler için %100 pamuklu standart bir alt giysi de kullanılmıştır.

Bu çalışmada terleyen termal manken ile yapılan ölçümler için kullanılan test prosedürü aşağıdaki gibidir;

- Klimatik kabinin ortam şartları 20°C sıcaklık, %50 bağıl nem ve 0,15 m/sn rüzgar hızı olarak ayarlanmıştır. Dikilen giysiler 24 saat boyunca belirtilen ortam koşullarında kondisyonlanmıştır.
- Terleyen termal manken üzerinde sıvının düzgün bir şekilde yayılabilmesini sağlamak amacıyla insan derisini simüle eden özel bir kumaş ile mankenin tüm vücudu kaplanmıştır. Daha sonra manken üzerine iç giysi, gömlek ve pantolondan oluşan bir giysi sistemi giydirilerek,

mankenin hareketsiz olarak dik durumda kalması sağlanmıştır (Şekil 2.13).

- Terleyen termal mankenin yüzey sıcaklığı sabit 34°C olacak şekilde bir saat süre ile ortama alışma sağlanmıştır. Sonraki bir saat boyunca ise manken 34°C yüzey sıcaklığı ve 90 gr/sa terleme hızına sahip olacak şekilde terletilmiştir. Terleme sonrası soğuma fazını belirten son fazda ise manken terleme olmaksızın bir saat boyunca yüzey sıcaklığı 34°C olacak şekilde çalıştırılmıştır.



Şekil 2.12 Gömlek ve iç giysi (normal kesim ve dar kesim) modelleri (Ölçüler için EK-2'ye bakınız.)

Tüm fazlar boyunca terleyen mankenin farklı bölgeleri için terleme hızı, ortalama vücut yüzey sıcaklığı ve her bölge için sağlanan güç değerleri dakikada bir kaydedilmiştir. Ölçülen bu değerlere bağlı olarak kuru ısı kaybından giysilerin termal direnç değerleri hesaplanmıştır. Terleyen mankende termal direnç değerleri TS EN ISO 15831 (2004) standardında yer alan paralel model dikkate alınarak aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır;

$$I_t = \frac{[(\sum_i f_i \times T_{si}) - T_a] \times A}{\sum_i H_{ci}} \quad (2.8)$$

$$f_i = \frac{a_i}{A} \quad (2.9)$$

$$I_{cl} = I_t - \frac{I_a}{f_{cl}} \quad (2.10)$$

Eşitlikte verilen I_t giysi sisteminin toplam termal yalıtımını (m^2K/W), f_i mankenin i parçasının yüzey alanının çıplak mankenin toplam vücut yüzey alanına (A) oranını, T_{si} mankenin i parçasının bölgesel yüzey sıcaklığını ($^{\circ}C$), T_a iklimik kabin içerisindeki hava sıcaklığını ($^{\circ}C$), H_{ci} mankenin i parçasının bölgesel ısı kaybını (W), I_{cl} giysi sisteminin termal yalıtımını, I_a mankenin sınır hava katmanının toplam termal yalıtımını, f_{cl} giysi alan faktörünü göstermektedir. Bu çalışmada f_{cl} değeri mankenin üzerine sıvının rahat şekilde yayılımı için giydirilen giysi için 1 olarak, mankene gömlek giydirildiğinde ise üç boyutlu alan taramasına göre yapılan hesaplama sonucunda mankenin üst vücudu için 1,17 ve gövdesi için 1,11 olarak alınmıştır.



Şekil 2.13 Terleyen termal manken “SAM” kullanılarak giysi kombinasyonlarının ısı ve sıvı transferinin ölçümü

Buharlaşma nedeniyle ortaya çıkan ısı kaybı değeri ($HL_{buhar.}$) ise aşağıdaki eşitlikte verildiği gibi ıslak ısı kaybından kuru ısı kaybının çıkarılması sonucunda elde edilmiştir.

$$HL_{buhar.} = HL_{ıslak} - HL_{kuru} \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (2.11)$$

Eşitlikte $HL_{ıslak}$ terleme sırasında mankenden len ısı kaybını (W) , HL_{kuru} ise kuru giysiler ile mankenden len ısı kaybını (W) göstermektedir.

2.2.5 İstatistiksel Analizler

Çalışmada incelenen parametreler için len değerler arasındaki farkların belirlenmesi, len özellikler arasındaki ilişkilerin ortaya konulması ve bu özellikler üzerinde etkili olan faktörlerin tespit edilmesi amacıyla SPSS 22.0 (Statistical Package for the Social Sciences) istatistiksel paket programı kullanılmıştır.

len özelliklerin parametrik testler için uygunluğunu analiz etmek için verilerin normal dağılma uygunluğu ve verilerin homojen olup olmadığı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre parametrik test olarak, len özelliklerin birden çok farklı faktöre göre ortalamalarını karşılaştırmak amacıyla %95 güven aralığında varyans analizi (faktöriyel ANOVA) yapılmış ve hangi faktörlerin daha etkili olduğunun belirlenmesi için etki büyüklüğü değerleri incelenmiştir. Ayrıca birbirlerinden anlamlı farka sahip olan örnek ortalamalarını belirlemek için kullanılan aşamalı ve çoklu bir karşılaştırma yöntemi olan Post Hoc Student–Newman–Keuls (SNK) analizi de kullanılmıştır. Verilerin homojen olmadığı durumlar için ise, Brown–Forsythe dayanıklılık (robust) testi verilere uygulanmış ve ortalamalar arasında fark görüldüğünde Tamhane oklu karşılaştırma analizi kullanılmıştır. Sistematik kumaşlardan pamuk/poliester-panama-sıkı kumaşın üretilmemesi nedeniyle bu çalışmada terleyen gövde mleri dışında tek katlı kumaşlarda yapılan tüm mler için yapılan varyans analizi uygulamalarında yalnızca bezayağı ve dimi kumaşlar için elde edilen m sonuçları kullanılmıştır.

Çalışmada ölçülen özellikler arasındaki ilişkiler iki sürekli değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönü ve derecesinin belirlenmesinde kullanılan Pearson Korelasyon Katsayısı ile incelenmiştir. Bu katsayı -1 ve +1 arasında değerler almaktadır. -1 değeri tam negatif doğrusal ilişkinin, +1 değeri ise tam pozitif doğrusal ilişkinin bir göstergesi iken, 0 değeri değişkenler arasında herhangi bir ilişki olmadığını belirtmektedir.



BÖLÜM ÜÇ

BULGULAR VE TARTIŞMA

Aşağıdaki bölümde kumaşların yapısal ve fiziksel özellikleri ve tek katlı kumaşlar ve kumaş ve giysi kombinasyonlarının ısı ve su buharı/sıvı transfer özelliklerine ilişkin ölçüm sonuçları ve istatistiksel değerlendirmeler verilmiştir. Ölçüm sonuçlarının verildiği tablolarda ortalama değerler ve parantez içerisinde standart sapma değerleri yer almaktadır.

3.1 Kumaş Yapısal ve Fiziksel Özellikleri ile İlgili Ölçüm Sonuçları

Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 çalışmada kullanılan gömleklik dokuma kumaşların ilgili standartlara göre belirlenmiş olan iplik sıklığı, metrekaare ağırlığı, kalınlık, gözeneklilik parametreleri ve hava geçirgenliği ölçüm sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 3.1 Gömleklik dokuma kumaşların yapısal ve fiziksel özellikleri

Kumaş kodu*	Atkı sıklığı (tel/cm)	Çözü sıklığı (tel/cm)	Metrekare ağırlığı (g/m ²)	Kalınlık (mm)	Kumaş kodu*	Atkı sıklığı (tel/cm)	Çözü sıklığı (tel/cm)	Metrekare ağırlığı (g/m ²)	Kalınlık (mm)
P_B_G	28,40 (0,52)	49,10 (0,32)	122,80 (0,19)	0,26 (0,0055)	B_D_O	37,20 (0,63)	51,10 (0,74)	142,51 (1,32)	0,30 (0,0164)
P_B_O	32,80 (0,42)	49,80 (0,42)	132,96 (0,99)	0,26 (0,0071)	B_D_S	43,40 (0,84)	51,20 (0,42)	156,39 (1,65)	0,33 (0,0089)
P_B_S	38,70 (0,67)	49,00 (0,67)	143,73 (0,73)	0,25 (0,0045)	B_P_G	33,40 (0,52)	51,20 (0,42)	138,73 (0,48)	0,31 (0,0114)
P_D_G	30,44 (0,53)	50,00 (0,47)	125,95 (1,46)	0,29 (0,0089)	B_P_O	39,00 (0,67)	51,10 (0,32)	143,85 (0,58)	0,32 (0,0055)
P_D_O	37,80 (0,42)	50,40 (0,52)	139,29 (1,14)	0,29 (0,0122)	B_P_S	47,00 (0,67)	51,30 (0,48)	159,26 (0,55)	0,33 (0,0084)
P_D_S	43,60 (0,84)	50,50 (0,85)	147,97 (0,80)	0,30 (0,0110)	S_B_G	24,90 (0,32)	48,40 (0,52)	122,04 (0,29)	0,26 (0,0084)
P_P_G	32,30 (0,48)	51,10 (0,32)	129,33 (0,58)	0,29 (0,0084)	S_B_O	29,10 (0,32)	49,20 (0,42)	130,70 (0,87)	0,26 (0,0045)
P_P_O	38,60 (0,52)	51,30 (0,48)	138,84 (0,89)	0,29 (0,0045)	S_B_S	34,00 (0,47)	49,50 (0,71)	142,29 (0,67)	0,27 (0,0084)
P_P_S	45,30 (0,67)	50,90 (0,32)	152,94 (1,07)	0,31 (0,0055)	S_D_G	29,60 (0,52)	50,10 (0,57)	129,11 (0,97)	0,30 (0,0071)
B_B_G	28,80 (0,42)	50,70 (0,82)	134,39 (0,78)	0,27 (0,0045)	S_D_O	36,00 (0,47)	49,70 (0,67)	142,54 (0,50)	0,30 (0,0055)
B_B_O	32,50 (0,53)	50,40 (0,52)	140,85 (0,92)	0,27 (0,0055)	S_D_S	42,40 (0,84)	48,60 (0,52)	154,04 (1,26)	0,28 (0,0045)
B_B_S	37,80 (0,42)	50,30 (0,95)	147,97 (0,90)	0,27 (0,0045)	S_P_G	27,00 (0,47)	50,70 (0,48)	128,12 (1,66)	0,29 (0,0055)
B_D_G	30,20 (0,42)	50,60 (0,84)	129,36 (1,82)	0,30 (0,0130)	S_P_O	33,60 (0,52)	49,40 (0,84)	137,26 (0,77)	0,29 (0,0055)

*1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)

Tablo 3.2 Gömleklik dokuma kumaşların gözeneklilik ve hava geçirgenliği değerleri

Kumaş kodu*	P _s (%)	P _v (%)	R _{2-D} (μm)	R _{3-D} (μm)	Hava geçirgenliği (l/m ² /sn)	Kumaş kodu*	P _s (%)	P _v (%)	R _{2-D} (μm)	R _{3-D} (μm)	Hava geçirgenliği (l/m ² /sn)
P_B_G	13,90	37,98	56,32	93,11	412,20 (17,94)	B_D_O	6,13	33,78	32,04	82,23	122,60 (4,09)
P_B_O	11,70	34,32	47,75	81,78	246,20 (11,24)	B_D_S	4,47	35,54	25,30	77,12	105,21 (4,72)
P_B_S	10,06	26,97	41,10	67,29	134,00 (9,18)	B_P_G	7,05	39,27	36,22	94,61	190,40 (6,47)
P_D_G	12,39	47,29	50,90	105,79	334,30 (12,75)	B_P_O	5,66	36,82	30,07	85,34	173,90 (10,95)
P_D_O	9,50	40,58	39,85	88,39	242,70 (7,48)	B_P_S	3,50	34,38	21,50	75,05	84,45 (4,14)
P_D_S	7,44	39,57	32,79	81,11	219,40 (10,66)	S_B_G	14,75	39,00	62,42	101,49	449,50 (18,28)
P_P_G	10,87	45,45	45,79	102,11	405,90 (18,81)	S_B_O	12,29	34,35	52,27	87,39	251,10 (6,97)
P_P_O	8,66	41,10	37,32	89,34	300,60 (20,65)	S_B_S	10,04	31,71	43,58	77,44	126,90 (6,15)
P_P_S	6,66	39,83	30,33	81,30	173,70 (13,71)	S_D_G	11,40	44,87	49,46	104,61	431,30 (21,47)
B_B_G	8,67	30,14	43,47	81,05	126,00 (4,76)	S_D_O	9,10	38,90	40,24	89,41	310,80 (15,82)
B_B_O	7,89	24,13	39,17	68,48	90,00 (3,61)	S_D_S	6,97	29,95	32,81	74,58	226,60 (22,17)
B_B_S	6,47	19,90	32,92	57,71	54,50 (3,07)	S_P_G	11,93	45,03	52,67	111,54	495,40 (24,25)
B_D_G	8,37	38,53	41,76	97,15	172,10 (5,61)	S_P_O	10,27	39,18	44,39	95,54	404,40 (14,06)

*1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)

Tablo 3.3`de giysi kombinasyonlarında kullanılmak üzere üretilen iç giysilik örme kumaşların ilgili standartlara göre belirlenmiş olan yapısal ve fiziksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.3 İç giysilik örme kumaşların yapısal ve fiziksel özellikleri

Kumaş kodu	Hammadde	Sıra sıklığı (ilme /cm)	Çubuk sıklığı (ilme /cm)	Metrekare ağırlığı (g/m ²)	Kalınlık (mm)	İlme iplik uzunluğu (mm)	Hava geçirgenliği (l/m ² /sn)
P	Pamuk	22,40 (0,52)	16,50 (0,53)	159,36 (2,00)	0,61 (0,01)	2,27 (0,02)	554,30 (17,76)
S	Pamuk/poliester	24,50 (0,53)	16,50 (0,53)	196,09 (1,50)	0,67 (0,01)	2,17 (0,02)	321,20 (13,36)
T	Poliester	24,90 (0,32)	17,00 (0,82)	187,88 (2,13)	0,69 (0,02)	2,16 (0,02)	741,80 (24,02)

3.2 Tek Katlı Kumaşlarda Sıvı İletim Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Olarak Yapılan Testlerin Sonuçları

Çalışmada kullanılan kumaşların tek katlı olarak dikey kılcal emme, su emicilik, batma süresi, kuruma davranışı, nem yönetim performansı ve terleyen gövde test

cihazında ısı ve su buharı/sıvı iletim transfer özellikleri ölçülmüştür. Söz konusu testlerin sonuçları aşağıdaki bölümlerdeki tablo ve grafiklerle sunulmuştur.

3.2.1 Dikey Kılcal Emme Testi Sonuçları

Kılcal emme kapiler basıncın etkisiyle gözenekli bir materyalin içerisine sıvının kendiliğinden emilme prosesi olarak tanımlanmaktadır. Gözenekli materyallerde sıvı kapiler emme sırasında öncelikle küçük gözenekleri doldurmakta ve daha sonra tüm gözenek boşlukları sıvı ile dolarak doyma gerçekleşmektedir. Doyma oranında artış olması kapiler basınçta azalmaya neden olmakta ve tamamen doyma gerçekleştiğinde kapiler basınç sıfır olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında tasarlanıp üretilen dikey kılcal emme test aparatı kullanılarak dokuma kumaşların atkı ve çözgü yönünde kılcal emme süresi ve kılcal emme yüksekliği değerleri ölçülmüştür. Test aparatının çalışma prosedürüne göre kumaşlar için uygulanacak test süresinin belirlenmesi için ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu denemelerin sonuçlarına göre çalışmada kullanılan kumaşlar için test süresi 90 dakika olarak belirlenmiştir.

- *Dikey kılcal emme süresi ve yüksekliği*

Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'te sırası ile kumaşların çözgü ve atkı yönünde ölçülen kılcal emme süresi ve yüksekliği değerleri verilmiştir. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de ise çözgü ve atkı yönünde kumaşlar için ölçülen dikey kılcal emme süresi ve yüksekliği değerleri grafiksel olarak gösterilmektedir. Nem çeken lifler sıvı emilimi sonucunda şişmekte ve bu durum materyalin yapısını ve moleküler yerleşimini değiştirmektedir. Bu durum kumaş gözenekliliği üzerinde etkili olmakta ve kumaş üzerinde sıvı yükselmesinin azalmasına neden olmaktadır. Şekil 3.1 incelendiğinde pamuk/poliester kumaşlarda dikey kılcal emme süresinin aynı yükseklik değerleri için pamuklu ve rejenere bambu kumaşlara göre genel olarak daha kısa olduğu görülmektedir. Bu durumun atkı ipliği olarak kullanılan nem çekmeyen poliester liflerinin sıvıyı emmeyerek, yüzeyi boyunca taşımasından kaynaklandığı

düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar Das ve diğer. (2009a) tarafından yapılan çalışmanın bulguları ile uyumluluk göstermektedir. Şekil 3.2`de ise pamuk/poliester kumaşlarda çözgü yönünde ölçülenin tam tersine kılcal emme süresi değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Bu duruma atkı yönünde yapılan testler sırasında kılcal emme ölçümlerinde etkili olan yatay yönde bulunan ve poliestere göre kumaş yapısında daha yoğun yer alan pamuk ipliklerinin şişmesinin neden olduğu düşünülmektedir.

Kumaş yapısının gözenekliliği kılcal emme hızını etkilemekte ve bu değerdeki artış ile belirli bir yükseklik değeri için geçen kılcal emme süresi azalmaktadır. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 kumaşlarda kullanılan örgü tiplerine göre değerlendirildiğinde, bezayağı kumaşlarda ulaşılan maksimum kılcal emme yükseklik değerlerinin dimi ve panama kumaşlara göre daha düşük ve aynı yükseklik değerleri için kılcal emme süresinin daha uzun olduğu görülmektedir. Bu duruma bezayağı örgü tipine sahip olan kumaşlarda tekrar eden kesişim sayısının yüksek olmasından dolayı azalan gözeneklilik değerlerinin sebep olduğu düşünülmektedir. Behera ve diğer. (1997) de yaptıkları çalışmada benzer bulgular elde etmişlerdir.

İplik sıklığında artış olması sonucu kumaş içerisindeki iplikler arası boşlukların yarıçapı azalmakta ve bu durum kılcal emme yükselmesi değerlerinin düşmesine sebep olmaktadır. Çalışmada sıklık farklılığı atkı sıklığı değiştirilerek sağlandığından kumaşların çözgü yönü için yapılan kılcal emme test sonuçları arasındaki farklar atkı yönüne göre daha belirgindir. Buna göre Şekil 3.1 incelendiğinde bütün hammadde tipleri için en düşük kılcal emme yüksekliği değerlerine bezayağı örgü tipi ve sıkı kumaş yapısına sahip olan kumaşlarda ulaşılmıştır. Atkı sıklığındaki artış sonucunda kapiler yükselmenin genel olarak azaldığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuç Babu ve diğer. (2011) ve Mazloupour ve diğer. (2011)`nin bulguları ile uyumluluk göstermektedir. Şekil 3.2 incelendiğinde ise genel olarak benzer bir etki bezayağı kumaşlarda da gözlenmesine karşın, özellikle pamuk/poliester dimi ve panama örgü tipine sahip kumaşlarda tam tersi bir etki gözlenmiştir. Bu durumun sebebinin atkı sıklığındaki artış ile yapı içerisinde sayısı artan poliestere ipliklerinin bu kumaşların kılcal emme yeteneğinde artışa neden olması olduğu düşünülmektedir. Bezayağı

kumaşlarda ise bu etkinin gözlenmemesinin sebebinin kumaş gözenekliliğinin oldukça düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3.4 Gömleklik dokuma kumaşların çözgü yönünde ölçülen kılcal emme süresi değerleri (dakika)

Kumaş kodu*	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	9 cm	10 cm
P_B_G	6,14 (0,59)	11,00 (1,86)	16,77 (2,18)	30,25 (4,61)	57,62 (6,06)	-	-	-	-	-
P_B_O	7,20 (0,31)	10,28 (1,18)	21,05 (1,65)	54,59 (4,97)	-	-	-	-	-	-
P_B_S	8,16 (0,65)	17,58 (1,26)	27,34 (2,47)	-	-	-	-	-	-	-
P_D_G	3,18 (0,17)	4,42 (0,65)	6,88 (0,45)	11,62 (0,73)	17,79 (0,51)	27,50 (1,24)	43,62 (3,93)	65,59 (7,85)	-	-
P_D_O	4,34 (0,53)	7,92 (0,75)	9,90 (0,55)	17,03 (0,62)	26,82 (1,85)	41,81 (2,96)	69,35 (8,90)	-	-	-
P_D_S	4,41 (0,20)	9,26 (0,78)	17,99 (1,45)	36,28 (4,17)	65,00 (11,26)	80,11 (3,00)	-	-	-	-
P_P_G	3,64 (0,50)	5,06 (1,32)	7,56 (0,76)	14,34 (1,05)	23,82 (2,20)	35,11 (4,77)	53,44 (5,91)	80,05 (9,94)	-	-
P_P_O	3,57 (0,31)	6,71 (0,60)	8,28 (0,62)	15,65 (1,71)	25,68 (1,94)	40,30 (4,03)	68,36 (13,43)	-	-	-
P_P_S	3,93 (0,15)	6,14 (1,17)	9,15 (0,41)	17,27 (1,87)	28,46 (3,03)	42,63 (4,96)	70,48 (8,64)	-	-	-
B_B_G	6,12 (0,63)	8,40 (0,70)	16,65 (0,79)	36,35 (2,37)	69,84 (7,84)	-	-	-	-	-
B_B_O	10,29 (0,94)	18,85 (4,94)	31,92 (3,56)	79,24 (15,82)	-	-	-	-	-	-
B_B_S	12,18 (1,60)	27,87 (5,66)	42,56 (5,67)	-	-	-	-	-	-	-
B_D_G	2,06 (0,41)	3,60 (0,21)	6,50 (0,38)	11,98 (0,79)	20,26 (0,76)	32,22 (2,76)	55,59 (8,17)	76,62 (13,40)	-	-
B_D_O	3,54 (0,92)	4,94 (0,51)	9,23 (0,90)	17,28 (1,60)	29,45 (2,74)	47,75 (5,53)	77,72 (5,91)	-	-	-
B_D_S	4,32 (0,34)	7,05 (1,88)	10,29 (0,74)	17,30 (1,18)	28,00 (2,66)	43,99 (5,56)	71,81 (6,37)	-	-	-
B_P_G	2,37 (0,24)	3,79 (0,98)	6,58 (0,53)	11,89 (0,98)	18,99 (2,03)	30,52 (2,16)	50,26 (3,87)	74,60 (6,90)	-	-
B_P_O	2,54 (0,56)	4,69 (0,85)	7,19 (0,75)	13,92 (1,89)	23,12 (1,87)	38,48 (4,63)	68,23 (14,09)	-	-	-
B_P_S	3,11 (0,68)	5,19 (1,08)	9,46 (0,42)	18,06 (0,73)	30,25 (2,83)	47,54 (7,42)	-	-	-	-
S_B_G	3,06 (0,82)	5,22 (0,93)	9,05 (0,42)	17,72 (1,46)	31,39 (5,76)	-	-	-	-	-
S_B_O	3,08 (0,21)	5,08 (1,17)	9,05 (0,23)	18,51 (1,84)	35,42 (4,50)	-	-	-	-	-
S_B_S	6,03 (1,13)	10,89 (4,39)	27,14 (5,39)	-	-	-	-	-	-	-
S_D_G	1,64 (0,32)	2,21 (0,07)	3,47 (0,66)	6,38 (0,82)	10,01 (2,71)	16,98 (5,02)	32,26 (1,55)	74,73 (12,98)	-	-
S_D_O	1,79 (0,26)	3,05 (0,30)	4,89 (0,18)	8,63 (0,26)	16,10 (2,41)	27,70 (3,68)	58,84 (10,42)	-	-	-
S_D_S	1,98 (0,39)	3,44 (0,54)	5,57 (0,59)	9,01 (1,37)	14,39 (2,07)	22,75 (3,58)	37,26 (6,36)	-	-	-
S_P_G	1,51 (0,21)	1,70 (0,17)	2,06 (0,30)	3,57 (0,32)	5,44 (0,77)	8,78 (1,13)	15,01 (2,25)	24,48 (2,23)	51,08 (9,37)	78,02 (1,71)
S_P_O	0,87 (0,21)	2,27 (0,10)	2,72 (0,14)	4,43 (0,16)	6,40 (1,06)	9,62 (1,48)	15,67 (2,66)	26,42 (3,71)	39,65 (5,10)	74,34 (12,21)

*1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)

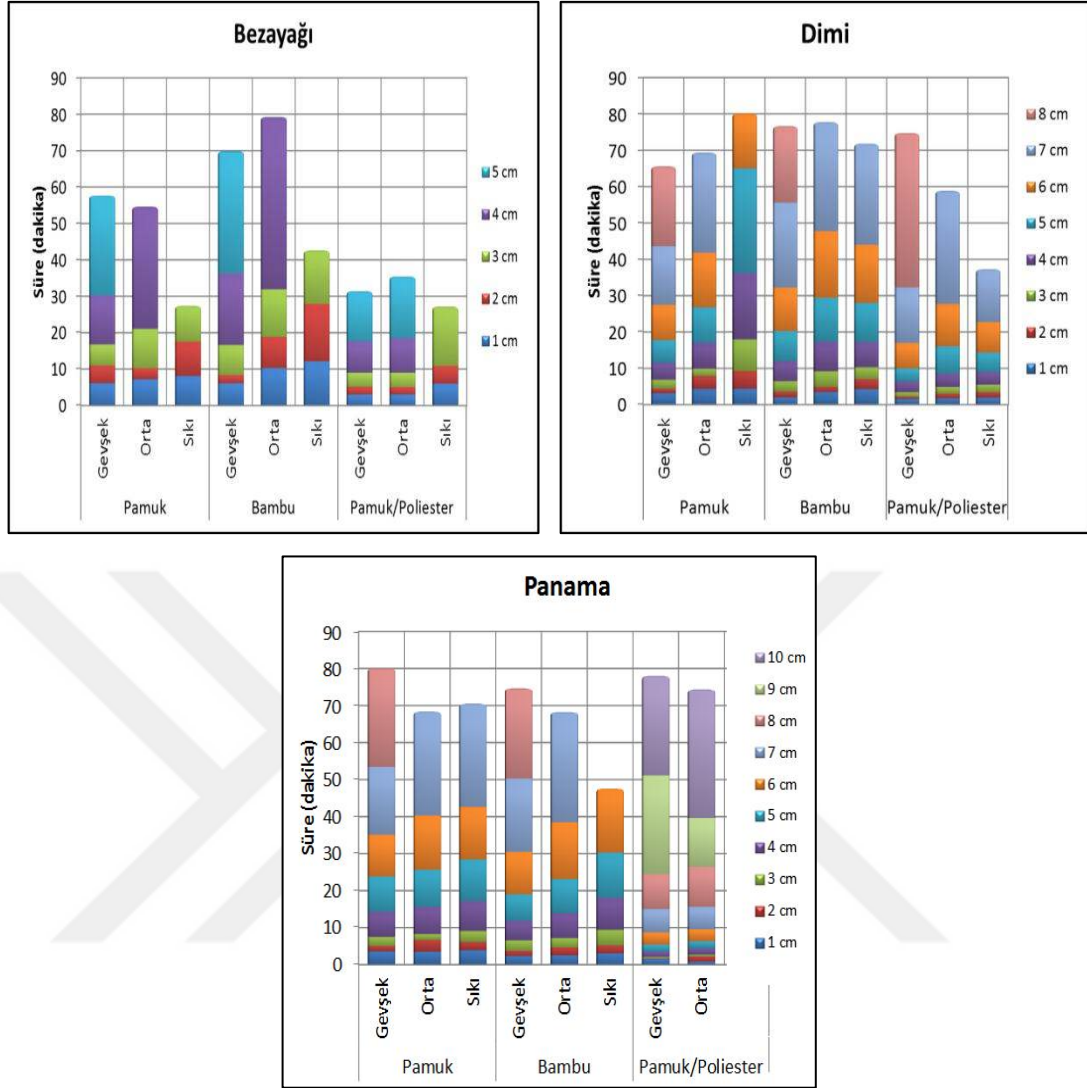
Tablo 3.5 Gmleklilik dokuma kumaşların atkı yönünde ölçülen kılcal emme süresi değerleri (dakika)

Kumaş kodu*	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	9 cm	10 cm
P_B_G	6,16 (1,22)	9,72 (0,45)	18,59 (1,60)	40,17 (2,99)	-	-	-	-	-	-
P_B_O	5,09 (1,96)	11,19 (1,61)	20,61 (2,97)	55,44 (1,24)	-	-	-	-	-	-
P_B_S	4,24 (0,66)	9,32 (0,98)	19,08 (1,50)	-	-	-	-	-	-	-
P_D_G	2,28 (0,34)	4,85 (0,48)	8,82 (1,98)	16,39 (2,87)	25,75 (3,04)	36,54 (2,99)	60,00 (5,93)	-	-	-
P_D_O	3,49 (0,62)	5,49 (0,30)	8,81 (0,93)	15,28 (1,04)	23,99 (2,98)	38,45 (6,48)	66,67 (8,95)	-	-	-
P_D_S	2,58 (0,24)	5,18 (0,24)	10,40 (0,83)	20,33 (1,19)	35,19 (2,40)	60,52 (0,19)	-	-	-	-
P_P_G	3,88 (0,28)	8,14 (1,23)	11,37 (0,81)	17,96 (1,75)	25,25 (2,29)	36,52 (3,94)	55,62 (9,78)	71,05 (8,21)	-	-
P_P_O	3,76 (0,54)	5,00 (0,31)	8,24 (0,29)	13,44 (0,98)	14,77 (1,22)	29,16 (1,59)	42,51 (2,76)	61,82 (4,98)	89,90 (1,41)	-
P_P_S	3,24 (0,06)	5,55 (0,24)	9,05 (0,20)	14,45 (0,75)	20,90 (0,89)	30,74 (2,75)	46,98 (6,61)	70,66 (5,46)	-	-
B_B_G	4,13 (0,15)	8,67 (2,31)	18,38 (2,99)	42,79 (3,96)	-	-	-	-	-	-
B_B_O	5,81 (1,22)	12,97 (1,60)	34,86 (5,01)	-	-	-	-	-	-	-
B_B_S	6,56 (0,55)	15,36 (0,71)	36,10 (2,34)	-	-	-	-	-	-	-
B_D_G	3,35 (1,10)	5,51 (1,25)	12,65 (0,38)	-	-	-	-	-	-	-
B_D_O	5,10 (1,66)	7,85 (0,79)	14,37 (1,72)	31,89 (2,88)	43,07 (2,99)	-	-	-	-	-
B_D_S	7,91 (0,44)	9,60 (0,31)	16,53 (0,43)	31,77 (2,39)	58,28 (6,17)	84,23 (8,23)	-	-	-	-
B_P_G	3,05 (0,12)	8,72 (2,51)	12,36 (0,44)	39,50 (3,72)	52,94 (1,93)	63,24 (4,04)	-	-	-	-
B_P_O	5,08 (1,12)	7,26 (0,59)	12,80 (0,97)	34,84 (14,68)	57,03 (12,26)	82,22 (12,98)	-	-	-	-
B_P_S	4,26 (1,43)	6,72 (0,24)	12,51 (0,36)	26,29 (4,75)	43,20 (8,79)	71,53 (13,48)	-	-	-	-
S_B_G	6,32 (1,03)	11,39 (2,50)	18,39 (3,21)	35,97 (3,55)	67,54 (4,58)	-	-	-	-	-
S_B_O	8,58 (1,59)	12,67 (2,08)	19,25 (1,57)	39,53 (8,31)	-	-	-	-	-	-
S_B_S	8,97 (0,49)	21,10 (3,56)	47,83 (2,98)	-	-	-	-	-	-	-
S_D_G	16,75 (1,90)	31,26 (2,09)	50,87 (2,52)	83,35 (6,39)	-	-	-	-	-	-
S_D_O	8,01 (1,96)	13,48 (3,05)	21,54 (2,67)	34,35 (2,29)	51,46 (5,81)	75,19 (7,35)	-	-	-	-
S_D_S	4,49 (0,24)	7,06 (0,56)	10,26 (0,60)	15,03 (1,45)	20,16 (0,72)	30,39 (2,83)	59,26 (8,08)	-	-	-
S_P_G	24,90 (4,58)	41,31 (8,37)	63,40 (10,92)	82,56 (7,21)	-	-	-	-	-	-
S_P_O	7,45 (0,65)	11,53 (0,92)	16,59 (1,09)	23,63 (1,09)	32,98 (1,63)	45,95 (3,01)	67,35 (7,09)	86,79 (9,98)	-	-

*1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

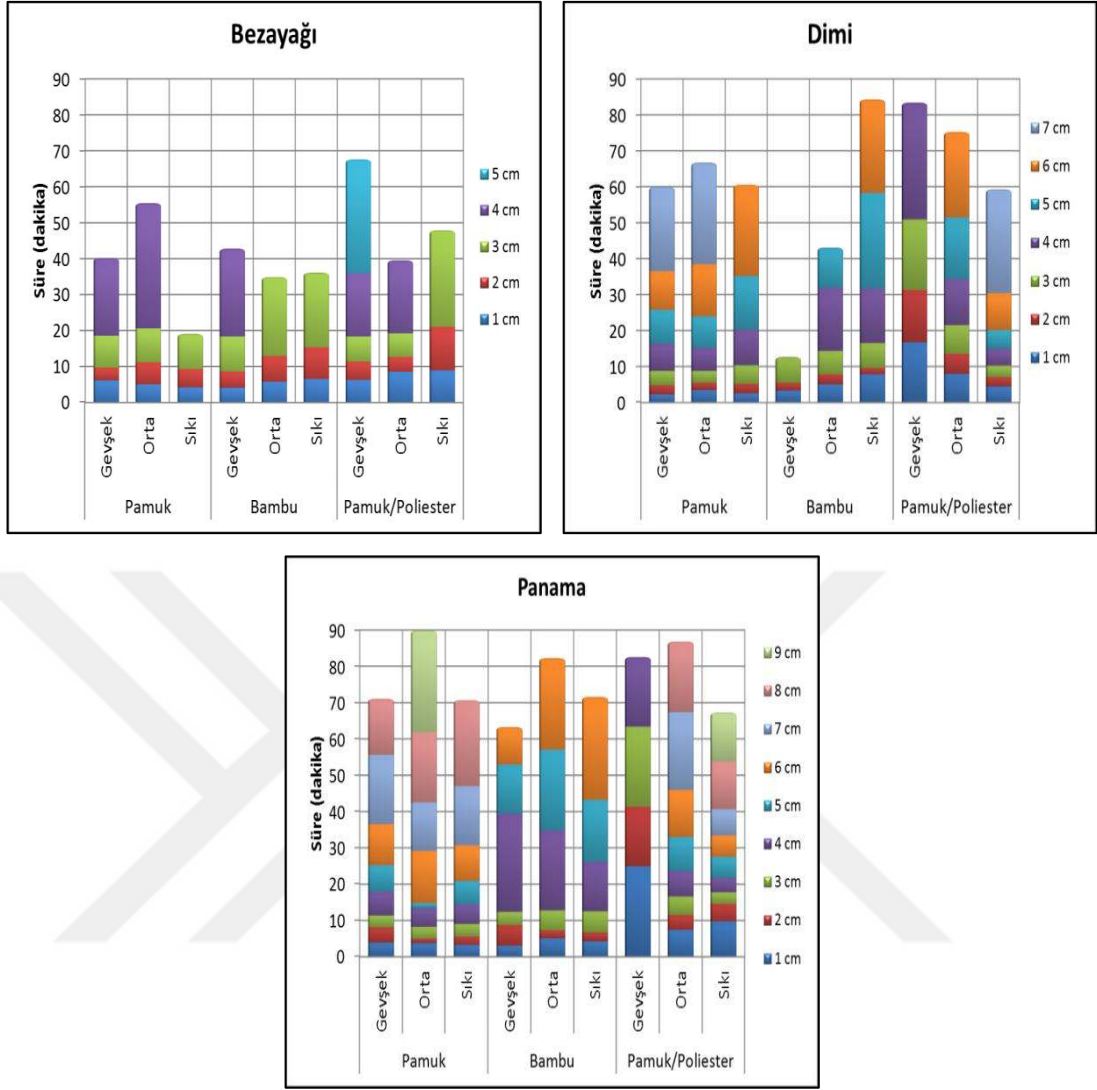
2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: geveşek; O: orta; S: sıkı)



Şekil 3.1 Gömleklik dokuma kumaşlarda çözgü yönünde ölçülen dikey kılcal emme yüksekliği ve süresi değerleri

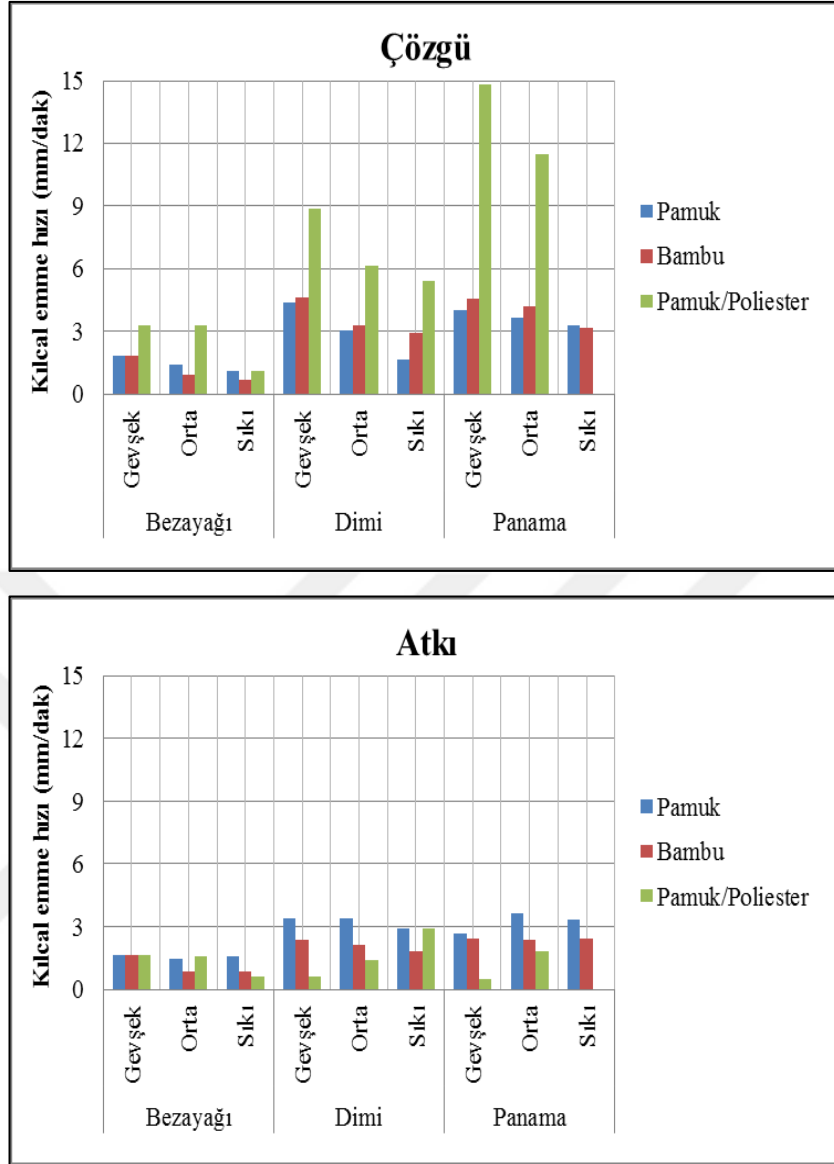
Kumaşlarda sıvının 30 mm yüksekliğe ulaşması için ölçülen kılcal emme süresi değerleri üzerinde hammadde, örgü tipi, atkı sıklığı ve bu faktörlerin birlikte etkileşimlerinin incelenmesi sonucunda tüm faktörlerin bu değer üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Etki büyüklüğü değerleri incelendiğinde ise kumaşların çözgü yönü için ölçülen kılcal emme süresi değerleri üzerinde örgü tipinin etkisinin en fazla olduğu; atkı yönünde ise hammadde, örgü tipi ve atkı sıklığı faktörlerinin tamamının etkileşiminin en büyük etkiye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3.2 Gömleklik dokuma kumaşlarda atkı yönünde ölçülen dikey kılcal emme yüksekliği ve süresi değerleri

- *Dikey kılcal emme hızı*

Dikey kılcal emme süresi ölçümü yapılan bütün kumaşların ulaşabildiği yükseklik değeri olan 30 mm için kılcal emme hızı değerleri mm/dak cinsinden hesaplanmıştır. Şekil 3.3'te kumaşların hem çözgü hem de atkı yönü için hesaplanan kılcal emme hızı değerleri grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.3 30 mm kılcal emme yüksekliği için kumaşların çözgü ve atkı yönündeki kılcal emme hızı değerleri

Kumaşların çözgü yönü için hesaplanan kılcal emme hızı değerleri incelendiğinde en yüksek değere pamuk/poliester-panama-gevşek kumaşın sahip olduğu (14,56 mm/dak), en düşük değerin ise 0,71 mm/dak değeri ile rejenere bambu-bezayağı-sıkı kumaşa ait olduğu görülmektedir. Atkı yönünde ise bu değerlerin çözgü yönüne göre daha düşük olduğu ve değerlerin 0,48-3,64 mm/dak arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu durum kumaşların çözgü sıklığı değerinin atkı sıklığı değerinden yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Pamuk/poliester kumaşların kılcal emme hızının çözgü yönünde pamuk ve rejenere bambu kumaşlara göre oldukça yüksek olduğu

ancak, atkı yönü için bu durumun geçerli olmadığı görülmektedir. Örgü tipi dikkate alındığında dimi ve panama kumaşların ilk 30 mm'lik yükselme bölgesindeki kılcal emme hızının, özellikle çözgü yönünde, bezayağı kumaşlara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Atkı sıklığı arttıkça kumaşların çözgü yönünde yapılan ölçümlerde kılcal emme hızı değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Kumaşlarda çözgü yönünde ölçülen kılcal emme hızının gözenek parametreleri ile arasındaki ilişkiler incelendiğinde, bu değerlerin hacimsel gözeneklilik ($r=0,550$) ve ortalama üç boyutlu gözenek yarıçapı ($r=0,660$) ile arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar olduğu belirlenmiştir.

