

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEŞİTLİ LİFLERDEN ÜRETİLEN
KUMAŞLARDAN YAPILAN
SPOR GİYSİLERİNİN TERMAL KONFORUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE GELİŞTİRİLMESİ

Eren ÖNER

Ocak, 2015
İZMİR

**ÇEŞİTLİ LİFLERDEN ÜRETİLEN
KUMAŞLARDAN YAPILAN
SPOR GİYSİLERİNİN TERMAL KONFORUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE GELİŞTİRİLMESİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Eren ÖNER

Ocak, 2015

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

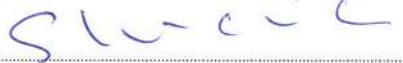
EREN ÖNER, tarafından PROF. DR. AYŞE OKUR yönetiminde hazırlanan “ÇEŞİTLİ LİFLERDEN ÜRETİLEN KUMAŞLARDAN YAPILAN SPOR GİYSİLERİNİN TERMAL KONFORUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Ayşe OKUR

Yönetici


Prof. Dr. Sevil YEŞİLPINAR

Tez İzleme Komitesi Üyesi


Prof. Dr. Serhan KÜÇÜKA

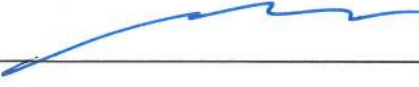
Tez İzleme Komitesi Üyesi


Prof. Dr. AHU DEMİRÖZ GÜN

Jüri Üyesi


Doç. Dr. Yasemin Kavuşturan

Jüri Üyesi


Prof. Dr. Ayşe OKUR
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim süresince akademik çalışmalarında ve tezimin her aşamasında büyük özverisi ve emeği bulunan, sahip olduğu ve bana kazandırdığı akademik terbiyenin yanı sıra manevi teşvik ve desteklerini hiçbir zaman unutamayacağım, prensiplerini her zaman örnek alacağım değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayşe OKUR’a şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam süresince ve tez izleme toplantılarında değerli fikirleriyle katkıda bulunan tez izleme komitesi üyelerim Sayın Prof. Dr. Sevil YEŞİLPINAR ve Sayın Prof. Dr. Serhan KÜÇÜKA’ya teşekkür ederim.

Lisansüstü öğrenimimiz süresince birçok bilgiyi birlikte öğrendiğimiz, önemli çalışmalar yaptığımız, karşılaştığım sorunlarla yakından ilgilenip her zaman destek olan ekip arkadaşım Sayın Öğr. Gör. Hande Gül ATASAĞUN’a teşekkür ederim.

Örme kumaşların geliştirilmesinde fikirleriyle tez çalışmama değer katan, sorularıma yardım ve ilgisini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Tuba ALPYILDIZ’a, tezin ilk aşamasındaki kumaşların üretiminin gerçekleştirilmesinde katkısı olan ve destekleriyle her zaman yardımcı olan Sayın Azim KAYA’ya, geliştirilen farklı kumaş tiplerinin üretiminde ve deneylerimin gerçekleştirilmesinde yardımcı olan Sayın Birkan YURDAKUL ve Sun Holding Ar-Ge Merkezinin değerli çalışanlarına, tişörtlerin üretimini gerçekleştiren ve samimiyetiyle desteğini esirgemeyen Sayın Kamil BİLİR ve Cu Tekstil A. Ş. çalışanlarına, tezimle ilgili ölçümlerin bir kısmının gerçekleştirilmesine olanak sağlayan Sayın Doç. Dr. Güngör DURUR’a teşekkürü bir borç bilirim.

Dokuz Eylül Üniversitesi’ne geldiğim ilk günden itibaren samimiyeti, yardımları ve desteğiyle her zaman yanımda olan Sayın Doç. Dr. Vildan SÜLAR’a, Tekstil Mühendisliği Bölümü’ndeki asistanlık görevim süresince bana destek olan, çalışmalarına yardım eden Sayın Arş. Gör. Gonca BALCI KILIÇ ve Sayın Öğr. Gör. Dr. Musa KILIÇ’a, değerli görüşleri ve önerileriyle tezime katkıda bulunan Sayın

Doç. Dr. Sibel KAPLAN’a, mesai arkadaşlarım Sayın Arş. Gör. Nazlı Üren, Sayın Yrd. Doç. Dr. Befru BÜYÜKBAYRAKTAR ve Sayın Özlem ERGUN’a teşekkürlerimi sunarım.

Beni bugünlere getiren, yaşantım boyunca güven ve desteklerini bir gün bile esirgemeyen, koşulsuz sevgi gösteren, üzerimde çok büyük emekleri olan başta annem Sema ÖNER ve babam Cafer ÖNER olmak üzere canım aileme, kardeşlerim Çağdaş ve Ceren ÖNER’e şükranlarımı sunarım.

Hayatımın her anında sevgi, özen ve ilgiyle yanımda olan, gösterdiği sabır ve destekle aldığım her kararın destekçisi olan sevgili eşim Jülide ÖNER’e çok teşekkür ederim.

Doktora çalışmamı başarıyla tamamlamamda burs desteğiyle katkıda bulunan ve akademik alanda çalışmamı teşvik eden Türkiye Bilim ve Teknoloji Araştırma Kurumu’na (TUBİTAK) teşekkürü bir borç bilirim.

Eren ÖNER

ÇEŞİTLİ LİFLERDEN ÜRETİLEN KUMAŞLARDAN YAPILAN SPOR GİYSİLERİNİN TERMAL KONFORUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GELİŞTİRİLMESİ

ÖZ

Bu doktora tezi çalışmasında, termal konforu etkileyebilecek üretim parametrelerini dikkate alarak geliştirilen kumaş örneklerinin objektif yöntemlerle değerlendirilmesi ve farklı aktivite seviyelerinde ve çeşitli çevre koşullarında aktif spor yapan kişilerin kullanabileceği termofizyolojik konforu mevcutlara göre iyileştirilmiş spor giysisi olarak kullanılabilecek tişörtlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Doğal, rejenere, sentetik ve fonksiyonel liflerden seçilmiş iplik tipleri ve ilmek, askı ve atlama kombinasyonlarıyla kumaş konstrüksiyonlarının etkilerinin incelendiği kumaş tasarım ve test çalışmaları yapılmıştır. Bu testlerin sonuçları dikkate alınarak incelenen grup içerisinde termofizyolojik konfor açısından avantajlı hammadde ve kumaş tipleri bir araya getirilmiş ve insan vücudunun termofizyolojisine ilişkin bilgilerden de yararlanılarak fonksiyonel kadın ve erkek tişört tasarımları yapılmıştır. Yapılan fonksiyonel tasarımlar arasından seçilen bir erkek tişörtü ve ayrıca önceki aşamalarda avantajlı bulunan kumaş tiplerinin ayrı ayrı etkisinin ve fonksiyonel tasarımın etkisinin görülmesi açısından sadece bu kumaşlardan oluşan klasik tasarımdaki tişörtlerin üretimi yapılmıştır. Üretilen tişörtlerin termofizyolojik konfor özellikleri belirlenen test prosedürüne uygun olarak sıcaklığı ve bağıl nemi kontrol altında tutulan laboratuvar koşullarında seçilen gönüllülerin katılımıyla giyim denemeleri ile test edilmiş ve kumaşlarda yapılan objektif ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Spor giysilerinde hammadde, kumaş konstrüksiyonu ve fonksiyonel tasarım parametrelerinin termal konfora etkilerinin ayrıntılı bir şekilde ele alındığı bu çalışmanın sonuçlarında incelenen hammadde tipleri arasında Tencel LF, viskon, poliester ve Coolmax'ın, askılı ve atlamalı örme kumaş konstrüksiyonlarının ve

belirlenen fonksiyonel tasarımın sıcak havalarda kullanılacak spor giysilerin konforu açısından ön plana çıktıkları görülmüştür. Çalışmanın tüm bulguları birlikte dikkate alındığında spor giysisi olarak kullanılabilecek tişörtlerin termofizyolojik konforunda vücut fizyolojisini dikkate alan fonksiyonel tasarımın, kumaş üretiminde kullanılan hammaddenin ve kumaş tasarımının birlikte etkili oldukları ve giysi üretim süreçlerinde her üçünün de ele alınarak uygun seçimlerin yapılması gerektiği, içlerinden birinin bile göz ardı edildiğinde beklenen avantajların elde edilmesinin olası olmadığı anlaşılmıştır. Elde edilen bulguların, araştırmacıların ve sektördeki üreticilerin ilgi duyduğu, araştırma ve geliştirmeye açık, yenilikçi bir alan olan spor giysilerinin termofizyolojik konforunun geliştirilmesi çalışmalarına önemli katkılar sağlayacağı beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Spor giysisi, tişört, giysi konforu, termal konfor, lif özellikleri, örme kumaş, hava geçirgenliği, sıvı nem yönetimi, termal direnç, su buharı direnci, fonksiyonel giysi tasarımı, giyim denemesi.

**EVALUATION AND MODIFICATION OF THERMAL COMFORT
PROPERTIES OF THE SPORTIVE GARMENTS MADE FROM
FABRICS COMPOSED OF DIFFERENT FIBRES**

ABSTRACT

In this doctorate dissertation, it is aimed to evaluate fabric samples, which are developed considering the production parameters that can effect thermal comfort, by objective methods and it is also aimed to develop T-shirts with improved thermophysiological comfort properties so that active sportsmen, who do sports at different activity levels and various environments, can wear while they are doing sports.

Fabric design studies and test analyses have been realized to examine the effects of fabric constructions with plain, tuck and miss stitches and the effects of yarn types of natural, regenerated, synthetic and functional fibers. Considering the results of these analyses, raw material and fabric types, which are advantageous in terms of thermophysiological comfort, are brought together and functional T-shirt designs for women and men are made by benefiting from the information related to the thermophysiology of human body. Among the performed functional designs, a T-shirt design for men is chosen and manufactured. In addition, in order to be able to understand the effect of the fabric construction, T-shirts with classical design are manufactured with the fabric constructions, which are found to be advantageous. T-shirts with functional design and classical design are compared to analyze the effect of the functional design. The thermophysiological comfort properties of the produced T-shirts are tested through wear trials by the participation of the selected volunteers under laboratory conditions, where temperature and relative humidity are kept under control according to the determined test procedure.

In the results of this study, where the effects of raw material, fabric construction and functional design parameters on the thermal comfort are examined in detail, it is seen that Tencel LF, viscose, polyester, Coolmax among the examined raw material

types, and the knitted fabric structure with tuck and float stitches as well as the determined functional design come into prominence in terms of the sportswear comfort to be used in hot weather. When all the results of the study are considered, it is understood that the raw material used in the fabric production, the fabric construction and the functional design, which takes the body physiology into consideration, are all effective in the thermophysiological comfort of the T-shirts to be used as sportswear, that suitable choices should be made by considering all three in the clothing production processes, and finally that the expected advantages cannot be obtained even if one of them is neglected. It is expected that the obtained findings of this study will contribute to the studies on improving the thermophysiological comfort of sportswear, as it is an innovative and suitable topic for research and development that researchers and the producers in the industry show great interest.

Keywords: Sportswear, T-shirt, clothing comfort, thermal comfort, fiber properties, knitted fabric, air permeability, moisture management, thermal resistance, water vapor resistance, functional clothing design, wear trial.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	v
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
TABLolar LİSTESİ.....	xvii

BÖLÜM BİR – GİRİŞ 1

1.1 İnsan Vücudu, Giysi ve Çevre Arasındaki Etkileşim	3
1.2 İnsan Vücudunun Nörofizyolojisi ve Konfor Algısı.....	5
1.3 İnsan Vücudunun Termofizyolojisi	6
1.4 Konfor Kavramı	11
1.5 Giysi Konforu	12
1.6 Termal Konfor	14
1.7 Tekstil Materyallerinde Meydana Gelen Isı Transferi Mekanizmaları	20
1.7.1 İletimle (Kondüksiyon) Isı Transferi.....	20
1.7.2 Taşınım (Konveksiyon) Isı Transferi	22
1.7.3 Işınım (Radyasyon) Isı Transferi	23
1.7.4 Buharlaşmayla (Evaporatif) Isı Transferi	25
1.8 Tekstil Materyallerinin Termal Konfor ile İlgili Özellikleri	26
1.8.1 Lif Özelliklerinin Konfora Etkisi	28
1.8.2 İplik Özelliklerinin Konfora Etkisi.....	35
1.8.3 Kumaş Özelliklerinin Konfora Etkisi	37
1.8.4 Giysi Özelliklerinin Konfora Etkisi	38
1.9 Termal Konfor ile İlgili Kavram ve Parametreler	39
1.9.1 Termal İletkenlik	40
1.9.2 Termal Direnç.....	40
1.9.3 Termal Yayılım	42
1.9.4 Sıcak-Soğuk Hissi	43

1.9.5 Hava Geçirgenliği.....	46
1.9.6 Su Buharı Geçirgenliği	47
1.9.7 Sıvı Nem Transferi	49
1.10 Termal Konfor Ölçüm Yöntemleri	54
1.10.1 Terleyen Sıcak Levha Sistemleri (Deri Modelleri)	55
1.10.2 Termal Manken Sistemleri	64
1.10.3 Sıvı Nem İletim Ölçüm Yöntemleri	67
1.10.4 Su Buharı Geçirgenliği Ölçüm Yöntemleri.....	73
1.10.5 Subjektif Konfor Ölçüm Yöntemleri.....	78
1.11 Spor Giysileri.....	83
1.12 Önceki Çalışmalar.....	87

BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE METOT..... 126

2.1 Materyal	126
2.1.1 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmaları	127
2.1.2 Hammadde Tipi Belirleme Çalışmaları.....	133
2.1.3 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi	133
2.1.4 Seçilen Avantajlı Kumaş Tiplerinden Fonksiyonel Giysi Tasarımı Çalışmaları.....	137
2.2 Metot.....	139
2.2.1 Kumaşların Fiziksel ve Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi	140
2.2.2 Kumaşların Hava Geçirgenliğinin Belirlenmesi	141
2.2.3 Kumaşların Dikey Kılcal Emme Özelliklerinin Belirlenmesi.....	142
2.2.4 Kumaşların Sıvı Nem Yönetimi Özelliklerinin Belirlenmesi	142
2.2.5 Kumaşların Termal Direnç ve Su Buharı Direnci Özelliklerinin Belirlenmesi.....	143
2.2.6 Giyim Denemeleri ile Termofizyolojik Konfor Özelliklerinin Belirlenmesi.....	144

BÖLÜM ÜÇ – BULGULAR VE TARTIŞMA 148

3.1 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmalarına Ait Sonuçlar	148
3.1.1 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmaları – Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.....	148
3.1.2 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmaları – Dikey Kılcal Emme Ölçüm Sonuçları.....	151
3.1.3 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmaları – Sıvı Nem Yönetimi Ölçüm Sonuçları.....	155
3.1.4 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmaları – Termal Direnç ve Su Buharı Direnci Ölçüm Sonuçları.....	160
3.2 Hammadde Tipi Belirleme Çalışmalarına Ait Sonuçlar	166
3.2.1 Hammadde Tipi Belirleme Çalışmaları – Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.....	166
3.2.2 Hammadde Tipi Belirleme Çalışmaları – Sıvı Nem Yönetimi Ölçüm Sonuçları.....	167
3.2.3 Hammadde Tipi Belirleme Çalışmaları – Termal Direnç ve Su Buharı Direnci Ölçüm Sonuçları.....	168
3.3 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi Çalışmalarına Ait Sonuçlar	170
3.3.1 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi Çalışmaları – Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları	171
3.3.2 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi Çalışmaları – Dikey Kılcal Emme Ölçüm Sonuçları	173
3.3.3 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi Çalışmaları – Sıvı Nem Yönetimi Ölçüm Sonuçları	176
3.3.4 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi Çalışmaları – Termal Direnç ve Su Buharı Direnci Ölçüm Sonuçları	181
3.4 Seçilen Kumaşlardan Üretilen Giysilerin Giyim Denemeleri Sonuçları	185