3.2.2 Su Emicilik Testi Sonuçları

Bir katının su emicilik davranışı çeşitli koşullar altında katının sıvıyı alarak bünyesinde tutma eğilimini belirtmektedir. Tekstil yüzeylerinde ise bu özellik kumaşın ter tutma kapasitesinin bir göstergesidir. Bu çalışmada ilgili standarda göre gömleklik dokuma kumaşlar için ölçülen su emicilik yüzdesi değerleri Tablo 3.6`da verilmiş ve bu değerler Şekil 3.4`te grafiksel olarak gösterilmiştir. Değerler incelendiğinde en yüksek su emicilik değerlerinin tüm örgü tipleri ve atkı sıklık seviyeleri için rejenere bambu kumaşlarda ölçüldüğü görülmektedir. Bu kumaşları sırasıyla pamuk ve pamuk/poliester kumaşlar izlemektedir. Bambu kumaşlarda elde edilen yüksek değerlerin bambu liflerinin yapısı içerisinde yer alan mikro boşluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir ve bu bulgular Gericke ve Pol (2010)`ün yapmış oldukları çalışma sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.

Şekil 3.4 incelendiğinde atkı sıklık seviyesindeki artışın kumaşların su emicilik değerlerinin düşmesine sebep olduğu gözlenmiştir. Kumaş yapısı içerisinde bulunan hava boşlukları ile su emicilik yeteneği doğrudan ilişkili olduğu için yapısında bulunan hava miktarı diğerlerine göre daha az olan sıkı (atkı sıklığı yüksek) kumaşların su emicilik değerlerinin en düşük olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar Behera ve diğer. (1997) ve Karahan ve Eren (2006) tarafından yapılan çalışmaların bulguları ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca dimi ve panama kumaşlarda kumaş kalınlıklarının bezayağı kumaşlara göre daha yüksek olmasına

bağlı olarak su emicilik yüzdesi değerlerinin daha yüksek çıktığı sonucuna varılmıştır. Su emicilik yüzdesi değerleri ile yüzey gözenekliliği ($r=-0,510$) ve kumaş kalınlığı ($r=0,639$) arasında anlamlı korelasyon bulunmaktadır. Su emicilik yüzdesi değerleri üzerinde hammadde, örgü tipi ve atkı sıklığı faktörleri ve bunların etkileşimlerinin istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu belirlenmiş olup, hammadde faktörü bu değerler üzerinde en yüksek etki büyüklüğüne sahiptir ($p<0,05$).

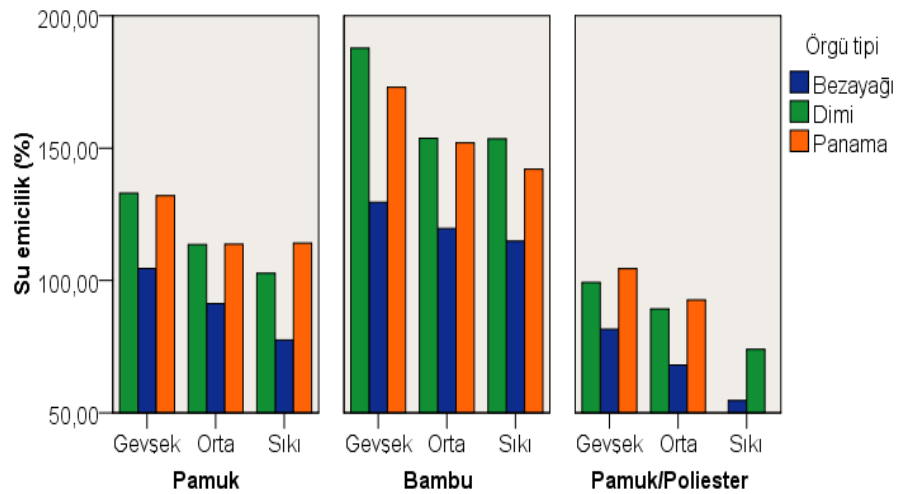
Tablo 3.6 Gömleklik dokuma kumaşlarda su emicilik yüzdesi ölçüm sonuçları

Kumaş kodu*	Su emicilik yüzdesi (%)	Kumaş kodu*	Su emicilik yüzdesi (%)	Kumaş kodu*	Su emicilik yüzdesi (%)
P_B_G	104,54 (5,05)	B_B_G	129,54 (4,45)	S_B_G	81,57 (4,32)
P_B_O	91,23 (4,93)	B_B_O	119,66 (7,16)	S_B_O	68,01 (2,11)
P_B_S	77,50 (3,09)	B_B_S	114,89 (2,83)	S_B_S	54,61 (2,84)
P_D_G	132,97 (7,28)	B_D_G	187,80 (12,28)	S_D_G	99,23 (3,32)
P_D_O	113,59 (4,44)	B_D_O	153,72 (9,07)	S_D_O	89,26 (3,46)
P_D_S	102,72 (4,85)	B_D_S	153,54 (8,87)	S_D_S	73,96 (1,24)
P_P_G	131,99 (4,47)	B_P_G	173,01 (7,97)	S_P_G	104,47 (2,40)
P_P_O	113,68 (4,49)	B_P_O	152,00 (3,71)	S_P_O	92,61 (9,61)
P_P_S	114,09 (4,32)	B_P_S	142,04 (0,82)		

*1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)



Şekil 3.4 Gömleklik dokuma kumaşlarda su emicilik yüzdesi değerleri

3.2.3 Batma Süresi Testi Sonuçları

Bir sıvı içerisinde katının batabilmesi için katı yüzeyin sıvının serbest yüzey enerjisinden daha yüksek bir yüzey enerjisine sahip olması gerekmektedir. Batmakta olan bir kumaşın içerisinde sıvının kılcal olarak emiliminde sıvı ve lifli materyal içerisinde bulunan havanın büyük kısmı yer değiştirmekte ve daha sonra batma gerçekleşmektedir. Bu çalışmada kullanılan dokuma kumaşlar için yapılan ön denemelere bağlı olarak test süresi 10 dakika olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen batma süresi ölçüm sonuçları Tablo 3.7`de verilmiştir.

Tablo 3.7 Gömleklik dokuma kumaşlarda batma süresi ölçüm sonuçları

Kumaş kodu*	Batma süresi (sn)	Kumaş kodu*	Batma süresi (sn)	Kumaş kodu*	Batma süresi (sn)
P_B_G	114,60 (20,08)	B_B_G	91,20 (16,53)	S_B_G	**
P_B_O	88,00 (23,95)	B_B_O	97,00 (10,51)	S_B_O	**
P_B_S	89,60 (13,63)	B_B_S	150,00 (23,48)	S_B_S	**
P_D_G	89,00 (28,74)	B_D_G	115,60 (19,24)	S_D_G	**
P_D_O	94,40 (19,36)	B_D_O	113,20 (8,81)	S_D_O	**
P_D_S	208,40 (39,88)	B_D_S	134,80 (17,92)	S_D_S	**
P_P_G	112,40 (24,04)	B_P_G	83,60 (9,24)	S_P_G	**
P_P_O	82,20 (12,83)	B_P_O	47,80 (7,92)	S_P_O	**
P_P_S	199,80 (31,08)	B_P_S	39,40 (5,03)		

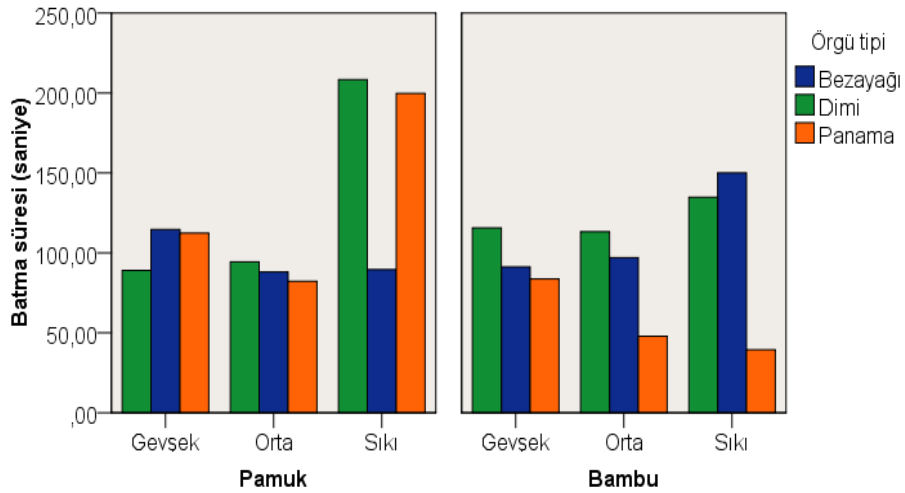
*1. harf: Hammaddenin (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)

** Test numunesi 10 dakika test süresi sonunda batmamıştır.

Şekil 3.5 belirlenen test süresinde pamuk ve rejenere bambu kumaşlar için ölçülen batma süresi değerlerini göstermektedir. Pamuk/poliester kumaşlarda test süresi sonunda batma gerçekleşmediği için bu kumaşlara grafikte yer verilmemiştir. Şekil incelendiğinde kumaşların batma süresi değerleri üzerinde etkisi incelenen faktörlerin genel olarak belirgin bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre ise hammaddenin batma süresi üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı ve etki büyüklüğü çok düşük olsa bile diğer faktörlerin batma süresi değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).



Şekil 3.5 Gömleklik dokuma kumaşlarda batma süresi değerleri

3.2.4 Çok Yönlü Sıvı Nem Yönetim Performansı Testi Sonuçları

Nem Yönetim Cihazı'nda (MMT) ölçülen kümülatif tek yönlü taşıma indeksi (AOTI) ve nem yönetim performansı (OMMC) değerleri kumaşlarda sıvı nem iletim performansının ortaya konulmasında kullanılan en önemli iki parametredir. Tablo 3.8'de gömleklik dokuma kumaşlar için ölçülen AOTI ve OMMC değerleri verilmiştir.

AOTI ölçümü sonucunda kumaşın iki yüzü arasındaki kümülatif sıvı nem farkı ortaya konulabilmektedir. Bu değer pozitif ve yüksek olması sıvının deriden çevreye hızlıca buharlaştığının bir göstergesidir. Şekil 3.6'da gömleklik dokuma kumaşlarda ölçülen AOTI değerleri bir grafik üzerinde gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek AOTI değerinin pamuk/poliester-dimi-orta sıklıktaki kumaşta elde edildiği belirlenmiştir. En düşük değer ise negatif yönlü olarak rejenere bambu-bezayağı-sıkı kumaşlarda gözlenmiştir. Rejenere bambu kumaşların AOTI değerlerinin genel olarak diğerlerinden düşük çıktığı görülmektedir. Bu durumun rejenere bambu ipliklerinin tüylü yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir (EK-3). Çünkü tüylülükteki artış kumaşlarda düşük gözenekliliğe ve küçük gözenek boyutlarının oluşumuna ve bu durum da kumaş kalınlığı boyunca hava ve sıvının geçişine direnç gösterilmesine neden olmaktadır. Elde edilen bu sonuç Mahish, Patra ve Thakur (2012)'un bulguları ile uyumluluk göstermektedir.

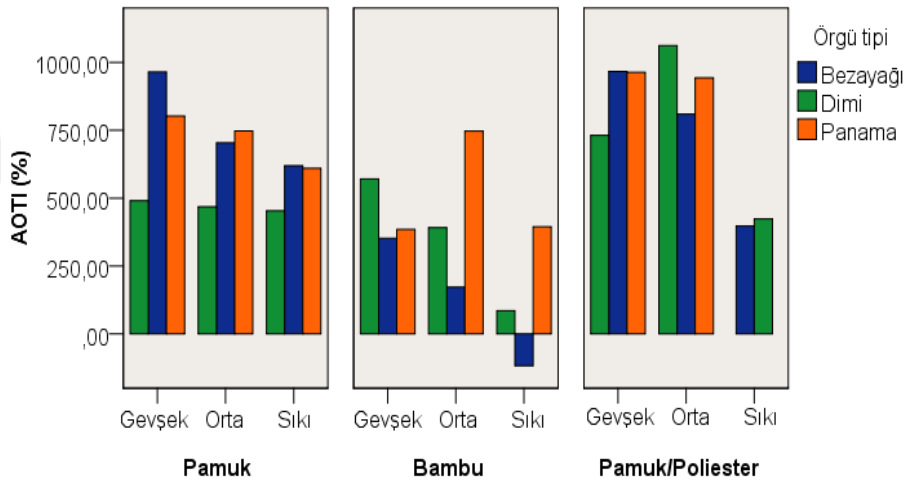
Tablo 3.8 Gömleklik dokuma kumaşlarda AOTI ve OMMC ölçüm sonuçları

Kumaş kodu*	AOTI (%)	OMMC	Kumaş kodu*	AOTI (%)	OMMC	Kumaş kodu*	AOTI (%)	OMMC
P_B_G	964,51 (128,19)	0,73 (0,03)	B_B_G	352,43 (29,43)	0,54 (0,05)	S_B_G	966,52 (193,85)	0,73 (0,03)
P_B_O	703,65 (60,18)	0,69 (0,05)	B_B_O	172,21 (63,70)	0,29 (0,07)	S_B_O	809,48 (37,68)	0,67 (0,01)
P_B_S	619,54 (79,60)	0,72 (0,03)	B_B_S	-117,45 (92,06)	0,03 (0,03)	S_B_S	397,27 (98,48)	0,56 (0,06)
P_D_G	490,69 (98,76)	0,61 (0,05)	B_D_G	571,10 (91,52)	0,65 (0,04)	S_D_G	731,07 (61,42)	0,61 (0,05)
P_D_O	468,10 (123,31)	0,59 (0,07)	B_D_O	391,21 (142,80)	0,49 (0,08)	S_D_O	1062,10 (48,68)	0,72 (0,04)
P_D_S	453,29 (85,64)	0,64 (0,11)	B_D_S	85,61 (31,04)	0,18 (0,04)	S_D_S	423,56 (81,35)	0,55 (0,07)
P_P_G	802,58 (67,77)	0,60 (0,04)	B_P_G	385,05 (76,21)	0,57 (0,03)	S_P_G	963,46 (60,00)	0,74 (0,02)
P_P_O	747,78 (39,44)	0,56 (0,04)	B_P_O	746,68 (53,40)	0,63 (0,05)	S_P_O	943,31 (89,05)	0,76 (0,03)
P_P_S	609,83 (103,73)	0,58 (0,04)	B_P_S	394,81 (26,52)	0,59 (0,03)			

*1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)

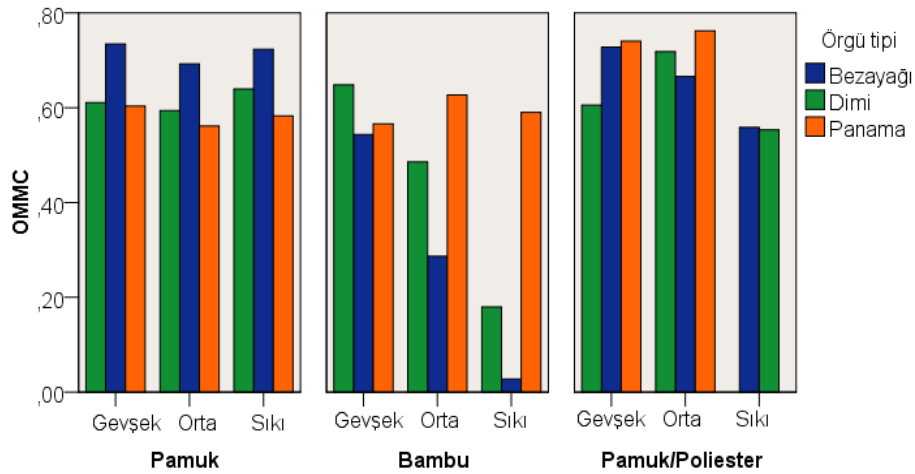


Şekil 3.6 Gömleklik dokuma kumaşlarda ölçülen AOTI değerleri

Şekil 3.6'da sıkı kumaş yapısına sahip olan kumaşların en düşük AOTI değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum kumaşlarda azalan gözeneklilik değerleri ile ilişkilidir ve AOTI değerleri ile hacimsel gözeneklilik ($r=0,600$), yüzey gözenekliliği ($r=0,641$), iki boyutlu gözenek yarıçapı ($r=0,603$), üç boyutlu gözenek yarıçapı ($r=0,678$) ve hava geçirgenliği ($r=0,806$) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli korelasyonlar bulunmaktadır. Örgü tipinin değişimi ile kumaşlar arasında herhangi belirgin bir fark gözlenmemiş ve istatistiksel olarak da bu faktörün AOTI değerleri

üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Diğer faktörler ve etkileşimlerinin ise AOTI üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$).

OMMC değeri kumaşların sıvı nemi transfer etme yeteneğinin bir göstergesidir ve Şekil 3.7’de bu çalışmada gömleklik dokuma kumaşlar için ölçülen değerler grafik olarak gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde AOTI sonuçlarına benzer şekilde rejenere bambu-bezayağı kumaşlarda oldukça düşük değerler elde edildiği görülmektedir. Pamuk ve pamuk/poliester kumaşların OMMC değerlerinin genel olarak yüksek ve birbirine yakın olduğu görülmektedir. Pamuk/poliester kumaşlarda OMMC değerinin kumaş yapısındaki nem çekmeyen poliester iplikler sayesinde daha yüksek olacağı beklenmesine karşın, beklenen sonuç ile karşılaşılmamıştır. Bu durumun sebebinin pamuk/poliester kumaşların yapısında bulunan çözgü ipliklerinin sıklığının atkıdan yüksek olmasına bağlı olarak yapıdaki pamuk lifi miktarının poliester göre daha yüksek olması ve ölçüm cihazının test süresinin kısa olmasından dolayı (120 sn) cihazın bu kumaşı pamuklu ıslak bir kumaş gibi algılaması olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.7 Gömleklik dokuma kumaşlarda ölçülen OMMC değerleri

Şekil 3.7’de pamuklu kumaşlar için sıklık artışına bağlı olarak OMMC değerlerinde önemli bir değişiklik gözlenmez iken, rejenere bambu ve pamuk/poliester kumaşlarda atkı sıklığı yüksek olan kumaşların en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Kumaşların ölçülen OMMC değerleri ile hacimsel

gözeneklilik ($r=0,565$), yüzey gözenekliliği ($r=0,555$), iki boyutlu gözenek yarıçapı ($r=0,509$), üç boyutlu gözenek yarıçapı ($r=0,606$) ve hava geçirgenliği ($r=0,621$) değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli korelasyonlar olduğu gözlenmiştir. Wardiningsih ve Troynikov (2012) da çalışmalarında gözeneklilik değerlerinin azalması sonucunda OMMC değerlerinin azaldığını belirtmişlerdir. AOTI sonuçlarına benzer şekilde örgü tipinin değerler üzerinde istatistiksel olarak etkisi olmadığı, hammadde ve atkı sıklığının ise değerler üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). EK-4'te verilen değerlendirme skalasına göre pamuklu kumaşların OMMC değerinin genel olarak çok iyi, rejenere bambu-bezayağı ve dimi kumaşların ise çok kötü aralığında yer aldığı belirlenmiştir.

3.2.5 Kuruma Hızı Testi Sonuçları

Vücudun termofizyolojik konforunun uzun süre boyunca korunabilmesi için deriden salgılanan terin giysi üzerinden hızlıca uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu davranışa sahip olan kumaşların kuruma yeteneğinin gelişmiş olduğu söylenebilmektedir. Çalışmada kumaşların kuruma davranışının belirlenmesi için önceden ıslatılan bir kumaşın içerisinde kalan sıvı miktarı 100 dakika boyunca her 10 dakikada bir olmak üzere ölçülmüştür. Elde edilen tüm sonuçlar Tablo 3.9'da verilmiştir. Şekil 3.8'de 40 dakikanın sonunda gömleklik dokuma kumaş numuneleri içerisinde kalan su yüzdesi değerleri (KSY_{40}) gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek değer rejenere bambu-dimi-sıkı kumaşlarda elde edilmiş ve bambu kumaşların kuruma yeteneğinin genel olarak diğerlerine göre daha kötü olduğu görülmüştür. Ölçülen KSY_{40} değerleri ile kumaş kalınlığı ($r=0,565$), yüzey gözenekliliği ($r=-0,517$) ve iki boyutlu ortalama gözenek yarıçapı ($r=-0,469$) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçların Sarıcam ve Kalaoglu (2014) ve Prahsarn, Barker ve Gupta (2005) tarafından yapılan çalışmaların bulguları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ayrıca beklenildiği gibi bu değerler ve OMMC değerleri arasında ters yönlü anlamlı istatistiksel ilişkiler bulunduğu ($r=-0,430$) ve sıvı nem yönetim performansı düşük olan kumaşlarda kuruma yeteneğinin de kötü olduğu gözlenmiştir. Varyans analizi uygulandığında ise bu değerlerin hammadde, örgü tipi ve tüm faktörlerin

etkileşimlerinden etkilendiği, ancak atkı sıklığının tek başına değerler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır ($p < 0,05$).

Tablo 3.9 Gömleklik dokuma kumaşlar içerisinde kalan sıvı yüzdesi değerleri

Kumaş kodu*	10. dk	20. dk	30. dk	40. dk	50. dk	60. dk	70. dk	80. dk	90. dk	100. dk
P_B_G	85,48 (1,75)	65,53 (2,22)	45,25 (3,11)	25,88 (4,06)	11,23 (3,02)	4,61 (1,19)	3,11 (0,48)	2,78 (0,45)	2,58 (0,44)	2,55 (0,25)
P_B_O	86,27 (1,07)	66,06 (2,13)	45,62 (2,75)	26,61 (3,45)	12,18 (3,15)	5,36 (1,44)	3,63 (0,53)	3,30 (0,36)	3,04 (0,35)	3,01 (0,45)
P_B_S	85,07 (0,70)	62,15 (1,53)	39,16 (2,06)	19,40 (1,75)	7,20 (0,81)	3,80 (0,17)	3,19 (0,19)	3,00 (0,12)	2,98 (0,22)	2,92 (0,24)
P_D_G	83,92 (1,54)	64,94 (3,10)	45,06 (4,14)	26,88 (4,73)	13,32 (3,58)	5,45 (1,33)	3,31 (0,25)	2,91 (0,13)	2,80 (0,16)	2,74 (0,15)
P_D_O	82,56 (1,09)	63,11 (4,02)	43,64 (3,62)	26,12 (2,77)	11,85 (2,33)	5,57 (1,19)	3,44 (0,24)	3,16 (0,31)	2,99 (0,25)	2,91 (0,27)
P_D_S	84,75 (1,24)	65,74 (2,55)	47,75 (4,00)	30,40 (4,97)	15,69 (4,51)	7,16 (2,37)	4,17 (0,68)	3,41 (0,15)	3,11 (0,10)	2,99 (0,10)
P_P_G	85,72 (1,47)	68,80 (2,55)	51,95 (3,26)	35,32 (4,32)	20,00 (4,28)	9,10 (2,67)	4,40 (0,99)	3,04 (0,24)	2,67 (0,16)	2,58 (0,14)
P_P_O	83,40 (1,35)	63,78 (3,38)	44,13 (5,23)	26,21 (5,63)	12,68 (3,78)	5,57 (0,84)	3,59 (0,27)	3,24 (0,28)	3,14 (0,41)	2,98 (0,27)
P_P_S	84,33 (2,92)	66,29 (5,08)	48,13 (7,08)	31,29 (7,78)	17,22 (5,97)	8,30 (2,74)	4,66 (0,83)	3,62 (0,33)	3,30 (0,25)	3,09 (0,25)
B_B_G	85,99 (1,26)	68,28 (3,02)	51,15 (4,24)	35,25 (4,81)	21,90 (4,59)	12,73 (3,32)	7,86 (1,44)	5,74 (0,54)	4,95 (0,25)	4,57 (0,19)
B_B_O	85,42 (0,66)	67,37 (2,32)	49,76 (3,91)	33,03 (5,05)	19,66 (5,07)	11,18 (3,44)	7,22 (1,80)	5,69 (0,95)	5,07 (0,61)	4,75 (0,54)
B_B_S	87,73 (1,17)	69,42 (2,82)	51,12 (4,01)	33,83 (4,89)	19,36 (4,94)	10,59 (3,71)	6,62 (2,15)	5,08 (1,34)	4,52 (1,21)	4,15 (1,12)
B_D_G	83,67 (2,79)	63,98 (4,05)	44,21 (5,53)	21,73 (10,01)	12,98 (5,36)	6,26 (3,10)	4,43 (1,07)	4,15 (0,23)	3,85 (0,24)	3,65 (0,15)
B_D_O	84,52 (0,93)	66,49 (1,55)	48,78 (2,60)	32,12 (3,43)	18,55 (3,33)	9,80 (2,11)	6,18 (0,78)	5,01 (0,34)	4,53 (0,31)	4,33 (0,31)
B_D_S	87,55 (1,20)	72,91 (2,55)	58,15 (3,89)	43,85 (4,80)	31,15 (5,21)	20,52 (4,66)	12,81 (3,11)	8,44 (1,58)	6,38 (0,84)	5,46 (0,49)
B_P_G	85,01 (1,61)	68,15 (3,20)	51,42 (4,90)	36,30 (5,05)	22,96 (4,47)	12,94 (3,08)	7,00 (1,37)	4,62 (0,47)	3,87 (0,23)	3,53 (0,19)
B_P_O	84,92 (1,33)	68,82 (2,84)	52,19 (4,15)	36,59 (4,91)	22,73 (4,26)	11,33 (3,40)	6,83 (1,10)	4,93 (0,58)	4,33 (0,49)	4,02 (0,41)
B_P_S	86,38 (1,11)	70,69 (1,82)	55,14 (2,78)	39,95 (3,58)	26,30 (4,03)	15,66 (3,44)	9,10 (1,84)	6,30 (0,69)	5,32 (0,34)	4,93 (0,25)

*1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)

Tablo 3.9 Gömleklik dokuma kumaşlar içerisinde kalan sıvı yüzdesi değerleri (devamı)

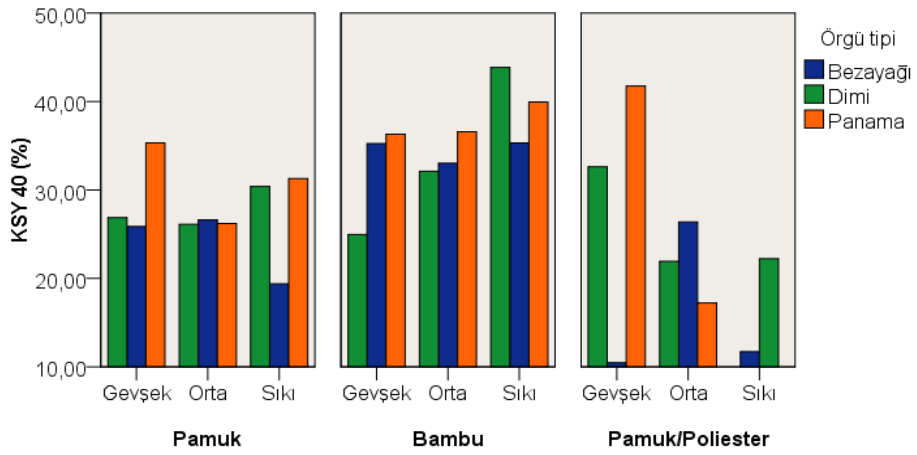
Kumaş kodu*	10. dk	20. dk	30. dk	40. dk	50. dk	60. dk	70. dk	80. dk	90. dk	100. dk
S_B_G	78,74 (2,68)	52,91 (5,46)	29,01 (7,68)	10,36 (6,11)	2,87 (1,20)	1,78 (0,13)	1,72 (0,20)	1,61 (0,16)	1,56 (0,19)	1,50 (0,24)
S_B_O	82,00 (2,22)	62,30 (5,02)	43,76 (7,93)	26,38 (9,94)	12,04 (8,49)	4,29 (2,71)	1,86 (0,35)	1,56 (0,35)	1,50 (0,32)	1,44 (0,32)
S_B_S	80,78 (2,35)	54,00 (6,02)	29,92 (9,16)	11,71 (7,26)	3,15 (1,69)	1,87 (0,30)	1,66 (0,28)	1,58 (0,36)	1,47 (0,23)	1,44 (0,36)
S_D_G	86,12 (1,52)	68,13 (2,63)	50,03 (2,68)	32,61 (2,79)	15,75 (2,83)	3,60 (1,27)	1,24 (0,17)	1,03 (0,14)	1,02 (0,10)	0,97 (0,22)
S_D_O	82,79 (1,62)	62,17 (3,13)	41,80 (4,36)	21,94 (5,46)	6,88 (2,67)	1,61 (0,18)	1,30 (0,10)	1,21 (0,08)	1,15 (0,12)	1,14 (0,13)
S_D_S	83,18 (1,65)	62,45 (3,35)	41,82 (5,28)	22,24 (5,96)	7,37 (3,85)	2,10 (0,54)	1,63 (0,28)	1,47 (0,34)	1,43 (0,31)	1,41 (0,30)
S_P_G	87,10 (1,15)	72,12 (1,96)	56,70 (2,51)	41,75 (2,84)	27,42 (3,86)	13,70 (4,12)	3,87 (2,04)	1,25 (0,20)	1,00 (0,12)	0,92 (0,12)
S_P_O	81,55 (1,43)	59,19 (2,46)	37,11 (3,00)	17,21 (3,16)	3,69 (1,51)	1,58 (0,11)	1,41 (0,15)	1,28 (0,11)	1,33 (0,08)	1,23 (0,04)

*1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

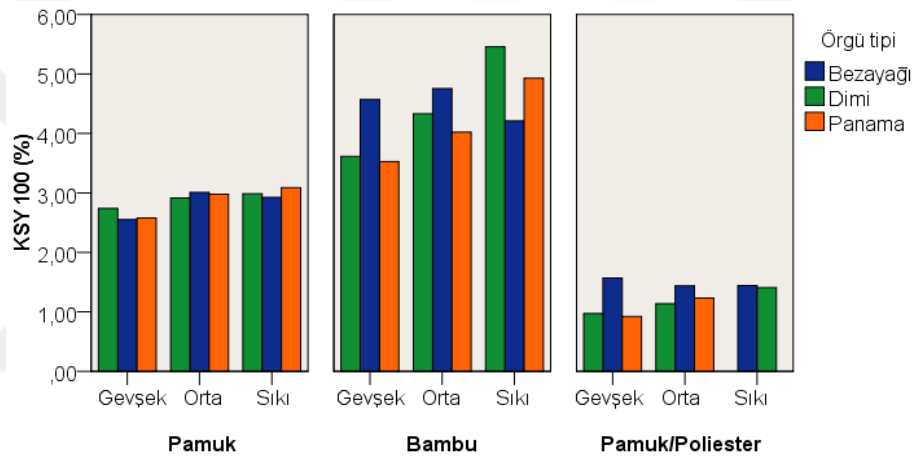
2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)

Şekil 3.9'da ise 100 dakika sonunda numuneler içerisinde kalan su yüzdesi değerleri verilmiştir. 40 dakikanın sonunda ölçülen değerler ile karşılaştırıldığında bu değerler arasında hammaddeye göre daha belirgin farklar olduğu görülmektedir. Şekil incelendiğinde bütün kumaş tipleri için en yüksek kalan su yüzdesi değerine sahip olan kumaşların rejenere bambu kumaşlar olduğu ve pamuklu kumaşların da rejenere bambudan sonra geldiği gözlenmiştir. Nem çekme özelliğine sahip olan pamuk ve bambu kumaşların bünyelerinde yüksek miktarda su tutmalarından dolayı, emdikleri sıvıyı yapılarından hızlıca uzaklaştırmaları mümkün olmamaktadır. Pamuk/poliester kumaşlarda düşük kalan su yüzdesi değerlerinin ise kumaş yapısındaki nem çekmeyen poliester liflerinin sıvıyı emmemesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Buna bağlı olarak kumaşların kuruma yeteneklerinin liflerin nem çekme yetenekleri ile doğrudan ilişkili olduğunu söylemek mümkündür. Elde edilen bulgular Fangueiro ve diğer. (2010) ve Onofrei ve diğer. (2011)'nin yapmış oldukları çalışmaların sonuçları ile uyumluluk göstermektedir. Hammadde ve atkı sıklığı faktörlerinin test süresinin bitiminde kumaşlar üzerinde kalan su yüzdesi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu, ancak örgü tipinin herhangi bir etkisi olmadığı varyans analizi sonucunda tespit edilmiştir ($p < 0,05$).