BÖLÜM DÖRT – SONUÇ VE ÖNERİLER 199

KAYNAKLAR 206

EKLER..... 227

EK 1: Kılcal Emme ve Sıvı Nem Yönetimi Sonuçları Arasındaki Korelasyon ... 227

EK 2: Yayın Listesi..... 228

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Vücut konfor algısı için akış şeması	4
Şekil 1.2 Deri yapısı ve alıcılar	5
Şekil 1.3 İnsan vücudunun termoregülasyon sistemi	7
Şekil 1.4 İnsan vücudunun termal çalışması	10
Şekil 1.5 Fiziksel aktivitelere göre metabolik hız değerleri.....	16
Şekil 1.6 Çeşitli giysilerin clo biriminde yalıtım katsayıları	17
Şekil 1.7 PMV indeksinin bir fonksiyonu olan PPD indeksi	19
Şekil 1.8 Giysi ve deri arasındaki mikroklimaya etki eden değişkenler	27
Şekil 1.9 Modal lifinin kesit görünüşleri.....	31
Şekil 1.10 Tencel lifinin kesit görünüşleri	32
Şekil 1.11 Viloft lifinin kesit görünüşleri	33
Şekil 1.12 Coolmax lifinin kesit görünüşleri	33
Şekil 1.13 Thermolite lifinin kesit görünüşleri	34
Şekil 1.14 Holofiber lifinin çalışma prensibi	34
Şekil 1.15 Soya Silk lifinin kesit görünüşü	35
Şekil 1.16 Toplam termal direnç basit modeli	42
Şekil 1.17 Kumaşlar ile temas anında zamana göre sıcaklığın değişimi	44
Şekil 1.18 Farklı liflerin nem içeriklerine göre ısı akışının değişimi.....	45
Şekil 1.19 Terin mikroklimadan çevreye transferi.....	50
Şekil 1.20 Temas açısı.....	51
Şekil 1.21 Yüzey gerilimi ile oluşan kapılar hareket	52
Şekil 1.22 Farklı kapılar genişliklerde sıvının ilerleyişi	53
Şekil 1.23 Sıcak-soğuk hissi ölçüm cihazı.....	56
Şekil 1.24 Temas sensörünün (probe) teknik resmi	56
Şekil 1.25 Fabric Touch Tester (FTT) cihazının teknik gösterimi	57
Şekil 1.26 Alambeta test cihazı.....	58
Şekil 1.27 Alambeta cihazının fonksiyonel gösterimi	59
Şekil 1.28 Permetest test cihazı.....	60
Şekil 1.29 Permetest cihazının enine kesit görünümü	60

Şekil 1.30 Terleyen sıcak levha sistemi	61
Şekil 1.31 Terleyen sıcak levha	63
Şekil 1.32 Terleyen silindir cihazı	64
Şekil 1.33 Çeşitli kurumlardaki termal manken örnekleri	65
Şekil 1.34 Termal manken sistemi	66
Şekil 1.35 Dikey kılcal emme testi	68
Şekil 1.36 Enine yönde sıvı iletiminin ölçümü	69
Şekil 1.37 Gravimetrik absorblama test sistemi – GATS	70
Şekil 1.38 MMT cihazının şematik gösterimi.....	72
Şekil 1.39 MMT cihazının ölçüm ünitesi ve yerleşimi	73
Şekil 1.40 M290 MMT	73
Şekil 1.41 Su buharı geçirgenliği – kap metodu	74
Şekil 1.42 Su buharı geçirgenliği – döner platform metodu	76
Şekil 1.43 Su buharı geçirgenliği – DMPC metodu.....	77
Şekil 1.44 Ön kol testi.....	80
Şekil 1.45 Spor giysileri.....	83
Şekil 1.46 Ayakkabıdan ısı kayıpları	91
Şekil 1.47 Geliştirilen örme kumaşa ilmeklerin yerleşimi.....	92
Şekil 1.48 Fonksiyonel örgünün sıvı iletim davranışı.....	92
Şekil 1.49 Fonksiyonel örme kumaşın şematik gösterimi	93
Şekil 1.50 Farklı liflerin nem içeriklerine göre ısı akışının değişimi.....	93
Şekil 1.51 Fan ve arkadaşlarının çalışmasında kullanılan termal manken sistemi	96
Şekil 1.52 Termal özellikleri ölçen düzeneğin şematik diyagramı	100
Şekil 1.53 Birleşik giysi sistemi ve transfer mekanizması.....	102
Şekil 1.54 Katlı giysi sistemi	103
Şekil 1.55 Düz örme kumaşların SEM fotoğrafları	106
Şekil 1.56 Fonksiyonel örme kumaş yapıları.....	106
Şekil 1.57 Kumaş katmanlarının yapısı	108
Şekil 1.58 60 dakikalık koşu sonrası vücutta bölgelerine göre terleme oranları	109
Şekil 1.59 Ho ve arkadaşlarının geliştirdikleri özel tasarım tişörtler.....	113
Şekil 1.60 Poliester ipliklerin SEM fotoğrafları	115
Şekil 1.61 Mini ısı değiştiricilerin yerleştirildiği bakır plaka ve spacer kumaş.....	118

Şekil 1.62 Ke ve arkadaşlarının kullandığı termal manken sistemi	119
Şekil 1.63 Örme kumaş yapıları.....	120
Şekil 1.64 40 dakikalık koşu öncesi ve sonrası vücut sıcaklık dağılımları.....	122
Şekil 1.65 Soğuk hava koşulları için tasarlanan katlı giysi sistemi	123
Şekil 1.66 Poliester liflerinin enine kesit görüntüleri.....	125
Şekil 2.1 Örme kumaş yapısı 1 (Temel-Süprem Örgü).....	128
Şekil 2.2 Örme kumaş yapısı 2 (Askılı yapı 1)	128
Şekil 2.3 Örme kumaş yapısı 3 (Askılı yapı 2)	128
Şekil 2.4 Örme kumaş yapısı 4 (Askılı yapı 3)	129
Şekil 2.5 Örme kumaş yapısı 5 (Atlamalı yapı 1).....	129
Şekil 2.6 Örme kumaş yapısı 6 (Atlamalı yapı 2).....	129
Şekil 2.7 Örme kumaş yapısı 7 (Futter yapı 1)	130
Şekil 2.8 Örme kumaş yapısı 8 (Futter yapı 2)	130
Şekil 2.9 Örme kumaş yapısı 9 (Futter yapı 3)	130
Şekil 2.10 Tez kapsamında geliştirilen tişört tasarımları	138
Şekil 2.11 Seçilen tişört tasarımının ayrıntılı gösterimi.....	139
Şekil 2.12 FX 3300 Air Permeability Tester (Kumaş Hava Geçirgenliği Ölçeri) ...	141
Şekil 2.13 Dikey kılcal emme testi	142
Şekil 2.14 SDL ATLAS M290 MMT Sıvı nem yönetimi test cihazı	143
Şekil 2.15 SDL ATLAS M259B terleyen sıcak levha sistemi.....	143
Şekil 2.16 Tişört üretimi için gönüllülerden alınan vücut ölçüleri	144
Şekil 2.17 Test prosedüründe belirtilen aşamalar	145
Şekil 2.18. Sıcaklık/bağıl nem veri kaydediciler ve nabız ölçer saat sistemi	147
Şekil 2.19 Datalogger cihazından alınan sıcaklık ve nem grafikleri.....	147
Şekil 2.20 Polar saat sisteminden alınan nabız değer grafiği.....	147
Şekil 3.1 Geliştirilen kumaşlara ait hava geçirgenliği ölçüm sonuçları.....	150
Şekil 3.2 Geliştirilen kumaşların kılcal emme ölçüm sonuçları	153
Şekil 3.3 Geliştirilen kumaşlara ait AOTI değerleri	157
Şekil 3.4 Geliştirilen kumaşlara ait OMMC değerleri	158
Şekil 3.5 Geliştirilen kumaşlara ait termal direnç ölçüm sonuçları	162
Şekil 3.6 Geliştirilen kumaşlara ait su buharı direnci ölçüm sonuçları	164

Şekil 3.7 Farklı hammadde tiplerine sahip kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları	166
Şekil 3.8 Farklı hammadde tiplerine sahip kumaşların AOTI değerleri	167
Şekil 3.9 Farklı hammadde tiplerine sahip kumaşların OMMC değerleri	168
Şekil 3.10 Farklı hammadde tiplerine sahip kumaşların termal direnç ölçüm sonuçları	169
Şekil 3.11 Farklı hammadde tiplerine sahip kumaşların su buharı direnci ölçüm sonuçları	169
Şekil 3.12 Seçilen kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları.....	172
Şekil 3.13 Seçilen kumaşların kılcal emme ölçüm sonuçları.....	174
Şekil 3.14 Seçilen kumaşların AOTI değerleri	177
Şekil 3.15 Seçilen kumaşların OMMC değerleri	178
Şekil 3.16 Seçilen kumaşların termal direnç ölçüm sonuçları.....	182
Şekil 3.17 Seçilen kumaşların su buharı direnci ölçüm sonuçları	184
Şekil 3.18 Gönüllülerin göğüs yüzey sıcaklıkları	188
Şekil 3.19 Gönüllülerin sırt yüzey sıcaklıkları.....	189
Şekil 3.20 Gönüllülerin göğüs mikroklima bağıl nem değerleri.....	190
Şekil 3.21 Gönüllülerin sırt mikroklima bağıl nem değerleri	191
Şekil 3.22 Giyim denemeleri sonunda tişörtlerin bulundurduğu ter oranları.....	192
Şekil 3.23 Farklı aktivite düzeyleri için sıcaklık hissi değerlendirme sonuçları.....	194
Şekil 3.24 Farklı aktivite düzeyleri için ıslaklık hissi değerlendirme sonuçları	195
Şekil 3.25 Farklı aktivite düzeyleri için konfor hissi değerlendirme sonuçları	196
Şekil 3.26 Konfor tanımlayıcıları için subjektif değerlendirme sonuçları.....	196

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Kritik vücut sıcaklıkları	9
Tablo 1.2 Aktivitelere göre enerji kaybı	9
Tablo 1.3 ASHRAE termal duyu ölçeği	19
Tablo 1.4 Farklı liflerden üretilen kumaşların avantaj ve dezavantajları.....	30
Tablo 1.5 Farklı liflerin termal iletkenlik değerleri	30
Tablo 1.6 Ön kol testi 5 noktalı ölçek	80
Tablo 1.7 Subjektif giyim denemesi test prosedürü.....	81
Tablo 1.8 Giyim denemelerinde kullanılan ölçek örneği.....	82
Tablo 1.9 Kullanım alanlarına göre aktif spor giysilerinin fonksiyonel özellikleri...	84
Tablo 1.10 Farklı tekstil malzemeleri için tog değerleri	89
Tablo 1.11 Chung ve Lee'nin çalışmasında kullanılan tasarımlar	97
Tablo 1.12 Kumaş numunelerinin termal özellikleri	100
Tablo 1.13 Çift katlı örme yapılarının ilmek diyagramı	111
Tablo 2.1 Çalışmada kullanılan ipliklerin düzgünsüzlük ve tüylülük özellikleri	127
Tablo 2.2 Kumaş yapısı belirleme çalışmaları deney grubu	131
Tablo 2.3 Kumaşlara uygulanan terbiye işlemleri	132
Tablo 2.4 Kumaşların yapısal özellikleri	133
Tablo 2.5 Farklı lif tiplerinden üretilen kumaşların yapısal özellikleri	134
Tablo 2.6 Seçilen tiplerin üretiminde kullanılan ipliklerin yapısal özellikleri.....	135
Tablo 2.7 Çalışmada kullanılan kumaşların kodlarına göre gruplandırılması	135
Tablo 2.8 Seçilen kumaşlara uygulanan terbiye işlemleri	136
Tablo 2.9 Seçilen kumaşların yapısal özellikleri	137
Tablo 2.10 Tez kapsamında üretimi gerçekleştirilen tişört tipleri	139
Tablo 2.11 Giyim denemeleri gönüllülerine ait özellikler	144
Tablo 2.12 Giyim denemeleri test prosedürü	145
Tablo 2.13 Giyim denemelerinde kullanılan ölçekler.....	146
Tablo 2.14 Giyim denemelerinde kullanılan konfor tanımlayıcıları.....	146
Tablo 3.1 Geliştirilen kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları	149
Tablo 3.2 Kumaşların hava geçirgenliği SNK testi sonuçları.....	151

Tablo 3.3 Geliştirilen kumaşların kılcal emme ölçüm sonuçları	152
Tablo 3.4 Kumaşların dikey kılcal emme SNK testi sonuçları.....	154
Tablo 3.5 Geliştirilen kumaşların sıvı nem yönetimi ölçüm sonuçları	156
Tablo 3.6 Kumaşların AOTI değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları	159
Tablo 3.7 Kumaşların OMMC değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları	159
Tablo 3.8 Geliştirilen kumaşların termal direnç ve su buharı direnci sonuçları	161
Tablo 3.9 Kumaşların termal direnç SNK testi sonuçları	163
Tablo 3.10 Kumaşların su buharı direnci SNK testi sonuçları.....	165
Tablo 3.11 Seçilen kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları	171
Tablo 3.12 Askılı kumaşların hava geçirgenliği SNK testi sonuçları.....	173
Tablo 3.13 Atlamalı kumaşların hava geçirgenliği SNK testi sonuçları.....	173
Tablo 3.14 Seçilen kumaşların dikey kılcal emme ölçüm sonuçları.....	174
Tablo 3.15 Askılı kumaşların dikey kılcal emme SNK testi sonuçları	176
Tablo 3.16 Atlamalı kumaşların dikey kılcal emme SNK testi sonuçları.....	176
Tablo 3.17 Seçilen kumaşların sıvı nem yönetimi ölçüm sonuçları	177
Tablo 3.18 Askılı kumaşların AOTI değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları ...	180
Tablo 3.19 Atlamalı kumaşların AOTI değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları	180
Tablo 3.20 Askılı kumaşların OMMC değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları	180
Tablo 3.21 Atlamalı kumaşların OMMC değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları	180
Tablo 3.22 Seçilen kumaşların termal direnç ve su buharı direnci ölçüm sonuçları	181
Tablo 3.23 Askılı kumaşların termal direnç SNK testi sonuçları	183
Tablo 3.24 Atlamalı kumaşların termal direnç SNK testi sonuçları	183
Tablo 3.25 Askılı kumaşların su buharı direnci SNK testi sonuçları.....	184
Tablo 3.26 Atlamalı kumaşların su buharı direnci SNK testi sonuçları	185
Tablo 3.27 Giyim denemelerinde farklı aktivite düzeylerinde ölçülen fizyolojik ölçüm sonuçları.....	186
Tablo 3.28 Giyim denemelerinde farklı aktivite düzeylerine ait subjektif değerlendirme sonuçları	193
Tablo 3.29 Giyim denemelerinde ölçülen ve değerlendirilen veriler arasındaki korelasyon.....	197

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

İnsanoğlunun varoluşundan itibaren barınma, giyim eşyası, korunma gibi amaçlarla tekstil malzemeleri ile olan birlikteliği süregelmıştır. Gelişen süreçte bu ihtiyaçların karşılanması daha bilinçli ve teknolojik bir mantık ve sistemli olarak gelişme göstererek bugünkü ileri üretim seviyesi ve olgunluğuna erişmiştir. Günümüzde tüketicilerin tekstil malzemesinden beklentileri sadece örtünme, giyinme gibi temel fonksiyonlardan çok daha fazlasını içermektedir.

Günümüz tüketicileri, giydikleri giysinin iyi görünümünün yanında iyi hissettirmesiyle de ilgilenmektedir. Kullanım esnasında kendilerini giysi ile uyumlu hissetmeleri, giydikleri giysinin kullanım alanının şartlarına uyum sağlaması, fiziksel ve psikolojik olarak olumlu etkiler bırakması giysi seçimini belirlemede önemli kriterler olmaktadır.

İnsanın yaşadığı ortamın iklim şartlarına uyum gösterebilmesi, üzerinde hiçbir baskı ve sınırlama hissetmeden özgürce hareket edebilmesi, yaptığı aktivitelerden keyif alabilmesi kullandığı tekstil malzemeleri/giysileri ile yakından ilgilidir. Giysinin, giyen kişi tarafından fizyolojik ve psikolojik olarak hissedilmeden hareket rahatlığı vermesi, çevre sıcaklık değişimlerine karşı termoregülasyon sistemi görevi üstlenmesi, görünüm ve tutum özellikleri ile psikolojik açıdan mutlu hissettirmesi insanın yaşadığı çevreye daha kolay uyum göstermesini sağlamaktadır. Giysilerin tüm bu işlevleri, genel olarak 'giysi konforu' olarak nitelendirilmekte ve insanların yaşam standardını yükseltmeye yönelik olduğu için, giysi konforunun iyileştirilmesine ilişkin çalışmalar gittikçe artan bir ölçüde hem araştırmacıların hem de sektördeki üreticilerin ilgisini çekmektedir.

Son yıllarda yetişkin insanların ev ve işyerleri dışında yapılan spor aktivitelerine daha fazla önem vermesi, kapalı ve açık alanlarda spor imkânlarının artması, insanların sağlıklı yaşam konusunda bilinç düzeyinin yükselmesi, serbest zamanlarda spor aktivitelerine öncelik verilmesi gibi nedenlerle spor giysilerine ve hafif

aktivitelerde de kullanılabilen günlük giysilere olan talep hızla artmaktadır. Özellikle değişken, ağır ve yorucu şartların yer aldığı spor aktivitelerinde giysi konforu çok daha önemli olmaktadır. Spor giysilerinin, kullanım yerine göre kişiyi rüzgâr, güneş, yağmur ve kar gibi çevre şartlarına karşı koruma yeteneğine sahip olması ve tüm bu şartlara karşı koruma özelliği gösterirken aynı zamanda spor yaparken metabolik aktivitenin yükselmesiyle açığa çıkan yüksek ısıyı dengelemesi, vücutta terlemeyle meydana gelecek sıvı ve buharın transferine izin vermesi gerekmektedir. Spor aktiviteleri sırasında insan vücudu, giysi ve çevre arasındaki bu karmaşık ilişkiyi düzenleyebilmek amacıyla hammadde, kumaş yapısı, bitim işlemleri ve giysi sistemleri geliştirme çalışmaları yapılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında konfor kavramı, giysi konforunun temelleri, tekstil materyallerinin konfor açısından önemli performans özellikleri, insan-giysi-çevre sistemi ve aralarındaki ilişkiler, spor giysilerinin gereksinimleri ve yapıları, spor giysilerinde konforu belirleyen parametreler literatür bilgileri ışığında detaylı olarak incelenmiş ve özellikle çok özel donanımlar gerektirmeyen hafif sporlar yapan kişilerin kullanabileceği, farklı yapılarda ve çeşitli liflerden üretilen giysilerin termal konforunun objektif ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve termal konforu iyileştirilmiş kumaş örnekleri tasarlanıp üretilmesi hedeflenmiştir.

Çalışma kapsamında farklı aktivite seviyelerinde ve çeşitli çevre koşullarında kullanılacak spor giysileri için şartlar dikkate alınarak uygun tasarımlar geliştirilmesine çalışılmıştır. Bu amaçla beş aşamada giysilerin termal konfor özelliklerinin değerlendirilip geliştirilmesi planlanmıştır. Bu aşamalar:

I- Aynı lif tipinden elde edilen iplikler ile farklı örme tipinde kumaşlar üretilerek termal konfor açısından daha avantajlı konstrüksiyon tiplerinin belirlenmesi

II- Farklı lif tiplerinden elde edilen iplikler ile aynı örme tipinde kumaşlar üretilerek termal konfor açısından daha avantajlı hammadde tiplerinin belirlenmesi

III- Seçilen uygun/avantajlı konstrüksiyon ve lif tiplerinde kumaşlar üretilerek konfor özelliklerinin incelenmesi

IV- Seçilen kumaş tiplerinin bir arada kullanıldığı fonksiyonel giysilerin/spor tişörtlerinin tasarımı ve seçilen uygun tasarımın üretilmesi

V- Seçilen giysilerin termofizyolojik konfor özelliklerinin giyim denemeleri ile değerlendirilmesi ve sonuçların objektif ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması

Yapılan deney planına göre kontrollü olarak üretimi gerçekleştirilen kumaşların termal konforu etkileyen özellikleri, konfor araştırmalarına yönelik olarak son yıllarda geliştirilen cihaz ve standartlar kullanılarak ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar istatistiksel analizler yoluyla değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular kullanılarak spor giysisi olarak kullanılabilecek tişörtler tasarlanmış ve daha sonra da objektif ölçüm sonuçlarına dayalı olarak yapılan seçim ve tasarımlar giyim denemeleri ile sınanmıştır.

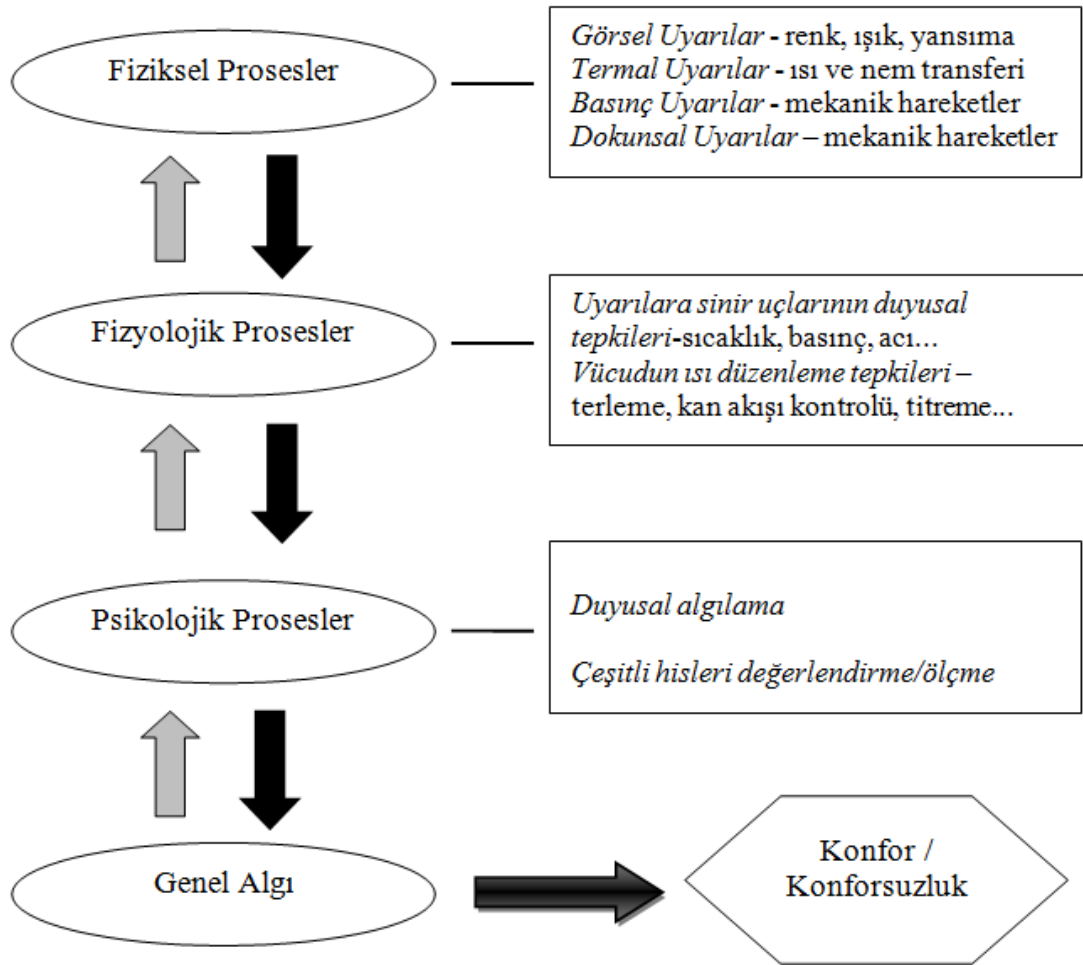
1.1 İnsan Vücudu, Giysi ve Çevre Arasındaki Etkileşim

İnsanoğlu, temel ihtiyaçları olan barınma ve giyinme karşılandığı sürece diğer canlılardan farklı olarak değişken sıcaklık değerlerine sahip ortamların hemen hemen tümünde yaşayabilme özelliğine sahiptir (Kaplan ve Okur, 2005).

İnsan vücudu, giysi ve etrafındaki çevre ile dinamik bir etkileşim halindedir. Bu etkileşimde karşılıklı olarak meydana gelen dört proses insanın konfor durumunu belirlemektedir. Bu prosesler giysi ve çevresindeki ortam arasındaki fiziksel prosesler, vücuttaki fizyolojik prosesler, nörofizyolojik ve psikolojik proseslerdir (Li ve Wong, 2006a).

Bu dört tip proses aynı anda meydana gelmektedir. İnsan vücudunun varlığını sürdürmesi ve konforu için fiziksel koşulları belirleyen giysi ve çevre arasındaki fiziksel prosesler, fizik kurallarına göre gerçekleşmektedir. Deri sinir uçlarının duyu uyarıları ve vücudun ısı düzenleyici tepkileri fizyolojik kurallara göre gerçekleşmektedir. Fiziksel faktörlere göre vücudun termoregülasyon ve duyu sistemleri uyarılar oluşturmaktadır. Bu uyarılar, fizyolojik sinyallerle, vücudun fiziksel koşullarını beyine iletmektedir (Li ve Wong, 2006a).

Psikolojik prosesler en karmaşık sistemlerdir. Beyne gelen fizyolojik sinyaller, vücutta terleme, nabız değişikliği gibi tepkilere yol açmakta ve beyin, aldığı sinyalleri önceki tecrübeler ve psikolojik isteklerle karşılaştırarak duyuşsal algılar oluşturmaktadır. Böylelikle belirli çevre koşullarında giyilen giysi içinde psikolojik olarak beyin genel bir yargıya varmakta ve subjektif olarak kişinin konfor durumunu belirlemektedir (Li, 2001). Vücut, giysi ve çevre arasında gerçekleşen bu proseslerle (uyaran-tepki-algı ilişkileri) ilgili akış şeması Şekil 1.1’de gösterilmiştir.

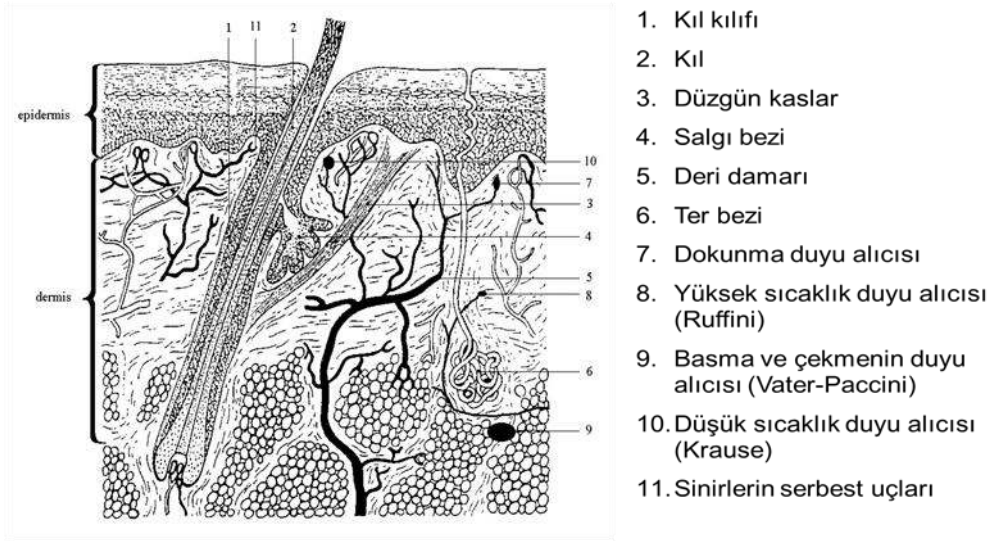


Şekil 1.1 Vücut konfor algısı için akış şeması (Li, 2001).

Tüm bu fiziksel, fizyolojik, nörofizyolojik, psikolojik prosesler ve faktörlerin birleşimi kişinin subjektif algı ve yargılarıyla belirlediği konfor durumunu oluşturmaktadır (Li ve Wong, 2006a).

1.2 İnsan Vücudunun Nörofizyolojisi ve Konfor Algısı

Derinin bir giysiyle teması sonucu oluşan his, derinin altındaki duyu alıcılarının uyarılması ile ortaya çıkmaktadır. Dokunma, sıcaklık ve acı alıcılarıyla taşınan duyumlar, etkilenme bölgesini, alanını ve de duyumun süresinin tam ve kesin bir şekilde belirlenmesini sağlamaktadır. Şekil 1.2’de insan derisinin iç yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Deri yapısı ve alıcılar (Hes, 2001).

Deri, birçok ölü hücre tabakasının bir canlı hücre üzerinde bulunduğu dış katmanı olan epidermis ve sinir uçlarını barındıran iç katman dermis olmak üzere iki katmandan oluşmaktadır. Dermiste ayrıca ter bezleri, kıl kökleri, ince kas demetleri de bulunmaktadır. Dermisin altında ise birbirlerine bağlı doku ve yağ hücre tabakaları, sinir uçları ve damarlar bulunmaktadır (Kaplan, 2009).

Sinir uçları, serbest sinir uçları ve parçacıklı korpüsküler olmak üzere iki tipten oluşmaktadır. Korpüsküler sinir uçları, dentritler üzerinde şişkin olarak yerleşmiş küçük gövdeli, dokunma uyarılarına duyarlı yapılardır. Serbest sinir uçları ise deri altındaki yağlarda bulunan, acıya karşı duyarlı yapılardır. Serbest sinir uçlarının epidermise giren kısımlarının ise soğuk veya acıya duyarlı oldukları düşünülmektedir (Li ve Wong, 2006a).

Dış uyarıları algılayan duyu reseptörleri, bu uyarıları sinir sisteminin çalışabileceği standart kodlara dönüştürerek bilgi aktarımını sağlamaktadır. Sinir uçlarından gelen sinirsel sinyaller, bu kodlama sayesinde beyine iletilerek hisler formüle edilmektedir. Farklı tipteki sinir uçları, beyne farklı bilgiler ulaştırmaktadır (Li ve Wong, 2006a).

Bilgiler, beyine iki ana yoldan ulaşmaktadır: medikal ve spinotalamik. Hızlı ve geniş olan medikal sinir yolu, algıladıkları uyarıları miyelin kaplı, hızlı iletim yeteneği olan Aβ sinir lifleriyle korpüsküler sinir uçlarına ulaştırmaktadır. Bu sinir lifleri, dokunmaya, sıcaklığa ve harekete karşı duyarlıdır. Buna karşılık bir çok kısa sinir lifinden oluşan ve yavaş bir yol olan spinotalamik sinir yolu, sıcaklık ve acı bilgilerini taşımaktadır (Li ve Wong, 2006a).

Beynin alt kısmı olan beyin sapında sinir uçlarından gelen bilgi geçişi gerçekleşerek, omurilik ve beyin arasındaki bağlantı sağlanmaktadır. Beyinde sinir uçlarından gelen kodlar çözümlenmekte, bir kısım bilgiler depolanmakta, uygun yanıt/tepki için karar verilmektedir. Böylelikle vücudun konfor durumu hakkında bir yargıya varılarak, terleme, nabız sıklığı, nefes alışverişi gibi düzenlemeler için tepki verilmektedir (Coghill, Sang, Maisog ve Iadarola, 1999).