Şekil 3.8 Gümleklık dokuma kumaşlarda 40 dakika sonunda kalan su yüzdesi (KSY₄₀) değlerleri



Şekil 3.9 Gümleklık dokuma kumaşlarda 100 dakika sonunda kalan su yüzdesi (KSY₁₀₀) değlerleri

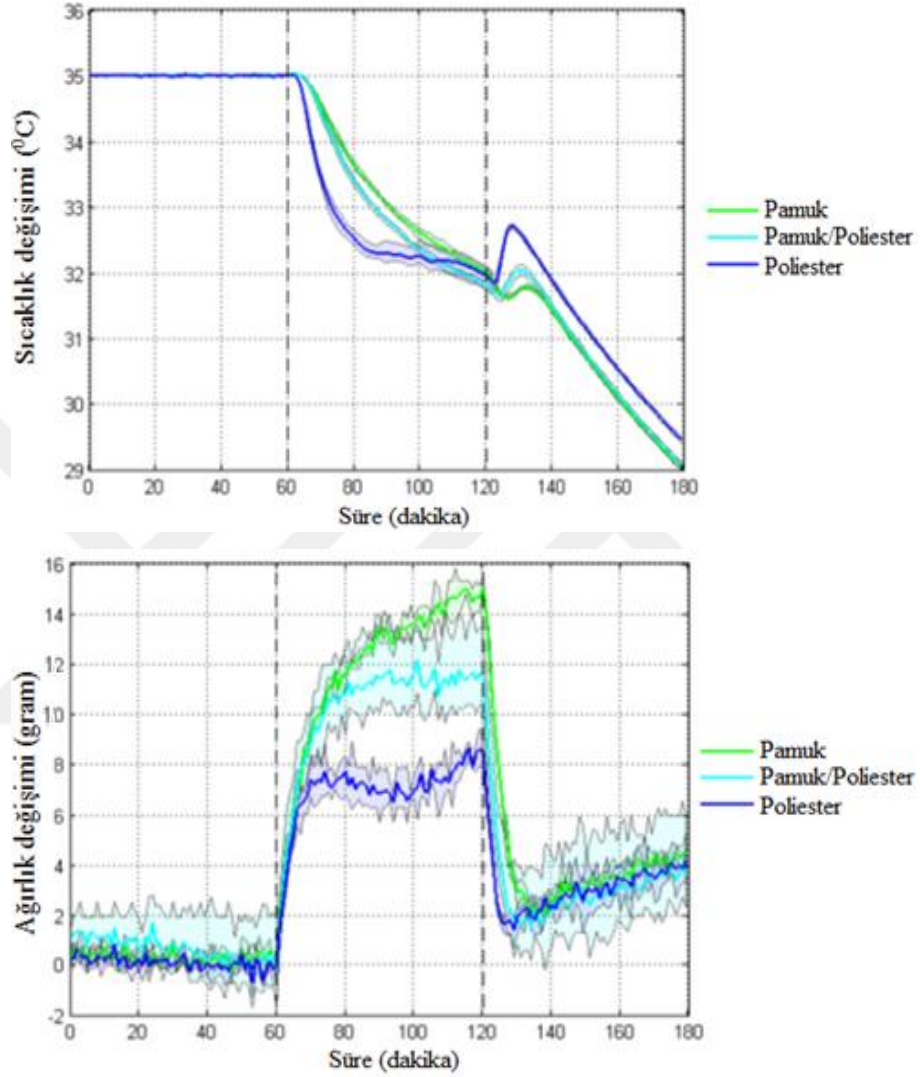
3.2.6 Terleyen Gvde Ölçüm Sonuçları

Terleyen gvde cihazında giysi kombinasyonlarında kullanılan iç giysilik örme kumaşlar ve gümleklık dokuma kumaşların tek katlı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.1 İç Giysilik Örme Kumaşlar

Örme kumaşlar için terleyen gvde test cihazında ölçüm periyodu boyunca kaydedilen sıcaklık değışimleri ve terleyen gvdenin ağırlık değışimi Şekil 3.10`da gösterilmiş ve alınan tüm ölçüm sonuçları Tablo 3.10`da verilmiştir. Şekil 3.10`da verilen sıcaklık değışim grafiğı incelendiğinde aktivite boyunca pamuklu ve pamuk/poliester örme kumaşların benzer bir eğilime sahip olduğu, poliester

kumaşlarda ise sıcaklık değişiminin diğerlerinden farklı olduğu görülmektedir. Ağırlık değişim grafiğinde ise aktivite boyunca tüm kumaş tipleri için ölçülen yoğunlaşan sıvı miktarı değerlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.10 İç giysilik örme kumaşlar için terleyen gövdede ölçülen sıcaklık değişimleri ve terleyen gövdenin ağırlık değişimi

Tablo 3.10 incelendiğinde poliester kumaşların en yüksek termal direnç değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun incelenen kumaşlar arasında poliester örme kumaşların diğer kumaşlara göre en yüksek kalınlık değerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuç Holcombe ve Hoschke (1983) ve Frydrych, Dziworska ve Bilska (2002)'nin çalışma bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 3.10 İç giysilik örme kumaşlar için terleyen gövde test cihazından alınan ölçüm sonuçları

Hammadde*	$R_{CT} \cdot 10^{-3}$ (m ² K/W)	dT ₁₀ (°C)	dT ₆₀ (°C)	CD (dak)	IC (°C/sa)	SC (°C/sa)	Yoğuşan sıvı miktarı (g)	PC _{int} (°C)	PC _{dur} (dak)	PC (°C/sa)	t _{dry} (dak)
P	11,03 (0,57)	-0,46 (0,06)	-2,99 (0,05)	1,66 (0,08)	5,22 (0,16)	1,98 (0,40)	15,27 (0,51)	0,38 (0,02)	6,42 (0,26)	3,51 (0,13)	7,67 (0,58)
S	11,80 (1,04)	-0,56 (0,07)	-3,19 (0,06)	1,22 (1,27)	4,99 (1,22)	1,87 (0,17)	11,50 (0,70)	0,13 (0,03)	3,75 (0,23)	2,12 (0,29)	4,67 (0,58)
T	14,40 (0,35)	-1,57 (0,12)	-3,08 (0,19)	0,30 (0,53)	11,21 (1,27)	0,38 (0,96)	9,70 (1,21)	0,05 (0,02)	1,56 (0,35)	1,84 (0,52)	2,33 (0,58)

* P: pamuk; S: pamuk/poliester; T: poliester

(R_{CT}: Termal direnç; dT₁₀ ve dT₆₀: İkinci fazda 10 ve 60 dakika sonunda sıcaklık düşüşü; CD: Soğuma gecikmesi; IC: Başlangıç soğuması; SC: Sürdürülen soğuma; PC_{int} ve PC_{dur}: Aktivite sonrası sıcaklık düşüşü ve süresi; PC: Aktivite sonrası soğuma hızı; t_{dry}: Kuruma süresi)

Poliester kumaşlarda aktivite başladıktan 10 dakika sonra ölçülen sıcaklık düşüş değeri (dT₁₀) ve başlangıç soğuması (IC) değerlerinin en yüksek ve soğuma gecikmesinin (CD) en düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak aktivite fazının ikinci yarısı için ölçülen sürdürülen soğuma (SC) değerinin poliester kumaşlarda diğerlerine göre oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Yani poliester örme kumaşlar için yüzey sıcaklığı aktivite başladığında hızlıca azalmakta ve daha sonraki süreçte sıcaklık düşüş miktarı azalmaktadır. Kumaşın bu davranışı yapısındaki nem çekmeyen poliester liflerinden kaynaklanmaktadır. Çünkü giysilerin yüzey sıcaklığı değişimleri mikroklima içerisinde bulunan su buharı basıncına bağlı olarak değişmekte ve terleme başladığı zaman mikroklima buhar basıncı nem çekmeyen lifler için hızlıca artış göstermekte, sıcaklık düşüşü yani soğutma verimliliği fazla olmaktadır. Gözenekler yoluyla sıvı transfer edilmeye başladığında ise buhar basıncı azalmaktadır. Nem çeken lifler için ise buhar basıncı düzgün bir şekilde artış göstermekte ve bunun sonucunda sıcaklıkta doğrusal bir azalma gerçekleşmektedir (Yoo, Hu ve Kim, 2000). Kumaş içerisinde yoğuşan sıvı miktarı, aktivite sonrası sıcaklık düşüş hızı ve kuruma süresi değerlerinin beklenildiği gibi pamuklu kumaşlarda en yüksek olduğu ve bu kumaşı sırasıyla pamuk/poliester ve poliester kumaşların takip ettiği de Tablo 3.10'da görülmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre dT₆₀ ve soğuma gecikmesi (CD) dışında ölçülen tüm özellikler üzerinde hammadde tipinin etkili olduğu belirlenmiştir (p<0,05). SNK analizinde ise poliester örme kumaşların yüksek termal direnç, yüksek başlangıç soğuması, yüksek dT₁₀ değerleri ve düşük sürdürülen soğuma değerleri ile pamuklu ve pamuk/poliester karışımli örme kumaşlardan ayrı bir grup içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir.

3.2.6.2 Gömleklik Dokuma Kumaşlar

Terleyen gövde test cihazında dokuma kumaşlar için yapılan ölçümlerde kumaşlar iki gruba ayrılarak, ilk grupta hammadde-örgü tipi etkisi ve diğer grupta ise hammadde-atkı sıklığı etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Dokuma kumaşlarda hammadde-örgü tipi etkisinin belirlenmesi için pamuk, rejenere bambu ve pamuk/poliester karışımlı kumaşlardan bezayağı, dimi ve panama örgü tipine sahip olan orta sıklıkta kumaşlar seçilmiştir. Hammadde-atkı sıklığı etkisinin incelenmesi için ise pamuk, rejenere bambu ve pamuk/poliester karışımlı bezayağı kumaşlardan sıkı, orta ve gevşek kumaş yapısına sahip olan kumaşlar tercih edilmiştir. Seçilen gömleklik dokuma kumaşlar için tek katlı olarak terleyen gövdede yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 3.11`de gösterilmiştir.

Tablo 3.11 Gömleklik dokuma kumaşlar için terleyen gövde test cihazından alınan ölçüm sonuçları

Kumaş kodu*	$R_{CT} \cdot 10^{-3}$ (m ² K/W)	dT ₁₀ (�C)	dT ₆₀ (�C)	CD (dak)	IC (�C/sa)	SC (�C/sa)	Yo�uşan sıvı miktarı (g)	PC _{int} (�C)	PC _{dur} (dak)	PC (�C/sa)	t _{dry} (dak)
P_B_G	3,97 (1,01)	-0,61 (0,08)	-3,28 (0,11)	0,32 (0,56)	5,06 (0,38)	2,23 (0,11)	13,33 (0,31)	0,33 (0,05)	5,13 (0,23)	3,81 (0,37)	4,33 (0,58)
P_B_O	2,23 (0,38)	-0,75 (0,02)	-3,60 (0,06)	0,00 (0,00)	6,02 (0,34)	2,47 (0,34)	12,80 (0,80)	0,29 (0,02)	4,65 (0,13)	3,80 (0,21)	4,00 (0,00)
P_B_S	0,90 (0,35)	-0,94 (0,06)	-3,77 (0,04)	0,21 (0,37)	7,11 (0,80)	2,44 (0,07)	12,90 (1,15)	0,26 (0,02)	4,24 (0,13)	3,72 (0,25)	3,67 (0,58)
P_D_O	3,37 (0,59)	-0,88 (0,03)	-3,80 (0,00)	0,00 (0,00)	5,53 (0,59)	2,40 (0,13)	11,27 (0,42)	0,23 (0,02)	4,12 (0,22)	3,28 (0,13)	4,33 (0,58)
P_P_O	4,43 (0,67)	-0,68 (0,02)	-3,71 (0,04)	0,00 (0,00)	4,66 (0,20)	2,21 (0,43)	14,13 (1,17)	0,31 (0,02)	5,05 (0,27)	3,72 (0,09)	5,67 (0,58)
B_B_G	2,03 (0,55)	-0,34 (0,09)	-2,78 (0,18)	0,00 (0,00)	3,18 (0,77)	2,08 (0,30)	17,23 (0,50)	0,91 (0,11)	14,00 (1,73)	3,92 (0,17)	6,67 (0,58)
B_B_O	1,70 (0,35)	-0,44 (0,03)	-3,00 (0,02)	0,89 (0,88)	4,27 (0,34)	2,01 (0,05)	15,03 (1,70)	0,88 (0,02)	14,00 (0,00)	3,76 (0,09)	7,00 (0,00)
B_B_S	1,83 (0,49)	-0,54 (0,01)	-3,28 (0,10)	0,62 (0,66)	4,61 (0,13)	2,47 (0,12)	15,13 (0,64)	0,74 (0,05)	12,33 (0,58)	3,61 (0,41)	6,33 (0,58)
B_D_O	4,83 (1,02)	-0,52 (0,02)	-3,43 (0,05)	1,39 (0,76)	5,51 (0,47)	2,28 (0,15)	15,13 (0,81)	0,52 (0,05)	9,13 (0,09)	3,43 (0,31)	8,00 (0,00)
B_P_O	4,00 (0,46)	-0,54 (0,04)	-3,49 (0,02)	0,97 (0,21)	5,25 (0,61)	2,41 (0,09)	15,90 (0,53)	0,59 (0,03)	9,42 (0,45)	3,75 (0,27)	8,33 (0,58)
S_B_G	2,60 (0,61)	-0,68 (0,04)	-3,39 (0,07)	0,00 (0,00)	5,36 (0,36)	2,50 (0,27)	8,03 (1,33)	0,15 (0,02)	3,49 (0,12)	2,60 (0,24)	2,00 (0,00)
S_B_O	2,30 (1,08)	-0,77 (0,06)	-3,67 (0,11)	0,37 (0,64)	6,22 (0,35)	2,39 (0,25)	8,23 (0,45)	0,13 (0,05)	2,76 (0,29)	2,86 (0,71)	1,67 (0,58)
S_B_S	2,53 (0,51)	-0,86 (0,20)	-3,58 (0,11)	0,18 (0,32)	5,32 (1,06)	2,48 (0,18)	7,10 (0,82)	0,12 (0,04)	2,74 (0,32)	2,64 (0,42)	2,33 (0,58)
S_D_O	2,93 (1,01)	-0,65 (0,03)	-3,51 (0,05)	0,26 (0,44)	4,73 (0,20)	2,70 (0,70)	7,80 (0,44)	0,18 (0,05)	3,58 (0,09)	2,93 (0,78)	1,67 (0,58)
S_P_O	4,50 (1,05)	-0,61 (0,02)	-3,09 (0,06)	0,00 (0,00)	4,14 (0,15)	2,35 (0,22)	7,97 (0,64)	0,28 (0,05)	6,45 (1,47)	2,63 (0,54)	2,00 (0,00)

*1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

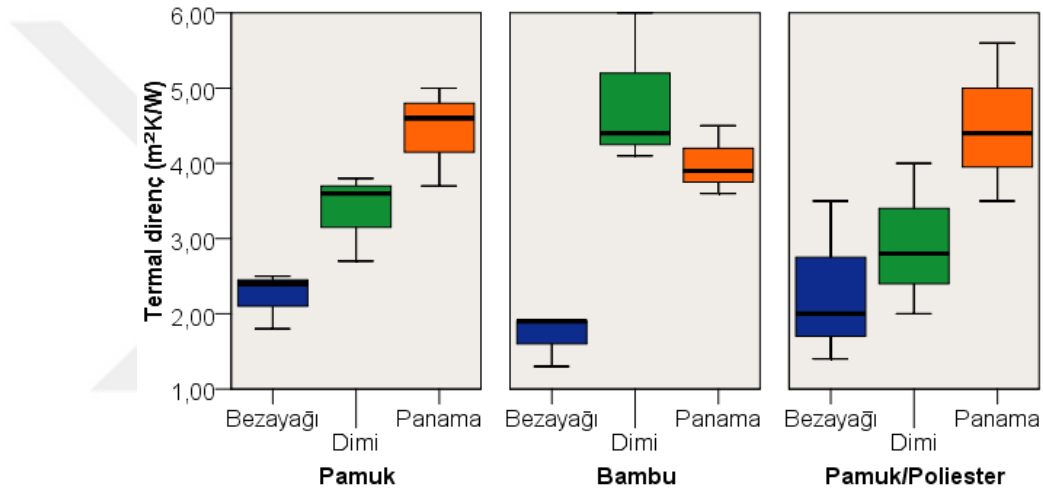
2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)

(R_{CT}: Termal direnç; dT₁₀ ve dT₆₀: İkinci fazda 10 ve 60 dakika sonunda sıcaklık düşüşü; CD: So uma gecikmesi; IC: Başlangıç soğuması; SC: Sürdürülen soğuma; PC_{int} ve PC_{dur}: Aktivite sonrası sıcaklık düşüşü ve süresi; PC: Aktivite sonrası soğuma hızı; t_{dry}: Kuruma süresi

- *Hammadde ve örgü tipinin etkisi:*

Şekil 3.11 farklı hammadde ve örgü tipine sahip olan gömleklik dokuma kumaşlar için terleyen gövdede ölçülen termal direnç değerlerini göstermektedir. Şekil incelendiğinde bezayağı kumaşların dimi ve panama kumaşlara göre daha düşük termal direnç değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum bezayağı kumaşların sahip olduğu düşük kumaş kalınlığı değerlerinden kaynaklanmakta ve termal direnç ve kumaş kalınlığı değerleri arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmaktadır ($r=0,707$).

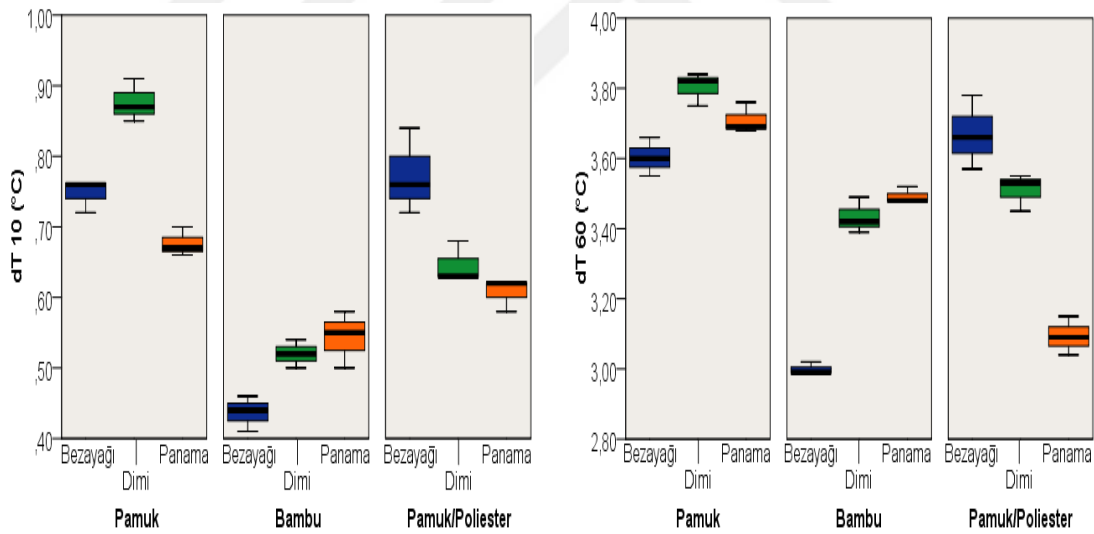


Şekil 3.11 Hammadde ve örgü tipi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen termal direnç değerleri

Rejenere bambu kumaşlarda termal yalıtım performansına katkıda bulunan gözeneklilik değerleri ve gözenek boyutları küçük olmasına karşın termal direnç değerlerinin diğer kumaşlara yakın çıktığı gözlenmiştir. Bu durumun bambu kumaşların yapısındaki tüylerin havayı içerisinde hapsetmesinden kaynaklandığı, bu nedenle bu kumaşların termal direnç değerlerinin yüksek çıkmış olabileceği düşünülmektedir. Elde edilen bulgular Kandi, Das ve Mahish'in (2013) bulguları ile benzerlik göstermektedir. Varyans analizi sonucunda termal direnç değerleri üzerinde hammadde ve hammadde*örgü tipi etkileşiminin herhangi bir etkisinin bulunmadığı, ancak tek başına örgü tipi faktörünün bu değerler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). SNK sonuçlarına

göre kumaşların örgü tipine göre iki gruba ayrıldığı ve düşük termal direnç değerine sahip olan bezayağı kumaşların dimi ve panama kumaşlardan farklı bir grup içerisinde yer aldığı belirlenmiştir.

Pamuk/poliester-panama kumaşlarda ise Şekil 3.12'de görüldüğü üzere aktivite sonunda soğutma verimliliğinin düşük olduğu gözlenmiştir. Bunun nedenlerinden birinin atkı ipliği olarak poliester ipliklerinin kullanılması olduğu düşünülmektedir. Çünkü sıvı çözgü yönünde bulunan pamuk iplikleri boyunca yayıldığı için sıvı yayılması kumaşta tek yönlü olarak gerçekleşmektedir. Ayrıca pamuk/poliester-panama örgü tipine sahip kumaşlarda bezayağı ve dimiye göre daha düşük değerler elde edilmesinin nedeninin pamuk/poliester-panama kumaşın en yüksek termal direnç değerine sahip olması olduğu düşünülmektedir. Nagata (1978) da yapmış olduğu çalışmada kumaşların termal yalıtım değerlerinin soğutma verimliliği ile ters yönlü korelasyona sahip olduğunu belirtmiştir.

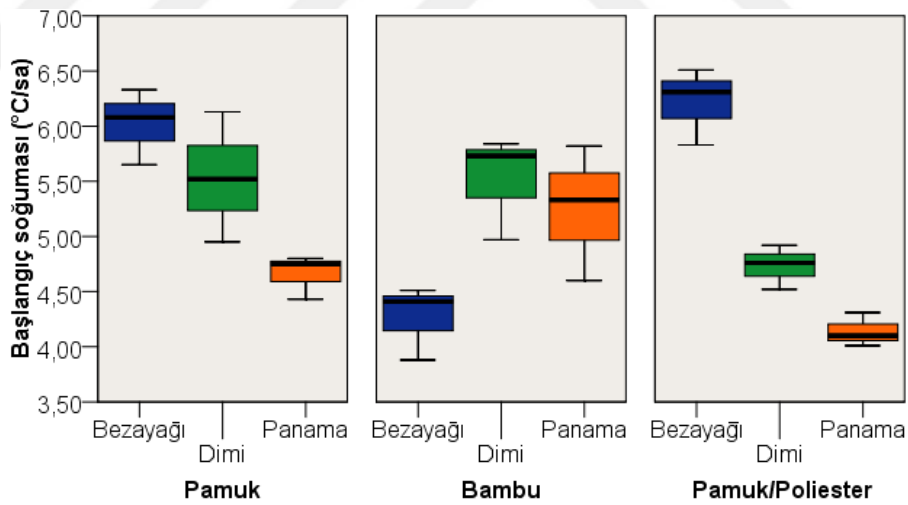


Şekil 3.12 Hammadde ve örgü tipi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen dT_{10} ve dT_{60} değerleri

Varyans analizi sonuçlarına göre etkisi incelenen hammadde, örgü tipi ve hammadde*örgü tipi etkileşiminin dT_{10} ve dT_{60} değerleri üzerinde anlamlı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). En yüksek etki büyüklüğüne sahip olan faktörün hammadde olduğu saptanmıştır. Örgü tipinin değerler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu belirlenmesine karşın, Şekil 3.12 incelendiğinde

örgü tipine göre kumaşlarda belirgin bir eğilim olmadığı gözlenmiştir. SNK analizi sonucunda panama kumaşların düşük dT_{10} değeri ile bezayağı ve dimi kumaşlardan ayrıldığı belirlenmiştir. dT_{60} değerine göre ise yüksek değere sahip olan dimi kumaşlar diğerlerinden ayrı bir grup içerisinde yer almıştır.

Şekil 3.13'te ölçümü yapılan gömleklik dokuma kumaşların başlangıç soğuması (IC) değerleri gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde pamuk ve pamuk/poliester kumaşların benzer değerlere sahip olduğu görülmüş ve bu kumaşlarda en yüksek başlangıç soğumasına sahip örgü tipinin bezayağı olduğu belirlenmiştir. Bambu kumaşlarda ise bu kumaşların aksine bezayağı örgü tipine sahip olan kumaşta en düşük başlangıç soğuması gerçekleştiği tespit edilmiştir. Başlangıç soğuması değerleri üzerinde örgü tipi ve hammadde*örgü tipi etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu ancak hammadde'nin herhangi bir anlamlı etkisi olmadığı belirlenmiştir ($p < 0,05$). SNK analizi sonucunda panama kumaşların düşük değerleri ile bezayağı ve dimi örgü tipine sahip kumaşlardan ayrıldığı tespit edilmiştir.

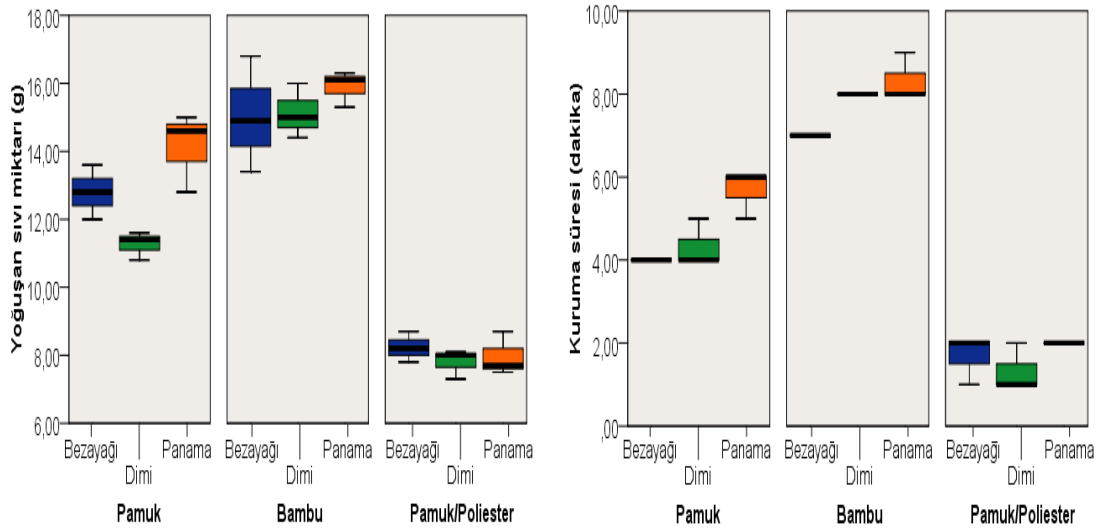


Şekil 3.13 Hammadde ve örgü tipi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen başlangıç soğuması (IC) değerleri

Şekil 3.14'te aktivite sonunda gömleklik dokuma kumaşlar içerisinde yoğunlaşan sıvı miktarları ve kuruma süresi (t_{dry}) değerleri verilmiştir. Şekil incelendiğinde aktivite sırasında benzer özelliklere sahip olduğu gözlenen pamuk ve pamuk/poliester kumaşların aktivite sonrası fazda farklı davranışlar sergilediği belirlenmiştir.

Pamuk/poliester kumaşların yapısında bulunan nem çekmeyen poliester lifleri sayesinde hem kumaş içerisinde yoğunlaşan sıvı miktarının hem de kuruma süresinin diğer kumaşlara göre düşük olduğu görülmektedir. Yapılarındaki mikro boşluklar sayesinde yüksek sıvı emicilik değerlerine sahip olan rejenere bambu kumaşların ise en yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Kumaşların kuruma süresi değerlerinin yoğunlaşan sıvı miktarı ile pozitif yönlü kuvvetli bir ilişkiye sahip olması da çalışmanın bulgularından biridir ($r=0,967$). Örgü tipi incelendiğinde ise genel olarak en yüksek değerlerin panama örgü tipine sahip olan kumaşlarda elde edildiği görülmüştür.

Varyans analizinde kumaşlar içerisinde yoğunlaşan sıvı miktarı üzerinde örgü tipi ve hammadde faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu, kuruma süresi değerleri için ise hem bu faktörlerin hem de etkileşimlerinin etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Her iki özellik üzerinde de etki büyüklüğü en yüksek olan faktörün hammadde olduğu görülmüştür. SNK analizi sonuçlarına göre ise tüm kumaşların hem hammadde hem de örgü tipine göre ayrı gruplar içerisinde yer aldığı belirlenmiştir.

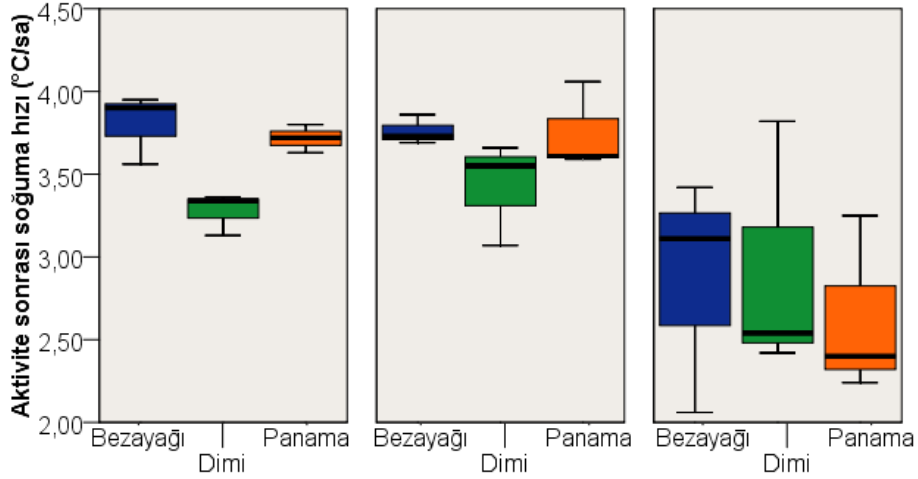


Şekil 3.14 Hammadde ve örgü tipi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen yoğunlaşan sıvı miktarı ve kuruma süresi (t_{dry}) değerleri

Şekil 3.15 gömleklik dokuma kumaşların aktivite sonrası soğuma hızı değerlerini göstermektedir ve rejenere bambu ve pamuklu kumaşların benzer değerlere sahip

olması dikkat çekici bir bulgudur. Ancak Tablo 3.11`de yer alan ve bu değerin hesaplanmasında kullanılan aktivite sonrası en yüksek sıcaklık düşüşü (PC_{int}) ve süresi (PC_{dur}) değerleri incelendiğinde rejenere bambu kumaşlarda bu değerlerin pamuğa göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun anlamı bambu kumaşlarda gerçekleşen sıcaklık düşüşünün pamuğa göre fazla olması ve uzun süre boyunca devam etmesidir. Örgü tipine göre ise dimi kumaşların genel olarak daha düşük soğuma hızına sahip olduğu görülmektedir.

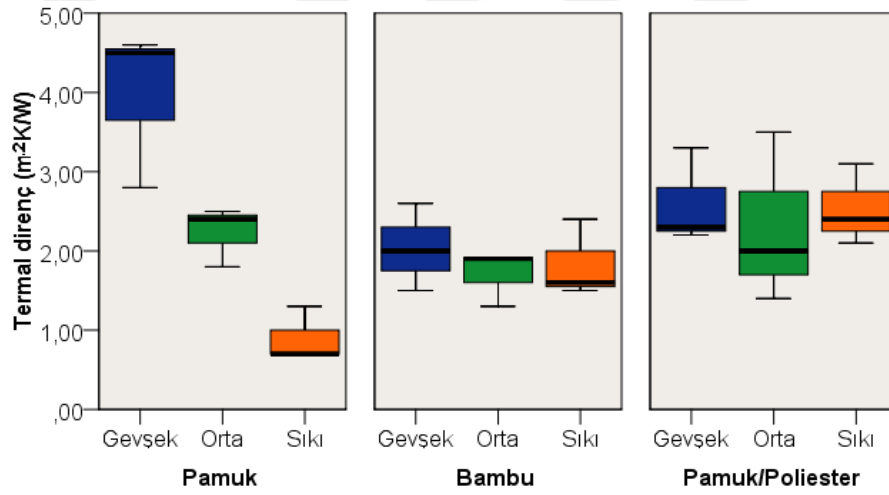
Varyans analizi sonucunda kumaşların aktivite sonrası soğuma hızı üzerinde yalnızca hammadde tipinin istatistiksel olarak etkili olduğu belirlenmiştir. ($p<0,05$). Bu değerler için SNK analizi uygulandığında düşük soğuma hızı değerlerine sahip olan pamuk/poliester kumaşların pamuk ve rejenere bambu kumaşlardan farklı bir grupta yer aldığı görülmektedir. Kumaşların PC_{int} ve PC_{dur} değerleri üzerinde ise etkisi incelenen tüm faktörlerin istatistiksel olarak etkisi bulunduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Yapılan SNK analizi sonucunda her iki değer için de dimi kumaşların düşük değerleri ile bezayağı ve panama kumaşlardan ayrı bir grupta bulunduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.15 Hammadde ve örgü tipi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen aktivite sonrası soğuma hızı (PC) değerleri

- *Hammadde ve atkı sıklığının etkisi:*

Farklı hammadde ve atkı sıklığı değerlerine sahip olan gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen termal direnç değerleri Şekil 3.16`da verilmiştir. Şekil incelendiğinde pamuklu kumaşlarda atkı sıklığının artması ile termal direnç değerlerinin azaldığı görülmektedir. Pamuk/poliester kumaşlarda atkı sıklık seviyesine göre oluşan farkın pamuklu kumaşlar kadar belirgin olmadığı tespit edilmiştir. Bambu kumaşların ise tüylü iplik yapısından dolayı, değişen sıklık değerlerinin termal direnç değerleri üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı gözlenmektedir.



Şekil 3.16 Hammadde ve atkı sıklığı seviyesi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen termal direnç değerleri

Varyans analizi sonucunda atkı sıklığının ve hammadde*atkı sıklığı etkileşiminin kumaşların termal direnç değerleri üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğu ancak hammadde tipinin tek başına bu değerler üzerinde herhangi anlamlı bir etkiye sahip olmadığı sonucuna varılmıştır ($p < 0,05$). Yapılan SNK analizinin sonuçlarına göre ise sıkı ve orta atkı sıklık seviyesine sahip olan kumaşların aynı grup içerisinde, ancak gevşek kumaşların sahip olduğu düşük termal direnç değerleri ile diğerlerinden farklı bir grup içerisinde bulunduğu belirlenmiştir. Farklı hammadde ve atkı sıklığına sahip olan bu kumaşlar için yapılan korelasyon analizlerinde termal direnç değerinin kumaşların hacimsel gözeneklilik ($r=0,692$) ve üç boyutlu gözenek yarıçapı

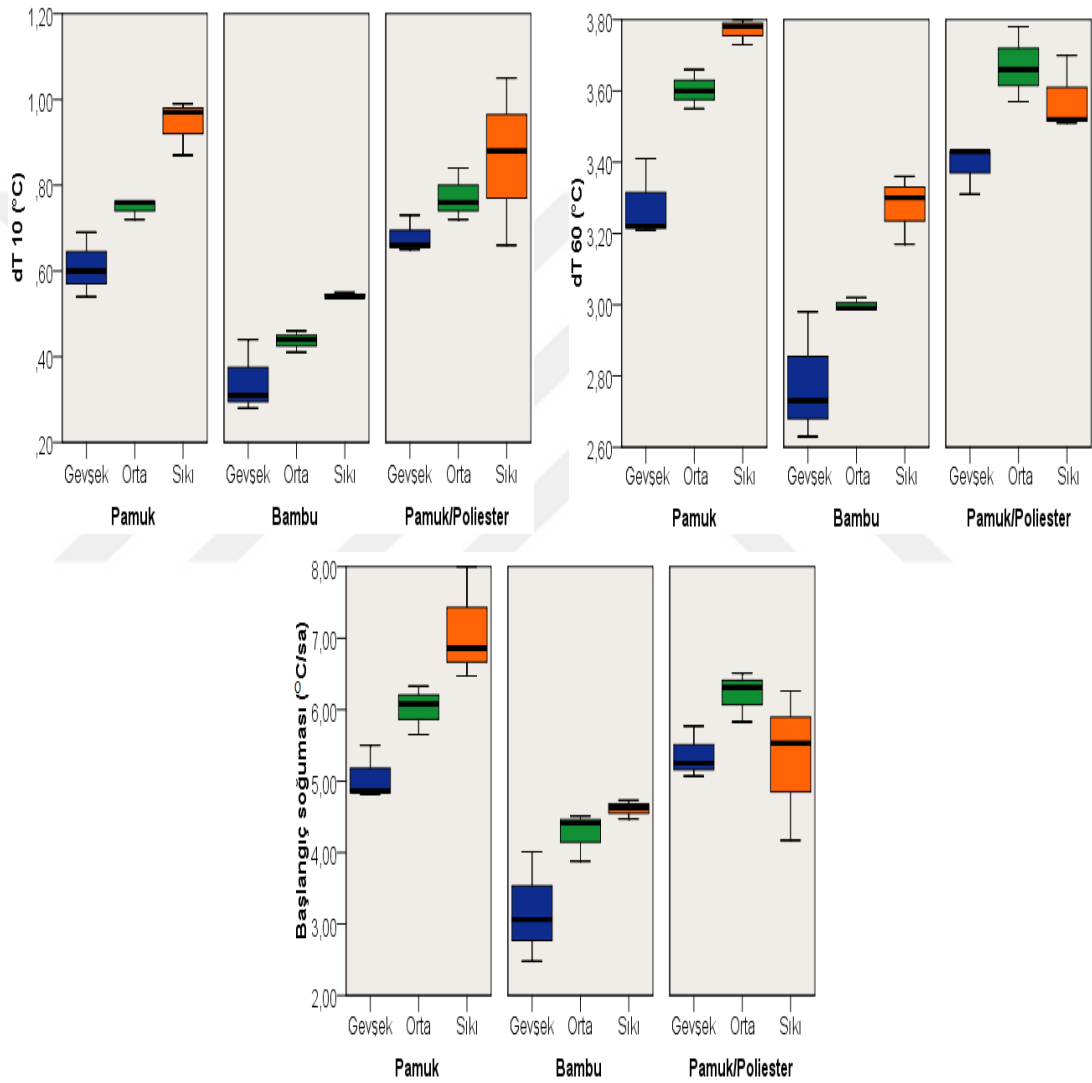
($r=0,687$) ile arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak kumaşlarda termal direnç değerinin yapı içerisinde hapsedilen hava miktarı ile değiştiğini söylemek mümkündür. Diğer araştırmacıların bulguları da bu yöndedir (Jhanji, Gupta ve Kothari, 2015; Manshahia ve Das, 2014).