1.3 İnsan Vücudunun Termofizyolojisi

İnsan vücudu, farklı çevre koşullarında sıcaklığını belirli sınırlar arasında tutabilen termoregülasyon yeteneğine sahiptir. İç vücut sıcaklığı 37°C olmakla birlikte gün içerisinde aktivitelere bağlı olarak 36-38°C arasında değişmektedir. Çeşitli fizyolojik mekanizmalar (otonom termoregülasyon sistemi) tarafından kontrol edilen kimyasal olaylar ve kas hareketleri ile bu iç sıcaklık dar bir aralıkta tutulmaktadır. Eğer iç sıcaklık herhangi bir yönde 5 °C'den fazla değişikliğe uğrarsa, hipotermiden veya hipertermiden dolayı ölümle sonuçlanabilmektedir (Arens, Zhang ve Huizenga, 2006a; 2006b).

Vücudun termoregülasyon sistemi, termal dengeyi ısı üretimi, ısı kaybı ve ısı transferi ile sağlamaktadır. Termal dengede kalabilmek için üretilen metabolik ısı, hissedilebilen ve hissedilemeyen terleme yoluyla, ışıınım yoluyla ve deri yüzeyindeki ısının taşınması yoluyla dengelenmektedir. İnsan vücudunun sisteminin yapısı şematik olarak Şekil 1.3’de gösterilmiştir.



Sıcak koşullarda (veya metabolik ısı üretimi yükseldiğinde) vücut, damarların genişlemesi (vazodilasyon) ile tepki vermektedir: deri altı kan damarları genişlemekte ve deriye kan tedariki artmakta, böylece ısı yayılımı artarak vücut sıcaklığını yükseltmektedir. Eğer termal denge sağlanamazsa, ter bezleri aktif hale gelerek buharlaşma ile soğuma mekanizmasını çalıştırmaktadır. Ter 4 l/sa hızla kısa bir sürede üretilmektedir, ancak soğuma mekanizması çabuk yorulan bir mekanizmadır. Sürdürebilir oran 1 l/sa civarındadır. Buharlaşma ise endotermik bir prosestir ve 2,4 MJ/l oranında ısıyı absorplamaktadır (Auliciems ve Szokolay, 1997).

Eğer soğutma mekanizması vücuttaki termal dengeyi sağlayamazsa vücut ısısı yükselmekte ve hipertermi oluşmaktadır. İç sıcaklık 40°C civarına kadar yükselirse sıcak çarpması gerçekleşebilmektedir. Sıcak çarpmasıyla birlikte iç sıcaklık 41°C'nin üzerine çıktığında terleme durmakta, koma ve ölüm yaklaşmaktadır. Bu noktada kişi hayatta kalsa dahi beyni ağır hasar görmüş hale gelmektedir. 42°C civarında ise ölüm gerçekleşmektedir (Auliciems ve Szokolay, 1997).

Soğuk koşullarda ise vücut, damarların büzülmesi ile tepki vermektedir: derideki kan dolaşımı yavaşlamakta, ısı yayılımı azalmakta ve vücut sıcaklığı düşmektedir. Bu tepki yeterli olmazsa termojenesis (kas gerginliği veya titreme) oluşarak metabolik ısı üretimi artmaktadır. Titreme, ısı üretiminde 10 kat artışa neden olmaktadır. Bu fizyolojik düzenlemeler, vücutta termal dengeyi sağlayamazsa vücutta soğuma gerçekleşmekte ve hipotermi oluşmaktadır. İç vücut sıcaklığı 37°C iken tüm dokular normal çalışmasına devam etmektedir, 35°C'nin altında ise hipotermi başlamaktadır. İç vücut sıcaklığının 25°C ile 30°C arasında bir değere düşmesiyle ise ölüm gerçekleşmektedir (Auliciems ve Szokolay, 1997). Kritik vücut sıcaklıkları Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

İnsan vücudunda alınan besinden kazanılan enerjinin sadece % 15-30'luk kısmı iş için kullanılabilirken, geriye kalan %70-85'lik kısım ısı kaybı olmaktadır. Her türlü fiziksel aktivite sırasında harcanan ısı enerjisinin etkili dağıtılmasıyla vücut sıcaklığının aşırı yükselmesi engellenmektedir (Saville, 1999). Tablo 1.2'de bazı aktiviteler sırasında harcanan enerji miktarları gösterilmiştir.

Tablo 1.1 Kritik vücut sıcaklıkları (Auliciems ve Szokolay, 1997)

Deri Sıcaklığı	İç Vücut Sıcaklığı	Gerçekleşen Olay
45°C	42°C	Ölüm
	40°C	Hipertermi
		Buharlaştırma
		Damarların Genişlemesi
31 - 34°C	37°C	Konfor
		Damarların Büzülmesi
		Termojenesis
	35°C	Hipotermi
10°C	25°C	Ölüm

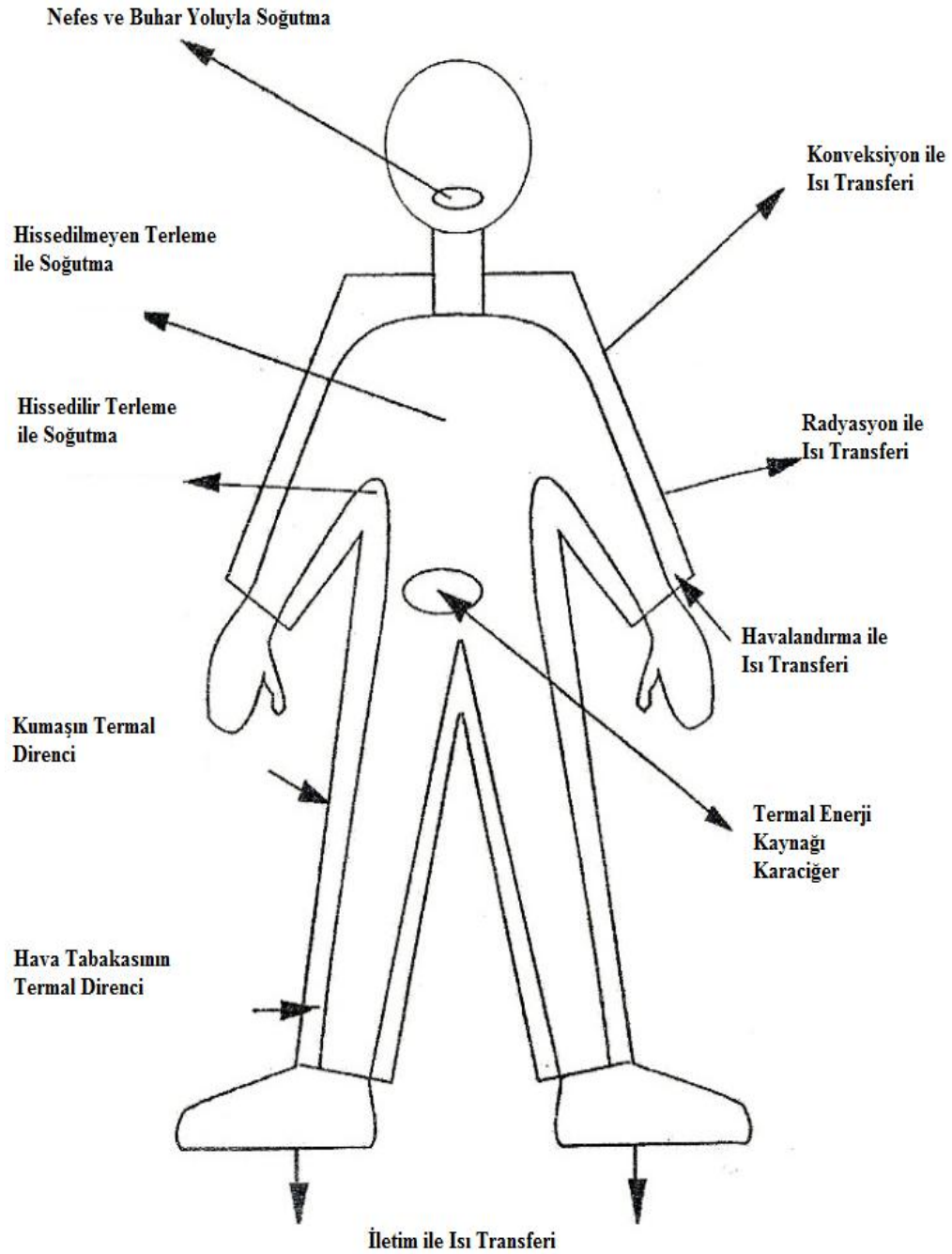
Tablo 1.2 Aktivitelere göre enerji kaybı (Saville, 1999)

Aktivite	Enerji Kaybı (Watt)
Uyuma	70
Dinlenme	90
Saatte 1,6 km hızla yürüme	140-175
Saatte 4,8 km hızla yürüme	280-350
Saatte 16 km hızla bisiklet sürme	420-490
Yüzme	445-545
Saatte 8 km hızla koşma	700-770
Sürekli koşmak	1400-1500

Vücut sıcaklığının yaklaşık dörtte biri hissedilemeyen terleme yoluyla kaybedilmektedir. Vücudun 80 kilo-kalori civarında ısı depolaması, vücut sıcaklığında 1,4°C'lik bir yükselmeye neden olmaktadır (Taylor, 1972; Ukponmwan, 1993). Şekil 1.4'de görüldüğü gibi insan vücudu adeta bir termal makine gibi çalışmaktadır (Hes, 2001). Vücuttaki ısı denge aşağıdaki denklemle ifade edilebilir (Searle, 1990; Kaplan, 2009).

$$M - W = Q_{sk} + Q_{res} = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}) \quad (1.1)$$

Burada M metabolik enerji üretimi (W/m^2), W yapılan mekanik iş miktarı (W/m^2), Q_{res} solunumla kaybedilen toplam ısı miktarı (W/m^2), Q_{sk} deri yüzeyinden kaybedilen toplam ısı miktarı (W/m^2), C_{res} solunum esnasında taşınım ile kaybedilen ısı miktarı (W/m^2), E_{res} solunum esnasında buharlaşmayla kaybedilen ısı miktarı (W/m^2), $C + R$ deri yüzeyinde meydana gelen hissedilebilir ısı kaybı (W/m^2) ve E_{sk} deri yüzeyinde buharlaşmayla meydana gelen toplam ısı kaybıdır (W/m^2).



Şekil 1.4 İnsan vücudunun termal çalışması (Hes, 2001)

1.4 Konfor Kavramı

Konfor, tanımlanması oldukça zor, karmaşık bir kavramdır. Belirsiz birçok faktöre bağlı olan, kişilerin fizyolojik ve psikolojik durumuna, içinde bulunulan çevre koşullarına ve aktivite şartlarına göre değişiklik gösteren bir algı veya durum olarak tanımlanabilir.

Fourt ve Hollies (1970), konforu tanımlamak ve kişilerin hangi hallerde kendilerini iyi hissettiklerini belirlemek için yaptıkları araştırmada konfor kavramının, termal ve termal olmayan bileşenlerden oluştuğunu, giysi ve kullanıldığı koşullara göre belirlendiğini belirtmiştir (Li, 2001). Collier ve Epps (1999)'e göre konfor, içinde bulunulan şartlar içerisinde rahat ve mutlu olma durumudur. Slater (1985), konforu, insan vücudu ve çevre arasındaki fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyumdan memnun olma durumu olarak tanımlamaktadır (Li, 2001). Slater'ın tanımına benzer şekilde Branson ve Sweeney (1990) konforu, kişinin giysi ve çevre ile fizyolojik, psikolojik ve fiziksel dengesinden memnuniyet durumu olarak tanımlamaktadır. Hatch (1993) konfor kavramını en kısa haliyle, acı ve konforsuzluktan bağımsız nötr durum olarak açıklamaktadır.

Kothari ve Sanyal (2003), subjektif ve ölçülebilir değerlendirmeleri bir arada içeren bir kavram olduğu için konforun tanımlanmasının kolay olmadığını belirtmektedir. Bununla birlikte konforun, vücut elemanları arasındaki sıcaklık farkının küçük, derideki nemin düşük ve termal dengenin sağlanması için gerekli fizyolojik eforun minimum olduğu durum olduğunu belirtmektedir. Barker (2002) ise konforun yalnızca malzeme ve giysi değişkenlerinin fiziksel özelliklerinin bir fonksiyonu olmadığını, aynı zamanda insanın fizyolojik ve psikolojik tepkilerini de içerdiğini ifade etmektedir. Ishtiaque (2001), konforun, insan, giysi ve çevre bileşenlerinin etkileşimiyle ortaya çıktığını belirtmektedir. Buna göre, insan vücudu, vücut ile giysi arasındaki ortam ve vücudu çevreleyen giysi formu arasındaki karşılıklı etkileşimden oluşan sistem konfor durumunu belirlemektedir.

Li ve Wong (2006) bir çok bileşeni dikkate alarak konfor kavramını şu şekilde özetlemiştir:

- Konfor, çeşitli hislerin subjektif algılarıyla ilgilidir.
- Konfor, görsel (estetik konfor), termal (konfor ve ısı), acı (batma ve karıncalanma) ve temas (düzgün, pürüzlü, yumuşak ve sert) gibi insan duyularının birçok durumunu içermektedir.
- Genel konfor durumunu, mevcut koşulların ölçülüp, değerlendirilip, geçmiş deneyimlerle kıyaslanarak formüle edildiği subjektif algılar belirlemektedir.
- Kişinin konfor durumunu belirlemede, vücut-giysi arasındaki termal ve mekanik ilişkiler önemli rol oynamaktadır.
- Dış çevrenin (fiziksel, sosyal ve kültürel) kişinin konfor durumuna çok büyük etkisi bulunmaktadır.

1.5 Giysi Konforu

Giysi, insan ile yaşadığı çevre arasında koruyucu bir tampon görevi yapmakta ve sağlıklı bir yaşam için önemli bir rol üstlenmektedir. İnsanın yaşadığı ortamın iklim şartlarına uyum gösterebilmesi, üzerinde hiçbir baskı ve sınırlama hissetmeden özgürce hareket edebilmesi, yaptığı aktivitelerden keyif alabilmesi kullandığı tekstil malzemeleri/giysileri ile yakından ilgilidir. Giysinin, giyen kişi tarafından fizyolojik ve psikolojik olarak hissedilmeden hareket rahatlığı vermesi, çevre sıcaklık değişimlerine karşı termoregülasyon sistemi görevi üstlenmesi, görünüm, estetik ve tutum özellikleri ile psikolojik açıdan mutlu hissettirmesi insanın yaşadığı çevreye daha kolay uyum göstermesini sağlamaktadır. Giysilerin tüm bu işlevleri, 'giysi konforu' olarak nitelendirilmekte ve insanların yaşam standardını yükseltmeye yönelik olduğu için, giysi konforunun iyileştirilmesine ilişkin çalışmalar gittikçe artan bir ölçüde hem araştırmacıların hem de sektördeki üreticilerin ilgisini çekmektedir.

Goldman (2005) giysi konforunu “4 F” adını verdiği dört ana faktörün tanımlayabileceğini belirtmiştir: (1) Moda (Fashion), (2) Hissetme (Feel), (3) Uygunluk (Fit), (4) Fonksiyonellik (Function).