Şekil 3.17`de gömleklik dokuma kumaşların dT_{10} , dT_{60} ve başlangıç soğuması (IC) değerleri verilmiştir. Tüm değerler için pamuklu sıkı kumaş yapısına sahip olan kumaşın en yüksek, rejenere bambu gevşek kumaşın ise en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Şekiller incelendiğinde genel olarak kumaşlarda atkı sıklık seviyesinin artmasının yüzey sıcaklık düşüşlerini arttırdığı görülmektedir. Kumaşlarda ıslaklık termal iletkenlik değerlerinde artışa neden olmaktadır (Niedermann ve Rossi, 2012). Dolayısıyla atkı sıklık değerinin artması ile kumaş yapısında ıslak olan iplik sayısının artışına bağlı olarak termal iletkenliğin arttığı düşünülmektedir.

Yapılan varyans analizleri sonucunda hem hammadde hem de atkı sıklığının bu değerler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Hammadde faktörünün etki büyüklüğünün atkı sıklığına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Hammaddeye göre yapılan SNK analizi sonucunda rejenere bambu kumaşların sahip oldukları düşük değerler ile pamuk ve pamuk/poliester kumaşlardan farklı bir grup içerisinde yer aldığı görülmüştür. Atkı sıklığı faktörü için ise dT_{10} ve dT_{60} değerlerine göre farklı sıklık seviyesine sahip olan her kumaşın farklı bir grup içerisinde yer aldığı, ancak başlangıç soğuması değeri için orta ve sıkı yapılı kumaşların aynı grup içerisinde, gevşek kumaşın ayrı bir grupta bulunduğu belirlenmiştir.

Şekil 3.18`de hammadde ve atkı sıklık seviyesi açılarından farklılık gösteren gömleklik dokuma kumaşlar içerisinde yoğuşan sıvı miktarı, kuruma süresi (t_{dry}) ve aktivite sonrası soğuma hızı (PC) değerleri gösterilmektedir. Şekilde rejenere bambu kumaşlarda yoğuşan sıvı miktarı ve kuruma süresi değerlerinin diğerlerine göre yüksek olduğu görülmektedir. Bu kumaşlar için aktivite sonrası soğuma hızı değerlerinin ise pamuklu kumaşlar ile oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir. Ancak

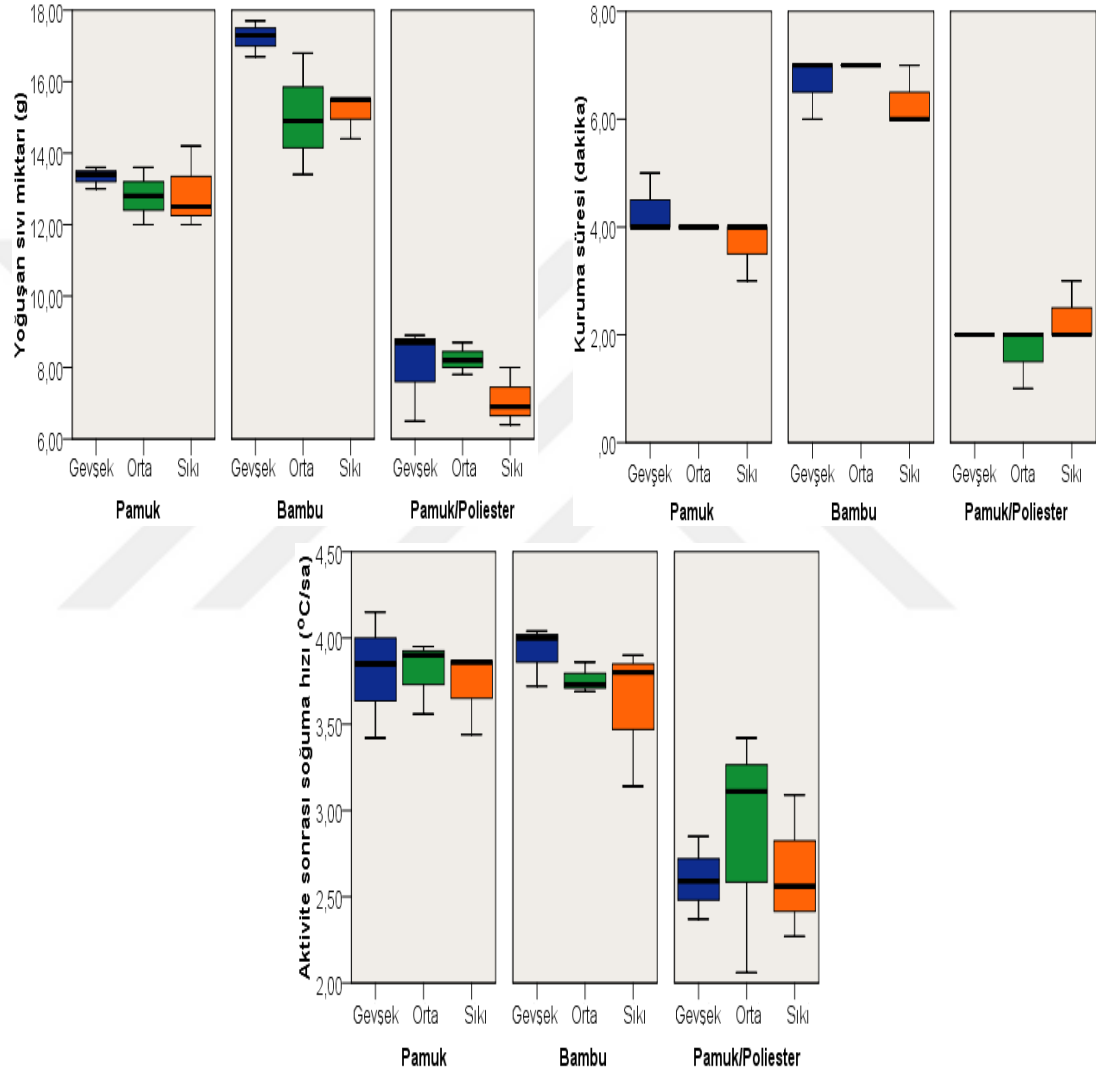
hammadde-örgü tipi etkisinin incelendiği bölümde de belirtildiği gibi, rejenere bambu kumaşlarda aktivite sonrası sıcaklık düşüşü ve süresinin pamuklu kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Pamuk/poliester kumaşların ise tüm değerler için yapısındaki nem çekmeyen poliester ipliklerinin sıvıyı emmeden üzerinden hızlıca uzaklaştırabilmesine bağlı olarak, en düşük değerleri aldığı belirlenmiştir.



Şekil 3.17 Hammadde ve atkı sıklık seviyesi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen dT₁₀, dT₆₀ ve başlangıç soğuması (IC) değerleri

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda hammaddenin yoğunlaşan sıvı miktarı, kuruma süresi ve aktivite sonrası soğuma hızı değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi olduğu belirlenirken, atkı sıklığının bu değerler üzerinde istatistiksel

olarak anlamlı bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır ($p < 0,05$). SNK analizlerinde hammadde faktörü dikkate alındığında tüm kumaşların yoğunlaşan sıvı miktarı ve kuruma süresi değerleri açısından farklı gruplar içerisinde yer aldığı belirlenmiş, ancak aktivite sonrası soğuma hızı için rejenere bambu ve pamuklu kumaşların aynı grupta bulunduğu görülmüştür.



Şekil 3.18 Hammadde ve atkı sıklık seviyesi farklı tek katlı gömleklik dokuma kumaşların terleyen gövdede ölçülen yoğunlaşan sıvı miktarı, kuruma süresi (t_{dry}) ve aktivite sonrası soğuma hızı (PC) değerleri

3.3 Kumaş ve Giysi Kombinasyonlarında Sıvı İletim Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Olarak Yapılan Testlerin Sonuçları

Çalışmada üretilen iç giysilik örme kumaşlar ve gömleklik dokuma kumaşlar kombine edilerek terleyen gövde test cihazında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerin sonuçlarına göre avantajlı olduğu tespit edilen kumaş kombinasyonları için dikilen iç giysi ve gömlekler ile terleyen termal manken kullanılarak giysi kombinasyonlarının termofizyolojik konfor özellikleri belirlenmiştir.

3.3.1 Terleyen Gövde Ölçüm Sonuçları

Terleyen gövde test cihazında tek katlı kumaşlarda olduğu gibi kumaş kombinasyonları için yapılan ölçümlerde de hammadde-örgü tipi ve hammadde-atkı sıklığı faktörlerinin etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Gruplar içerisinde yer alan gömleklik kumaşlar, iç giysilik kumaşlar ile kombinlenmiştir. Ölçümleri yapılan tüm kombinasyonlar (54 adet) Tablo 3.12’de verilmiştir. Birinci grup içerisinde farklı hammadde ve örgü tipine ve orta seviye atkı sıklığına sahip olan dokuma kumaşların, ikinci grupta ise bezayağı örgü tipine sahip, hammadde ve atkı sıklık seviyesi farklı dokuma kumaşların örme kumaşlar ile kombinasyonları bulunmaktadır.

Tablo 3.12 Hammadde-örgü tipi (1. grup) ve hammadde-atkı sıklığı (2. grup) faktörlerine göre iç giysilik ve gömleklik kumaşlardan oluşturulan kumaş kombinasyonları

İç giysi	1. GRUP				2. GRUP			
	Gömlek			Kombinasyon (İç giysi / Gömlek)	Gömlek			Kombinasyon (İç giysi / Gömlek)
	Hammadde	Örgü tipi	Atkı sıklık seviyesi		Hammadde	Örgü tipi	Atkı sıklık seviyesi	
Pamuk (P)	Pamuk (P)	Bezayağı (B)	Orta (O)	P / P_B_O	Pamuk (P)	Bezayağı (B)	Gevşek (G)	P / P_B_G
		Dimi (D)		P / P_D_O			Orta (O)	P / P_B_O
		Panama (P)		P / P_P_O			Sıkı (S)	P / P_B_S
	Rejenere Bambu (B)	Bezayağı (B)	Orta (O)	P / B_B_O	Rejenere Bambu (B)	Bezayağı (B)	Gevşek (G)	P / B_B_G
		Dimi (D)		P / B_D_O			Orta (O)	P / B_B_O
		Panama (P)		P / B_P_O			Sıkı (S)	P / B_B_S
Pamuk / Polyester (S)	Pamuk / Polyester (S)	Bezayağı (B)	Orta (O)	P / S_B_O	Pamuk / Polyester (S)	Bezayağı (B)	Gevşek (G)	P / S_B_G
		Dimi (D)		P / S_D_O			Orta (O)	P / S_B_O
		Panama (P)		P / S_P_O			Sıkı (S)	P / S_B_S

Tablo 3.12 Hammadde-örgü tipi (1. grup) ve hammadde-atkı sıklığı (2. grup) faktörlerine göre iç giysilik ve gömleklik kumaşlardan oluşturulan kumaş kombinasyonları (devamı)

İç giysi	1. GRUP				2. GRUP			
	Gömlek			Kombinasyon (İç giysi / Gömlek)	Gömlek			Kombinasyon (İç giysi / Gömlek)
	Hammadde	Örgü tipi	Kumaş sıklığı		Hammadde	Örgü tipi	Kumaş sıklığı	
Pamuk/Poliester (S)	Pamuk (P)	Bezayağı (B) Dimi (D) Panama (P)	Orta (O)	S / P_B_O S / P_D_O S / P_P_O	Pamuk (P)	Bezayağı (B)	Gevşek (G) Orta (O) Sıkı (S)	S / P_B_G S / P_B_O S / P_B_S
	Rejenere Bambu (B)	Bezayağı (B) Dimi (D) Panama (P)	Orta (O)	S / B_B_O S / B_D_O S / B_P_O	Rejenere Bambu (B)	Bezayağı (B)	Gevşek (G) Orta (O) Sıkı (S)	S / B_B_G S / B_B_O S / B_B_S
	Pamuk/ Poliester (S)	Bezayağı (B) Dimi (D) Panama (P)	Orta (O)	S / S_B_O S / S_D_O S / S_P_O	Pamuk/ Poliester (S)	Bezayağı (B)	Gevşek (G) Orta (O) Sıkı (S)	S / S_B_G S / S_B_O S / S_B_S
Poliester (T)	Pamuk (P)	Bezayağı (B) Dimi (D) Panama (P)	Orta (O)	T / P_B_O T / P_D_O T / P_P_O	Pamuk (P)	Bezayağı (B)	Gevşek (G) Orta (O) Sıkı (S)	T / P_B_G T / P_B_O T / P_B_S
	Rejenere Bambu (B)	Bezayağı (B) Dimi (D) Panama (P)	Orta (O)	T / B_B_O T / B_D_O T / B_P_O	Rejenere Bambu (B)	Bezayağı (B)	Gevşek (G) Orta (O) Sıkı (S)	T / B_B_G T / B_B_O T / B_B_S
	Pamuk/ Poliester (S)	Bezayağı (B) Dimi (D) Panama (P)	Orta (O)	T / S_B_O T / S_D_O T / S_P_O	Pamuk/ Poliester (S)	Bezayağı (B)	Gevşek (G) Orta (O) Sıkı (S)	T / S_B_G T / S_B_O T / S_B_S

3.3.1.1 Hammadde ve Örgü Tipi Etkisi (1. Grup)

Hammadde ve örgü tipi faktörlerinin etkisinin inceleneceği kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede yapılan tüm ölçümlerin sonuçları Tablo 3.13'te gösterilmektedir.

Şekil 3.19 kumaş kombinasyonlarının termal direnç sonuçlarını grafik olarak göstermektedir. Şekil incelendiğinde poliester iç giysilik örme kumaşlar ile kombinlenen tüm gömleklik kumaşların kendi grupları içerisinde en yüksek termal direnç değerine sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3.13 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövde test cihazından alınan ölçüm sonuçları

Kombinasyon (İç giysi / Gömlük)*	$R_{CT} \cdot 10^{-3}$ (m ² K/W)	dT ₁₀ (°C)	dT ₆₀ (°C)	CD (dak)	IC (°C/sa)	SC (°C/sa)	Yoğuşan sıvı miktarı (g)	PC _{int} (°C)	PC _{dur} (dak)	PC (°C/sa)	t _{dry} (dak)
P / P_B_O	21,33 (1,07)	-0,29 (0,02)	-2,63 (0,09)	4,07 (0,12)	5,61 (0,11)	1,29 (0,15)	13,53 (0,45)	0,30 (0,05)	5,93 (0,31)	3,01 (0,28)	8,00 (1,00)
P / P_D_O	17,70 (1,11)	-0,35 (0,09)	-2,57 (0,19)	3,62 (0,52)	4,90 (1,05)	1,69 (0,35)	19,13 (1,00)	0,45 (0,16)	7,85 (2,04)	3,40 (0,31)	11,33 (1,53)
P / P_P_O	19,37 (0,72)	-0,37 (0,06)	-2,67 (0,11)	3,61 (0,42)	5,36 (0,66)	1,50 (0,09)	19,90 (0,36)	0,30 (0,04)	6,09 (0,55)	2,96 (0,14)	11,00 (0,00)
P / B_B_O	19,70 (0,14)	-0,28 (0,06)	-2,59 (0,03)	4,47 (0,03)	5,55 (0,11)	1,52 (0,21)	13,95 (1,06)	0,37 (0,01)	6,54 (0,16)	3,42 (0,06)	11,00 (1,00)
P / B_D_O	21,00 (1,01)	-0,25 (0,01)	-2,46 (0,11)	4,31 (0,14)	5,15 (0,34)	1,45 (0,31)	21,13 (1,10)	0,35 (0,08)	6,82 (0,52)	3,05 (0,45)	12,33 (0,58)
P / B_P_O	22,63 (0,29)	-0,23 (0,11)	-2,36 (0,06)	4,43 (0,44)	4,99 (0,65)	1,31 (0,38)	21,63 (0,78)	0,37 (0,07)	7,03 (1,03)	3,20 (0,16)	13,33 (0,58)
P / S_B_O	20,13 (1,40)	-0,30 (0,00)	-2,64 (0,03)	3,69 (0,32)	5,08 (0,21)	1,72 (0,26)	20,27 (0,51)	0,48 (0,09)	7,43 (0,89)	3,81 (0,34)	10,67 (0,58)
P / S_D_O	19,67 (1,59)	-0,43 (0,05)	-2,70 (0,05)	3,39 (0,37)	5,76 (0,21)	1,35 (0,11)	18,77 (1,32)	0,32 (0,05)	6,22 (0,57)	3,13 (0,23)	12,00 (3,46)
P / S_P_O	19,80 (1,39)	-0,45 (0,04)	-2,80 (0,04)	3,32 (0,22)	6,35 (0,69)	1,34 (0,29)	18,33 (0,42)	0,28 (0,03)	5,71 (0,47)	2,94 (0,16)	10,00 (0,00)
S / P_B_O	22,27 (1,37)	-0,42 (0,17)	-2,77 (0,05)	3,99 (0,62)	6,65 (0,43)	1,33 (0,15)	17,33 (0,95)	0,19 (0,04)	4,34 (0,27)	2,64 (0,35)	7,67 (0,58)
S / P_D_O	18,73 (0,72)	-0,54 (0,07)	-2,87 (0,10)	2,92 (0,20)	5,99 (0,30)	1,42 (0,11)	16,73 (0,42)	0,18 (0,05)	4,35 (0,48)	2,42 (0,43)	8,33 (0,58)
S / P_P_O	19,23 (0,31)	-0,35 (0,03)	-2,79 (0,11)	3,64 (0,20)	6,13 (0,28)	1,39 (0,06)	18,20 (1,00)	0,23 (0,02)	4,75 (0,11)	2,95 (0,22)	8,67 (0,58)
S / B_B_O	21,27 (1,53)	-0,40 (0,14)	-2,64 (0,03)	3,94 (0,39)	6,21 (0,86)	0,94 (0,15)	19,50 (0,61)	0,23 (0,02)	4,69 (0,18)	2,90 (0,19)	9,33 (0,58)
S / B_D_O	20,67 (1,00)	-0,29 (0,06)	-2,62 (0,07)	4,19 (0,31)	6,08 (0,14)	1,34 (0,02)	15,77 (2,54)	0,27 (0,04)	5,18 (0,60)	3,11 (0,16)	9,33 (1,53)
S / B_P_O	21,23 (0,55)	-0,31 (0,05)	-2,59 (0,11)	3,89 (0,61)	5,64 (0,15)	1,40 (0,16)	19,40 (0,95)	0,21 (0,05)	4,83 (0,39)	2,62 (0,41)	10,33 (0,58)
S / S_B_O	20,33 (0,80)	-0,48 (0,11)	-2,98 (0,05)	3,11 (0,29)	6,42 (0,13)	1,43 (0,33)	16,67 (0,29)	0,19 (0,03)	4,29 (0,22)	2,66 (0,35)	7,33 (0,58)
S / S_D_O	18,53 (0,32)	-0,42 (0,07)	-2,94 (0,07)	3,34 (0,22)	6,19 (0,83)	1,47 (0,02)	15,93 (1,12)	0,22 (0,02)	4,66 (0,18)	2,82 (0,12)	8,00 (0,00)
S / S_P_O	20,57 (0,91)	-0,66 (0,10)	-2,95 (0,05)	2,84 (0,03)	7,60 (0,15)	1,11 (0,07)	16,70 (0,85)	0,19 (0,05)	4,19 (0,53)	2,70 (0,37)	7,67 (0,58)
T / P_B_O	22,97 (0,93)	-0,67 (0,25)	-2,18 (0,26)	2,99 (0,79)	7,34 (1,53)	0,47 (0,23)	15,83 (0,74)	0,18 (0,08)	4,38 (0,75)	2,46 (0,61)	8,00 (0,00)
T / P_D_O	20,03 (1,04)	-0,42 (0,08)	-1,90 (0,12)	2,75 (0,92)	4,61 (0,34)	0,74 (0,15)	15,93 (0,90)	0,21 (0,01)	4,87 (0,05)	2,64 (0,03)	7,33 (0,58)
T / P_P_O	21,60 (0,10)	-0,43 (0,08)	-1,76 (0,06)	2,72 (0,27)	4,32 (0,71)	0,82 (0,03)	17,20 (0,60)	0,37 (0,02)	6,37 (0,28)	3,44 (0,24)	8,00 (0,00)
T / B_B_O	22,30 (1,04)	-0,01 (0,08)	-1,56 (0,16)	5,81 (0,93)	3,10 (0,46)	0,83 (0,33)	19,67 (1,70)	0,25 (0,02)	6,61 (1,23)	2,29 (0,56)	11,33 (0,58)
T / B_D_O	23,93 (1,00)	-0,49 (0,12)	-1,52 (0,24)	2,52 (0,95)	3,96 (1,18)	0,84 (0,22)	12,63 (1,00)	0,58 (0,08)	12,00 (1,73)	2,97 (0,69)	10,33 (0,58)
T / B_P_O	24,20 (0,36)	-0,15 (0,10)	-1,35 (0,05)	4,20 (0,92)	2,75 (0,23)	0,69 (0,11)	23,20 (1,01)	0,67 (0,10)	16,00 (1,00)	2,52 (0,31)	13,00 (0,00)
T / S_B_O	22,67 (0,90)	-1,07 (0,14)	-2,48 (0,18)	1,43 (0,53)	8,54 (1,21)	1,05 (0,17)	13,40 (0,36)	0,05 (0,03)	2,52 (0,54)	1,29 (0,49)	5,67 (0,58)
T / S_D_O	21,37 (0,81)	-0,38 (0,09)	-1,62 (0,12)	2,10 (0,41)	4,27 (0,43)	0,23 (0,33)	12,43 (0,95)	0,15 (0,04)	4,10 (0,06)	2,17 (0,54)	5,00 (0,00)
T / S_P_O	22,80 (1,71)	-0,42 (0,36)	-1,57 (0,19)	2,57 (2,35)	5,24 (2,34)	0,47 (0,57)	13,77 (1,38)	0,22 (0,06)	5,46 (0,69)	2,45 (0,70)	6,33 (0,58)

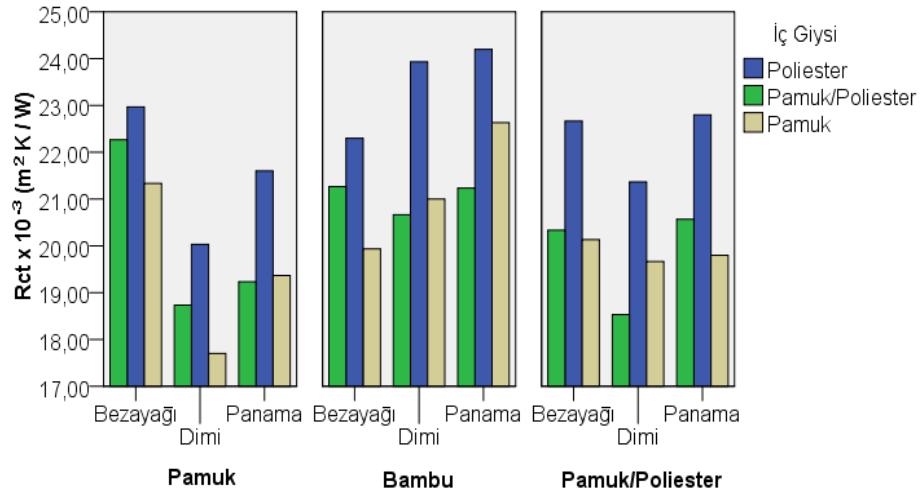
* İç giysi (P: pamuk; S: pamuk/poliester; T: poliester)

Gömlük: 1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı; D: 3/1 dimi; P: panama türevi)

3. harf: Atkı sıklığı (O: orta)

(R_{CT}: Termal direnç; dT₁₀ ve dT₆₀: İkinci fazda 10 ve 60 dakika sonunda sıcaklık düşüşü; CD: Soğuma gecikmesi; IC: Başlangıç soğuması; SC: Sürdürülen soğuma; PC_{int} ve PC_{dur}: Aktivite sonrası sıcaklık düşüşü ve süresi; PC: Aktivite sonrası soğuma hızı; t_{dry}: Kuruma süresi)



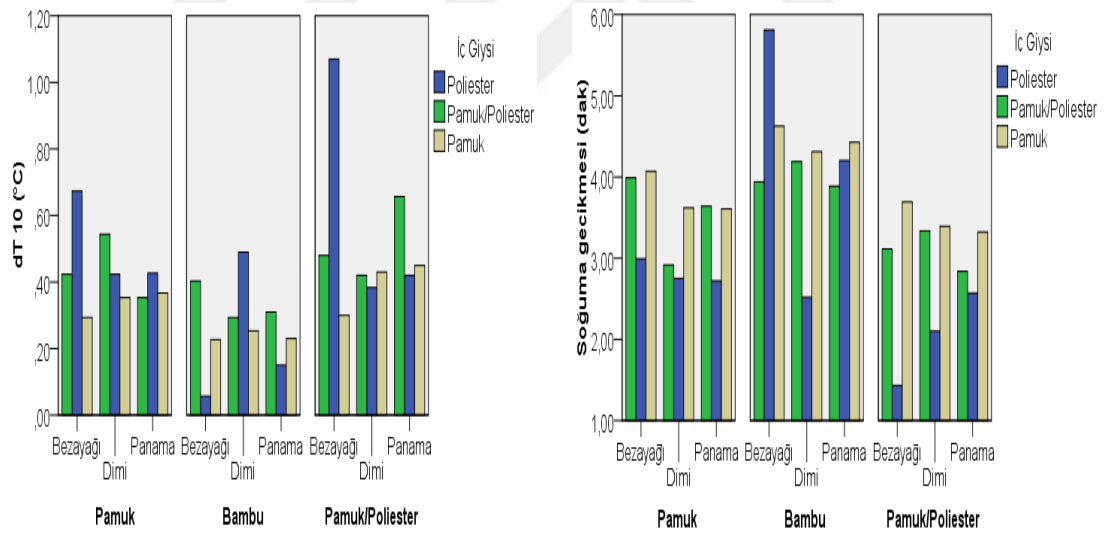
Şekil 3.19 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen termal direnç değerleri

Şekil 3.19’da rejenere bambu dimi ve panama gömleklik kumaşlar ve poliester iç giysilerin kullanıldığı tüm kombinasyonlarda diğer kumaşlara göre yüksek değerler ölçüldüğü gözlenmiştir. Bu durumun nedeninin dimi ve panama örgü tipine sahip olan gömleklik kumaşların göreceli olarak sahip olduğu yüksek kalınlık değerleri ve rejenere bambu ipliklerin tüylü yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü artan tüylülük değerlerine bağlı olarak kumaş yapısı içerisinde tutulan hava miktarı artmaktadır. Elde edilen bulgular Kandi ve diğer. (2013)’nin çalışma bulgularına benzerdir.

Kumaş kombinasyonlarının termal direnç ölçüm sonuçları üzerinde hammadde ve örgü tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Örgü tipi faktörü için yapılan SNK analizine göre dimi yapılı gömleklik dokuma kumaşların kullanıldığı kombinasyonların düşük termal direnç değerleri ile bezayağı ve panama kumaşların kullanıldığı kombinasyonlardan farklı bir grupta yer aldığı belirlenmiştir. Beklenenin aksine bezayağı kumaşlarda dimi kumaşlardan daha yüksek termal direnç değerleri elde edilmiştir. Bu farklılığın çalışmada kullanılan bezayağı orta sıklıktaki kumaşların dokunabilirlik sınırları nedeniyle dimi ve panamaya göre daha düşük atkı sıklığına sahip olması sonucunda yüksek çıkan yüzey gözeneklilik değerlerine bağlı olduğu düşünülmektedir. Diğer bir sebebin ise terleyen gövdede iki kumaş aralarında hiç boşluk olmaksızın ve gergin bir şekilde

yerleştirildiğinden ve dimi örgü tipinin bezayağı ve panama kumaşlara göre daha fazla iplik atlamasına sahip olması nedeniyle oluşan gevşek yapısından dolayı, alt kısımda yer alan iç giysinin bileşenlerinin dimi yapısındaki yüzen iplikleri iterek var olan durgun hava boşluklarını doldurması olduğu düşünülmektedir. Gupta, Srivastava ve Kale'nin (2013) bulguları da bu yöndedir. Hammadde faktörüne göre ise poliester iç giysi ile rejenere bambu ve pamuk/poliester gömleklik dokuma kumaşın birlikte kullanıldığı kombinasyonlar yüksek termal direnç değerleri ile diğer kombinasyonlardan farklı bir grup içerisinde bulunmaktadır. Bunun yanı sıra pamuk ve pamuk/poliester örme veya dokuma kumaşların birlikte kullanıldığı tüm kombinasyonların düşük termal direnç değerine sahip olduğu ve SNK analizine göre aynı grup içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir.

Kumaş kombinasyonlarının terleme başladıktan 10 dakika sonra ölçülen sıcaklık düşüş değerleri (dT_{10}) ve soğuma gecikmesi (CD) değerleri Şekil 3.20`de verilmiştir.



Şekil 3.20 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen dT_{10} ve soğuma gecikmesi (CD) değerleri

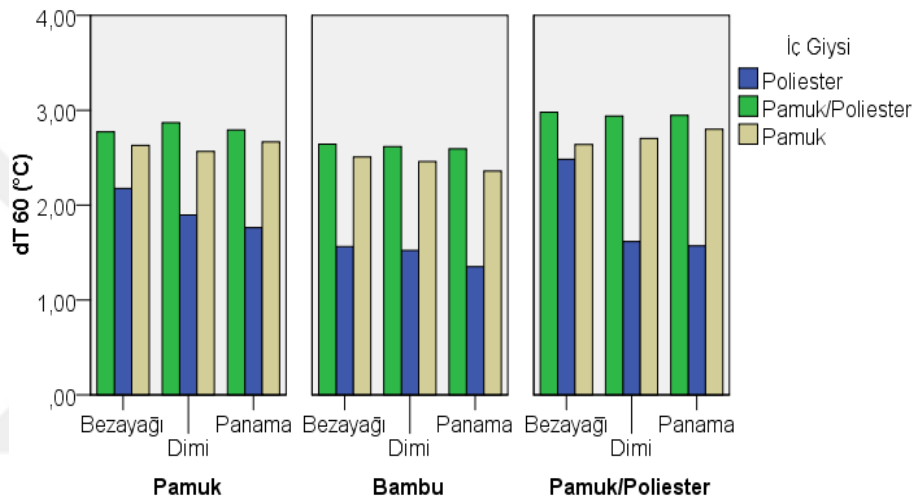
Şekil 3.20 incelendiğinde rejenere bambu gömleklik dokuma kumaşların kullanıldığı kombinasyonlarda genel olarak diğerlerine göre dT_{10} değerinin düşük, CD değerinin ise yüksek olduğu görülmektedir. Pamuk/poliester bezayağı gömleklik kumaş ve poliester iç giysilik örme kumaş kombinasyonunun ise en yüksek dT_{10} ve en düşük CD değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun tek katlı olarak

poliester örme kumaşlar için yapılan ölçümlerde de olduğu gibi, nem çekmeyen liflerden yapılan kumaşlarda buhar basınç değerindeki hızlı artışa bağlı olarak soğutma verimliliğinin yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak bunun yanı sıra dış katman olarak kullanılan gömleklik kumaşın da yapısında poliester iplikler içermesi ve kullanılan bezayağı örgü tipine sahip olan kumaşın diğerlerinden daha düşük kalınlık değerine sahip olması nedeniyle hızlıca sıvıyı yapısından buharlaştırarak sıcaklık düşüşüne sebep olmasının da bir etken olduğu düşünülmektedir. Wang, Anaheim, Morrissey ve Rossi (2014) de çalışmalarında kumaş kalınlığının azalmasının soğutma verimliliğini arttırdığını belirtmişlerdir. Ancak bu çalışmada rejenere bambu bezayağı kumaşlar da ince olmasına karşın, tüylü yapısına bağlı olarak düşük dT_{10} ve yüksek CD değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Yapılan varyans analizinin sonucuna göre dT_{10} ve CD değerleri üzerinde hammadde faktörünün etkisi önemli iken, örgü tipinin istatistiksel olarak bu değerler üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir ($p<0,05$).

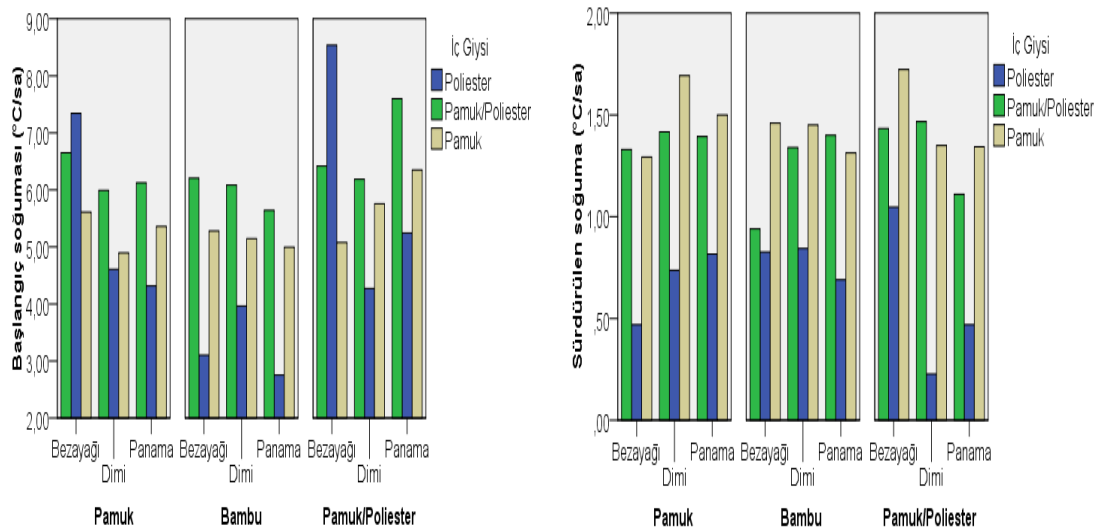
Şekil 3.21`de verilen terleme fazı bitiminde ölçülen sıcaklık düşüş değerleri (dT_{60}) incelendiğinde pamuk/poliester iç giysilik örme kumaş içeren kombinasyonların tüm kombinasyonlar arasında en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu kombinasyonları sırasıyla pamuklu ve poliester iç giysi içeren kumaş kombinasyonları takip etmektedir. Bu durum pamuk/poliester örme kumaş yapısında bulunan poliester liflerinin uzun süre boyunca pamuk tarafından emilen sıvıyı uzaklaştırmaya çalıştıklarının bir göstergesidir. Terleme sona erdiğinde kumaşlarda ölçülen sıcaklık düşüş değerlerinin kombinasyonda bulunan ilk katman olan iç giysinin hammaddesine göre değişim gösterdiği söylenebilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi örgü tipine göre kombinasyonlar arasında belirgin farklar yoktur. Yapılan varyans analizi sonucunda hammadde faktörünün kombinasyonların dT_{60} değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu ancak örgü tipinin etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Kumaş kombinasyonları için ölçülen başlangıç soğuması (IC) ve sürdürülen soğuma (SC) değerleri Şekil 3.22`de verilmiştir. Kombinasyonların başlangıçtaki soğuma değerleri incelendiğinde pamuk/poliester iç giysilik örme kumaş içeren tüm

kombinasyonlarda oldukça yüksek değerler elde edildiği belirlenmiştir. Bunların yanı sıra pamuk bezayağı ve pamuk/poliester bezayağı dokuma kumaşların poliester iç giysi ile kombinasyonlarının da oldukça yüksek başlangıç soğuması değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Poliester iç giysinin rejenere bambu dokuma kumaşlar ile kombinasyonlarının başlangıç soğuması değerlerinin ise diğerlerine göre oldukça düşük olduğu görülmüştür. Etkisi incelenen hammadde faktörünün IC değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olduğu ancak, örgü tipinin etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir ($p<0,05$).