Bunlardan 1. F modanın, her ne kadar bilimsel analizlere doğrudan etki etmese de, kullanıcılara psikolojik rahatlık, yüksek moral, özgüven gibi etkilerinden dolayı kullanıcıyı konforlu hissettireceği ve bu hissin en az teknik özellikler kadar kullanıcı değerlendirmesinde etkili olacağını belirtilmiştir. 2. F olarak belirtilen hissetme, iki ayrı sınıfa ayrılmıştır: kullanıcının kumaşı başparmağı ve diğer parmakları arasında tutarak hissedip karakterize ettiği ve giydiğinde tenine temas ettiğinde alacağı hissi belirlediği “kumaşın tutum özellikleri” ve kullanım esnasında deri ile kumaşın çeşitli temas noktalarında ısı, nem ve su buharı transferini belirleyen “geçirgenlik ve transfer özellikleri”. 3. F olarak belirtilen uygunluğun (fit) ise modadaki bazı faktörleri içerebileceği ve eğer doğru belirlenemezse konfor durumunu kötü etkileyecek özelliklerde olabileceği belirtilmiştir. Fit tanımı ile kastedilen giysinin kullanımda zorunlu olarak veya tercihen kullanıcıya yaptığı basınç ve sıkıştırma etkileridir. Askeri, teknik, iş kıyafetleri gibi kullanımlarda bazen güvenlik amacıyla giysi kullanıcıyı belirli bölgelerde sıkmakta ve rahatsız etmekte, bazen de moda ve trend için özellikle bu tür etkisi olan giysiler kullanılabilmektedir. 4.F olan fonksiyonelliğin ise, giysinin kullanım alanına ve amacına göre göstermesi gereken özellikleri kapsadığı belirtilmiştir. Değişik iklim koşullarında ve aktivite düzeylerinde, farklı etkenlere karşı vücut dengesini koruma amacıyla giysiden bir kısım fonksiyonel konfor özelliklerini göstermesi beklenmektedir. Fonksiyonellik faktörünün termal direnç, su geçirgenliği, emicilik, nem depolama, kuruma süresi olmak üzere 5 parametreden oluştuğu belirtilmiştir (Goldman, 2005).

İdeal bir giysinin, yüksek giysi konforu için hareket rahatlığı, optimum ısı ve nem ayarı, iyi nem absorbe etme ve nem iletme kapasitesi, termal iletkenlik ve sıcaklığı dışarı verebilme, çabuk kuruma, yumuşaklık ve deriyi tahriş etmeme, hafiflik, dayanıklılık, kolay bakım, beğenilen tutum özellikleri gibi bir çok beklentiyi karşılaması gerekmektedir (Marmaralı, Kretschmar ve Özdil, 2006).

Özellikle aktif ve dayanıklılık sporlarında, spor giyimin performansı, giysinin konfor özellikleri ile eş anlamlı olmaktadır. Dış çevrede yapılan aktif sporlarda, spor giysisinin bir yandan kişiyi rüzgâr, güneş, yağmur ve kar gibi çevresel etkenlerden koruması gerekirken, bir yandan da yükselen vücut metabolizma hızı dolayısıyla üretilen ısı ve nemin etkin bir şekilde transferini gerçekleştirmesi gerekmektedir (Shishoo, 2005).

Giysi konforu kendi içerisinde alt bölümlere ayrılarak incelenmektedir:

- *Termofizyolojik (Termal) Konfor:* Kişinin termal dengesini doğrudan etkileyen ısı ve nem transfer proseslerini içermektedir.
- *Duyusal Konfor:* Vücut ile temas halindeki tekstil malzemesinin neden olduğu mekanik hisleri içermektedir. Tutum ile ilgili özellikler belirleyici olmaktadır.
- *Hareket Konforu:* Giysinin, vücut hareketlerini engellememesi, özgür hareket etmeye izin vermesi, vücutla uyumlu olması gibi parametreleri içermektedir. Ergonomik giysi konforu olarak da adlandırılan bu kavram, tekstil malzemelerinin fiziksel ve yapısal özellikleri ile ilişkilidir.
- *Psikolojik Konfor:* Çoğunlukla estetik konfor olarak da adlandırılmaktadır. Kişinin psikolojisini etkileyen giysi özelliklerinin duyu organlarıyla (göz, kulak, deri vb.) algılanan kısmıdır. Bunun yanında modaya uygunluk ve çevre tarafından beğenilme, kişisel tercihler de bu gruba dahil edilmektedir.

1.6 Termal Konfor

Termal konfor, çeşitli aktivite seviyelerinde vücudun ısı dengesinin korunması için gerekli olan giysinin ısı ve nem transfer özellikleri ilgili bir kavramdır (Saville 1999). ISO 7730'a göre termal konfor, termal çevre ile memnuniyeti anlatan koşul olarak tanımlanmaktadır. ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating

and Air Conditioning Engineers) standartlarına göre ise termal konfor, çevrenin termal şartlarına karşı duyulan memnuniyet olarak ifade edilmiştir (Wang, 2002; Kaplan, 2009).

Termal konfor, giysi, çevre ve fiziksel aktivite seviyesinin kombinasyonuyla oluşmaktadır (Li, 2001). Isı, nem ve hava hızı gibi çevresel faktörlerin etkisine bağlı olarak, giysi ile temas sonrasında sıcak, soğuk, kuru ve ıslak gibi algılarla ifade edilmektedir (Collier ve Epps, 1999). Kişiden kişiye fizyolojik ve psikolojik olarak termal çevreden duyulan memnuniyet çeşitlilik göstermektedir. Dolayısıyla her bir kişi için konforlu olarak tanımlanabilecek koşullar değişmektedir.

Fanger (1972)'e göre termal konfor için birinci koşul, kararlı koşullar altında insan vücudunun termal dengesinin korunmasıdır (De Dear ve Brager, 1998). Bireylere göre değişiklikler ve kültürel farklılıklar etkili olsa da, esas olarak bir bireyin termal konfor hissi vücudun çevre ile ısı alışverişinin bir sonucu olmaktadır (Önder ve Sarier, 2006). Termal konfor, derinin yüzeyindeki ve alt katmanlarındaki termoreseptörlerden gelen sinyallerin birleşiminden oluşan bir çeşit termoregülasyon sistemidir (Kaplan, 2009).

Termal konfor açısından uygun koşulların sağlanması altı temel faktöre bağlıdır (ANSI/ASHRAE Standard 55, 2010). Bu faktörler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

1. Metabolik Hız
2. Giysi Yalıtımı
3. Hava Sıcaklığı
4. İnsanı Çevreleyen Yüzeylerin Radyasyon Sıcaklığı
5. Hava Hareketi/Hızı
6. Bağıl Nem

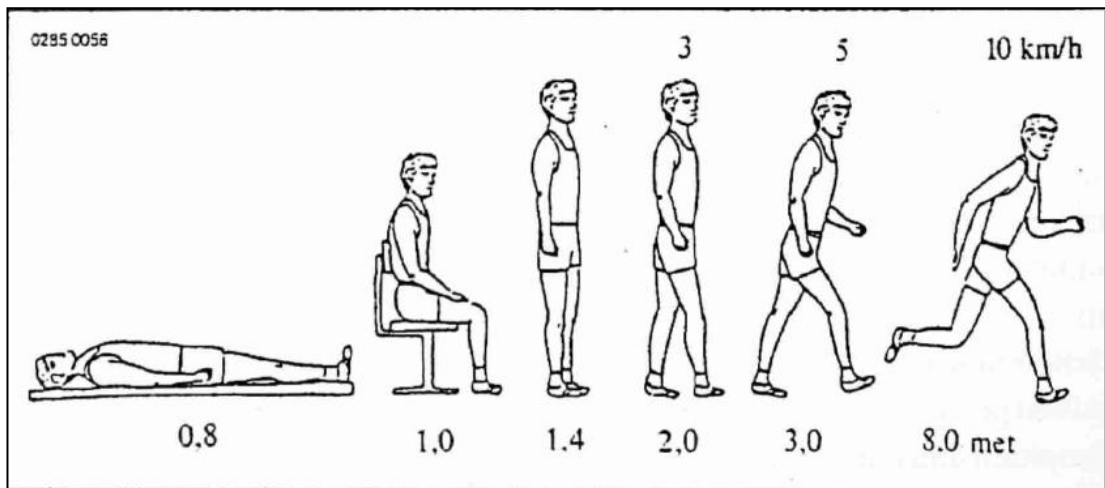
Termal dengede kalabilmek için insan vücudu sürekli olarak ısı üretmektedir. Bu ısı üretimi vücutta iki türlü gerçekleşmektedir: bazal metabolizma ve kassal metabolizma. Bazal metabolizma, sürekli ve bilinçdışı gerçekleşen biyolojik

proseslerden oluşmaktayken, kassal metabolizma, yapılan iş sırasında bilinçli (titreme dışında) kas hareketi şeklinde oluşmaktadır. Tüm bu metabolik olaylarda ısı üretimine neden olan aktivite sırasındaki ısı üretim hızı harcanan enerji ile doğru orantılı olmaktadır. Bu nedenle organizmanın ürettiği ısıнын ölçülerek enerji tüketim hızının hesaplanması mümkündür (Auliciems ve Szokolay, 1997).

Vücutta biyokimyasal reaksiyonlarla ısı üretimine metabolik hız adı verilmektedir. Metabolik hız “met” birimi ile ifade edilmektedir. Met, termal konfor çalışmaları için tasarlanmış bir birimdir. Sakin bir şekilde oturan ortalama bir kişinin oksijen tüketimine bağlı olarak ml/kg*dk cinsinden hesaplanan enerji tüketimidir. Ortalama bir yetişkinde bu değer 3,5 O₂ ml/kg*dk olmakla birlikte aşağıdaki denklikteki gibi hesaplanmaktadır:

$$1 \text{ met} \equiv 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} * \text{sa}} \equiv 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{sa}} \quad (1.2)$$

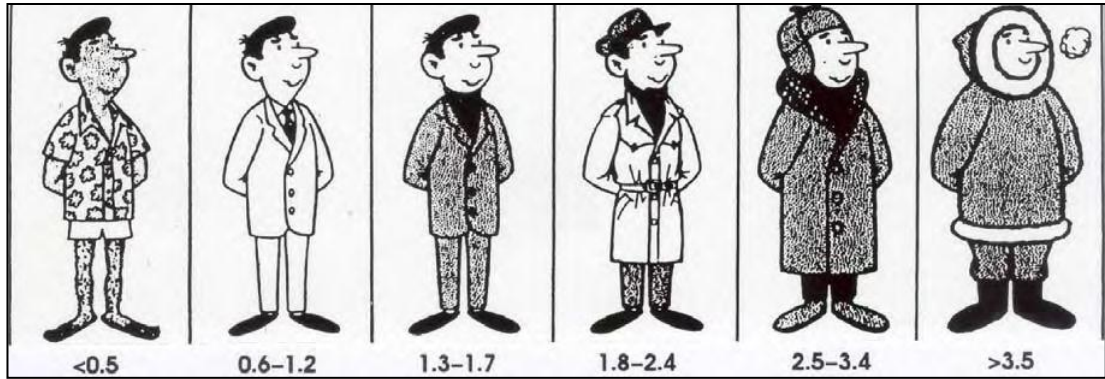
Ayrıca oturarak dinlenmekte olan ortalama bir yetişkinin birim yüzey alanından üretilen enerjiye eşit olarak da tanımlanmaktadır: 1 met = 58,2 W/m². Ortalama bir yetişkinin yüzey alanı 1,8 m² olarak kabul edilmektedir (ANSI/ASHRAE Standard 55-2010). Çeşitli fiziksel aktivitelere göre met değerleri Şekil 1.5’de gösterilmiştir.



Şekil 1.5 Fiziksel aktivitelere göre metabolik hız değerleri (Li, 2001)

Giysi, deri yüzeyinden ısı kaybını azaltarak ve aynı zamanda deriden nem kaybını düzenleyerek termal dengenin sağlanmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Ancak hiçbir giysi sistemi birbirinden farklı koşullar için gerekli olan termal denge şartlarını tamamiyle sağlayamamaktadır. Genellikle belirli bir aktivite ortamı için uygun olan bir giysi, başka bir aktivite ortamı için uygun olmamaktadır (Saville, 1999).

Giysinin ne derece termal yalıtım sağladığını belirlemek için, termal konfor çalışmalarında kullanılmak üzere “clo” birimi tasarlanmıştır. Giysi yalıtım katsayısı olarak bilinen clo, sıcaklığı 21 °C, hava akımı 0,1 m/s, bağıl nemi % 50 olan bir ortamda, oturarak dinlenen, vücut sıcaklığı 33 °C olan ve 1 met hızında ısı üretmekte olan bir insan için gerekli olan giysi yalıtımıdır: $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{°C/W}$. Pamuklu iç çamaşırı ile birlikte normal bir erkek takım elbisesinin yalıtım katsayısı yaklaşık olarak 1 clo olarak kabul edilmektedir (Auliciems ve Szokolay, 1997). Çeşitli giysilere ait clo değerleri Şekil 1.6’daki gibidir.



Şekil 1.6 Çeşitli giysilerin clo biriminde yalıtım katsayıları (Auliciems ve Szokolay, 1997)

Giysi yalıtımı, sadece üst üste giyilen giysilerin yalıtım değerleri ile ilgili değildir. Aynı zamanda giysi katları arasında kalan hava boşlukları, giysi sisteminin toplam yalıtım değerini belirlemektedir. Bilindiği gibi hava iyi bir yalıtıcıdır. Çünkü havayı oluşturan tanecikler arasındaki boşluk miktarı çok fazla olduğu için tanecikler arasındaki ısı iletimi çok yavaş olmaktadır. Tabii ki bu hava boşlukları, konveksiyon ile ısı kaybına neden olacak büyüklükte olmamak kaydı ile yalıtıma katkı sağlamaktadır (Saville, 1999).

Giysi yalıtımının ifade edilmesinde bir başka birim ise ‘tog’dur. 1 clo = 1,55 tog’a eşittir. Shirley Institute, giysi yalıtım değerinin daha kolay anlaşılır bir şekilde takip edilebilmesi için SI birimi olan m^2K/W ’a alternatif olarak önermiştir. Tog, tekstil malzemesinin iki yüzü arasındaki $^{\circ}C$ cinsinden sıcaklık farkının ısı akısına oranının 1/10’udur. Dolayısıyla 1 tog = 0,1 $^{\circ}Cm^2/W$ olarak kabul edilmektedir (Saville, 1999).

Hava sıcaklığı, termal konforu etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biridir. Kişiyi çevreleyen ortamın sıcaklık değeri değiştikçe, vücudun verdiği metabolik tepki ve tekstil malzemesinden beklentiler değişmektedir. Aynı zamanda hava sıcaklığı, herhangi bir hava hareketi ile konvektif ısı dağılımını belirlemektedir. Bu nedenle havanın hareketi ve hızı çevre sıcaklığının etkisini düzenlemektedir. Hız birimi m/s ile ifade edilen hava hareketi vücuttan nemin buharlaşmasını etkilemekte ve böylece buharlaşarak serinleme gerçekleşmektedir. Benzer şekilde termal konfor koşullarını sağlamakta temel faktörlerden bir diğeri olan bağıl nem ise öncelikli olarak buharlaşma oranını etkilemektedir. Ortamın bağıl nem değeri ve giysi ile deri arasındaki bağıl nem, buhar halindeki nem transfer hızını belirlemektedir (Auliciems ve Szokolay, 1997).