Şekil 3.21 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen dT_{60} değerleri



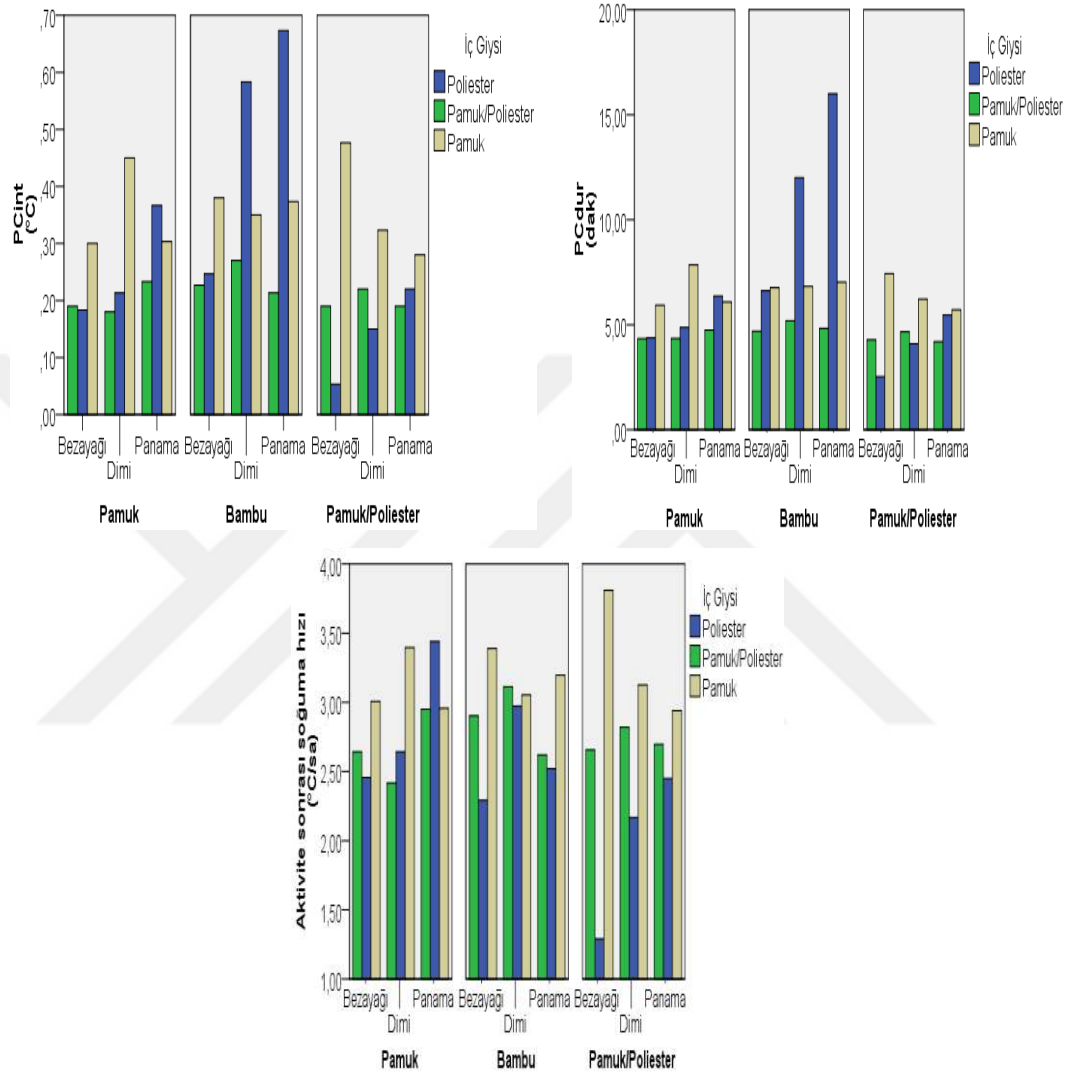
Şekil 3.22 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen başlangıç soğuması (IC) ve sürdürülen soğuma (SC) değerleri

Şekil 3.22`de verilen sürdürülen soğuma (SC) değerlerine bakıldığında ise poliester iç giysilik örme kumaş kullanılan tüm kombinasyonların düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Pamuk ve pamuk/poliester iç giysi kumaş kombinasyonları için ise değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu şekilde görülmektedir. Bu değer üzerinde de IC değerine benzer şekilde hammaddenin istatistiksel olarak anlamlı etkisinin bulunduğu ancak örgü tipinin tek başına önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Şekil 3.23 farklı hammadde ve örgü tipine sahip olan gömleklik dokuma kumaşların örme kumaşlar ile kombinasyonlarının terleyen gövdede ölçülen aktivite sonrası en yüksek sıcaklık düşüş değerlerini (PC_{int}), bu sıcaklık düşüşüne ulaşana kadar geçen süreyi (PC_{dur}) ve terleme bittikten sonra ölçülen soğuma hızı (PC) değerlerini göstermektedir. Sıcaklık düşüşü ve geçen süreye ilişkin grafikler incelendiğinde rejenere bambu dimi ve panama gömleklik kumaşların poliester iç giysilik örme kumaş ile oluşturdukları kombinasyonlarda en yüksek değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Ayrıca pamuklu iç giysilik örme kumaş kullanılan kombinasyonlarda genel olarak yüksek sıcaklık düşüşü ve süresine sahip olunduğu görülmektedir. Bu kombinasyonlarda aktivite sonrası soğuma hızı değerleri de yüksektir. Ancak en yüksek aktivite sonrası soğuma hızı değeri pamuk/poliester bezayağı gömleklik dokuma kumaş ve pamuklu iç giysilik örme kumaş kombinasyonunda elde edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analizlere göre kombinasyonların PC_{int} ve PC_{dur} değerleri üzerinde hammaddenin istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu, aktivite sonrası soğuma hızı (PC) değerlerinin ise hem hammadde hem de hammadde*örgü tipi etkileşiminden etkilendiği belirlenmiştir ($p<0,05$). SNK analizi sonucunda aktivite sonrası düşük soğuma hızına sahip olan pamuk/poliester gömleklik dokuma kumaş ve poliester örme kumaşın oluşturduğu kombinasyonun ayrı bir grup içerisinde yer aldığı gözlenmiştir. En yüksek PC_{int} ve PC_{dur} değerlerine sahip olan poliester iç giysi ve rejenere bambu gömleklik kumaş kombinasyonunun düşük PC değerine sahip olduğu görülmüştür. Sıvı emiciliği yüksek olan rejenere bambu ipliklerinden yapılan kumaşların tüylü yapıya sahip olması, özellikle kısa tüylerinin

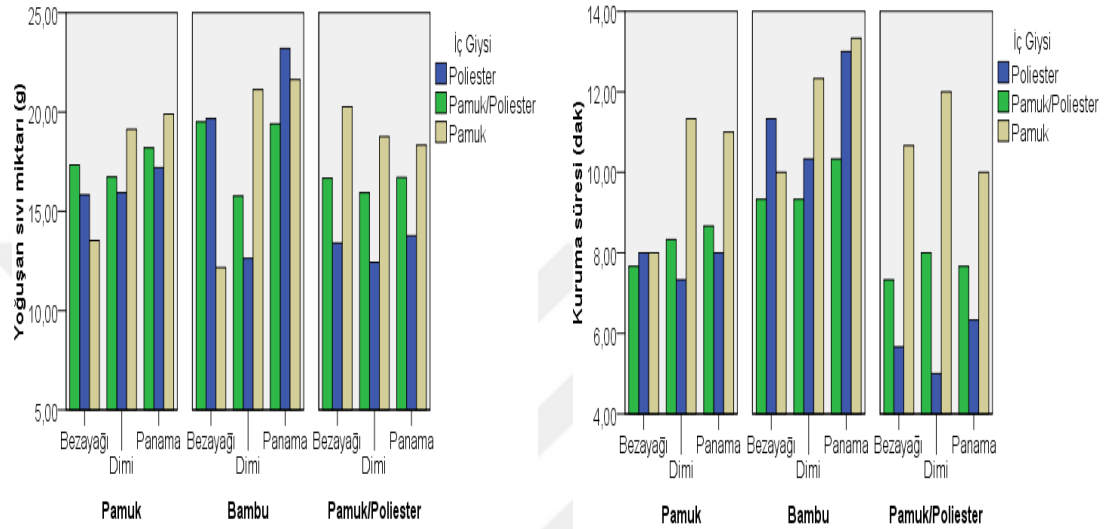
fazla olması nedeniyle, kılcal emme ile üzerindeki sıvıyı uzaklaştıran poliester iç giysiden rejenere bambu gömleklik kumaşa sıvı yavaşça geçmekte ve bu durumun da buharlaşma hızında azalmaya neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.23 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen aktivite sonrası sıcaklık düşüş değerleri (PC_{int}), geçen süre (PC_{dur}) ve soğuma hızı (PC) değerleri

Şekil 3.24 kumaş kombinasyonları için ölçülen yoğunlaşan sıvı miktarı ve kuruma süresi (t_{dry}) değerlerini göstermektedir. Rejenere bambu panama gömleklik dokuma kumaşların bütün iç giysiler ile kombinasyonlarının diğer panama kumaş kombinasyonları ile karşılaştırıldığında hem en yüksek yoğunlaşan sıvı miktarı hem de en yüksek kuruma süresi değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun

yapısında mikro boşluklar bulunduran bambu liflerinin yüksek emicilik kapasitesi ve gömleklik kumaşın göreceli olarak yüksek kalınlığa sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Pamuk/poliester gömleklik dokuma kumaşların poliester iç giysi kumaşları ile kombinasyonlarında ise nem çekmeyen yapılarına bağlı olarak genel olarak en düşük kuruma süresi ve yoğunlaşan sıvı miktarı değerleri elde edilmiştir.

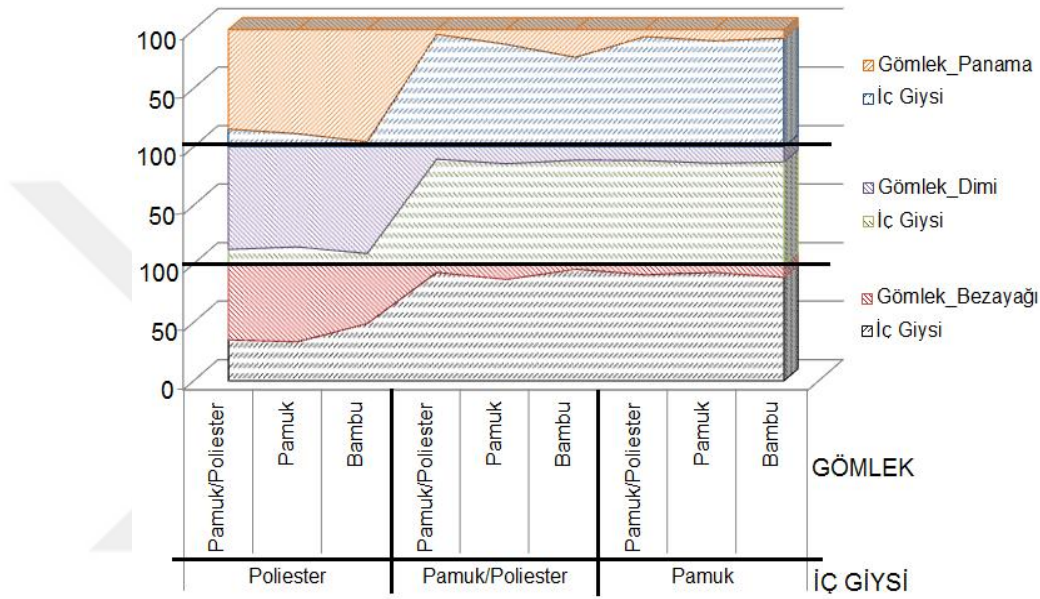


Şekil 3.24 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen yoğunlaşan sıvı miktarı ve kuruma süresi (t_{dry}) değerleri

Şekil 3.24'te bezayağı gömleklik kumaşın yer aldığı kumaş kombinasyonları incelendiğinde, pamuk ve rejenere bambu gömleklik kumaşların pamuklu iç giysiler ile kombinasyonlarının düşük yoğunlaşan sıvı miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu duruma hem bezayağı kumaşların hem de pamuklu iç giysi kumaşının diğerlerine göre ince olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Ancak bu kombinasyonlarda kuruma süresinin ise uzun olduğu görülmektedir. Long (1999) tarafından iki katlı giysi sistemlerinde her iki katmanın da nem çeken yapıda olması sonucunda sıvının buharlaşma hızının iç katmanda kalan sıvı ve dış katmanda oluşan ıslak alan ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Buna bağlı olarak yoğunlaşan sıvı miktarı bu kombinasyonlarda düşük olduğundan, dış katmanda oluşan küçük ıslanma alanının bu duruma sebep olduğu düşünülmektedir. Grafikler incelendiğinde örgü tipinin bu değerler üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemekle birlikte, istatistiksel analiz sonuçlarına göre yoğunlaşan sıvı miktarı üzerinde hem hammadde hem örgü tipinin

etkisi görülürken, kuruma süresi üzerinde yalnızca hammadde faktörünün etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Şekil 3.25 başlangıçta ve terleme fazının sonunda ölçülen kumaş ağırlıkları arasındaki farkların hesaplanması ile belirlenen kumaş katmanları üzerinde ayrı ayrı biriken sıvı yüzdesi değerlerini göstermektedir.



Şekil 3.25 Hammadde ve örgü tipine göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için hesaplanan biriken sıvı yüzdesi (%) değerleri

Şekil 3.25’de görüldüğü gibi kumaş kombinasyonlarında iç giysi olarak poliester örme kumaşların kullanılması sonucunda sıvı bu kumaş üzerinden dış katmana uzaklaştırılarak terleme fazı sonunda poliester örme kumaşın yapısında az miktarda sıvı kalmaktadır. Ancak poliester iç giysilik kumaşların bezayağı dokuma kumaşlar ile yapılan kombinasyonlarında gömleklik kumaşa aktarılabilen sıvı miktarının diğer örgü tipleri ile yapılan kombinasyonlara göre daha az olduğu poliester iç giysi kumaşının bünyesinde bir miktar daha fazla sıvı kaldığı belirlenmiştir. Bu durumun bezayağı kumaşların sıkı yapısına bağlı olarak gözenekliliğinin az olmasından dolayı kumaşın transferini sınırlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Pamuk ve pamuk/poliester karışımı iç giysilik kumaşların kullanıldığı kombinasyonlarda yaklaşık olarak benzer sıvı birikim yüzdesi değerleri elde edilmiş ve bu iç giysilerin tüm kombinasyonlarında yapılarındaki nem çeken pamuk lifleri nedeniyle iç giysi

üzerinde sıvının gömleklik kumaşa göre daha fazla bulunduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak katmanlar üzerinde nem birikiminin dış katmandan ziyade iç giysi kumaşlarına bağlı olduğunu söylemek mümkündür.

3.3.1.2 Hammadde ve Atkı Sıklığı Etkisi (2. Grup)

Hammadde ve atkı sıklığı faktörlerinin etkisinin incelendiği kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede yapılan tüm ölçümlerin sonuçları Tablo 3.14'de gösterilmektedir.

Şekil 3.26 kumaş kombinasyonlarının termal direnç ölçüm sonuçlarını grafik olarak göstermektedir. Gevşek kumaş yapısına sahip olan kumaşların tek katlı olarak yapılan ölçümlerinde yapısında bulunan durgun hava nedeniyle termal direnç değerlerinin orta ve sıkı yapıya sahip olan kumaşlara göre daha yüksek çıktığı belirlenmesine karşın, Şekil 3.26 incelendiğinde gevşek kumaş yapısına sahip olan gömleklik kumaşların kullanıldığı tüm kumaş kombinasyonlarında termal direnç değerlerinin diğerlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun dış katmanın iç giysinin bileşenleri tarafından sıkıştırılması sonucunda gevşek gömleklik kumaşın yapısı içerisinde diğer sıklık seviyelerine göre daha fazla bulunan hava boşluklarının azalmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Şekil 3.27). Bu sonuca göre orta atkı sıklık seviyesine sahip olan gömleklik kumaşların kullanıldığı kumaş kombinasyonlarında sıkı yapıda olanlara göre daha düşük değerler elde edilmesi beklenmesine karşın tam tersi bir sonuç elde edilmiştir. Bu durumun da sıkı kumaş yapısına sahip olan gömleklik kumaşlarda gözeneklilik değerlerinin düşük olması ve buna bağlı olarak yapısında yüksek miktarda durgun hava içermemesinden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Termal direnç değerleri için hammadde açısından bir değerlendirme yapıldığında ise en yüksek değerlere sahip olan kumaş kombinasyonlarının tüm iç giysi kumaşları için genel olarak orta sıklık seviyesine sahip olan pamuklu gömleklik kumaşların kullanıldığı kombinasyonlarda elde edildiği görülmektedir. En düşük değerlerin ise gevşek kumaş yapısına sahip pamuk ve rejenere bambu gömleklik kumaşlar ile pamuklu iç giysilik kumaşların kombinasyonlarında elde edildiği gözlenmiştir.

Tablo 3.14 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövde test cihazından alınan ölçüm sonuçları

Kombinasyon (İç giysi / Gömlek)*	$R_{CT} \cdot 10^{-3}$ ($m^2 K/W$)	dT_{10} (°C)	dT_{60} (°C)	CD (dak)	IC (°C/sa)	SC (°C/sa)	Yoğuşan sıvı miktarı (g)	PC_{int} (°C)	PC_{dur} (dak)	PC (°C/sa)	t_{dry} (dak)
P / P_B_G	15,20 (0,62)	-0,45 (0,08)	-2,86 (0,08)	2,71 (0,12)	5,53 (0,53)	1,66 (0,15)	18,73 (0,55)	0,29 (0,05)	6,06 (0,43)	2,90 (0,44)	10,00 (1,00)
P / P_B_O	21,33 (1,07)	-0,29 (0,02)	-2,63 (0,09)	4,07 (0,12)	5,61 (0,11)	1,29 (0,15)	13,53 (0,45)	0,30 (0,05)	5,93 (0,31)	3,01 (0,28)	8,00 (1,00)
P / P_B_S	17,67 (1,42)	-0,42 (0,04)	-2,79 (0,08)	3,03 (0,30)	5,78 (0,22)	1,63 (0,09)	19,20 (0,62)	0,29 (0,08)	6,24 (0,66)	2,78 (0,42)	10,33 (0,58)
P / B_B_G	14,97 (0,80)	-0,35 (0,04)	-2,79 (0,02)	3,41 (0,27)	4,95 (0,08)	1,87 (0,08)	19,77 (0,91)	0,32 (0,05)	5,92 (0,25)	3,20 (0,41)	11,67 (0,58)
P / B_B_O	19,70 (0,14)	-0,28 (0,06)	-2,59 (0,03)	4,47 (0,03)	5,55 (0,11)	1,52 (0,21)	13,95 (1,06)	0,37 (0,01)	6,54 (0,16)	3,42 (0,06)	11,00 (1,00)
P / B_B_S	16,40 (0,26)	-0,33 (0,02)	-2,60 (0,06)	3,39 (0,40)	4,60 (0,38)	1,61 (0,20)	21,43 (0,67)	0,36 (0,06)	6,90 (1,03)	3,17 (0,22)	11,67 (0,58)
P / S_B_G	16,67 (1,46)	-0,52 (0,03)	-2,88 (0,05)	2,43 (0,35)	5,57 (0,23)	1,79 (0,20)	17,70 (2,19)	0,32 (0,03)	5,89 (0,40)	3,31 (0,12)	9,33 (0,58)
P / S_B_O	20,13 (1,40)	-0,30 (0,00)	-2,64 (0,03)	3,69 (0,32)	5,08 (0,21)	1,72 (0,26)	20,27 (0,51)	0,48 (0,09)	7,43 (0,89)	3,81 (0,34)	10,67 (0,58)
P / S_B_S	17,87 (1,43)	-0,47 (0,04)	-2,82 (0,08)	2,67 (0,52)	5,71 (0,05)	1,66 (0,10)	19,30 (0,36)	0,35 (0,02)	6,58 (0,20)	3,14 (0,09)	9,67 (0,58)
S / P_B_G	16,63 (1,36)	-0,50 (0,05)	-2,89 (0,06)	2,79 (0,48)	5,97 (0,35)	1,83 (0,17)	15,83 (1,12)	0,17 (0,01)	4,38 (0,31)	2,34 (0,06)	7,33 (0,58)
S / P_B_O	22,27 (1,37)	-0,42 (0,17)	-2,77 (0,05)	3,99 (0,62)	6,65 (0,43)	1,33 (0,15)	17,33 (0,95)	0,19 (0,04)	4,34 (0,27)	2,64 (0,35)	7,67 (0,58)
S / P_B_S	18,57 (0,90)	-0,60 (0,08)	-2,84 (0,10)	2,27 (0,52)	6,43 (0,96)	1,32 (0,23)	16,93 (0,21)	0,21 (0,05)	4,59 (0,25)	2,77 (0,53)	9,00 (1,00)
S / B_B_G	17,13 (0,47)	-0,52 (0,03)	-2,76 (0,06)	2,96 (0,30)	5,98 (0,41)	1,58 (0,26)	18,23 (0,74)	0,21 (0,05)	4,65 (0,44)	2,74 (0,33)	9,00 (1,00)
S / B_B_O	21,27 (1,53)	-0,40 (0,14)	-2,64 (0,03)	3,94 (0,39)	6,21 (0,86)	0,94 (0,15)	19,50 (0,61)	0,23 (0,02)	4,69 (0,18)	2,90 (0,19)	9,33 (0,58)
S / B_B_S	18,37 (1,63)	-0,48 (0,13)	-2,70 (0,10)	3,07 (0,17)	6,14 (0,64)	1,67 (0,62)	17,40 (1,15)	0,21 (0,06)	4,68 (0,47)	2,68 (0,54)	10,67 (1,15)
S / S_B_G	16,33 (0,65)	-0,53 (0,14)	-2,94 (0,10)	2,73 (0,48)	5,94 (0,32)	1,83 (0,17)	16,03 (1,04)	0,22 (0,11)	4,52 (0,82)	2,74 (0,87)	8,00 (1,00)
S / S_B_O	20,33 (0,80)	-0,48 (0,11)	-2,98 (0,05)	3,11 (0,29)	6,42 (0,13)	1,43 (0,33)	16,67 (0,29)	0,19 (0,03)	4,29 (0,22)	2,66 (0,35)	7,33 (0,58)
S / S_B_S	18,80 (0,60)	-0,68 (0,14)	-2,89 (0,12)	1,97 (0,36)	6,61 (0,79)	1,35 (0,15)	16,70 (0,17)	0,23 (0,04)	4,64 (0,40)	2,91 (0,21)	7,67 (0,58)
T / P_B_G	19,63 (1,01)	-0,43 (0,14)	-2,05 (0,17)	2,94 (0,69)	4,83 (1,04)	0,75 (0,20)	15,67 (0,61)	0,27 (0,07)	5,79 (0,36)	2,85 (0,79)	7,67 (0,58)
T / P_B_O	22,97 (0,93)	-0,67 (0,25)	-2,18 (0,26)	2,99 (0,79)	7,34 (1,53)	0,47 (0,23)	15,83 (0,74)	0,18 (0,08)	4,38 (0,75)	2,46 (0,61)	8,00 (0,00)
T / P_B_S	21,77 (0,75)	-0,32 (0,18)	-2,04 (0,22)	3,90 (1,04)	4,67 (0,82)	1,02 (0,10)	16,90 (0,96)	0,30 (0,06)	5,51 (0,39)	3,23 (0,46)	7,67 (1,15)
T / B_B_G	19,37 (1,08)	-0,17 (0,10)	-1,64 (0,16)	4,26 (0,90)	2,96 (0,51)	0,92 (0,18)	20,23 (1,06)	0,54 (0,05)	11,67 (1,53)	2,80 (0,50)	11,67 (0,58)
T / B_B_O	22,30 (1,04)	-0,01 (0,08)	-1,56 (0,16)	5,81 (0,93)	3,10 (0,46)	0,83 (0,33)	19,67 (1,70)	0,25 (0,02)	6,61 (1,23)	2,29 (0,56)	11,33 (0,58)
T / B_B_S	19,40 (2,67)	-0,08 (0,11)	-1,68 (0,27)	5,19 (1,46)	3,02 (0,87)	0,95 (0,49)	20,20 (1,42)	0,52 (0,26)	7,99 (1,74)	3,71 (1,31)	11,33 (0,58)
T / S_B_G	19,27 (0,78)	-0,30 (0,14)	-1,71 (0,11)	2,97 (1,05)	3,60 (0,65)	0,83 (0,16)	13,27 (0,95)	0,21 (0,02)	4,91 (0,21)	2,57 (0,15)	6,00 (1,00)
T / S_B_O	22,67 (0,90)	-1,07 (0,14)	-2,48 (0,18)	1,43 (0,53)	8,54 (1,21)	1,05 (0,17)	13,40 (0,36)	0,05 (0,03)	2,52 (0,54)	1,29 (0,49)	5,67 (0,58)
T / S_B_S	19,70 (2,21)	-0,42 (0,15)	-2,12 (0,10)	1,07 (1,40)	4,45 (1,67)	1,06 (0,34)	14,23 (0,31)	0,26 (0,09)	4,97 (0,89)	3,07 (0,54)	6,67 (0,58)

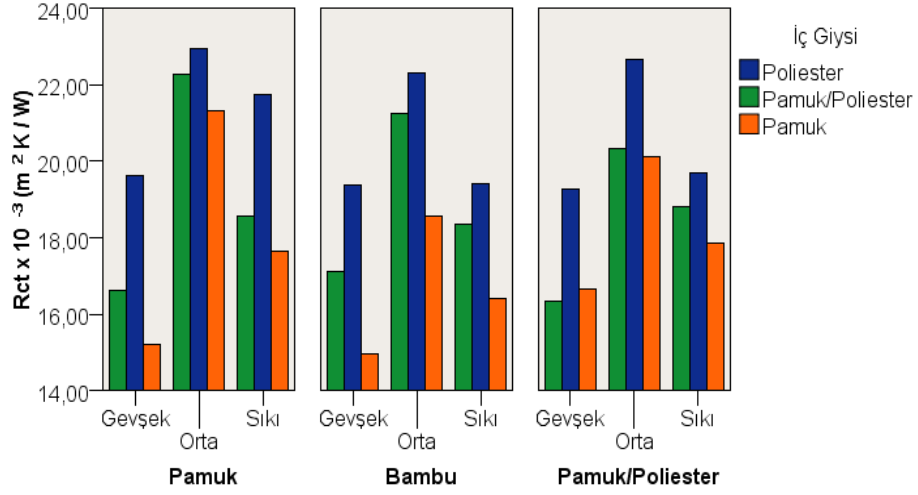
* İç giysi (P: pamuk; S: pamuk/poliester; T: poliester)

Gömlek: 1. harf: Hammadde (P: pamuk; B: rejenere bambu; S: pamuk/poliester)

2. harf: Örgü tipi (B: bezayağı)

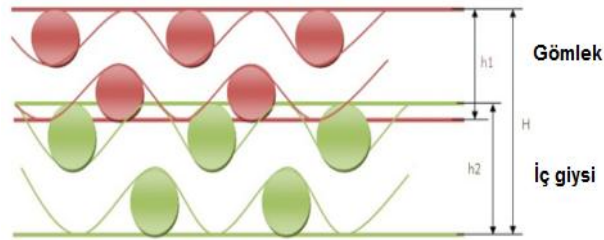
3. harf: Atkı sıklığı (G: gevşek; O: orta; S: sıkı)

(R_{CT} : Termal direnç; dT_{10} ve dT_{60} : İkinci fazda 10 ve 60 dakika sonunda sıcaklık düşüşü; CD: Soğuma gecikmesi; IC: Başlangıç soğuması; SC: Sürdürülen soğuma; PC_{int} ve PC_{dur} : Aktivite sonrası sıcaklık düşüşü ve süresi; PC: Aktivite sonrası soğuma hızı; t_{dry} : Kuruma süresi)



Şekil 3.26 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen termal direnç değerleri

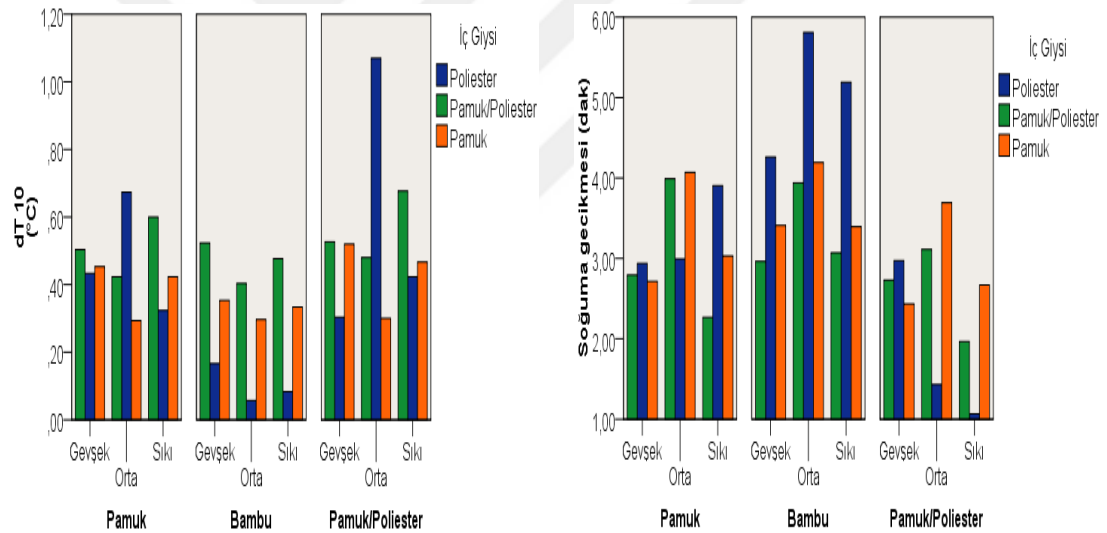
Varyans analizi sonucuna göre kumaş kombinasyonlarının termal direnç değerleri üzerinde hem hammadde hem de atkı sıklığının etkisi olduğu belirlenmiştir. ($p < 0,05$). SNK analizi sonuçlarında pamuklu iç giysi ve rejenere bambu gömleklik kumaş kombinasyonlarının en düşük termal direnç değerine sahip olduğu ve diğerlerinden farklı bir grup içerisinde yer aldığı görülmektedir. Ayrıca poliester ve pamuk/poliester iç giysinin kullanıldığı tüm kombinasyonların yüksek değerleri ile diğerlerinden ayrı bir grupta bulunduğu belirlenmiştir. Gömleklik kumaşların atkı sıklık seviyesi için yapılan SNK değerlendirmeleri sonucunda ise tüm kombinasyonların ayrı gruplar içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.27 Çok katlı tekstil yapılarının kesitinin gösterimi (Matusiak ve Kowalczyk, 2014)

Şekil 3.28`de kumaş kombinasyonlarının terleme başladıktan 10 dakika sonra ölçülen sıcaklık düşüş değerleri (dT_{10}) ve soğuma gecikmesi (CD) değerleri gösterilmektedir. Poliester iç giysi kullanılan kumaş kombinasyonları incelendiğinde, orta sıklık seviyesine sahip olan pamuklu ve pamuk/poliester gömleklik kumaşlar ile

bu iç giysinin kombinasyonlarının diğerlerine göre yüksek dT_{10} değerleri aldığı görülmektedir. Literatürde dış katmanı nem çeken ve iç katmanı nem çekmeyen ipliklerden yapılan kombinasyonlar için sıvının çevreye iletiminin kılcal emme yoluyla gerçekleştirildiği belirtilmiştir (Long, 1999). Orta sıklık seviyesine sahip olan kumaşlardan oluşturulan kombinasyonlarda termal direnç ölçüm sonuçlarında da belirtildiği gibi hava boşluklarının gevşek ve sıkı yapıya sahip olan gömleklik kumaşlara göre daha fazla olduğu varsayılmakta, böylece bu kombinasyonlarda kılcal emmenin yanı sıra buhar difüzyonunun da etkili olmuş olabileceği ve ısı iletimini hızlandığı düşünülmektedir. Poliester iç giysilerin orta sıklığa sahip olan rejenere bambu gömleklik kumaşlar ile kombinasyonlarında ise dT_{10} değerinin düşük olmasının rejenere bambu ipliklerin yüksek tüylülük değerlerine bağlı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.28 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen dT_{10} ve soğuma gecikmesi (CD) değerleri

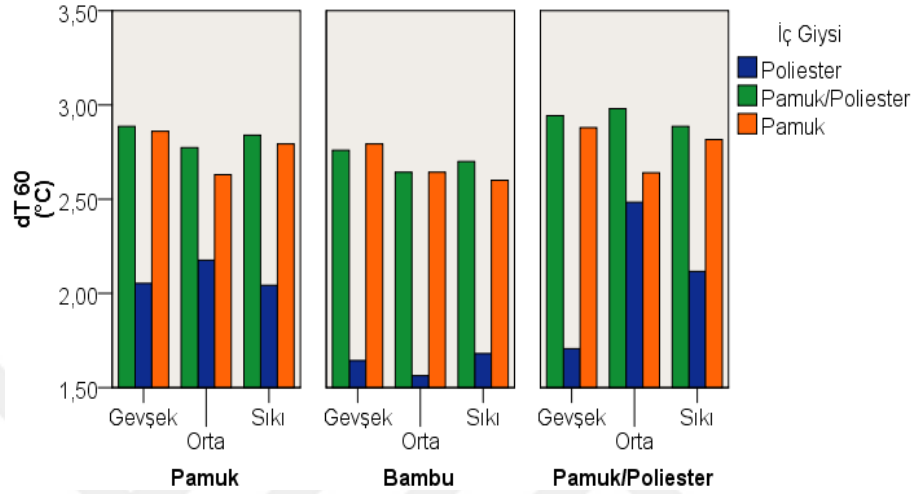
Hem iç hem de dış katmanın nem çeken yapıya sahip olduğu durumlarda, sıvının çevreye iletimi için önce iç katman tarafından, daha sonra dış katman tarafından sıvı emilerek dış yüzeyde bir ıslanma alanı oluşturulmaktadır. İç katmanda kalan sıvı miktarı arttıkça ve dış katmanda bulunan ıslanma alanı küçüldükçe buharlaşma ve buna bağlı olarak ısı iletimi azalmaktadır. Bunun yanı sıra deriye yakın kısımda oluşan nem konsantrasyon değişimi de buhar iletimini etkilemektedir (Hong ve diğer., 1988; Long, 1999). Şekil 3.28'de görüldüğü gibi pamuk/poliester iç giysi

kullanılan tüm kumaş kombinasyonları için pamuklu iç giysi kullanılan kombinasyonlara göre daha yüksek dT_{10} değerleri elde edilmiştir. Bu durumun pamuk/poliester iç giysinin yapısındaki nem çeken lifler sayesinde emilen sıvının deriden dış yüzeye ısının iletimini artırması, yapısında bulunan nem çekmeyen lifler sayesinde de sıvıyı hızlıca üst katmana uzaklaştırabilmesinden kaynaklandığı ve ayrıca su buharı basınç değişiminin pamuk/poliester kumaşlarda pamuklu iç giysilik kumaşlara göre daha hızlı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Elde edilen bulgular Voelker ve diğer. (2009)'nin bulguları ile benzerdir. Hong ve diğer. (1988) tarafından yapılan bir çalışmada da pamuk/poliester kumaşlar içerisinde nem konsantrasyon değişim hızının pamuklu kumaşlardan daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda ise dT_{10} değerleri üzerinde atkı sıklığının etkisinin olmadığı; yalnızca hammaddenin istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Şekil 3.28`de verilen soğuma gecikmesi (CD) değerleri incelendiğinde poliester iç giysi ve rejenere bambu gömleklik kumaş kombinasyonlarının en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Pamuk ve pamuk/poliester iç giysiler kullanıldığında gömlek materyali değiştirilse bile genel olarak yakın soğuma gecikmesi değerleri elde edilmiştir. Poliester iç giysi ve pamuk/poliester gömleklik kumaş kullanılan kombinasyonlarda sıklık artışına bağlı olarak soğuma gecikmesinin azaldığı belirlenmiştir. Bu durumun nedeninin pamuk/poliester gömleklik kumaşların yapısında atkı sıklığındaki artışa bağlı olarak artan poliester iplik sayısı olduğu düşünülmektedir. Varyans analizi sonucuna göre CD değerlerinin etkisi incelenen tüm faktörlerden etkilendiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Atkı sıklığı için yapılan SNK analizi sonuçlarına göre sıkı ve gevşek kumaş yapısına sahip gömleklerin kullanıldığı kombinasyonların aynı grupta, orta atkı sıklığına sahip gömlek kombinasyonlarının ise yüksek değerleri ile ayrı bir grupta yer aldığı tespit edilmiştir.

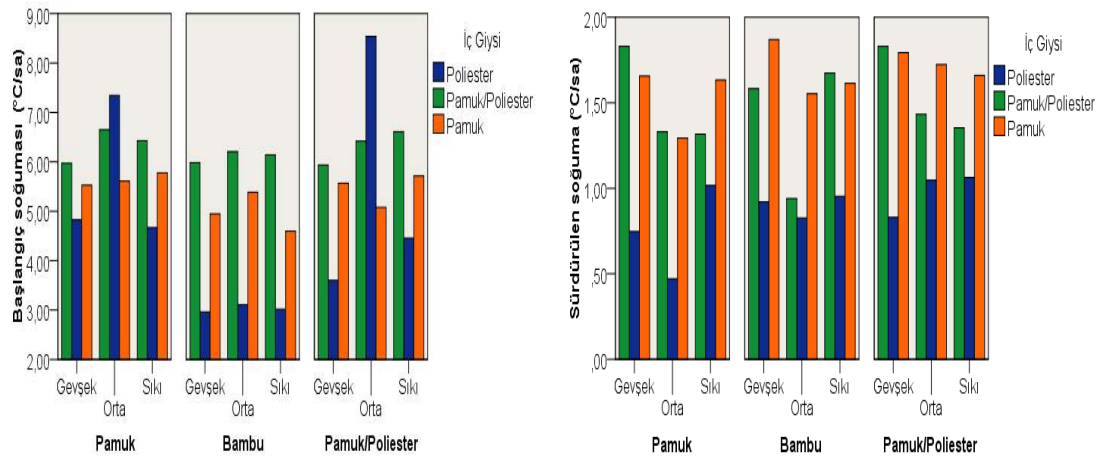
Terleme fazı bitiminde ölçülen sıcaklık düşüş değerleri (dT_{60}) Şekil 3.29`da gösterilmiştir. Değerler incelendiğinde pamuk/poliester iç giysi kumaşlarının kullanıldığı kombinasyonlarda en yüksek sıcaklık düşüş değerleri elde edildiği ve bu kombinasyonları sırasıyla pamuklu iç giysi ve poliester iç giysi içeren

kombinasyonların takip ettiği görülmektedir. Varyans analizi sonuçları, dT_{60} değerlerinin hammadde faktöründen etkilendiğini, ancak atkı sıklığı faktörünün bu değerler için tek başına istatistiksel olarak anlamlı bir farka neden olmadığını göstermektedir ($p<0,05$).



Şekil 3.29 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen dT_{60} değerleri

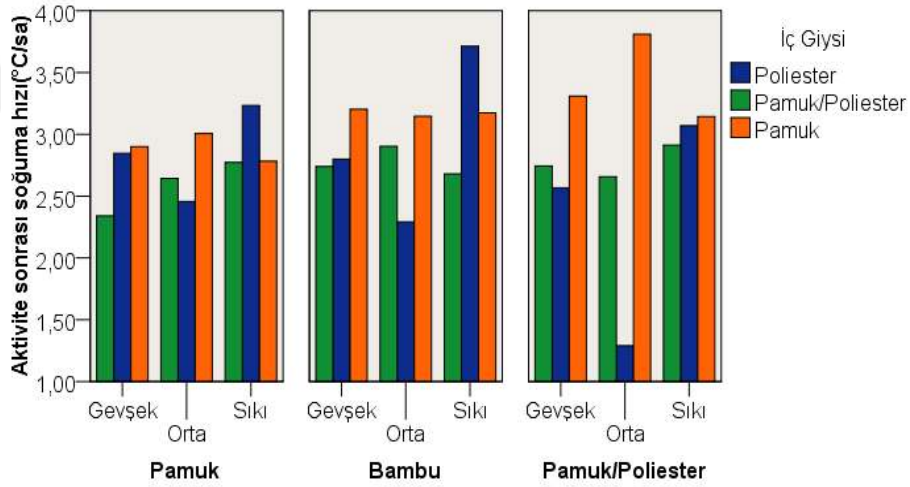
Kumaş kombinasyonları için ölçülen başlangıç soğuması (IC) ve sürdürülen soğuma (SC) değerleri Şekil 3.30'da gösterilmektedir.



Şekil 3.30 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen başlangıç soğuması (IC) ve sürdürülen soğuma (SC) değerleri

Şekil 3.30’da verilen her iki değer için de poliester iç giysi ile oluşturulan kombinasyonlarda genel olarak düşük değerler elde edilmiştir. Ancak bu iç giysinin pamuklu gömlek ve pamuk/poliester gömlek ile kombinasyonlarının başlangıç soğuması değerlerinin yüksek çıktığı görülmektedir. Pamuk/poliester iç giysi kombinasyonlarının başlangıç soğumasının diğerlerinden genel olarak yüksek olduğu belirlenmiştir. Fakat sürdürülen soğuma değerlerinin hem pamuklu hem de pamuk/poliester karışımı iç giysi kombinasyonlarında yüksek olduğu gözlenmiştir. IC ve SC değerleri için yapılan varyans analizleri sonucunda tüm faktörlerin IC değerleri üzerinde etkisi olduğu belirlenirken, SC değerinin yalnızca hammadde faktöründen etkilendiği belirlenmiştir ($p<0,05$).

Şekil 3.31 farklı hammadde ve atkı sıklığına sahip olan gömleklik dokuma kumaşların örme kumaşlar ile kombinasyonlarının terleyen gövdede terleme bittikten sonraki soğuma hızı (PC) değerlerini göstermektedir.

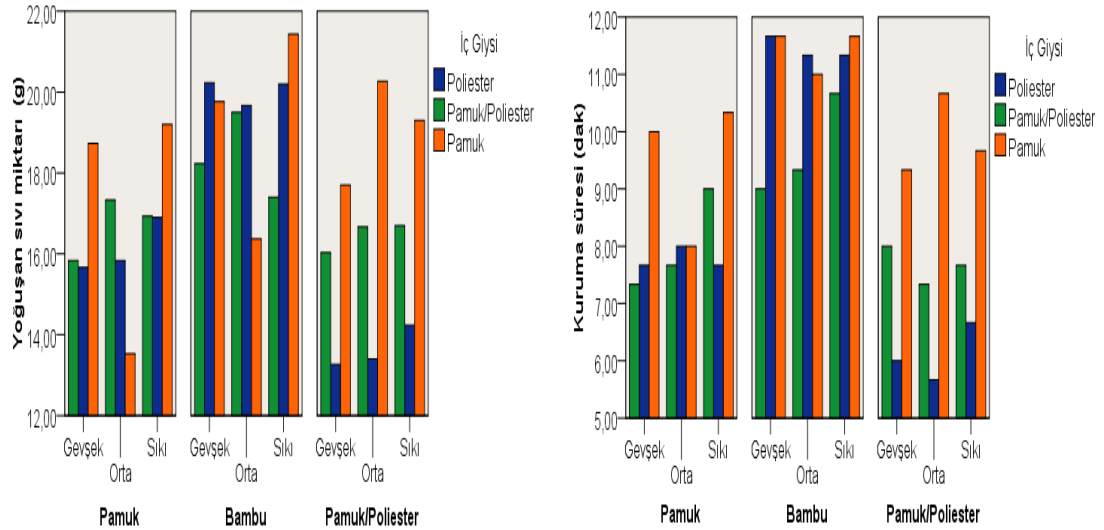


Şekil 3.31 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen aktivite sonrası soğuma hızı (PC) değerleri

Şekil 3.31 incelendiğinde genel olarak pamuklu iç giysi kullanılan tüm kombinasyonlarda soğuma hızı değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek soğuma hızı değerlerinin ise pamuklu iç giysilerin pamuk/poliester gömleklik kumaş ile yapmış olduğu kombinasyonlarda elde edildiği gözlenmiştir. Bu durumun deriye yakın katman olan iç giysilerde nem çeken lifler kullanıldığında bu lifler tarafından

sıvının emilmesi, ancak üstündeki katman tamamen nem çeken yapıda olmadığı için sıvıyı bir üst katmana iletmesinin zor olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca poliester iç giysiler ile sıkı kumaş yapısına sahip olan gömleklik kumaşların kombinasyonlarının soğuma hızı değerlerinin yüksek olması da çalışmada elde edilen dikkat çekici bir bulgudur. Varyans analizi sonuçlarına göre hammadde faktörünün bu değerler üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu, ancak atkı sıklığının etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Şekil 3.32 kumaş kombinasyonları için ölçülen yoğuşan sıvı miktarı ve kuruma süresi (t_{dry}) değerlerini göstermektedir. Grafikler incelendiğinde genel olarak rejenere bambu gömleklik kumaşlar ile yapılan kombinasyonların yüksek yoğuşan sıvı miktarı ve yüksek kuruma süresi değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca diğer gömleklik kumaşların pamuklu iç giysiler ile yapmış oldukları kombinasyonlarda yüksek kuruma süresi ve yoğuşan sıvı miktarı değerleri ile dikkat çekmektedir. Pamuk/poliester gömleklik kumaşların poliester iç giysiler ile oluşturduğu kumaş kombinasyonları için hem yoğuşan sıvı miktarı hem de kuruma süresi değerlerinin düşük çıktığı görülmektedir.

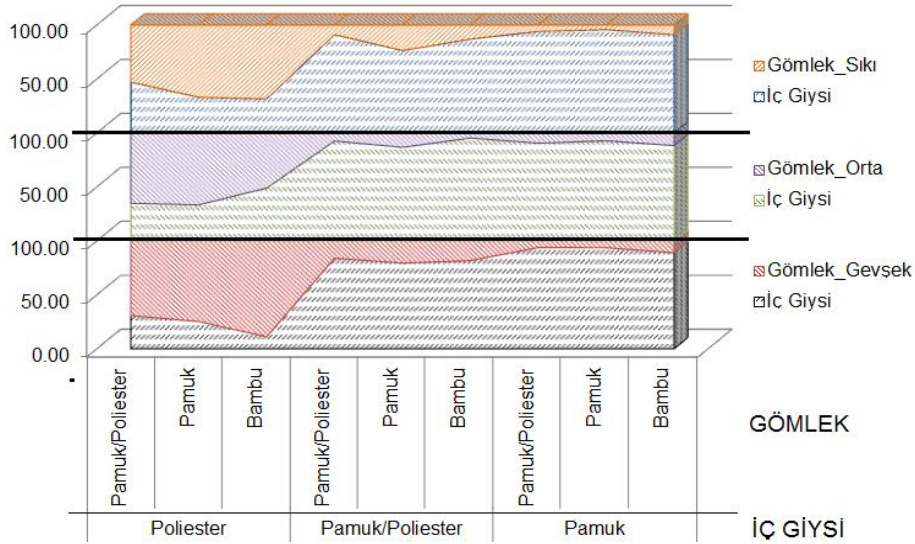


Şekil 3.32 Hammadde ve atkı sıklığına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için terleyen gövdede ölçülen yoğuşan sıvı miktarı ve kuruma süresi (t_{dry}) değerleri

Varyans analizlerinde kombinasyonların kuruma süresi üzerinde hammadde, atkı sıklığı ve bu parametrelerin etkileşimlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye

sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). SNK analizlerine göre sıkı kumaşların yüksek kuruma süresi değerleri ile diğerlerinden ayrı bir grup içerisinde yer aldığı görülmektedir. Hammaddeye göre ise poliester iç giysi ve pamuk/poliester gömleklik kumaş kombinasyonlarının sahip oldukları düşük kuruma süresi değerleri ile diğer kombinasyonlardan ayrıldığı belirlenmiştir. Yoğuşan sıvı miktarı değerlerinin ise yalnızca hammadde faktöründen etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır ($p<0,05$).

Şekil 3.33 başlangıçta ve terleme fazının sonunda ölçülen kumaş ağırlıkları arasındaki farkların hesaplanması ile belirlenen kumaş katmanları üzerinde ayrı ayrı biriken sıvı yüzdesi değerlerini göstermektedir. Şekilde poliester iç giysi kullanıldığında iç giysi üzerinde gömleğe göre daha az sıvı kaldığı görülmektedir. Dış katman olan gömlek üzerinde kalan sıvı miktarı yüzdesinin en düşük olduğu kombinasyonların pamuklu iç giysi kombinasyonları olduğu görülmektedir. Ayrıca gevşek gömleklik kumaşlar kullanılan kombinasyonlarda genel olarak iç giysi üzerinde kalan sıvı yüzdesi değerlerinin orta ve sıkı gömleklik kumaş kombinasyonlarına göre daha düşük olduğu gözlenirse bile, atkı sıklık seviyesinin bu değer üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmektedir.



Şekil 3.33 Hammaddelere ve atkı sıklıklarına göre oluşturulan kumaş kombinasyonları için hesaplanan biriken sıvı yüzdesi (%) değerleri

3.3.2 Terleyen Termal Manken Ölçüm Sonuçları

Terleyen termal manken “SAM” kullanılarak üst vücut (sırt, göğüs ve kollar) ve gövde (sırt ve göğüs) için giysi sistemlerinde termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3.34). Ölçülen parametreler üzerinde gömlek kumaşının hammaddesi, atkı sıklık seviyesi ve örgü tipinin ve ayrıca iç giysinin hammaddesi ve giysi kesiminin (fit) etkileri incelenmiştir.



Şekil 3.34 Terleyen termal manken ile yapılan ölçümlerde değerlendirilen vücut parçaları (üst vücut ve gövde)

Terleyen termal manken testi ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere kumaş dökümlülük katsayısı değerleri de ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 3.15’te verilmiştir.

Tablo 3.15 Terleyen termal manken ölçümlerinde kullanılan giysilerin üretildikleri kumaşların dökümlülük katsayısı değerleri

GÖMLEK			
Hammadde	Örgü tipi	Atkı sıklığı	Dökümlülük katsayısı (%)
Pamuk	Dimi	Orta	36,47 (3,01)
Bambu	Dimi	Orta	25,93 (0,10)
Pamuk/poliester	Dimi	Orta	50,73 (0,22)
Pamuk/poliester	Bezayağı	Gevşek	55,15 (3,47)
Pamuk/poliester	Bezayağı	Orta	62,56 (0,74)
Pamuk/poliester	Bezayağı	Sıkı	66,17 (1,01)
İÇ GİYSİ			
Pamuk			24,78 (2,40)
Poliester			8,15 (0,86)

3.3.2.1 Gömlek  rg  Tipi,    Giysi Hammaddesi ve üç Giysi Kesiminin Etkisi

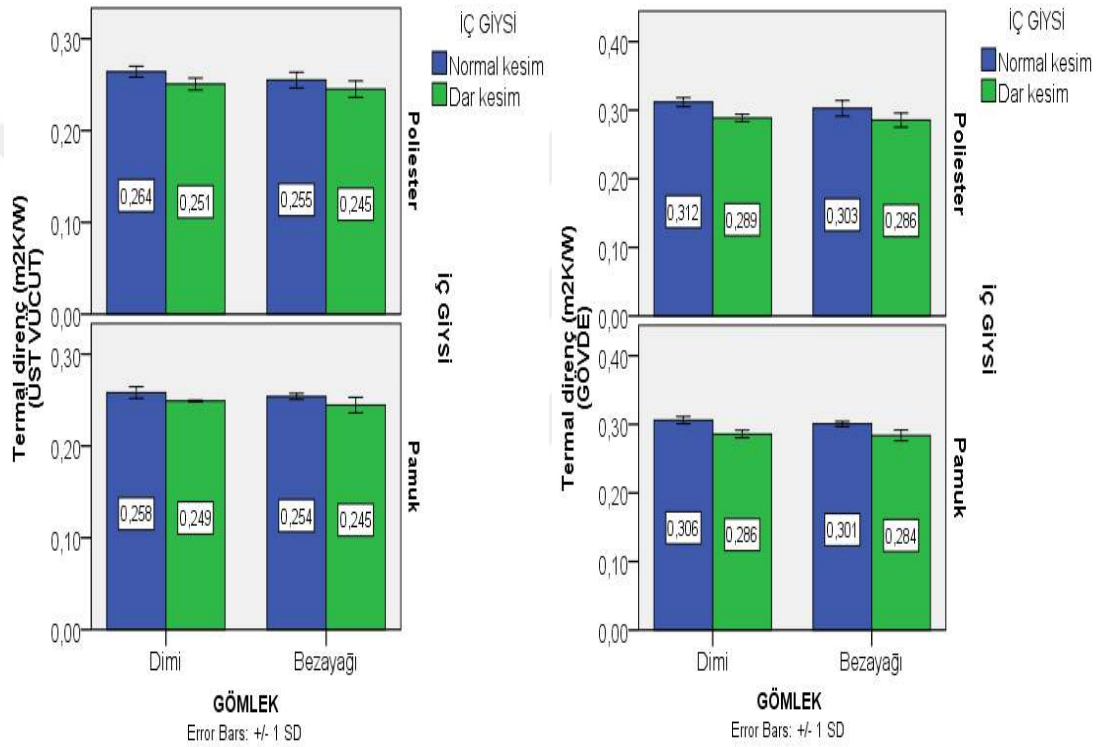
Tablo 3.16 gömlek kumaşının örgü tipi,    giysinin hammaddesi ve giysi kesiminin etkisinin incelendiği giysi sistemleri için terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesinden hesaplanan termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerlerini göstermektedir. Bu giysi sistemlerinde gömlek kumaşı olarak orta atkı sıklık seviyesine sahip olan pamuk/poliester kumaş kullanılmıştır.

Tablo 3.16 Gömlek kumaşının örgü tipi,    giysinin hammaddesi ve üç giysinin kesimine göre oluşturulan giysi sistemleri için terleyen termal mankende    len termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerleri

�� giysi		Gömlek	Termal direnç (m ² K/W)		Buharlaşma ısı kaybı (W/m ²)	
Hammadde	Giysi kesimi	örgü tipi	üst vücut	Gövde	�st vücut	Gövde
Poliester	Normal	Dimi	0,264 (0,006)	0,312 (0,007)	22,557 (2,643)	18,927 (2,798)
Pamuk	Normal	Dimi	0,258 (0,006)	0,306 (0,005)	25,206 (1,492)	20,739 (1,272)
Poliester	Dar	Dimi	0,251 (0,007)	0,289 (0,005)	26,096 (2,278)	24,068 (2,691)
Pamuk	Dar	Dimi	0,249 (0,001)	0,286 (0,006)	21,953 (1,830)	18,957 (2,157)
Poliester	Normal	Bezayağı	0,255 (0,009)	0,303 (0,011)	26,663 (1,724)	20,909 (3,315)
Pamuk	Normal	Bezayağı	0,254 (0,003)	0,301 (0,004)	21,553 (3,307)	19,619 (1,523)
Poliester	Dar	Bezayağı	0,245 (0,009)	0,286 (0,010)	25,506 (1,468)	25,657 (1,063)
Pamuk	Dar	Bezayağı	0,245 (0,009)	0,284 (0,008)	20,883 (2,578)	19,654 (2,342)

şekil 3.35'te terleyen termal mankenin üst vücudu ve gövdesi için hesaplanan termal direnç değerleri verilmiştir. şekil incelendiğinde terleyen termal mankenin hem üst vücudu hem de gövdesi için giysilerin termal direnç değerlerinde gözlenen değişimin benzer olduğu belirlenmiştir. Gömlek kumaşının sahip olduğu örgü tipinin değerler üzerinde etkisi incelendiğinde dimi kumaşların bezayağı kumaşlara göre daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun hacimsel gözeneklilik değeri bezayağına göre daha yüksek olan dimi kumaşların yapısı içerisinde durgun havayı daha fazla tutmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Elde edilen bulgular Kandhavadvu, Rathinamoorthy ve Surjit (2014)'in bulguları ile benzerlik göstermektedir. Gömlek kumaşının örgü tipinin terleyen mankenin gövdesi için    len termal direnç değeri üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir etkisi

gözlenmezken; terleyen mankenin kolları ve gövdesinden oluşan üst vücut için ölçülen termal direnç değerleri üzerinde etki büyüklüğü çok düşük olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Şekilde kumaş kalınlığı pamuktan yüksek olan poliester iç giysilerin kullanıldığı kombinasyonların termal direnç değerinin pamuklulara göre daha yüksek olduğu görülmüş olsa bile bu farkın çok düşük olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($p<0,05$).



Şekil 3.35 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek örgü tipi, iç giysi hammaddesi ve iç giysinin kesimi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin termal direnç değerleri

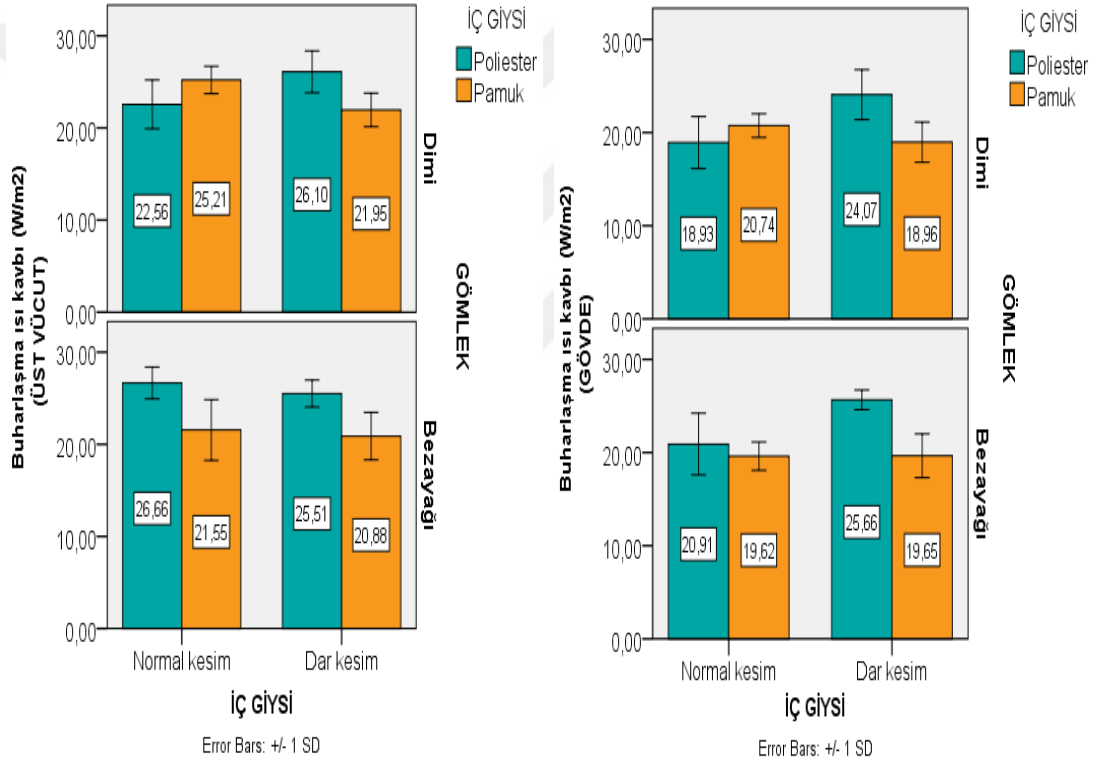
İç giysinin kesimine göre termal direnç değerleri incelendiğinde ise normal kesime sahip olan iç giysilerin kullanıldığı giysi sistemlerinin dar kesimli olanlara göre daha yüksek termal direnç değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Psikuta, Frackiewicz-Kaczmarek, Frydrych ve Rossi (2012) vücut ve giysi arasındaki hava boşluklarının kalınlıklarını inceledikleri çalışmalarında bol kesimli giysilerde hava boşluklarının ortalama kalınlıklarının dar kesimli giysilerden yaklaşık %40 daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada da normal kesime sahip olan iç giysilerin kullanıldığı giysi sistemlerinde giysi ve deri arasında oluşan mikroklimada

hava boşluklarının kalınlığının sıkı iç giysi kombinasyonlarına göre daha fazla olduğu ve bu durumun doğal konveksiyona sebep olarak giysilerden ısıнын geçişini sınırlandırmasından dolayı termal yalıtımı arttırdığı düşünülmektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda da iç giysi kesiminin hem üst vücut hem de gövdenin termal direnç değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Chen, Fan, Qian ve Zhang (2004) da beş farklı giysi bedenine sahip olan ceket kullandıkları çalışmalarında termal direnç değerleri üzerinde artan hava boşluklarının etkisini incelemiş ve hava boşluklarının çok büyük olmaması halinde hava boşluğunun kalınlık artışının termal yalıtımı belli bir değere kadar arttırdığını belirlemişlerdir.

Buharlaşıma sonucu ortaya çıkan ısı transferinin etkinliği terin deri üzerinde geniş bir alana yayılması ve kılcal olarak emilmesine, ayrıca dış katmanın su buharı geçirgen yapıya sahip olmasına ve yoğuşan sıvı miktarını minimize edebilmesine bağlıdır (Bechtold, Caven ve Wright, 2015). Şekil 3.36 terleyen termal mankenin üst vücutu ve gövdesi için hesaplanan buharlaşma ısı kaybı değerlerini göstermektedir. Şekil incelendiğinde dar kesim iç giysi kullanılan tüm kombinasyonlarda poliester iç giysiler için buharlaşma ısı kaybının pamuklulara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Normal kesime sahip olan iç giysiler için ise birebir aynı eğilim gözlenmemiştir. İnsan vücudunun şeklinin düz olmaması ve giysilerin sahip oldukları farklı tasarımlar giysi ve insan vücutu arasındaki temas noktalarının değişmesine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak normal kesim iç giysi kullanılan giysi sistemlerinde deri, iç giysi ve gömlek arasındaki temas noktaları ve temas alanlarının dar kesim olanlara göre daha fazla farklılık göstermiş olabileceği ve dolayısıyla ölçülen buharlaşma ısı kaybı değerleri arasında farklılığa neden olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre normal kesime sahip olan iç giysiler kullanmanın soğutma verimliliğine etkisini belirlemenin zor olduğu ve bu giysilerin düşük buharlaşma ısı kaybı değerleri ile kişilerin konfor durumuna katkı sağlamayacağını söylemek mümkündür.

Gömleklerde örgü tipinin değişimine bağlı olarak grafiklerde belirgin bir fark gözlenmemekle birlikte, yapılan varyans analizleri sonucunda terleyen mankenin üst

vücudu için ölçülen buharlaşma ısı kaybı değerleri üzerinde iç giysinin hammaddesi ve gömlek örgü tipi* iç giysi hammaddesi etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Gövde için hesaplanan buharlaşma ısı kaybı değerleri için ise iç giysinin hammaddesi, iç giysi kesimi ve bunların etkileşimleri için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunduğu sonucuna varılmıştır ($p < 0,05$). Terleyen mankenin üst vücudu için gömlek örgü tipi faktörünün anlamlı etkiye sahip olmasının nedeninin gömlek kumaşının mankenin kol kısmında tek katlı olarak bulunması ve direkt olarak vücuda temas etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.36 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek örgü tipi, iç giysi hammaddesi ve iç giysinin kesimi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin buharlaşma ısı kaybı değerleri

3.3.2.2 Gömlek Hammaddesi, İç Giysi Hammaddesi ve İç Giysi Kesiminin Etkisi

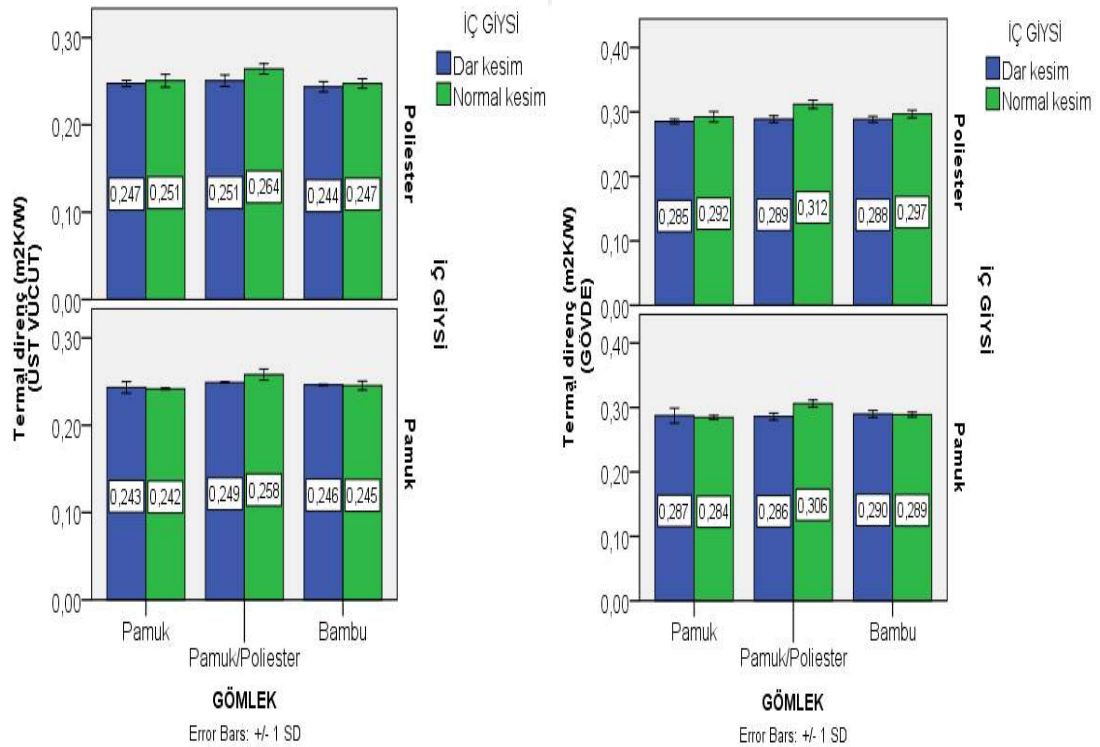
Tablo 3.17`de orta atkı sıklık seviyesine sahip olan dimi örgü tipine sahip gömleklerin hammaddesi ve iç giysilerin hem hammadde hem de giysi kesimi değiştirilerek oluşturulan farklı giysi sistemleri için ölçülen termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerleri gösterilmektedir.

Tablo 3.17 Gömlek kumaşının hammaddesi, i  giysinin hammaddesi ve i  giysinin kesimine göre oluşturulan giysi sistemleri için terleyen termal mankende ölçülen termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerleri

�� giysi		Gömlek	Termal direnç (m ² K/W)		Buharlaşma ısı kaybı (W/m ²)	
Hammadde	Giysi kesimi	Hammadde	�st vücut	Gövde	�st vücut	Gövde
Poliester	Dar	Pamuk	0,247 (0,004)	0,285 (0,004)	26,313 (1,069)	23,320 (2,117)
Poliester	Dar	Pamuk/poliester	0,251 (0,007)	0,289 (0,005)	26,096 (2,278)	24,068 (2,691)
Poliester	Dar	Rejenere bambu	0,244 (0,006)	0,288 (0,005)	22,543 (1,148)	21,338 (0,190)
Pamuk	Dar	Pamuk	0,243 (0,007)	0,287 (0,012)	25,021 (3,625)	19,916 (0,626)
Pamuk	Dar	Pamuk/poliester	0,249 (0,001)	0,286 (0,006)	21,953 (1,830)	18,957 (2,157)
Pamuk	Dar	Rejenere bambu	0,246 (0,001)	0,290 (0,006)	21,108 (1,797)	20,184 (1,299)
Poliester	Normal	Pamuk	0,251 (0,007)	0,292 (0,008)	25,179 (2,345)	20,285 (1,933)
Poliester	Normal	Pamuk/poliester	0,264 (0,006)	0,312 (0,007)	22,557 (2,643)	18,927 (2,798)
Poliester	Normal	Rejenere bambu	0,247 (0,005)	0,297 (0,006)	24,678 (2,333)	21,553 (3,012)
Pamuk	Normal	Pamuk	0,242 (0,001)	0,284 (0,003)	20,804 (1,737)	17,597 (0,854)
Pamuk	Normal	Pamuk/poliester	0,258 (0,006)	0,306 (0,005)	25,206 (1,492)	20,739 (1,272)
Pamuk	Normal	Rejenere bambu	0,245 (0,005)	0,289 (0,004)	24,789 (1,878)	20,471 (3,952)

şekil 3.37 gömlek hammaddesi, i  giysi hammaddesi ve i  giysinin kesimine göre oluşturulan giysi sistemleri için terleyen mankenin üst vücut ve gövdesinden hesaplanan termal direnç değerlerini göstermektedir. şekilde terleyen termal mankenin hem üst vücudu hem de gövdesi için termal direnç değerlerinin benzer eğilime sahip olduğu gözlenmektedir. Poliester i  giysilerin kullanıldığı tüm giysi kombinasyonlarında normal kesim i  giysiler için dar kesim olanlara göre daha yüksek termal direnç değerleri ölçülürken pamuklu i  giysilerin özellikle pamuk ve bambu gömlekler ile kombinasyonlarında i  giysinin kesimine göre herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Bu durumun giysi sistemini oluşturan gömlek ve i  giysilerin sahip olduğu dökümlülük katsayısı değerleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Giysi sistemlerinde dış katman i  katmanı sıkıştırarak hava boşluklarını değiştirmektedir. Giysilerde kullanılan kumaşların dökümlülüğü veya rijitliği giysi ve deri arasında oluşan ve giysilerin termal yalıtım özelliklerini etkileyen hava katmanlarının boyutlarını etkilemektedir. Esnek yapıya sahip olan ve dökümlülük katsayısı düşük olan kumaşlardan üretilen giysiler vücudun şeklini

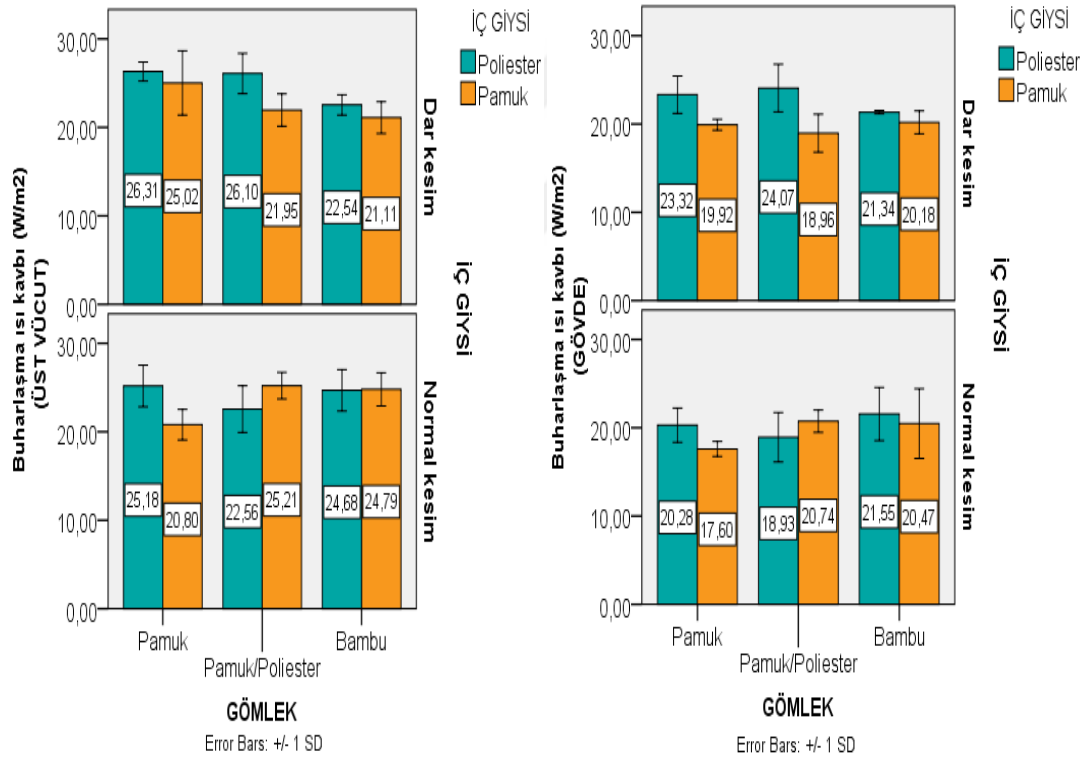
almakta ve bu durum giysiler aynı beden ölçüsüne sahip olsa bile hava boşluklarının dağılımının farklı olmasına sebep olmaktadır (Song, 2007). İç giysiler için dökümlülük değerleri incelendiğinde pamuklu iç giysilerin dökümlülük katsayısının poliester iç giysilerin yaklaşık üç katı olduğu belirlenmiştir. Yani poliester iç giysiler kolaylıkla vücudun şeklini aldığı ve dış katman tarafından sıkıştırılma söz konusu olmadığı için bu iç giysilerin kullanıldığı kombinasyonlarda giysi kesiminin etkisinin rahatlıkla gözlenemediği düşünülmektedir. Ancak yüksek dökümlülük katsayısına sahip olan pamuklu iç giysiler üzerine, düşük dökümlülük katsayısı değerlerine sahip olan rejenere bambu ve pamuklu gömlekler giydirildiğinde sıkıştırmanın etkisine bağlı olarak değişen hava katmanları nedeniyle iç giysilerin dar veya normal kesim olmasının termal direnç değerlerine etkisinin net olarak gözlenemediği düşünülmektedir. Yapılan varyans analizlerine göre hem üst vücut hem de gövde için ölçülen termal direnç değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olan faktörlerin gömleğin hammaddesi, iç giysinin kesimi ve bu iki parametrenin etkileşimi olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).