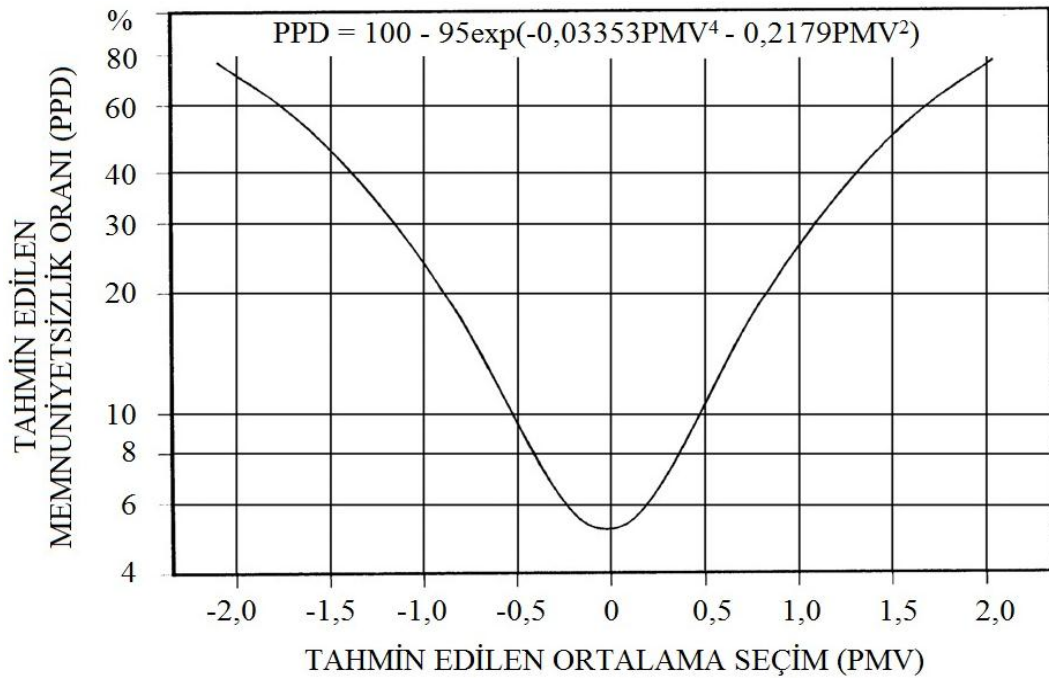
Ortalama radyasyon sıcaklığı ise, insanı çevreleyen tüm yüzeylerin etrafa yaydığı radyal ısıyı ifade etmektedir. ASHRAE-1989 standartlarına göre vücuttan radyasyonla meydana gelen ısı kaybına eşdeğer ısı kaybına sahip siyah cismin sahip olduğu üniform sıcaklık değeri olarak tanımlanmıştır (Kaplan, 2009). Ortalama radyan sıcaklığı, vücudun çevresindeki cisimlerle (arasında doğrudan temas olmasa bile) gerçekleşen ve sıcaklık farkına paralel olan ısı alış verişi bir ifadesidir. İnsanı çevreleyen ortamdaki, malzemeler radyan olarak ısı yaymakta ve bu ısı ortamı ve insanı etkilemektedir.

Fanger (1970), farklı giysiler ve aktivite düzeyleri için termal konfor bölgesini tanımlayacak matematiksel bir model geliştirmiştir. Deri sıcaklığı ve ter oranı gibi parametreleri konforun fiziksel parametreleri olarak kabul eden bu çalışma, PMV ve PPD termal konfor indislerini hesaplayan ISO 7730 standardının esası olmuştur (Güneşoğlu, 2005).

ASHRAE standart 55’de (2010) açıklanan bu yöntemde, PMV (Predicted Mean Vote) çok sayıdaki insanın termal ortam hakkındaki termal konfor hisleriyle yaptıkları değerlendirmeler sonucu elde edilen bir indekstir. Yapılan değerlendirmelerin ortalamalarıyla belirlenen ölçeğe göre sınıflandırma Tablo 1.3’de gösterilmiştir. PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) ise termal konfor açısından memnuniyetsiz olan insan yüzdesini belirlemekte ve PMV indeksinden hesaplanmaktadır. PMV indeksine göre belirlenen termal duyu ölçeğindeki değerlere göre PPD indeksi yüzde olarak değerler almaktadır. Termal memnuniyetsizliği ifade eden PPD, insanların ölçekte değerlendirdiği +2, +3, -2 veya -3 aralığında termal memnuniyetsizliğin oluşacağını kabul etmektedir ve Şekil 1.7’de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır (ANSI/ASHRAE Standard 55, 2010). ISO 7730’a göre PMV indeksi +0,5 ile -0,5 aralığında ve buna göre PPD indeksi % 10’un altında bir değere sahip olduğunda optimum termal konfora yaklaşıldığı belirtilmektedir (Li, 2001).

Tablo 1.3 ASHRAE termal duyu ölçeği (ANSI/ASHRAE Standard 55-2010)

Sıcak	Ilık	Hafif Ilık	Nötr/Konforlu	Hafif Serin	Serin	Soğuk
+3	+2	+1	0	-1	-2	-3



Şekil 1.7 PMV indeksinin bir fonksiyonu olan PPD indeksi (ANSI/ASHRAE Standard 55-2010)

1.7 Tekstil Materyallerinde Meydana Gelen Isı Transferi Mekanizmaları

Isı transferi, sıcaklıkları farklı iki veya daha fazla nesne arasında gerçekleşen enerji transferidir. İki çevre arasında sıcaklık farklı olduğu sürece meydana gelmekte, ısı sıcak ortamdan, soğuk ortama doğru hareket etmektedir (Haghi, 2011). Kişinin bulunduğu çevre koşullarında, çevre sıcaklığı vücut sıcaklığından daha düşük ise vücuttan çevreye ısı transferi gerçekleşecektir. Böylece kişi üşüdüğünü hissedecektir. Tam tersine sıcak koşullarda, çevre sıcaklığı vücut sıcaklığından yüksekse bu kez de çevreden vücuda ısı transferi gerçekleşecek ve kişi fazla ısındığını hissedecektir. Her iki durumda da, kullanılan tekstil malzemesinin ısı akışını dengeleyerek, aşırı ısınmaya ya da üşümeye engel olması konforlu durumun sağlanmasında oldukça önemli olmaktadır.

İnsan vücudu ile çevre arasındaki ısı değişimi, deri yüzeyinden iletim (Kondüksiyon), taşınım (Konveksiyon), ışıınım (Radyasyon), buharlaşma yoluyla ve solunumla gerçekleşmektedir (Holmer, 2005).

1.7.1 İletimle (Kondüksiyon) Isı Transferi

Kondüksiyon ya da iletim, madde veya cismin bir tarafından diğer tarafına ısının iletilmesi ile oluşan ısı transferinin bir çeşididir. İletim, bir molekülden diğerine ısı transferi aracılığıyla enerji transferine bağlı olarak gerçekleşmektedir, bu anlamda termal iletim, elektriksel iletime benzerlik göstermektedir (Haghi, 2011).

İletim, hem katı hem de sıvı cisimlerde gerçekleşebilmektedir. İletim ile ısı transferi belirli bir doğrultudaki ısı akısının sıcaklık farkına paralel olduğunu kabul eden Fourier Kanunu'na uymaktadır (Güneşoğlu, 2005). Fourier Kanunu, birim zamanda bir tabaka boyunca olan ısı akısı miktarının, sıcaklık farkının gradyanına olan oranıdır. Bu kanunla ortaya çıkan orantı sabiti ise ısı iletim katsayısı (termal iletkenlik) λ adını almaktadır (Haghi, 2011). Fourier Kanunu aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} \sim -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1.3)$$

Buna göre birim zamanda iletimle ısı transferi miktarı aşağıdaki gibi formüle edilebilmektedir:

$$Q = \lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1.4)$$

Fourier Denkleminde görülen (-) işareti ise Termodinamiğin 0. Kanunu'ndan faydalanılarak kullanılmaktadır. Burada (-) işareti ısıнын, sıcaklığı yüksek olan ortamdan düşük ortama doğru aktığını ifade etmektedir. A yüzey kesit alanı, Δx maddenin ısı geçiş bölgesi kalınlığı, λ malzeme cinsi ve sıcaklığına bağlı olan ısı iletim katsayısı ve ΔT sıcaklık farkıdır (Haghi, 2011).

İletimle ısı transferi eller, ayaklar ya da vücut yoluyla temas edilen yüzeylerle sıcaklık farkından kaynaklı ısı değişimi ile ortaya çıkmaktadır. Giysi dış ortam ile teması keseceği için, dış çevredeki yüzey ile vücut arasında direkt olarak iletim yoluyla gerçekleşen ısı transferi azalmaktadır. Bu ısı transfer mekanizması daha çok vücutun iplik, kumaş, aksesuar gibi tekstil malzemeleri ile temasıyla ortaya çıkmaktadır.

Giysi yapısı, birden fazla malzemeyi bir arada bulundurduğu için (farklı lif tipleri, diğer malzemeler ve hava) katı cisimler gibi homojen bir etki göstermemektedir (Güneşoğlu, 2005). Kumaşı oluşturan farklı lif tipleri çeşitli termal iletkenlik davranışları gösterse de, kumaştaki boşlukları dolduran ve liflere göre çok daha düşük iletim katsayısına sahip hava kumaşın termal iletim performansını belirlemektedir (Hatch, 1993). Tekstil materyali ve havanın termal iletkenlikleri arasındaki büyük farka dayanarak, kumaşın içerdiği lif ve hava miktarlarını dikkate alan denklem aşağıdaki gibidir (Kaplan, 2009).

$$\lambda = (1 - f)\lambda_A + f\lambda_F \quad (1.5)$$

Burada λ kumaşın ısı iletim katsayısı, f kumaştaki elyafın hacimsel oranı, λ_A ve λ_F sırasıyla hava ve lifin ısı iletim katsayılarıdır.

Havanın ısı iletim katsayısı 0,025 W/mK iken lifin ortalama ısı iletim katsayısı 0,1 W/mK'dir, ayrıca yapısında %10'dan düşük oranda lif içeren tekstil malzemelerinin iletkenlik değerleri havanın iletkenlik değerine yakındır (Kılınç, 2004; Kaplan 2009).

1.7.2 Taşınım (Konveksiyon) Isı Transferi

Konveksiyon ya da taşınım, katı yüzey ile akışkan arasında gerçekleşen ısı transferinin bir çeşididir. Taşınım ısı transferi, rastgele moleküler hareket (difüzyon) nedeniyle gerçekleşen enerji transferine ilave olarak, akışkanın hacimsel hareketi nedeniyle ortaya çıkan enerji ile gerçekleşmektedir. Bu akışkan hareketi, çok sayıda molekülün kolektif olarak veya kümeler halinde hareketi sayesinde oluşmaktadır. Bir sıcaklık değişiminin olduğu durumda bu tür bir akışkan hareketi, ısı transferini sağlayacaktır. Bu mekanizmada, farklı sıcaklıklara sahip olan bir yüzey ile hareket halindeki bir akışkan arasındaki ısı transferiyle ilgilenilmektedir (Haghi, 2011). Bu şartlar altında sıcaklık farkının neden olduğu ısı transferi aşağıdaki gibi açıklanabilmektedir:

$$\Delta T = \text{Yüzey sıcaklığı} - \text{Akışkanın ortalama sıcaklığı} \quad (1.6)$$

Bu tanımlama kullanılarak, Newton'un Soğuma Kanunu'na uygun olarak, belirli bir sıcaklıktaki yüzey ile ona temas eden ortalama sıcaklığa sahip bir akışkan arasındaki taşınım ısı transferi aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir:

$$Q = h_c A \Delta T \quad (1.7)$$

Burada A yüzey alanı, h_c ise taşınım ısı transfer katsayısı olarak bilinen yüzeyden akışkana ısı transferinin katsayısıdır (Haghi, 2011).

Giysi sistemlerinde taşınım ile ısı transferi, deri ile giysi arasındaki hava tabakasının vücut hareketlerine bağlı olarak hareketi ile meydana gelmektedir. Deri yüzeyinden geçen hava yalnızca buharlaşan nemin değil, aynı zamanda vücuttan çevreye ısı transferini de etkilemektedir. Daha hızlı hava hareketi, vücut ile çevre arasında daha büyük miktarda sıcaklık farkına neden olmakta ve daha büyük vücut yüzey alanı daha fazla ısı transferine neden olmaktadır (Song, 2011).

Deriye komşu olan havanın ısınarak yükselmesiyle vücudun etrafında sürekli olarak küçük miktarda konveksiyon oluşmaktadır (Önder ve Sarıer, 2006). Tekstil malzemesi ile temas halindeki deri arasındaki bölgede havanın hareketi taşınım ile ısı transferinin etkinliğini belirlemektedir. Kumaş yapısı içerisinde lif inceliği azaldıkça artan yüzey alanına bağlı olarak hava hareketinin azalması ve havanın lif yüzeylerine tutunarak yapıda daha yüksek oranda hava bulunması söz konusudur (Kaplan, 2009).

Hes (2004) vücut çevresindeki hava tabakasının hızının artmasıyla taşınım ile ısı transferinin artacağını, ancak giysi içerisindeki hava hızının düşük olduğunu, giysilerdeki kol, boyun ve manşet gibi açıklıkların vücut çevresindeki havayı hızlandıracağını ifade etmektedir (Güneşoğlu, 2005). Vücutta ısı transferinin etkili bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için giysi sisteminde uygun bölgelerde açılacak kanalların hava hareketine imkân vererek termal dengeyi sağlamada önemli rol oynayacağı öngörülmektedir.

1.7.3 Işınım (Radyasyon) Isı Transferi

Isı transferinin üçüncü türü olan radyasyon ya da ışıma, ısı transferi için herhangi bir ortama bağlı olmayan bir transfer mekanizmasıdır. Radyasyon, boşluktan düz hatlar veya demetler halinde geçmektedir. Yolu üzerinde bulunan maddeler radyasyonu kısmen veya tamamen yansıtabilmekte, absorblayabilmekte ya da değiştirmemektedir (Haghi, 2011).

Işınım ile ısı transferi iki yüzey arasındaki sıcaklık farkına, cismin kalınlığına ve radyasyon nüfuz etme derinliğine bağlı olarak önemli ya da önemsiz olabilmektedir

(Farnworth, 1983). Yansıyan veya geçen ışın, çoğu kez başka absorblayıcı birimlerce tutularak ısıya dönüştürülmektedir. Bir maddenin çıkardığı radyasyon, bir diğerinden çıkandan tamamen bağımsızdır, maddenin kazandığı veya kaybettiği net enerji, absorbladığı radyasyon ile çıkardığı enerji arasındaki farka eşittir. İletim veya taşınım ile ısı akışı da ışıınımdan bağımsız olarak gerçekleşmektedir (Vafai, 2009).

Radyasyon, bir elektromanyetik enerji iletim şeklidir ve mutlak sıfırın üstünde sıcaklığa sahip tüm cisimler arasında gerçekleşmektedir. Kızılötesi radyasyon, genel elektromanyetik spektrumun bir parçasıdır. Radyasyon, bir cismin yüzeyindeki moleküllerdeki elektronların titreşimiyle yayılan enerjidir. Transfer edilebilir enerji miktarı, cismin mutlak sıcaklığına ve yüzeyin radyant özelliklerine bağlı olmaktadır (Haghi, 2011). Bir cismin ışıınımla ısı kaybı veya absorpsiyonu cismin renginden etkilenmektedir. Siyah cisimler, ısıyı iyi absorbe edip iyi yayarlar, beyaz ve boyanmış cisimler ise, enerjinin büyük bir kısmı yansıtıldığı için, düşük absorpsiyon ve ışıma performanslarına sahiptir (Güneşoğlu, 2005). Düz yüzeyler kızılötesi ışıınımlarını pürüzlü yüzeylerden daha iyi yansıtmaktadırlar (Vafai, 2009).

Farnworth (1983), kumaşların iletim ve ışıınımla ısı transfer mekanizmalarını incelemiş, kumaşın kalınlığı ile radyasyonla ısı akışı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. İki giysi tabakası arasında, ışıınımla meydana gelen ısı akışı q (W/m^2) miktarını hesaplamak için, kızılötesi geçirgen ortamda bulunan, emisyon dereceleri ϵ_1 ve ϵ_2 olan ve sıcaklıkları T_1 ve T_2 olan birbirine paralel iki düz yüzey için aşağıdaki eşitliği önermiştir:

$$q = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{\left[\left(\frac{1}{\epsilon_1}\right) + \left(\frac{1}{\epsilon_2}\right) - 1\right]} \quad (1.8)$$

Bu eşitlik, Stefan-Boltzman Kanunu'na dayanmaktadır ve burada σ ($5,67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$) radyasyon katsayısı olarak ifade edilen, Stefan-Boltzman sabitidir (Farnworth, 1983).