Şekil 3.37 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek hammaddesi, iç giysi hammaddesi ve iç giysinin kesimi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin termal direnç değerleri

Şekil 3.37’de poliester iç giysilerin kullanıldığı kombinasyonlarda pamuklu olanlara göre genel olarak daha yüksek termal direnç değerleri elde edildiği görülmektedir. Poliester iç giysilerin dökümlülüğüne bağlı olarak vücudu sarması nedeniyle vücut ve iç giysi arasında küçük boyutlu, iç giysi ve gömlek arasında ise büyük boyutlu hava boşlukları oluştuğu ve oluşan büyük boyutlu hava boşluklarının doğal konveksiyona neden olarak bu giysi kombinasyonlarında termal direnç değerlerini arttırdığı düşünülmektedir. Ancak yapılan varyans analizi sonucunda görülen bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p<0,05$).

Şekil 3.38 terleyen termal mankenin üst vücudu ve gövdesi için ölçülen giysi sistemlerinin buharlaşma ısı kaybı değerlerini göstermektedir.



Şekil 3.38 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek hammaddesi, iç giysi hammaddesi ve iç giysinin kesimi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin buharlaşma ısı kaybı

Şekil 3.38’de dar kesim poliester iç giysilerin kullanıldığı tüm kombinasyonların pamuklu olanlara göre daha yüksek buharlaşma ısı kaybı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Normal kesim iç giysilerin kullanıldığı kombinasyonlarda ise benzer eğilim genel olarak gözlenmemekle birlikte, bu kombinasyonlarda standart sapma

değerlerinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Giysi kombinasyonlarında iç katman olarak kullanılan giysinin kesimi nedeniyle vücuda oturmaması durumunda, iç giysi dış katman tarafından sıkıştırılmakta ve giysi dökümlülüğü değişerek küçük hacimli çok sayıda katlanmanın oluşmasına sebep olmaktadır (Mark, 2013). Buna bağlı olarak normal kesim iç giysilerin gömlekler ile temas alanlarının dar kesim olanlara göre değişkenliğinin yüksek olduğu ve sonuçların bu nedenle farklılaştığı düşünülmektedir. Yalnızca normal kesime sahip olan iç giysilerin kullanıldığı kombinasyonlar için yapılan varyans analizinin sonuçlarına göre de bu kombinasyonların buharlaşma ısı kaybı değerleri üzerinde hem iç giysi hem de gömleğin hammaddesinin istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı sonucuna varılmıştır ($p<0,05$). Dar kesimli iç giysiler için hammadde etkisi incelendiğinde bambu gömleklerin kullanıldığı kombinasyonların poliester iç giysiler ile kombinasyonlarının en düşük buharlaşma ısı kaybı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuç terleyen gövde ölçümlerinde elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermekte ve bu duruma bambu gömlek kumaşlarının tüylü yapısının neden olduğu düşünülmektedir.

Tüm kombinasyonlar göz önünde bulundurularak buharlaşma ısı kaybı değerleri için yapılan varyans analizinin sonuçlarına göre üst vücut için ölçülen değerler üzerinde gömlek hammaddesi*iç giysi kesimi ve gömlek hammaddesi*iç giysi kesimi*iç giysi hammaddesi etkileşiminin etkili olduğu, ancak bu faktörlerin tek başına istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Terleyen mankenin gövdesi için ölçülen buharlaşma ısı kaybı değerleri üzerinde ise yalnızca iç giysinin hammaddesinin istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır ($p<0,05$).

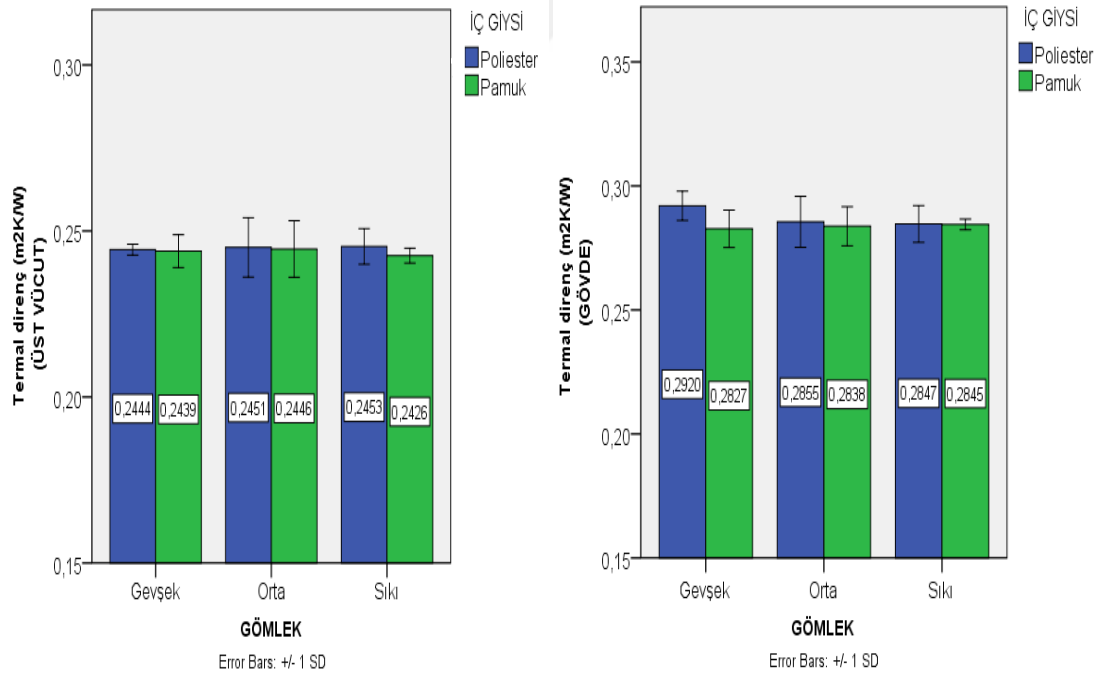
3.3.2.3 Gömlek Atkı Sıklığı ve İç Giysi Hammaddesinin Etkisi

Tablo 3.18`de bezayağı örgü tipine sahip olan ve atkı sıklık seviyesi değiştirilen pamuk/poliester gömlekler ile dar kesim poliester ve pamuklu iç giysilerin kombinasyonları için ölçülen termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerleri verilmiştir.

Tablo 3.18 Gömlek kumaşının atkı sıklığı ve iç giysinin hammaddesine göre oluşturulan giysi sistemleri için terleyen termal mankende ölçülen termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerleri

İç giysi	Gömlek	Termal direnç (m ² K/W)		Buharlaşma ısı kaybı (W/m ²)	
		Üst vücut	Gövde	Üst vücut	Gövde
Poliester	Gevşek	0,244 (0,002)	0,292 (0,006)	24,134 (4,241)	20,993 (1,441)
Poliester	Orta	0,245 (0,009)	0,286 (0,010)	25,506 (1,468)	25,657 (1,063)
Poliester	Sıkı	0,245 (0,005)	0,285 (0,007)	25,089 (1,367)	24,550 (3,851)
Pamuk	Gevşek	0,244 (0,005)	0,283 (0,008)	22,276 (3,195)	18,646 (1,543)
Pamuk	Orta	0,245 (0,009)	0,284 (0,008)	20,883 (2,578)	19,654 (2,342)
Pamuk	Sıkı	0,243 (0,002)	0,285 (0,002)	23,318 (2,305)	21,146 (1,078)

Şekil 3.39 gömleklik kumaşın atkı sıklığı ve iç giysinin hammaddesine göre oluşturulan giysi sistemlerinin termal direnç değerlerini göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi farklı atkı sıklık seviyesine sahip olan tüm gömlekler için termal direnç değerleri birbirine oldukça yakındır.

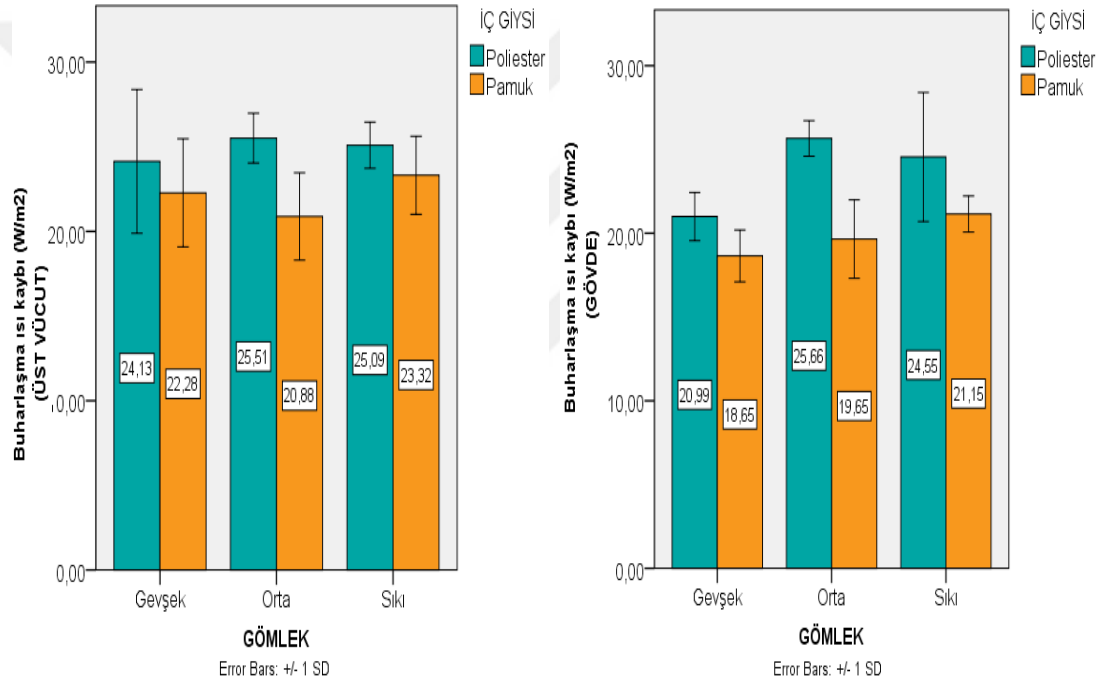


Şekil 3.39 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek atkı sıklık seviyesi ve iç giysi hammaddesi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin termal direnç değerleri

Poliester iç giysi kullanılan kombinasyonlarda pamuklu iç giysilere göre daha yüksek termal direnç değerleri elde edilmiştir. Bu durumun poliester iç giysinin

dökümlülüğü nedeniyle vücuda oturması ve iç giysi ile gömlek arasında oluşan göreceli olarak daha kalın hava boşluklarının termal yalıtıma katkıda bulunması nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir. Yapılan varyans analizleri sonucunda ise hem gömleklik kumaşın atkı sıklık seviyesi hem de iç giysinin hammaddesinin giysi kombinasyonlarının termal direnç değerleri üzerinde herhangi istatistiksel bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($p<0,05$).

Şekil 3.40 giysi kombinasyonları için terleyen mankenin üst vücut ve gövdesinden ölçülen buharlaşma ısı kaybı değerlerini göstermektedir.



Şekil 3.40 Terleyen termal mankenin üst vücut ve gövdesi için gömlek atkı sıklık seviyesi ve iç giysi hammaddesi değiştirilerek oluşturulan giysi sistemlerinin buharlaşma ısı kaybı

Şekil 3.40 incelendiğinde poliester iç giysilerin kullanıldığı kombinasyonlarda pamuklulara göre daha yüksek buharlaşma ısı kaybı değerleri elde edildiği görülmektedir. Bu durumun poliesterin nem çekmeyen yapıya sahip olması nedeniyle sıvıyı yapısından kılcal emme ile hızlıca uzaklaştırabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Üst vücut için gömlek kumaşının atkı sıklık seviyesinin değişimine bağlı olarak ısı kaybı değerleri için herhangi belirgin bir eğilim gözlenmez iken, gövde için sıklık artışına bağlı olarak buharlaşma ısı kaybı

değerlerinin genel olarak arttığı görülmektedir. İç giysi ve gömlekten oluşan iki katlı kumaş yapısının üst katmanında kullanılan pamuk/poliester karışımı gömlek kumaşındaki poliester atkı ipliği sayısındaki artışın bu duruma neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Varyans analizi sonucunda ise atkı sıklık seviyesinin hem üst vücut hem de gövdenin buharlaşma ısı kaybı değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. İç giysinin hammaddesinin ise terleyen mankenin gövdesi için ölçülen buharlaşma ısı kaybı değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu, ancak üst gövde için anlamlı bir etkisinin bulunmadığı sonucuna varılmıştır ($p<0,05$).



BÖLÜM DÖRT

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında üç farklı hammadde, örgü tipi ve atkı sıklığına sahip olan gömleklik kumaşlar ve üç farklı hammaddeden üretilen iç giysi kumaşlarının, kumaş kombinasyonlarının ve bu kumaşlardan dikilen giysilerden oluşturulan giysi çiftlerinin ısı ve su buharı/sıvı transfer özelliklerine çeşitli kumaş ve giysi özelliklerinin etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla önce tek katlı kumaşlarda, daha sonra da seçilmiş iç giysi-gömleklik kumaş ve giysi çiftlerinde ısı ve nem transferine ilişkin ölçümler yapılarak elde edilen bulgular istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen bulgular değerlendirilerek ofis ortam koşulları için avantajlı olabilecek kumaş çiftleri önerilmiştir. Ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Çalışmada öncelikle kumaş sıvı iletim özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir test yöntemi olan dikey kılcal emme ölçümü için elektriksel prensibe göre çalışan bir test aparatı geliştirilmiş ve test aparatından alınan verilerin bilgisayara aktararak sonuçların bilgisayar ekranında görülebilmesini sağlayan bir kullanıcı ara yüzü tasarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen test aparatı ile kılcal emme ölçümlerinin kolay ve hızlı bir şekilde yapılabildiğini, ölçüm sonuçlarının rahatlıkla okunabildiğini ve bu aparat kullanılarak tekrarlı ölçümler nedeniyle oluşan zaman kaybının önlenebileceğini göstermektedir.

Çalışmanın deneysel bölümünde ilk olarak farklı hammadde (pamuk, pamuk/poliester, rejenere bambu), atkı sıklık seviyesi ve örgü tipine sahip olan, sistematik olarak üretilmiş gömleklik kumaşlarda yapılan testlerden elde edilen bulgular değerlendirilerek ısı ve su buharı/sıvı transfer özelliklerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tek katlı kumaşlar için ölçülen termal direnç değerlerinin kumaşların hammaddesinden çok yapısal özelliklerine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bu kumaşların sıvı iletim özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan su emicilik testi ile rejenere bambu liflerinden üretilen gömleklik kumaşların teri iyi bir şekilde emdiği, kuruma süresi testi sonucuna göre ise hızlıca

uzaklaştıramadığı belirlenmiştir. Ayrıca terleyen gövde testleri sonucunda da rejenere bambu kumaşlarda yoğunlaşan sıvı miktarı ve kuruma süresi değerlerinin incelenen diğer kumaşlara göre oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak rejenere bambu kumaşların terleme sonrası kişileri ıslak ve soğuk hissettireceği ve ofis çalışanları için uygun bir seçenek olmayacağı sonucuna varılmıştır. Diğer taraftan ıslak durumdaki pamuk ve pamuk/poliester gömleklik dokuma kumaşların sıvı yönetim performansı açısından benzer davranışlar sergilediği ancak, pamuk/poliester kumaşların düşük aktivite sonrası soğuma hızı, düşük kuruma süresi ve düşük yoğunlaşan sıvı miktarı değerleri ile terleme bittikten sonra pamuklu gömleklik kumaşa göre ön plana çıktığı görülmüştür. Bu nedenle pamuk/poliester kumaşların ofis çalışanlarının gömleklerinde kullanmak için pamuk ve rejenere bambu kumaşlara göre daha uygun bir seçenek olduğu düşünülmektedir.

Deneyisel çalışma kapsamında hammadde etkisinin yanı sıra sıklık ve örgü tipi etkisi de incelenmiştir. Genel olarak kumaşlarda sıklık ve örgü tipinin değişimi ile gözenek sayısı ve boyutları değişmektedir. İncelenen gömleklik kumaşlarda atkı sıklığı artışının terleme sonrası sıcaklık düşüş miktarını arttırdığı ancak, kumaş üzerinde yoğunlaşan sıvı miktarı ve kuruma süresi üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Örgü tipinin değişimi ise kumaşların su emicilik yüzdesi değerleri ve terleme sırasında sıcaklık düşüş değerleri üzerinde etkili olmuştur. Bezayağı örgü tipine sahip olan kumaşlar ve sıkı yapıdaki kumaşların düşük termal direnç değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ancak bu kumaşların terleme sırasında ölçülen sıcaklık düşüş değerlerinin yüksek olması nedeniyle termofizyolojik konfor durumunun uzun süre korunamayacağı düşünüldüğünden dişi örgü tipine sahip ve orta atkı sıklık seviyesine sahip olan gömleklik kumaşların ofis çalışanları için daha avantajlı olabileceği düşünülmektedir.

Gömleklik kumaşlarda yapılan ısı ve su buharı/sıvı transfer özelliklerine ilişkin ölçüm sonuçlarına dayanılarak yapılan sıralama ve değerlendirmelerin birlikte kullanılacak iç giysinin hammaddesinden etkilenip etkilenmeyeceğini görmek ve ofis çalışanlarının termofizyolojik konfor durumunun uzun süre korunabilmesine katkı sağlayacak ofis ortam şartlarına uygun iç giysi (pamuk, poliester, pamuk/poliester)

ve gömleklik kumaş kombinasyonlarını ve bu kombinasyonların transfer özelliklerini etkileyen faktörleri belirlemek için terleyen gövde test cihazında seçilen kumaş çiftleri test edilmiştir. Kumaş kombinasyonlarının ısı ve su buharı/sıvı transfer özelliklerine hammadde-örgü tipi ve hammadde-atkı sıklık seviyesinin etkileri değerlendirilmiştir.

Gömleklik kumaşların hammadde ve örgü tipinin değiştirildiği kumaş kombinasyonları için terleyen gövdeden alınan ölçüm sonuçlarına göre, bambu gömleklik kumaşların kullanıldığı tüm iç giysilik-gömleklik kumaş kombinasyonlarının yüksek termal direnç ve yüksek kuruma süresi değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla tek katlı kumaş ölçüm sonuçlarına dayanılarak bu kumaşların iç giysiler ile kombinasyonlarının ofis çalışanları için uygun bir tercih olmayacağı yönünde varılan sonuç, terleyen gövdede yapılan kumaş çifti ölçümleri ile de değişmemiş ve doğrulanmıştır. Pamuk-dimi ve pamuk/poliester-dimi kumaşların kullanıldığı tüm iç giysilik-gömleklik kumaş kombinasyonlarının düşük termal direnç değerlerine sahip olduğu, terleme sırası sıcaklık düşüş miktarları açısından benzer davranışlar sergilemeler de aktivite sonrası pamuk/poliester dimi gömleklik kumaşın termofizyolojik konfor açısından pamuk dimi kumaşa göre ön plana çıktığı görülmüştür. Bu gömleklik kumaşın pamuklu ve pamuk/poliester karışımı iç giysilik kumaşlar ile kombinasyonlarında hem terleme sırasında hem de sonrasında yüksek sıcaklık düşüşü ve yüksek kuruma süresi değerleri ölçülmüştür. Pamuk/poliester dimi gömleklik kumaşın poliester iç giysilik kumaş ile kombinasyonu incelendiğinde ise terleme sırasında ölçülen soğuma hızı değerlerinin ve yoğunlaşan sıvı miktarının düşük olduğu ve kuruma süresinin kısa olması nedeniyle termal konfor açısından avantajlı olabileceği düşünülmektedir.

Hammadde ve atkı sıklık seviyesinin kumaş kombinasyonlarının transfer özelliklerine etkisinin belirlenmesine ilişkin olarak yapılan testlerin sonuçları topluca değerlendirildiğinde, hammadde-örgü tipi etkisinin incelendiği kombinasyonlardan elde edilen sonuca benzer şekilde pamuk/poliester gömlek ve poliester iç giysi kumaş kombinasyonlarının terleme sırasında ölçülen düşük sürdürülen soğuma hızı değerleri ve terleme sonrası düşük kuruma süresi ve yoğunlaşan sıvı miktarı değerleri

ile ön plana çıktığı görülmektedir. Atkı sıklık seviyesi açısından yapılan değerlendirmeler sonucunda ise, sıkı kumaş yapısında diğerlerine göre oldukça yüksek kuruma süresi ve orta atkı sıklık seviyesinde yüksek termal direnç değerleri ölçüldüğü için gevşek kumaş yapısının ofis çalışanlarının gömlekleri için göreceli olarak avantajlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışmada terleyen termal manken kullanılarak iç giysi ve gömlektten oluşan seçilmiş giysi kombinasyonları için gömlek kumaşının atkı sıklık seviyesi, örgü tipi ve hammaddesinin; iç giysinin hammaddesi ve giysi kesiminin deri-iç giysi-gömlek-çevre sistemi içerisinde oluşan ısı ve su buharı transferi üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Bu amaçla terleyen termal mankenin üst vücudu ve gövdesi için oluşturulan giysi sistemlerinde termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerleri ölçülmüştür.

Terleyen termal mankenin kollarını da içeren üst vücudu için ölçülen termal direnç ve buharlaşma ısı kaybı değerlerinin gömlek kumaşının hammaddesi ve örgü tipinden etkilendiği ancak, gömlek kumaşının atkı sıklık seviyesinin bu özellikler üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Terleyen mankenin yalnızca göğüs ve sırtından oluşan gövdesi için yapılan ölçümlerde ise gömlek kumaşının özelliklerinin ısı ve su buharı transfer özellikleri üzerinde etkili olmadığı ancak, iç giysi özelliklerinden etkilendiği sonucuna varılmıştır. Buna bağlı olarak gömlek kumaşının insan vücudu ile doğrudan temas ettiği vücut bölgelerinde ısı ve sıvı transferini etkilerken, katlı giysi sistemlerinde dış katman olarak kullanıldığında yani deri ile doğrudan temas etmediğinde bu özellikler üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını söylemek mümkündür. Diğer taraftan yapılan termal manken testleri ile iç giysinin kesiminin giysi kombinasyonlarının hem termal direnç hem de buharlaşma ısı kaybı değerlerini, iç giysi kumaşının hammaddesinin ise yalnızca buharlaşma ısı kaybı değerlerini etkilediği ortaya konulmuştur. Bu bulguların tümü birlikte değerlendirildiğinde giysi kombinasyonları için giysi katmanları arasındaki hava tabakası kalınlığının/boyutlarının giysi kumaşının örgü tipi ve sıklığından daha büyük bir etkiye sahip olduğunu söylemek mümkündür.

Tek katlı kumaşlar ve kumaş kombinasyonlarının ısı ve su buharı/sıvı transfer özelliklerini belirlemeye yönelik olarak yapılan ölçümlerin giysilerin kullanım durumundaki termofizyolojik konfor özelliklerini tahminlemek için önemli katkılar sağladığı yadsınamaz bir gerçek olsa da, terleyen termal manken ölçümlerinden görüldüğü gibi, giysi kumaşlarının sahip olduğu dökümlülük değerleri ve giysi kesimi gibi parametreler nedeniyle vücut ve giysi katmanları arasında oluşan hava boşluklarının boyutları, giysiler arasındaki temas noktaları ve temas alanlarının değişim göstermesi giysi sistemlerinin ısı ve su buharı transfer özelliklerini değiştirmektedir. Bu durum giysi sistemlerinin ısı ve su buharı/sıvı transfer özellikleri incelenirken veya termofizyolojik konforu tahminlenirken bu faktörlerin de dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu parametreler üç boyutlu vücut tarayıcılarından elde edilen görüntüler işlenerek belirlenebilmektedir ancak, bu cihazların ve kullanılan yazılımların pahalı olması sebebiyle az sayıda bulunması ve çok katlı giysilerde görüntü alınmasının zor olması gibi sebeplerle bu parametrelerin tahmin edilmesine olanak sağlayabilecek simülasyon yöntemlerinin geliştirilmesinin bu alanda yapılan çalışmalara önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AATCC 79 (2014). *Absorbency of textiles*. North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists.
- AATCC 195 (2009). *Liquid moisture management properties of textile fabrics*. North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists.
- AATCC 197 (2013). *Vertical wicking of textiles*. North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists.
- AATCC 198 (2013). *Horizontal wicking of textiles*. North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists.
- AATCC 199 (2013). *Drying time of textiles: Moisture analyzer method*. North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists.
- AATCC 200 (2014). *Drying rate of textiles at their absorbent capacity: Air flow method*. North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists.
- AATCC 201 (2014). *Drying rate of fabrics: Heated plate method*. North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists.
- Adanur, S. (1995). *Wellington sears handbook of industrial textiles*. Pennsylvania: Technomic Publishing Company.
- Albright, L. F. (2008). *Albright's chemical engineering handbook*. Florida: CRC Press.
- Ansari, N. ve Kish, M. (2000). The wicking of water in yarn as measured by an electrical resistance technique. *Journal of the Textile Institute*, 91 (3), 410-419.
- Arabuli, S., Vlasenko, V., Havelka, A. ve Kus, Z. (2010). Analysis of modern methods for measuring vapor permeability properties of textiles. *TEXSCI 2010*. Liberec, Çek Cumhuriyeti.
- Arens, E. ve Zhang, H. (2006). The skin's role in human thermoregulation and comfort. N. Pan ve P. Gibson, (Ed.), *Thermal and moisture transport in fibrous*

- materials* içinde (560-597). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Asayesh, A. ve Maroufi, M. (2007). Effect of yarn twist on wicking of cotton interlock weft knitted fabric. *Indian Journal of Fiber and Textile Research*, 32, 373-376.
- Askeland, D., Fulay, P. ve Wright, W. (2011). *The science and engineering of materials*. Stamford, USA: Cengage Learning.
- ASTM D1576 - 13 (2013). *Standard test method for moisture in wool by oven-drying*. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D2495 - 07 (2012). *Standard test method for moisture in cotton by oven-drying*. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM E96 / E96M - 14 (2014). *Standard test methods for water vapor transmission of materials*. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM F1868-14 (2014). *Standard test method for thermal and evaporative resistance of clothing materials using a sweating hot plate*. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- Atasagun, H., Öner, E., Okur, A. ve Beden, A. (2015). A comprehensive study on the general performance properties of Viloft-blended knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 106 (5), 523-535.
- Babu, V. R., Koushik, C. V., Lakshmikantha, C. B. ve Subramanian, V. S. (2011). Capillary rise in woven fabrics by electrical principle. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 36, 99-102.
- Bakkevig, M. K. ve Nielsen, R. (1994). Impact of wet underwear on thermoregulatory responses and thermal comfort in the cold. *Ergonomics*, 37 (8), 1375-1389.

- Bakkevig, M. K. ve Nielsen, R. (1995). The impact of activity level on sweat accumulation and thermal comfort using different underwear. *Ergonomics*, 38 (5), 926-939.
- Bartels, V. T. ve Umbach, K. H. (2002). Water vapor transport through protective textiles at low temperatures. *Textile Research Journal*, 72 (10), 899-905.
- Bechtold, T., Caven, B. ve Wright, T. (2015). Sportswear for snow sports. R. Shishoo, (Ed.), *Textiles for sportswear* içinde (245-267). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Bedek, G., Salaün, F., Martinkovska, Z., Devaux, E. ve Dupont, D. (2011). Evaluation of thermal and moisture management properties on knitted fabrics and comparison with a physiological model in warm conditions. *Applied Ergonomics*, 42, 792-800.
- Behera, B., Ishtiaque, S. ve Chand, S. (1997). Comfort properties of fabrics woven from ring-, rotor-, and friction-spun yarns. *Journal of the Textile Institute*, 88 (3), 255-264.
- Behera, B. K. ve Mishra, R. (2007). Comfort properties of non-conventional light weight worsted suiting fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 32, 72-79.
- Bejan, A., Dincer, I., Lorente, S., Miguel, A. ve Reis, A. (2004). *Porous and complex flow structures in modern technologies*. New York: Springer-Verlag.
- Bencsik, M., Adriaensen, H., Brewer, S. ve McHale, G. (2008). Quantitative NMR monitoring of liquid ingress into repellent heterogeneous layered fabrics. *Journal of Magnetic Resonance*, 193 (1), 32-36.
- Bivainytė, A. ve Mikučionienė, D. (2011a). Investigation on the dynamic water absorption of double-layered weft knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19, 6 (89), 64-70.

- Bivainytė, A. ve Mikučionienė, D. (2011b). Investigation on the air and water vapour permeability of double-layered weft knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19, 3 (86), 69-73.
- Björnham, O. ve Sundqvist, T. (2000). *Measuring and modelling of humidity penetration in an electronic control unit*. Umea, İsveç: Umea Üniversitesi.
- Brazaitis, M., Kamandulis, S., Skurvydas, A. ve Daniusevičiūtė, L. (2010). The effect of two kinds of T-shirts on physiological and psychological thermal responses during exercise and recovery. *Applied Ergonomics*, 42 (1), 46-51.
- Brunauer, S., Deming, L. S., Deming, W. E. ve Teller, E. (1940). On a theory of the van der waals adsorption of gases. *Journal of The American Chemical Society*, 62 (7), 1723-1732.
- BS 3424-18 (1986). *Testing coated fabrics. Methods 21A and 21B. Methods for determination of resistance to wicking and lateral leakage*. London: British Standards Institution.
- BS 3449 (1990). *Method for resistance of fabrics to water absorption (Static immersion test)*. London: British Standards Institution.
- BS 7209 (1990). *Specification for water vapour permeable apparel fabrics*. London: British Standards Institution.
- Cassie, A. ve Baxter, S. (1944). Wettability of porous surfaces. *Transactions of the Faraday Society*, 40, 546-551.
- Celcar, D. (2014). A subjective evaluation of the thermal comfort of clothing evaluated in cold environment. *Hemičara, Tehnologa I Ekologa*, 10, 65-71.
- Celcar, D., Meinander, H. ve Geršak, J. (2008a). A study of the influence of different clothing materials on heat and moisture transmission through clothing materials, evaluated using a sweating cylinder. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 20 (2), 119-130.

- Celcar, D., Meinander, H. ve Geršak, J. (2008b). Heat and moisture transmission properties of clothing systems evaluated by using a sweating thermal manikin under different environmental conditions. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 20 (4), 240-252.
- Chatterjee, P. ve Gupta, B. (2002). *Absorbent technology*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science BV.
- Chen, Y. S., Fan, J., Qian, X. ve Zhang, W. (2004). Effect of garment fit on thermal insulation and evaporative resistance. *Textile Research Journal*, 74 (8), 742-748.
- Choi, J. W., Lee, J. Y. ve Kim, S. Y. (2003). Effects of thermal underwear on thermal and subjective responses in winter. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 22 (1), 29-36.
- Clark, M. (2008). *Integrated measures of comfort for athletic performance apparel using a sweating*. Yüksek Lisans Tezi, North Carolina State Üniversitesi, Raleigh, US.
- Cotton Incorporated (2015). *Wicking Windows™*. 7 Haziran 2015, [http://www.cottoninc.com/product/Product-Technology/Moisture Management/Wicking-Windows/Technology/](http://www.cottoninc.com/product/Product-Technology/Moisture-Management/Wicking-Windows/Technology/)
- D'Silva, A. P., Greenwood, C., Anand, S. C., Holmes, D. H. ve Whatmough, N. (2000). Concurrent determination of absorption and wickability of fabrics: A new test method. *Journal of the Textile Institute*, 91 (3), 383-396.
- Dai, X. Q., Imamura, R., Liu, G. L. ve Zhou, F. P. (2008). Effect of moisture transport on microclimate under T-shirts. *European Journal of Applied Physiology*, 104 (2), 337-340.
- Das, B., Das, A., Kothari, V., Fanguiero, R. ve Araújo, M. (2007a). Moisture transmission through textiles Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play. *AUTEX Research Journal*, 7 (2), 100-110.

- Das, B., Das, A., Kothari, V., Fangueiro, R. ve Araujo, M. (2007b). Moisture transmission through textiles Part II: Evaluation methods and mathematical modelling. *AUTEX Research Journal*, 7 (3), 194-216.
- Das, B., Das, A., Kothari, V., Fangueiro, R. ve Araujo, M. (2009a). Studies on moisture transmission properties of PV-blended fabrics. *The Journal of the Textile Institute*, 100 (7), 588-597.
- Das, B., Das, A., Kothari, V., Fangueiro, R. ve Araujo, M. (2009b). Moisture flow through blended fabrics - Effect of hydrophilicity. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4 (4), 20-28.
- Das, A. ve Alagirusamy, R. (2010). *Science in clothing comfort*. New Delhi, India: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Dikicioğlu, A. (2011). Malzeme bilimi: *Kristal yapı - Yayınma*. 7 Haziran 2015, <http://web.itu.edu.tr/~dikicioglu/WEBMAL201/Mal201KristalYapiYayinma%282%29.pdf>
- DIN 53924 (1997). *Testing of textiles - Velocity of soaking water of textile fabrics (method by determining the rising height)*. Berlin: German Institute for Standardization.
- Drirelease. (2015). *Drirelease fabric technology*. 7 Haziran 2015, <http://drirelease.com/fabric-technology/>
- Erbil, H. (2006). *Surface chemistry of solid and liquid interfaces*. Oxford, USA: Blackwell Publishing Ltd.
- Erdumlu, N. ve Saricam, C. (2013). Wicking and drying properties of conventional ring-and vortex-spun cotton yarns and fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 104 (12), 1284-1291.
- Fan, J., Luo, Z. ve Li, Y. (2000). Heat and moisture transfer with sorption and condensation in porous clothing assemblies and numerical simulation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43 (16), 2989-3000.

- Fan, J. ve Qian, X. (2004). New functions and applications of walter, the sweating fabric manikin. *European Journal of Applied Physiology*, 92 (6), 641-644.
- Fan, J. ve Tsang, H. W. (2008). Effect of clothing thermal properties on the thermal comfort sensation during active sports. *Textile Research Journal*, 78 (2), 111-118.
- Fangueiro, R., Filgueiras, A., Soutinho, F. ve Meidi, X. (2010). Wicking behavior and drying capability of functional knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 80 (15), 1520-1530.
- Farnworth, B. ve Dolhan, P. A. (1985). Heat and water transport through cotton and polypropylene underwear. *Textile Research Journal*, 55 (10), 627-630.
- Fiber Source (2015). *Microfiber*. 4 Ağustos 2015, <http://www.fibersource.com/f-tutor/micro.htm#2>
- Fourt, L., Sookne, A., Frishman, D. ve Harris, M. (1951). The rate of drying of fabrics. *Textile Research Journal*, 21 (1), 26-33.
- Frydrych, I., Dziworska, G. ve Bilska, J. (2002). Comparative analysis of the thermal insulation properties of fabrics made of natural and man-made cellulose fibres. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 10 (4), 40-44.
- FTTS-FA-004 (2011). *Specified requirements of moisture transferring & quick drying textile*. Taipei County: The Committee of Conformity Assessment of Accreditation and Certification on Functional and Technical Textiles.
- Fukazawa, T., Lee, G., Matsuoka, T., Kano, K. ve Tochihara, Y. (2004). Heat and water vapour transfer of protective clothing systems in a cold environment, measured with a newly developed sweating thermal manikin. *European Journal of Applied Physiology*, 92 (6), 645-648.
- Fuzek, J. (1981). Some factors affecting the comfort assessment of knit T-shirts. *Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development*, 20 (2), 254-259.

- Garmatex. (2015). *MST*. 3 Şubat 2015, <http://www.garmatex.com/building-blocks/mst/>
- Gericke, A. ve Pol, J. (2010). A comparative study of regenerated bamboo, cotton and viscose rayon fabrics. Part 1: Selected comfort properties. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences*, 38, 63-73.
- Ghali, K., Ghaddar, N. ve Jones, B. (2006). Phase changes in fabrics. N. Pan ve Gibson, P. (Ed.), *Thermal and moisture transport in fibrous materials* içinde (402-422). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Guo, Y., Li, Y., Tokura, H., Wong, T., Chung, J., Wong, A. S. ve diğer. (2008). Impact of fabric moisture transport properties on physiological responses when wearing protective clothing. *Textile Research Journal*, 78 (12), 1057-1069.
- Gupta, D., Srivastava, A. ve Kale, S. (2013). Thermal properties of single and double layer fabric assemblies. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 38 (4), 387-394.
- Haghi, A. (2011). *Heat & mass transfer in textiles*. Montreal, Canada: World Scientific and Engineering Academy and Society.
- Haghi, A. (2012). Mechanism of heat and mass transfer in moist porous materials. *Jurnal Teknologi*, 36 (1), 1-16.
- Hailwood, A. ve Horrobin, S. (1946). Absorption of water by polymers: Analysis in terms of a simple model. *Transactions of the Faraday Society*, 42, 84-92.
- Henri, J. (2012). *The sweating thermal manikin Coppelious*. 10 Eylül 2013, <http://www.tut.fi/en/about-tut/departments/materials-science/research/research-equipment/fibre-and-textile-material-processing-and-testing/sweating-manikin-coppelius/index.htm>
- Henry, P. S. H. (1939). Diffusion in absorbing media. *Proceedings of The Royal Society of London A: Mathematical, physical and engineering sciences* içinde (215-241). The Royal Society.