Vücuttan ışınlama meydana gelen ısı transferinin belirlenmesi kolay değildir çünkü giysi vücut üzerinde eğimli yüzeyler ve basınç bölgeleri oluşturmaktadır (Kaplan, 2009). Kumaş katı sayısı arttıkça durum daha da karmaşık bir hal almaktadır, çevreden gelen ışınlama enerjisinin tümü giysi, iç giysi ve çevre üzerinde tamamen dağılıncaya kadar döngü sürmekte ve tabakalarda dağılan enerjinin büyüklüğü ve giysi sistemindeki katların ısı dirençlerine bağlı olarak katların sıcaklıkları değişmektedir (Güneşoğlu, 2005).

1.7.4 Buharlaşımla (Evaporatif) Isı Transferi

Çevre sıcaklığının, vücut sıcaklığından yüksek olduğu durumlarda vücutta oluşan ısıнын uzaklaşmasının tek yolu vücutta oluşan terin buhar yoluyla uzaklaşmasıdır. Çünkü çevre sıcaklığı, vücut sıcaklığına ulaştığında terleme başlamakta, taşınım ve ışınlama ısı kaybı son bulmaktadır. Vücut yüzeyinden buharlaşan suyun her bir gramı başına 0,58 kalori ısı kaybedilmektedir. Vücuttaki suyun buharlaşması ile deri ve akciğerlerden sürekli ve bilinç dışı olarak saatte 12-16 kalori aralığında ısı kaybedilmektedir (Song, 2011).

Vücut yüzeyindeki suyun buharlaşarak uzaklaşabilmesi için çok fazla miktarda enerji gerekmektedir. Böylelikle terin deriden buharlaşmasıyla vücuttaki enerji kaybına bağlı olarak soğuma gerçekleşmektedir. Fazla ısıнын uzaklaştırılmasında, sıvı buhar dönüşümü olmadan tek başına terleme yeteri kadar etkili olmamaktadır. Buharlaşarak terin uzaklaşması mekanizması kuru sıcak havalarda oldukça faydalı olmaktadır, ancak nemli sıcak hava şartlarında terin buharlaşması problem olmaktadır. Çevre nem yoğunluğunun deriden fazla olduğu durumlarda, deriden çevreye buhar yoluyla nem akışı durmakta ve vücutta sıvı nem birikmektedir (Saville, 1999).

ASHRAE-1997 standartlarına göre buharlaşmayla deriden ısı kaybı (E_{sk}), deri ile çevre arasındaki su buharı basınç farkına ve deri yüzeyindeki nem miktarına bağlıdır (Önder ve Sarier, 2006).

$$E_{sk}=mA(P_{sk}-P_a) \quad (1.9)$$

m giysi tabakasının geçirgenlik katsayısı, A yüzey alanı (m^2), P_{sk} ve P_a sırasıyla derinin ve çevrenin kısmi buhar basıncı değerleridir (Pa).

Hava şartlarına bağlı olarak, solunum sistemiyle alınan hava vücuttaki ısı kaybına etki etmektedir. Solunum sırasında çevreden alınan hava solunum yollarında ve akciğerlerde ısıtılıp su buharı ile doymuş hale getirilmektedir. Bunun sonucunda nefes yoluyla çevreye verilen hava daha sıcak ve rutubetli olmakta ve böylece solunum sistemi buharlaşmayla ısı transferini sağlamaktadır (Holmer, 2005).

Özellikle yüksek aktivite seviyelerinde, birçok durumda vücutta yüksek miktarda metabolik ısı oluşmakta ve oluşan ısı yeterince uzaklaştırılamamaktadır. Bu gibi durumlarda oluşan ısıнын uzaklaşmasında giysi katmanının da etkisiyle iletim, taşınım ve ışınila ısı transferlerine nazaran buharlaşma ile ısı transferi belirleyici rol oynamaktadır. Oluşan aşırı ısı vücutta hızlıca sıvı ve buhar halinde ter olarak salgılanmakta ve oluşan terin buharlaşıp uzaklaştığı ölçüde vücut soğumaktadır. Ter birikmesine karşı giysinin etkin buharlaşmaya izin vermemesi durumunda tekstil malzemesi bir bariyer gibi davranabilmektedir. Bu nedenle giysinin, tampon görevi görerek sıvı teri absorbe etmesinin yanında gözenekliliğine ve kılcallık karakteristiğine bağlı olarak su buharını transfer etme yeteneği gibi bir çok beklentiyi aynı anda karşılaması istenmektedir.

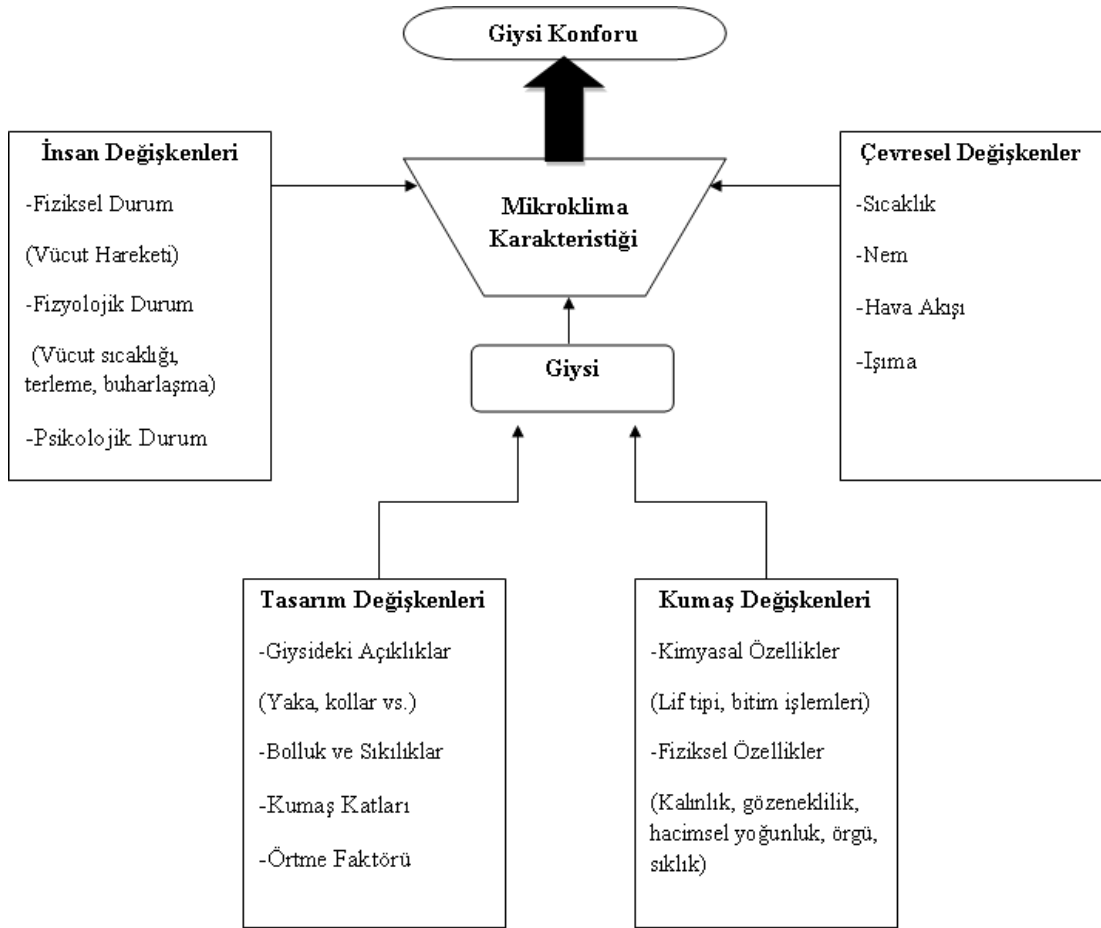
1.8 Tekstil Materyallerinin Termal Konfor ile İlgili Özellikleri

Çevre, giysi ve insandan oluşan sistemde insan derisi ile giysi arasında kalan hava tabakasının ısı ve nem durumu, giysi ile örtünmüş kişinin konfor durumunu ve şartlarını belirlemektedir. Giysi ile deri arasında kalan bu hava tabakası mikroklima olarak adlandırılmaktadır.

Giysi içerisindeki hava tabakası ile çevrelenen vücut tarafından üretilen ısı ve nem çevreye transfer olurken mikroklimanın da karakteristiğini belirlemektedir.

Mikroklimanın ısı ve nem durumuna etki eden parametreler Şekil 1.8’de gösterilmiştir (Yoo, Hu ve Kim, 2000).

Mikroklima, çevresel faktörlerden, kişinin aktivite düzeyinden ve giysi özelliklerinden etkilenmektedir. Mikroklimaları dolayısıyla konforu etkileyen bu faktörlerden çevresel etkenlere, kişinin fiziksel durumuna ve aktivite durumuna istenildiği ölçüde müdahale edilemediğine göre, konforun iyileştirilmesi ancak giysi özelliklerinin değiştirilmesi ile sağlanabilmektedir. Dolayısıyla giysi özelliklerinde yapılacak değişiklikler mikroklimaları etkileyerek kişinin konfor durumunu belirleyecektir.



Şekil 1.8 Giysi ve deri arasındaki mikroklimalara etki eden değişkenler (Yoo ve ark., 2000)

İdeal bir giysilik kumaş termal konfor açısından üç önemli özelliğe sahip olmalıdır:

- Soğuktan korunmak için yüksek termal direnç,
- Ilıman iklim koşulları altında etkili ısı transferi için düşük su buharı direnci
- Sıcak iklim koşullarında terleme nedeniyle rahatsızlık veren ıslaklık hissini engellemek ve etkin ısı transferi için hızlı sıvı transfer özellikleri (Xiaoming 2001).

Yüksek konforlu bir giysinin yukarıdaki özelliklere ek olarak hareket rahatlığı (giysinin vücut hareketlerine kolaylıkla uyum sağlaması), çabuk kuruma, yumuşaklık ve deriyi tahriş etmeme, hafiflik, dayanıklılık, beğenilen bir tutum ve kolay bakım gibi özellikleri de sağlaması beklenmektedir.

Normalde giysi katmanlar halindedir. Cilde temas eden iç tabaka konfor ve destek için, dış tabaka ise ısınma ve olumsuz koşullardan korunma içindir.

Konfor, insanın giydiği giysi ile bulunduğu çevre arasındaki uyumdan duyduğu memnuniyet durumu olarak düşünülebilir. Bu uyum ağırlık, kalınlık, termal iletkenlik veya ısı transferi, hava geçirgenliği, nem emicilik veya nem iletimi, tutum, hareket kolaylığı, dökümlülük gibi fiziksel özelliklerin yanı sıra renk, parlaklık, moda, stil, vücuda uygunluk gibi estetik özellikleri ve buna ek olarak kültür, anlayış gibi kişisel özellikleri içermektedir. Bu sebeple konfor özelliklerine doğrudan ve dolaylı olarak bir çok önemli parametre etki etmektedir (Song, 2011).

Giysi ile etkileşim halindeki insan vücudunun konfor durumuna erişmesinde tekstil malzemesinin özelliklerinden, gördüğü işlemlere kadar bir çok proses etki etmektedir. Giysinin çevre ile termal dengeyi sağlamasında, şartlara göre teri iletmesinde ya da emmesinde ve nefes alabilirliğinde lif özellikleri, iplik ve kumaşın yapısal parametreleri, kimyasal işlemler ve giysi tasarım özellikleri oldukça önemli olmaktadır.

1.8.1 Lif Özelliklerinin Konfora Etkisi

Tekstil malzemesinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen en önemli faktör içerdiği hammadde olmaktadır. Bu nedenle giysi üretiminde kullanılacak lif tipi,

özelliği, lif karışım durumu, liflerin gördüğü işlemler giysinin kullanılacağı alana göre beklenen özelliklerin karşılamasında oldukça önemlidir.

Giysi konforu için kullanılacak liflerin etkin ısı transferine izin vererek termal dengeyi sağlaması, nemi hızlı emip hızlı uzaklaştırması, hava geçirgenliği ile nefes alabilir olması, iyi tutum özelliklerine sahip olması, kullanımının ve bakımının kolay olması gibi birçok özelliği bir arada içermesi gerekmektedir. Bu açıdan düşünöldüğünde bir lifin tüm bu özellikleri aynı anda sağlaması oldukça zordur.

Geçmiş yıllarda insanların yaşamında tekstil ürünü olarak kullanabilecek yalnızca pamuk, yün, ipek, keten, kenevir, rami, jüt gibi doğal lif çeşitleri bulunmaktaydı. 1910 yılında“yapay ipek” olarak adlandırılan rayon liflerinin üretiminden beri yapay liflerin üretimi ve kullanımı hızla gelişmektedir (Song, 2011). Üreticilerin elindeki lif çeşitliliği artmış ve farklı özelliklere sahip birçok lif çeşidini kullanma olanağı doğmuştur.

Hazır giyimde sıklıkla kullanılan lif tiplerinin başlıca özellikleri açısından avantaj ve dezavantajları Tablo 1.4’de gösterilmiştir (Song, 2011). Tüm liflerin farklı farklı avantaj ve dezavantajlara sahip olmalarına, kullanım yerlerine ve amacına göre öncelikleri değişim göstermektedir. Giysi sistemlerinde daha iyi konfor özelliklerini sağlamak için liflerin karışım yoluyla bir arada kullanımı ile bir kısım dezavantajların önüne geçilip avantajları bir araya getirilmeye çalışılmaktadır.

Termal konfor açısından düşünöldüğünde tekstil malzemesinin ısı transferi yeteneğine içerdii hammaddeinin termal iletkenlik ya da termal direnç değerinin önemli bir etkisi bulunmaktadır. Aynı hacimsel yoğunluğa sahip ($0,5 \text{ g/cm}^3$) lif tabakalarının ölçölmüş termal iletkenlik değerleri Tablo 1.5’de gösterilmiştir (Morton ve Hearle, 2008). Liflerin termal iletkenlik değerleri farklılık göstermektedir, durgun hava ise en düşük değere sahiptir. Bu sebeple liflerin hacimlerinden ötürü yapısında hava tutma kapasitesi yalıtım özelliklerini de etkilemektedir.

Tablo 1.4 Farklı liflerden üretilen kumaşların avantaj ve dezavantajları (Song, 2011)

Lif Tipi	Avantajları	Dezavantajları
Pamuk	Yüksek mukavemet, yumuşak, nem emici, yıkanabilir	Çekme, kırışma, pahalı
Yün	Sıcak tutum, yüksek mukavemet, yüksek kırışma direnci	Çekme, bakım zorluğu, pahalı
Poliester	Yüksek mukavemet, diğer liflerle kolay karıştırılabilme, yıkanabilir, yüksek kırışma direnci, hızlı kuruma, ucuz	Kir ve leke tutma, su emmeme, kötü tutum özellikleri
Asetat	Yumuşak, dökümlü, ipeksi görünüm, ucuz	Kırışma, renk solması, ısıyla deformasyon, düşük yaş mukavemet, düşük aşınma direnci, bakım zorluğu
Rayon	Yumuşak, yüksek emicilik, iyi tutum özellikleri	Düşük yaş mukavemet, kolay kırışma, bakım zorluğu
Akrilik	Yumuşak, hafif, sıcak tutum, yüne benzerlik, diğer liflerle kolay karıştırılabilme, alerjik olmama, ucuz	Kolay boncuklanma, ısıyla deformasyon
Naylon	Yüksek mukavemet, iyi şekil alabilirlik, yıkanabilir, hızlı kuruma, iyi uzama özellikleri	Isıyla deformasyon, su emmeme, statik elektriklenme, yıkandığında renk verme

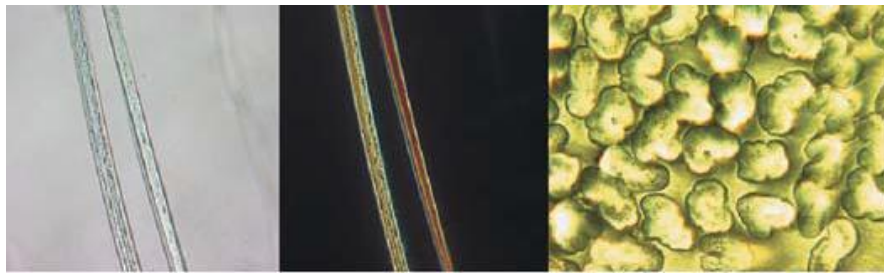
Tablo 1.5 Farklı liflerin termal iletkenlik değerleri (Morton ve Hearle, 2008)

Lif Tipi	Termal İletkenlik (mW/mK)
Pamuk	71
Yün	54
İpek	50
Polivinilklorit	160
Selüloz asetat	230
Naylon	250
Poliester	140
Polietilen	340
Polipropilen	120
Durgun hava	25

Tekstil malzemesinin konfor özelliklerinin geliştirilmesi için, liflerin seçiminin ve karışımının yanında liflerin fiziksel modifikasyonu ile belirli özellikler kazandırılmaya çalışılmaktadır. Özellikle sentetik liflerin enine kesit yapıları değiştirilerek elde edilen uygun lif kesit yapıları ile hava akış yönü ve hızı, nemin çok yönlü transferi, kapiler boşlukların oluşturulmasıyla kılcallık özellikleri geliştirilmektedir. Polimerlerden lif çekimi sırasında yassı, dairesel, çokgen kesit yapıları elde edilebildiği gibi mikro boyutta lifler (microfiber – 0,1-1dtex aralığındaki lifler), içi boş (hollow) filamentler üretilebilmektedir (Song, 2011).