- Hes, L. ve Araujo, M. (2010). Simulation of the effect of air gaps between the skin and a wet fabric on resulting cooling flow. *Textile Research Journal*, 80 (14), 1488-1497.
- Holcombe, B. V. ve Hoschke, B. N. (1983). Dry heat transfer characteristics of underwear fabrics. *Textile Research Journal*, 53 (6), 368-374.
- Holmer, I. (2004). Thermal manikin history and applications. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 614-618.
- Hong, K., Hollies, N. R. ve Spivak, S. M. (1988). Dynamic moisture vapor transfer through textiles Part I: Clothing hygrometry and the influence of fiber type. *Textile Research Journal*, 58, 697-706.
- Hsieh, Y. (1995). Liquid transport in fabric structures. *Textile Research Journal*, 65 (5), 299-307.
- Hu, J., Li, Y., Yeung, K.-W., Wong, A. S. ve Xu, W. (2005). Moisture management tester: a method to characterize fabric liquid moisture management properties. *Textile Research Journal*, 75 (1), 57-62.
- Hu, J., Li, Y. ve Yeung, K. (2006). Water vapor transfer. Y. Li ve A. Wong, (Ed.), *Clothing biosensory engineering* içinde, (206-217). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Hu, J. (2008). *Fabric testing*. Woodhead Publishing Series in Textiles No. 76. Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Huang, J. ve Qian, X. (2008). Comparison of test methods for measuring water vapor permeability of fabrics. *Textile Research Journal*, 78 (4), 342-352.
- Huang, J. ve Chen, Y. (2010). Effects of air temperature, relative humidity, and wind speed on water vapor transmission rate of fabrics. *Textile Research Journal*, 80, 422-428.

Human Anatomy & Physiology and Renal Disorders (2013). *Physiology of sweating or hidrosis*. 28 Ağustos 2013, <http://renaldisorders.blogspot.com/2008/11/physiology-of-sweating-or-hidrosis.html>

Hyosung (2015). *Aerocool*. 7 Haziran 2015, http://pi.hyosung.com/pi_eng/fiber/polyester/special_02.do

Invista (2015). *Coolmax*. 7 Haziran 2015, <http://www.invista.com/en/brands/coolmax.html>.

Jhanji, Y., Gupta, D. ve Kothari, V. K. (2015). Comfort properties of plated knitted fabrics with varying fibre type. *Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR)*, 40 (1), 11-18.

Jiao, J., Yao, L., Lau, K. W. ve Li, Y. (2009). Effects of clothing wicking and moisture management characteristics on perception of breathable-airtight. *LiJS, LiJS, ChenAZ, eds. Textile Bioengineering and Informatics Symposium Proceedings* içinde (640-644). Hong Kong.

JIS L 1907 (2010). *Testing methods for water absorbency of textiles*. Tokyo: Japanese Industrial Standards Committee.

Jun, Y., Park, C., Shim, H. ve Kang, T. (2009). Thermal comfort properties of wearing caps from various textiles. *Textile Research Journal*, 79 (2), 179-189.

Jun, Y., Park, C. H. ve Kang, T. J. (2010). Effect of heat and moisture transfer properties on microclimate and subjective thermal comfort of caps. *Textile Research Journal*, 80 (20), 2195-2203.

Kabza, K., Gestwicki, J. ve McGrath, J. (2000). Contact angle goniometry as a tool for surface tension measurements of solids, using zisman plot method. a physical chemistry experiment. *Journal of Chemical Education*, 77 (1), 63-65.

Kandhavadivu, P., Rathinamoorthy, R. ve Surjit, R. (2014). Thermoregulatory characteristics of bamboo/lyocell union fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 39 (4), 386-393.

- Kandi, I., Das, K. N. ve Mahish, S. S. (2013). Thermo-physiological comfort properties of P/B blended suiting fabrics. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2 (12), 7620-7629.
- Kaplan, S. ve Okur, A. (2009). Determination of coolness and dampness sensations created by fabrics by forearm test and fabric measurements. *Journal of Sensory Studies*, 24 (4), 479-497.
- Karahan, M. ve Eren, R. (2006). Experimental investigation of the effect of fabric parameters on static water absorption in terry fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14 (2), 59.
- Kaynaklı, Ö. ve Kılıç, M. (2004). Vazodilatasyonun insan fizyolojisine etkisi ve terleme ile karşılaştırılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9 (1), 183-194.
- Keiser, C., Becker, C. ve Rossi, R. M. (2008). Moisture transport and absorption in multilayer protective clothing fabrics. *Textile Research Journal*, 78 (7), 604-613.
- Kumar, B. ve Das, A. (2014). Design and development of a Computerized Wicking Tester for longitudinal wicking in fibrous assemblies. *The Journal of The Textile Institute*, 105 (8), 850-859.
- Laughlin, R. ve Davies, J. (1961). Some aspects of capillary absorption in fibrous textile wicking. *Textile Research Journal*, 31 (10), 904-910.
- Li, Y. (1997). Sensory comfort: Fabric transport properties and subjective responses during exercise under cool and hot environmental conditions. *Research Journal of Textile and Apparel*, 1 (1), 84-93.
- Li, Y. ve Holcombe, B. (1998). Mathematical simulation of heat and moisture transfer in a human-clothing-environment system. *Textile Research Journal*, 68 (6), 389-397.
- Li, Y. ve Luo, Z. (2000). Physical mechanisms of moisture diffusion into hygroscopic fabrics during humidity transients. *Journal of The Textile Institute*, 91-1 (2), 302-316.

- Li, C., Wang, L. ve Ren, R. (2005). Research on evaluating the indices of dynamic fabric heat and moisture comfort. *Journal of Industrial Textiles*, 34 (4), 255-272.
- Long, H. (1999). Water transfer properties of two-layer weft knitted fabric. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11 (4), 198-205.
- Lower, S. (2011). *General chemistry virtual textbook*. 23 Haziran 2011, <http://www.chem1.com/acad/webtext/states/liquids.html>
- Lucas, R. (1918). Rate of capillary ascension of liquids. *Kolloid-Zeitschrift*, 23, 15-22.
- Mahish, S. S., Patra, A. K. ve Thakur, R. (2012). Functional properties of bamboo/polyester blended knitted apparel fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 37 (3), 231.
- Manshahia, M. ve Das, A. (2014). Thermophysiological comfort characteristics of plated knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 105 (5), 509-519.
- Mark, A. (2013). *The impact of the individual layers in multi-layer clothing systems on the distribution of the air gap thickness and contact area*. Yüksek Lisans Tezi, Albstadt-Sigmaringen Üniversitesi, Albstadt, Almanya.
- Masoodi, R. ve Pillai, K. (2010). Darcy's law-based model for wicking in paper-like swelling porous media. *AIChE Journal*, 56 (9), 2257-2267.
- Matusiak, M. ve Kowalczyk, S. (2014). Thermal-insulation properties of multilayer textile packages. *Autex Research Journal*, 14 (4), 299-307.
- Mayoclinic (2013). *Hyperhidrosis (Excessive sweating)*. 7 Haziran 2013, <http://www.mayoclinic.com/health/medical/IM00027>
- Mazlounpour, M., Ansari, N. ve Hemmatinejad, N. (2007). Wetting behaviour of raw and water-repellent cotton fabrics using wetting kinetic measurements. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 32, 93-98.

- Mazloupour, M., Rahmani, F., Ansari, N., Nosrati, H. ve Rezaei, A. (2011). Study of wicking behavior of water on woven fabric using magnetic induction technique. *The Journal of The Textile Institute*, 102 (7), 559-567.
- McCullough, E., Kwon, M. ve Shim, H. (2003). A comparison of standard methods for measuring water vapour permeability of fabrics. *Measurement Science and Technology*, 14, 1402-1408.
- Meinander, H. (1999). Proceedings of the Third International Meeting on Thermal Manikin Testing 3IMM. *Extraction of Data from Sweating Manikin Tests* (96-99). Stockholm: National Institute for Working Life.
- Meng, F., Ng, S. F. F., Hui, C. L. P., Li, Y. ve Hu, J. Y. (2011). An objective method to characterize moisture management properties of disposable diaper. *Textile Research Journal*, 81 (16), 1647-1654.
- Militky, J., Vik, M., Vikova, M. ve Kremenakova, D. (2004). Influence of fabric construction on their porosity and air permeability. *Proceedings of 2nd SIENTEX Conference "International Symposium of Textile Engineering"* (1-18). Brasil.
- Morent, R., De Geyter, N., Leys, C., Vansteenkiste, E., De Bock, J. ve Philips, W. (2006). Measuring the wicking behavior of textiles by the combination of a horizontal wicking experiment and image processing. *Review of Scientific Instruments*, 77 (9), 1-6.
- Mukhopadhyay, S. ve Ramakrishnan, G. (2008). *Microfibres*. 40 (1), London: Textile Progress, The Textile Institute International, Taylor and Francis Publishing.
- Nagata, H. (1978). Evaporative heat loss and clothing. *Journal of Human Ergology*, 7 (2), 169-175.
- Namligoz, E. S., Coban, S. ve Bahtiyari, M. I. (2010). Comparison of moisture transport properties of the various woven fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20, 93–100.

- National Research Council. (2008). *Soldier protective clothing and equipment: feasibility of chemical testing using a fully articulated robotic mannequin*. Washington: The National Academic Press.
- Nayak, R., Punj, S., Chatterjee, K. ve Behera, B. (2009). Comfort properties of suiting fabrics. *Indian Journal of Fibre ve Textile Research*, 34, 122-128.
- Needles, H. (1986). *Textile fibers, dyes, finishes, and processes: A concise guide*. New Jersey, USA: Noyes Publications.
- Ng, S. ve Hui, C. (2005). Comfort sensations of cotton woven shirts with and without nano-finish. *Journal of the Textile Institute*, 96 (4), 257-260.
- Niedermann, R. ve Rossi, R. M. (2012). Objective and subjective evaluation of the human thermal sensation of wet fabrics. *Textile Research Journal*, 82 (4), 374-384.
- Nielsen, R., Gavhed, D. C. ve Nilsson, H. (1989). Thermal function of a clothing ensemble during work: Dependency on inner clothing layer fit. *Ergonomics*, 32 (12), 1581-1594.
- Nilit (2015). *Nilit Aquarious*. 26 Şubat 2015, <http://www.nilit.com/fibers/AppFiles/Brochures/Aquarius.pdf>
- Ogniewicz, Y. ve Tien, C. L. (1981). Analysis of condensation in porous insulation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 24 (3), 421-429.
- Oğlakçioğlu, N. ve Marmaralı, A. (2007). Thermal comfort properties of some knitted structures. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15 (5-6), 64-65.
- Okubayashi, S., Griesser, U. ve Bechold, T. (2004). A kinetic study of moisture sorption and desorption on lyocell fibers. *Carbohydrate Polymers*, 58 (3), 293-299.
- Onofrei, E., Rocha, A. ve Catarino, A. (2011). The influence of knitted fabrics' structure on the thermal and moisture management properties. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 6 (4), 10-22.

- Öner, E., Atasağun, H. G., Okur, A., Beden, A. R. ve Durur, G. (2013). Evaluation of moisture management properties on knitted fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 104 (7), 699-707.
- Öner, E. ve Okur, A. (2013). The effect of different knitted fabrics' structures on the moisture transport properties. *Journal of The Textile Institute*, 104 (11), 1164-1177.
- Öner, E. ve Okur, A. (2014). Thermophysiological comfort properties of selected knitted fabrics and design of T-shirts. *The Journal of The Textile Institute*, (Online published 24.12.2014), DOI: 10.1080/00405000.2014.995931, 1-12.
- Öztürk, M. K., Nergis, B. ve Candan, C. (2011). A study of wicking properties of cotton-acrylic yarns and knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 81 (3), 324-328.
- Pan, N. ve Sun, Z. (2006). Essentials of psychrometry and capillary hydrostatistics. N. Pan ve P. Gibson, (Ed.), *Thermal and moisture transport in fibrous materials* içinde (102-136). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Pan, N. ve Zhong, W. (2006). *Fluid transport phenomena in fibrous materials*. Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Pappas, D., Copeland, C. ve Jensen, R. (2007). *Wettability tests of polymer films and fabrics and determination of their surface energy by contact-angle methods*. US: Army Research Laboratory.
- Patnaik, A., Rengasamy, R., Kothari, V. ve Ghosh, A. (2006). *Wetting and wicking in fibrous materials*. London: Textile Progress, The Textile Institute International, Taylor and Francis Publishing.
- Petrulyte, S. ve Baltakyte, R. (2009). Liquid sorption and transport in woven structures. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17 (2), 73, 39-45.
- Petrusic, S., Onofrei, E., Bedek, G., Codau, C., Dupont, D. ve Soulat, D. (2015). Moisture management of underwear fabrics and linings of firefighter protective

- clothing assemblies. *The Journal of The Textile Institute*, (Online published 02.01.2015), DOI: 10.1080/00405000.2014.995457, 1-12.
- Perwuelz, A., Mondon, P. ve Caze, C. (2000). Experimental study of capillary flow in yarns. *Textile Research Journal*, 70 (4), 333-339.
- Plante, A., Holcombe, B. ve Stephens, L. (1995). Fiber hygroscopicity and perceptions of dampness; Part 1: Subjective trials. *Textile Research Journal*, 65 (5), 293-298.
- Polartec (2015). *Polartec® Power Dry® High Efficiency™*, 7 Haziran 2015, <https://www.discoverytrekking.com/pdfs/powerdry%20high%20efficiency.pdf>
- Prahsarn, C., Barker, R. L. ve Gupta, B. S. (2005). Moisture vapor transport behavior of polyester knit fabrics. *Textile Research Journal*, 75 (4), 346-351.
- Prakash, C., Ramakrishnan, G. ve Koushik, C. V. (2013). Effect of blend proportion on moisture management characteristics of bamboo/cotton knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 104 (12), 1320-1326.
- Psikuta, A., Frackiewicz-Kaczmarek, J., Frydrych, I. K. ve Rossi, R. M. (2012). Quantitative evaluation of air gap thickness and contact area between body and garment. *Textile Research Journal*, 82 (14), 1405-1413.
- Purusthotaman, A. (2009). *New understandings on moisture vapor transport of fibrous assemblies*. Doktora Tezi, Texas Tech Üniversitesi, Texas, US.
- Raven, P., Wasserman, D., Squires, W. ve Murray, T. (2012). *Exercise physiology*. Cengage Learning.
- Qu, M., He, J. ve Zhang, J. (2010). Superhydrophobicity, learn from the lotus leaf. A. Mukherjee, (Ed.), *Biomimetics learning from nature* içinde (325-342). InTech.
- Raja, D., Koushik, C. V., Ramakrishnan, G., Subramaniam, V. ve Ramesh Babu, V. (2012). Measuring in-plane liquid spread in fabric using an embedded image processing technique. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20, 4 (93), 72-76.

- Raja, D., Babu, V. R., Senthilkumar, M., Ramakrishnan, G. ve Kannan, N. (2014). A dynamic sweat transfer tester for analyzing transverse sweat transfer properties of multi-weave structure fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 44 (2), 211-231.
- Raja, D., Ramakrishnan, G., Babu, V. R., Senthilkumar, M. ve Sampath, M. B. (2014). Comparison of different methods to measure the transverse wicking behaviour of fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 43 (3), 366-382.
- Ramachandran, T. ve Sampath, M. (2007). Study of moisture management finish on woven fabrics. *Proceedings of ATNT*. Coimbatore, Hindistan.
- Ramakrishnan, G., Dhurai, B. ve Mukhopadhyay, S. (2009). An investigation into the properties of knitted fabrics made from viscose microfibers. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 6 (1), 1-9.
- Rengasamy, R. (2006). Wetting phenomena in fibrous materials. N. Pan ve P. Gibson, (Ed.), *Thermal and moisture transport in fibrous materials* içinde (156-188). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Richards, M. G., Rossi, R., Meinander, H., Broede, P., Candas, V., den Hartog, E. ve diğer. (2008). Dry and wet heat transfer through clothing dependent on the clothing properties under cold conditions. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 14 (1), 69-76.
- Richards, M. ve Mattle, N. (2002). *A sweating agile thermal manikin (SAM) developed to test complete clothing systems under normal and extreme conditions*. St. Gallen, Switzerland.
- Rossi, R. M., Gross, R ve May, H. (2004). Water vapor transfer and condensation effects in multilayer textile combinations. *Textile Research Journal*, 74 (1), 1-6.
- Rossi, R. M., Stämpfli, R., Psikuta, A., Rechsteiner, I. ve Brühwiler, P. A. (2011). Transplanar and in-plane wicking effects in sock materials under pressure. *Textile Research Journal*, 81 (15), 1549-1558.

- Rossi, R. M. ve Psikuta, A. (2012). Assessment of the coupled heat and mass transfer through protective garments using manikins and other advanced measurement devices. *Intelligent textiles and clothing for ballistic and NBC protection* içinde (83-98). Springer Netherlands.
- Salaun, F., Devaux, E., Bourbigot, S. ve Rumeau, P. (2009). Application of contact angle measurement to the manufacture of textiles containing microcapsules. *Textile Research Journal*, 79 (13), 1202-1212.
- Sampath, S. ve Senthilkumar, M. (2009). Effect of moisture management finish on comfort characteristics of microdenier polyester knitted fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 39 (2), 163-173.
- Sampath, M. B., Mani, S. ve Nalankilli, G. (2011). Effect of filament fineness on comfort characteristics of moisture management finished polyester knitted fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 41 (2), 160-173.
- Saricam, C. ve Kalaoglu, F. (2014). Investigation of the wicking and drying behaviour of polyester woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 22 (3), 73-78.
- Sarkar, M., Fan, J. ve Qian, X. (2007). Transplanar water transport tester for fabrics. *Measurement Science and Technology*, 18 (5), 1465-1471.
- Schaller, M. ve Plewig, G. (2003). Structure and function of eccrine, apocrine, apoecrine and sebaceous glands. *Dermatology*, 1, 525-30.
- Schlereth, T., Dieterich, M. ve Birklein, F. (2009). Hyperhidrosis—Causes and treatment of enhanced sweating. *Deutsches Arzteblatt International*, 106 (3), 32-37.
- Schoeller Tech. (2015). 3XDRY. 8 Haziran 2015, <http://www.schoeller-tech.com/textil-technologien/3xdry/#all>
- Schuster, K., Suchomel, F., Männer, J., Abu-Rous, M. ve Firgo, H. (2006). Functional and comfort properties of textiles from TENCEL fibres resulting from

the fibres water-absorbing nanostructure: A review. *Macromolecular Symposia* (149-165). Wiley-Vch.

SDL Atlas. (2015). *Drying rate tester*. 8 Haziran 2015, http://www.sdlatlas.com/media/manuals/eng_M290DR_Drying%20Rate%20Tester.pdf

Shabaridharan M., Das, A. ve Gersak, J. (2014). Physiological responses of different types clothing in cold weather condition-A wear trial study. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 39, 33-42.

Sharabaty, T., Biguenet, F., Dupuis, D. ve Viallier, P. (2008). Investigation on moisture transport through polyester/cotton fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 33, 419-425.

She, F. ve Kong, L. (2000). Theoretical investigation of heat and moisture transfer through porous textile materials. *Research Journal of Textile and Clothing*, 4 (1), 37-41.

Sing, K. (1982). *Reporting physisorption data for gas/solid systems*. Great Britain: Pure and Applied Chemistry.

Singh, K. V. P., Chatterjee, A. ve Das, A. (2010a). Study on physiological comfort of fabrics made up of structurally modified friction-spun yarns: Part I - Vapour transmission. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 35 (1), 31-37.

Singh, K. V., Chatterjee, A. ve Das, A. (2010b). Study on physiological comfort of fabrics made up of structurally modified friction-spun yarns: Part II – Liquid transmission. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 35, 134-138.

Song, G. (2007). Clothing air gap layers and thermal protective performance in single layer garment. *Journal of Industrial Textiles*, 36 (3), 193-205.

Steele, R. (1958). Factors affecting the drying of apparel fabrics Part I: Drying behavior. *Textile Research Journal*, 28 (2), 136-144.

- Stein, J. (2014). *Biomaterials tutorial: Contact angle*. 2 Mart 2015, <http://www.uweb.engr.washington.edu/research/tutorials/contact.html>
- Stevens, K. ve Fuller, M. (2015). Thermoregulation and clothing comfort. J. McCann ve D. Bryson, (Ed.), *Textile-led design for the active ageing population* içinde (117-137). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Subramanian, S., Venkatachalam, A. ve Subramaniam, V. (2007). Wicking behaviour of regular ring, jet ring-spun and other types of compact yarns. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 32 (2), 163-168.
- Sun, Z. ve Pan, N. (2006). Thermal conduction and moisture diffusion in fibrous materials. N. Pan ve P. Gibson, (Ed.), *Thermal and moisture transport in fibrous materials* içinde (225-271). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Svennberg, K. ve Wadsö, L. (2008). Sorption isotherms for textile fabrics, foams and batting used in the indoor environment. *Journal of Textile Institute*, 99 (2), 125-132.
- SympaTex (2015). *Moisture-Tech*. 2 Mart 2015, <http://sympatex.com/en/technologies/294/moisture-tech>
- Taheri, M., Vadood, M. ve Johari, M. (2013). Investigating the effect of yarn count and twist factor on the packing density and wicking height of lyocell ring-spun yarns. *Fibers and Polymers*, 14 (9), 1548-1555.
- Tanabe, S., Arens, E., Bauman, F., Zhang, H. ve Madsen, T. (1994). Evaluating thermal environments by using a thermal manikin with controlled skin surface temperature. *ASHRAE Transactions*, 100 (1), 39-48.
- Tang, K. M., Kan, C. ve Fan, J. (2014a). *Evaluation of water absorption and transport property of fabrics*. London: Textile Progress, The Textile Institute International, Taylor and Francis Publishing.

- Tang, K. M., Kan, C. ve Fan, J. (2014b). Assessing and predicting the subjective wetness sensation of textiles: Subjective and objective evaluation. *Textile Research Journal*, (Online published 07.11.2014), DOI: 10.1177/0040517514555799, 1-12.
- Taylor, N. (2000). Sweating in extreme environments: Heat loss, heat adaptation, body-fluid distribution and thermal strain. *International Conference of Physiological and Cognitive Performance in Extreme Environments* (32-35). Maryland: US Army Medical Research and Materiel Command Fort Detrick.
- Teijin Frontier Co Ltd. (2015). *Microft® QD*. 3 Şubat 2015, <http://www2.teijin-frontier.com/english/sozai/specifics/aqua-dry.html>
- Timar-Balazsy, A. ve Eastop, D. (2011). *Chemical principles of textile conservation*. New York, US: Routledge.
- Tırnaksız, F. (2009). *Modern farmasötik teknoloji (Difüzyon)*. Ankara: TEB Eczacılık Akademisi.
- Troynikov, O. ve Wardiningsih, W. (2011). Moisture management properties of wool/polyester and wool/bamboo knitted fabrics for the sportswear base layer. *Textile Research Journal*, 81 (6), 621-631.
- TS EN ISO 11092 (2014). *Tekstil - Fizyolojik özelliklerin tayini - Kararlı şartlarda ısı direncin ve su buharına karşı direncin ölçülmesi (buğuya karşı korunmuş kızgın plaka deneyi)*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN ISO 139 (2006). *Tekstil - Kondisyonlama ve deneyler için standard atmosfer şartları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN ISO 15496 (2005). *Tekstil - Tekstillere su buharı geçirgenliğinin kalite kontrol amaçları için ölçülmesi*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN ISO 15831 (2004). *Giyeceler - Fizyolojik etkiler - Isıl manken aracılığıyla ısı yalıtımının ölçülmesi*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

- TS EN ISO 2061:2010 (2011). *Tekstil - İpliklerde büküm tayini- Doğrudan sayma metodu*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 391 EN ISO 9237 (1999). *Tekstil - Kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 7128 EN ISO 5084 (1998). *Tekstil - Tekstil ve tekstil mamullerinin kalınlık tayini*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN ISO 9073-6 (2004). *Dokusuz kumaşlar için deney yöntemleri - Bölüm 6: Absorpsiyon*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN ISO 9073-9 (2009). *Dokusuz kumaşlar için deney yöntemleri - Bölüm 9: Döküm katsayısının tayini*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Turan, R. ve Okur, A. (2012). Investigation of pore parameters of woven fabrics by theoretical and image analysis methods. *Journal of The Textile Institute*, 103 (8), 875-884.
- Tyagi, G., Bhattacharya, S. ve Kherdekar, G. (2011). Comfort behaviour of woven bamboo-cotton ring and MJS yarn fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 36 (1), 47.
- Uçar, N., Onbaşı, Ç., Demir, A., Şen, B., Pehlivaner, Ö. ve Koç, O. (2010). Yeni geliştirilmiş kompozit bir lifin su buharı emme performansı. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 20 (1), 4-8.
- Voelker, C., Hoffmann, S., Kornadt, O., Arens, E., Zhang, H. ve Huizenga, C. (2009). Heat and moisture transfer through clothing. *IBPSA Building Simulation 2009* (1361-1366). Strathclyde Üniversitesi, Glasgow, Scotland.
- Wang, F. (2008). A comparative introduction on sweating thermal manikin “Newton” and “Walter”. *7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting* (1-7). Coimbra Üniversitesi, Portekiz.

- Wang, Y., Zhang, Z., Li, J. ve Zhu, G. (2013). Effects of inner and outer clothing combinations on firefighter ensembles' thermal-and moisture-related comfort levels. *Journal of The Textile Institute*, 104 (5), 530-540.
- Wang, F., Annaheim, S., Morrissey, M. ve Rossi, R. M. (2014). Real evaporative cooling efficiency of one-layer tight-fitting sportswear in a hot environment. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24 (3), 129-139.
- Wardinarsih, W. ve Troynikov, O. (2012). Influence of cover factor on liquid moisture transport performance of bamboo knitted fabrics. *Journal of The Textile Institute*, 103 (1), 89-98.
- Washburn, E. (1921). The dynamics of capillary flow. *Physical Review*, 17 (3), 273-283.
- Weder, M., Brühwiler, P. A., Herzig, U., Huber, R., Frei, G. ve Lehmann, E. (2004). Neutron radiography measurements of moisture distribution in multilayer clothing systems. *Textile Research Journal*, 74 (8), 695-700.
- Weder, M., Brühwiler, P. ve Laib, A. (2006). X-ray tomography measurements of the moisture distribution in multilayered clothing systems. *Textile Research Journal*, 76 (1), 18-26.
- Wehner, J. A., Rebenfeld, L. ve Miller, B. (1985). *Dynamic moisture sorption and transport characteristics of textile materials*. Lenzinger Berichte.
- Wenzel, R. (1936). Resistance of solid surfaces to wetting by water. *Industrial & Engineering Chemistry*, 28 (8), 988-994.
- Wikipedia (2011). *Laplace equation*. 2 Şubat 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/Young%E2%80%93Laplace_equation.
- Wong, A. S. W. ve Li, Y. (2004). Relationship between thermophysiological responses and psychological thermal perception during exercise wearing aerobic wear. *Journal of Thermal Biology*, 29 (7), 791-796.

- Wu, H. ve Fan, J. (2008). Study of heat and moisture transfer within multi-layer clothing assemblies consisting of different types of battings. *International Journal of Thermal Sciences*, 47 (5), 641-647.
- Wu, H. Y., Zhang, W. Y. ve Li, J. (2009). Study on improving the thermal-wet comfort of clothing during exercise with an assembly of fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17 (4), 75, 46-51.
- Yao, B., Li, Y. ve Hu, J. (2008). Performance of moisture management tester for characterizing the dynamic liquid moisture transport properties of textile materials. *Textile Bioengineering and Informatics Symposium Proceedings* içinde, (724-730). Hong Kong.
- Yi, K. F. (2006). *Effect of heat and moisture transfer properties of t-shirts on comfort sensations*. Yüksek Lisans Tezi, The Hong Kong Polytechnic Üniversitesi, Hong Kong.
- Yokura, H. ve Sukigara, S. (2010). Evaluation of the wetness of pantliners. *Textile Research Journal*, 80 (16), 1643-1647.
- Yoneda, M., Mizuno, Y. ve Yoneda, J. (1994). Measurement of water absorption perpendicular to fabric plane in two- and multi-layered fabric systems. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 6 (2/3), 57-64.
- Yoo, H. S., Hu, Y. S. ve Kim, E. A. (2000). Effects of heat and moisture transport in fabrics and garments determined with a vertical plate sweating skin model. *Textile Research Journal*, 70 (6), 542-549.
- Yoo, S. ve Barker, R. (2004). Moisture management properties of heat-resistant workwear fabrics-Effects of hydrophilic finishes and hygroscopic fiber blends. *Textile Research Journal*, 74 (11), 995-1000.
- Yoo, S. ve Barker, R. (2005a). Comfort properties of heat-resistant protective workwear in varying conditions of physical activity and environment. Part I: Thermophysical and sensorial properties of fabrics. *Textile Research Journal*, 75 (7), 523-530.

- Yoo, S. ve Barker, R. L. (2005b). Comfort properties of heat resistant protective workwear in varying conditions of physical activity and environment. Part II: Perceived comfort response to garments and its relationship to fabric properties. *Textile Research Journal*, 75 (7), 531-539.
- Yoo, S. ve Kim, E. (2012). Wear trial assessment of layer structure effects on vapor permeability and condensation in a cold weather clothing ensemble. *Textile Research Journal*, 82 (11), 1079-1091.
- Yoon, J. ve Garrell, R. (2008). Biomolecular adsorption in microfluidics. D. Li (Ed.), *Encyclopedia of Microfluidics and Nanofluidics* içinde (68-76). Springer US.
- Yuan, Y. ve Lee, T. (2013). Contact angle and wetting properties. G. Bracco ve B. Holst, (Ed.), *Surface science techniques* içinde (3-34). Verlag Berlin Heidelberg: Springer Series in Surface Sciences.
- Yüksel, H. G. ve Okur, A. (2011). Subjektif konfor değerlendirmeleri ile laboratuvar testleri arasındaki ilişkiler. *Tekstil ve Mühendis*, 18 (84), 38-48.
- Zhang, W., Li, J., Chen, W. ve Long, S. (1999). Wetness comfort of fine-polypropylene-fibre fabrics. *Journal of The Textile Institute*, 90 (2), 252-263.
- Zhong, W. (2006). Surface tension, wetting and wicking. N. Pan ve P. Gibson, (Ed.), *Thermal and moisture transport in fibrous materials* içinde (136-156). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Zhou, L., Feng, X., Du, Y. ve Li, Y. (2007). Characterization of liquid moisture transport performance of wool knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 77 (12), 951-956.
- Zhuang, Q., Harlock, S. C. ve Brook, D. B. (2002a). Transfer wicking mechanisms of knitted fabrics used as undergarments for outdoor activities. *Textile Research Journal*, 72 (8), 727-734.
- Zhuang, Q., Harlock, S. ve Brook, D. (2002b). Longitudinal wicking of weft knitted fabrics: Part II: Wicking mechanism of knitted fabrics used in undergarments for outdoor activities. *The Journal of The Textile Institute*, 93 (1), 97-107.

Zimmerli, T. (2000). Manikin testing of protecting clothing-A survey. C. Nelson ve N. Henry, (Ed.), *Performance of protective clothing: Issues and priorities for the 21st Century: Seventh Volume* içinde (204-212). Chelsea, MI: American Society for Testing and Materials (ASTM).

Zisman, W. (1964). *Contact angle, wettability and adhesion*. Washington: American Chemical Society.

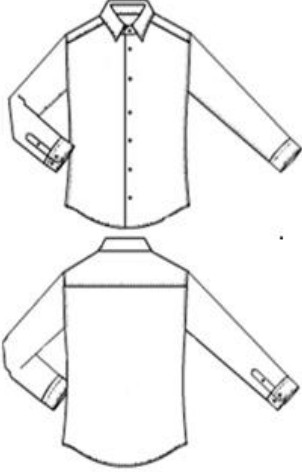


EKLER

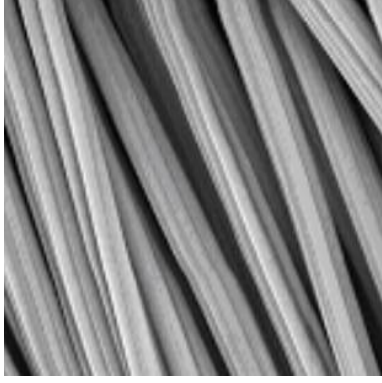
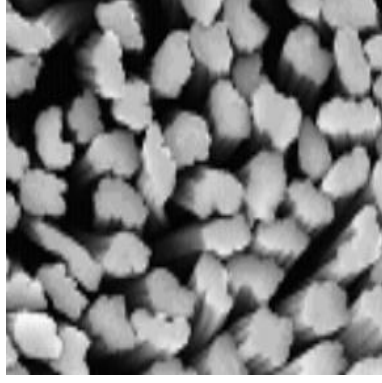
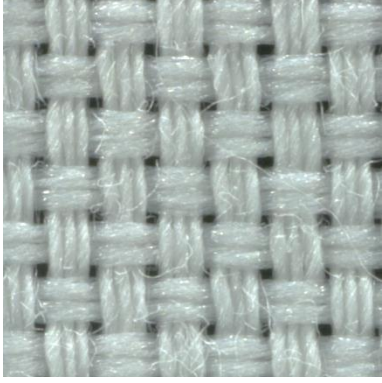
EK-1: Kullanılan Kısaltmalar

Kısaltma	İngilizce	Türkçe	Birimi
R_{ct}	Thermal resistance	Termal direnç	m^2K/W
CD	Cooling delay	Soğuma gecikmesi	dk
IC	Initial cooling	Başlangıç soğuması	$^{\circ}C/sa$
SC	Sustained cooling	Sürdürülen soğuma	$^{\circ}C/sa$
dT_{10}	Temperature change after 10 minute in sweating phase	Terleme fazında 10 dakika sonunda oluşan sıcaklık düşüşü	$^{\circ}C$
dT_{60}	Temperature change after 60 minute in sweating phase	Terleme fazında 60 dakika sonunda oluşan sıcaklık düşüşü	$^{\circ}C$
PC_{int}	Post cooling intensity	Aktivite sonrası en yüksek sıcaklık düşüşü	$^{\circ}C$
PC_{dur}	Post cooling duration	Aktivite sonrası en yüksek sıcaklık düşüşü için geçen süre	dk
PC	Post cooling	Aktivite sonrası soğuma hızı	$^{\circ}C/sa$
t_{dry}	Drying time	Kuruma süresi	dk
$HL_{buhar.}$	Evaporative heat loss	Buharlaştırma ısı kaybı	W/m^2
KSY	Remained water ratio	Kalan su yüzdesi	%
AOTI	Accumulative one-way transport index	Kümülatif tek yönlü taşıma endeksi	%
OMMC	Overall moisture management capacity	Sıvı nem yönetim performansı	-

EK-2: G6mlek ve İ Giysi Modelleri ve 6l6leri

Giyisiler	G6mlek	İ giysi (Normal kesim)	İ giysi (Dar kesim)
Öl6ler (cm)		 	 
Omuzdan boy	77,0	71,0	71,0
G6ğ6s genişliği	55,5	50,0	47,0
Bel genişliği	53,0	50,0	38,5
Etek ucu genişliği	57,0	50,0	47,5
Kol boyu	63,5	-	-

EK-3: Lif Kesiti ve Kumaş Yüzey Görüntüsü Örnekleri

	
Rejenere bambu lifi boyuna ve enine kesiti (Gericke ve Pol, 2010)	
	
Rejenere bambu iplik görüntüsü	Rejenere bambu kumaş görüntüsü
	
Pamuk/poliester kumaş görüntüsü	Pamuklu kumaş görüntüsü

EK-4: MMT Ölçüm İndeksleri ve Değerlendirme Skalası

İndeksler		Derece	Skala				
			1	2	3	4	5
Islanma süresi (sn)	üst		≥120 ıslanma yok	20–119 yavaş	5–19 orta	3–5 hızlı	<3 çok hızlı
	alt		≥120 ıslanma yok	20–119 yavaş	5–19 orta	3–5 hızlı	<3 çok hızlı
Emilim oranı (%/sn)	üst		0–9 çok yavaş	10–29 yavaş	30–49 orta	50–100 hızlı	>100 çok hızlı
	alt		0–9 çok yavaş	10–29 yavaş	30–49 orta	50–100 hızlı	>100 çok hızlı
Maksimum ıslak daire yarıçapı	üst		0–7 ıslanma yok	8–12 küçük	13–17 orta	18–22 hızlı	>22 çok hızlı
	alt		0–7 ıslanma yok	8–12 küçük	13–17 orta	18–22 hızlı	>22 çok hızlı
Islanma hızı (mm/sn)	üst		0–0,9 çok yavaş	1–1,9 yavaş	2–2,9 orta	3–4 hızlı	>4 çok hızlı
	alt		0–0,9 çok yavaş	1–1,9 yavaş	2–2,9 orta	3–4 hızlı	>4 çok hızlı
Kümülatif tek yönlü taşıma endeksi (%)			<-50 çok kötü	-50–99 kötü	100–199 iyi	200–400 çok iyi	>400 mükemmel
Sıvı yönetim performansı			0–0,19 çok kötü	0,2–0,39 kötü	0,4–0,59 iyi	0,6–0,8 çok iyi	>0,8 mükemmel

*AATCC 195 (2009)