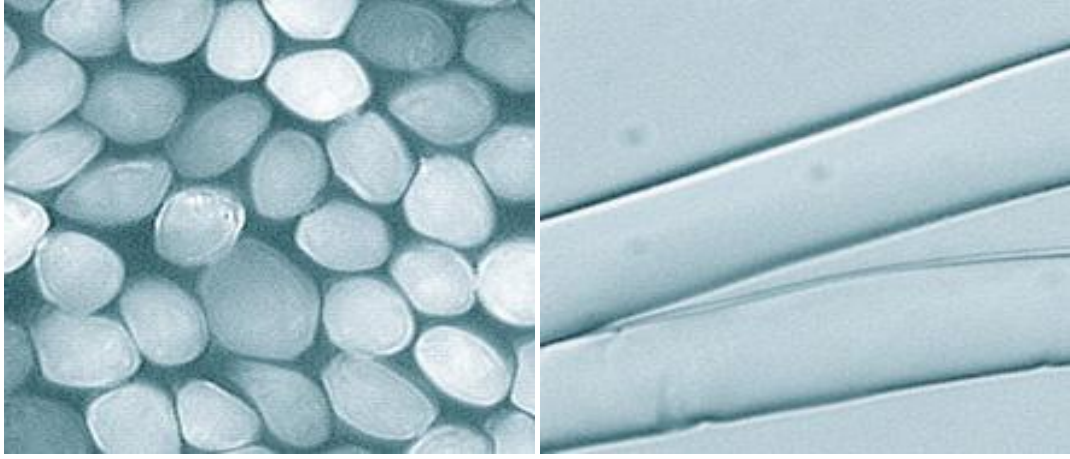
Liflerin üretim metotlarında yapılan bazı değişikliklerle, liflere çeşitli avantajlar kazandırılmaya çalışılmakta ve bu çalışmalar sonucunda geliştirilmiş lifler ticari firmalar tarafından pazara sunulmaktadır. Birçok farklı fonksiyonel gereksinime göre geliştirilen ve pazara sunulan lifler arasında termal konfor açısından avantajlı olduğu iddia edilen lif tipleri son yıllarda araştırmacılar ve tüketiciler tarafından ilgi çekmektedir. Pazarda termal konfor açısından avantajlı oldukları iddia edilen bazı lif tipleri aşağıda özetlenmiştir.

Günlük giyimde yaygın olarak kullanılmaya başlanan *Modal* lifleri, Lenzing-Avusturya firmasının ürettiği rejenere selülozik esaslı bir liftir (Şekil 1.9). Kayın ağacından üretilen modal lifleri, tamamıyla doğal, yaş ve kuru mukavemeti yüksek bir lif çeşididir. Viskoz lifi üretiminde, koagülasyon ve germe çekme adımlarında değişiklik yapılarak elde edilmiştir. Üretici firma tarafından yıpranmaya karşı oldukça dayanıklı olduğu, nem transfer özelliğinin iyi olduğu, yumuşak tuşeye sahip olduğu iddia edilmektedir. İyi nem transfer özelliği nedeniyle sıcak, rutubetli iklimlerde dahi giyim konforu sağlayacağı belirtilmektedir (Karsu Tekstil, 2013).



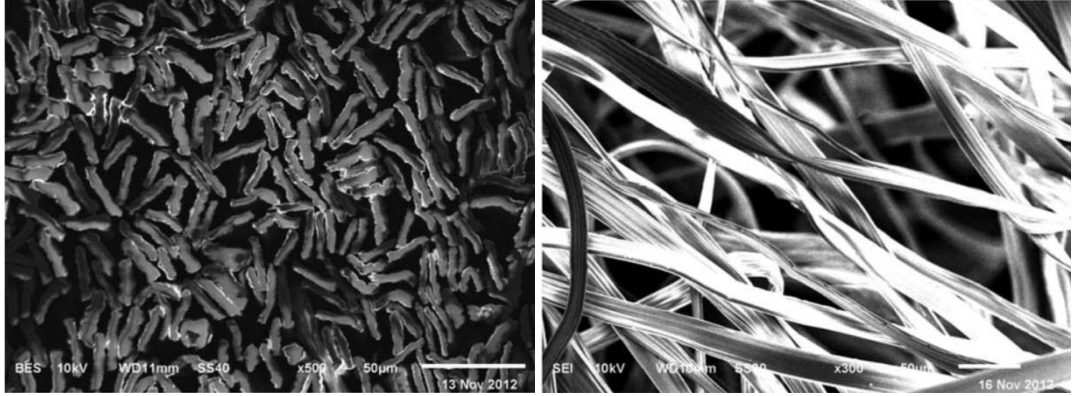
Şekil 1.9 Modal lifinin kesit görünüşleri (Karsu Tekstil, 2013)

Polinozik rayonlara alternatif olarak üretilmiş olan bir diğer rejenere selülozik lif *Tencel* ticari adıyla pazarda yer alan liyosel lifdir (Şekil 1.10). Selülozun N-metil morfolin oksit içerisinde çözündürülmesiyle ve yaş eğrilmesiyle elde edilmektedir. Geri kazanılabilir bir çözücü kullanıldığı için ekolojik bir lif olduğu, parlak görünümüne, yumuşak tutuma ve yüksek sıvı emicilik özelliklerine sahip olduğu iddia edilmektedir (Ramasamy, Nalankili ve Shanmugasundaram, 2014). Liyosel ipliklerin sahip olduğu yüksek fibrilasyon özelliklerinin ortadan kaldırılmasıyla elde edilmiş olan *Tencel A100* ve *Tencel LF* iplikleri daha düzgün ve pürüzsüz bir tutuma sahiptir (Lenzing Fiber Innovation, 2013).



Şekil 1.10 Tencel lifinin kesit görünüşleri (Lenzing Fiber Innovation, 2013)

Lif kesiti modifiye edilerek üretilen bir viskoz lifi olan *Viloft* lifleri, okaliptüs ağacının selülozundan elde edilmektedir (Şekil 1.11). Lif çekiminde dikdörtgen bir kesit oluşturacak şekilde tasarlanan liflerin bu özelliği sayesinde iplik içerisinde hava boşlukları oluşturulmakta ve iyi termal yalıtım özelliği sağlanmaktadır (Demiryürek ve Uysaltürk, 2013; Atasagun, Öner, Okur ve Beden, 2014). Üretici firma tarafından “Termal Viskoz” olarak adlandırılan Viloft’un, sentetik lifler ve yün lifleri ile karışımlarında nem emme ve yumuşaklık gibi konfor özelliklerine katkıda bulunduğu belirtilmektedir (Kelheim Fibres, 2013).



Şekil 1.11 Viloft lifinin kesit görünüşleri (Demiryürek ve Uysaltürk, 2013)

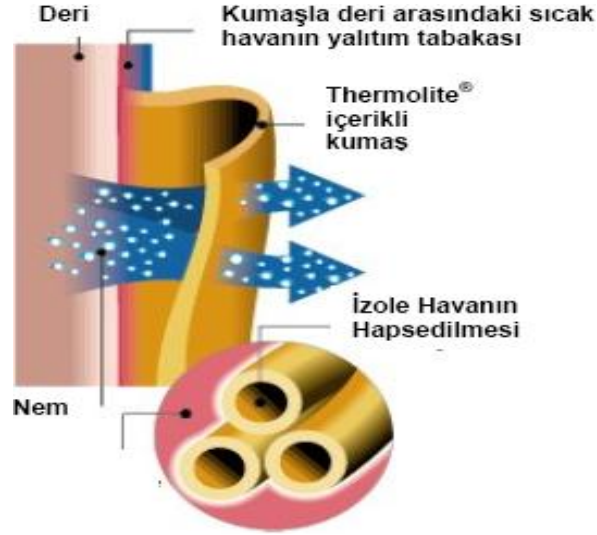
Coolmax lifleri, 1986'da DuPont Firması tarafından pazara sunulan yüksek performanslı, polyester esaslı bir liftir (Şekil 1.12). Polyester lifinin üretimi sırasında enine kesit yapısı değiştirilerek üretilen Coolmax liflerinin kanallı kesit yapıları sayesinde sıvıyı vücuttan çabuk uzaklaştırma özelliğine sahip olduğu ve bu nedenle spor giysilerinde çoğunlukla kullanıldığı belirtilmektedir. Son yıllarda farklı sayıda kanallı, farklı enine kesitlere sahip Coolmax lifleri üretilmektedir. Üretici firma tarafından çabuk kuruma özelliğine sahip olduğu, buharlaşmayı kolaylaştırdığı, nefes alabilirlik özelliği sağladığı, vücudu serin tuttuğu belirtilmektedir (Advansa, 2013a).



Şekil 1.12 Coolmax lifinin kesit görünüşleri (Advansa, 2013a)

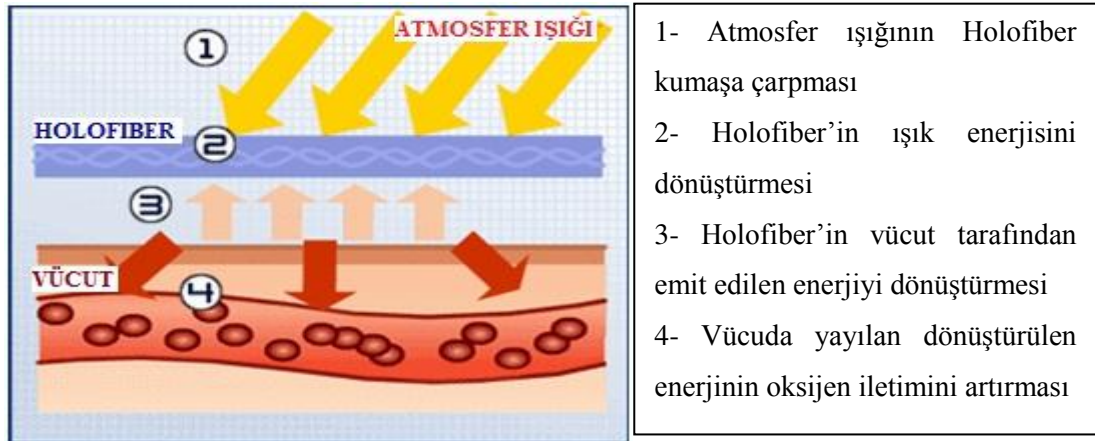
Thermolite lifleri, DuPont firması tarafından geliştirilen bir çeşit polyester lifidir (Şekil 1.13). Kutup ayılarının kürkünde bulunan, mükemmel bir yalıtım sağlayan, içinde binlerce küçük hava kesecikleri olan içi boş tüylerden esinlenerek üretilmiştir. Polyester lif çekimi sırasında içi boşluklu üretilen liflerin yapısındaki çekirdek boşluklar, giysinin hem daha sıcak olmasını hem de daha hafif olmasını sağlamaktadır. Geniş yüzey alanı sayesinde nemi hızlıca deriden kumaş yüzeyine aktararak hızlı buharlaşmayı sağladığı, soğuk havalarda vücudun sıcaklığını

koruyarak konforun devamlılığını sağladığı üretici firma tarafından belirtilmektedir (Advansa, 2013b).



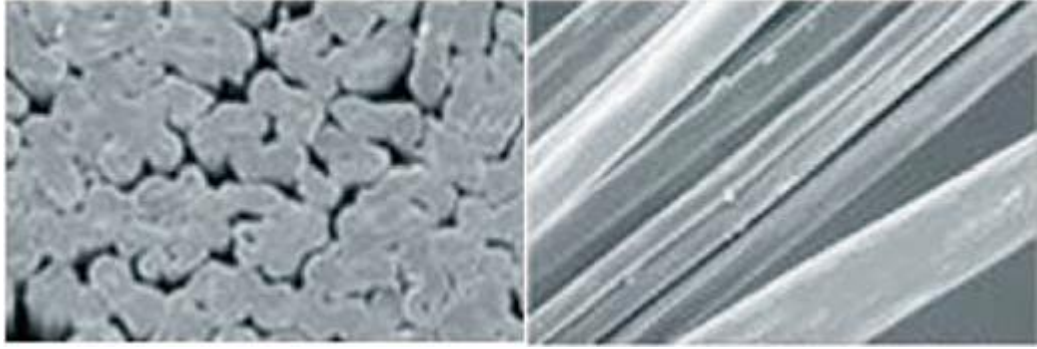
Şekil 1.13 Thermolite lifinin kesit görünüşleri (Advansa, 2013b)

Holofiber lifleri, Hologenix Firmasının geliştirdiği içi oyuk yapıda bir filamenttir (Şekil 1.14). Holofiber'in kandaki oksijeni önemli oranda artırdığı, kan devrinin ve dolayısıyla vücudun gücünün artmasına yol açtığı, deriye oksijen sağlama yönündeki bu gelişmenin yaraların iyileşmesini hızlandırdığı üretici firma tarafından iddia edilmektedir. Derinin üstüne veya yakınına giyildiğinde, Holofiber lifinin mevcut ışığı ve vücut tarafından doğal olarak üretilen enerjiyi, vücudun kan dolaşımını ve oksijen düzeylerini iyileştirecek dalga boylarına dönüştürdüğü belirtilmektedir (Hologenix Company, 2013).



Şekil 1.14 Holofiber lifinin çalışma prensibi (Hologenix Company, 2013)

Soya Silk lifleri, *Soya Silk* firmasının kendi adını taşıyan, soya protein lifinden üretilen bir üründür (Şekil 1.15). Soya lifleri yağı alınmış soya fasulyesi ununun %0,1'lik Na_2SO_3 çözeltisi ile ekstrakte edilmesiyle elde edilmektedir. Üretici firma tarafından *Soya Silk* lifinin teri ve ıslaklığı hızlıca emip dışarı atarak nemi kurutma özelliği sayesinde kuru, ferah ve sıcak tuttuğu, yumuşak, düz, akıcı, pürüzsüz bir his verdiği ifade edilmektedir. Ana malzeme soya fasulyesi proteini olduğu için, miktar olarak fazla ve fiyat olarak ucuz ve kullanmanın kaynaklar açısından fazla bir yük getirmeyeceği ve kaynakların iyileştirilmesine ve geliştirilmesine yardımcı olacağı belirtilmiştir. *Soya Silk* protein lifinin çok kanallı yüzey yapısı sayesinde nem transferini sağladığı ve kumaşın çok hızlı kurumasına etki ettiği ifade edilmektedir (*Soya Silk Ekolojik Tekstil*, 2013).



Şekil 1.15 *Soya Silk* lifinin kesit görünüşü (*Soya Silk Ekolojik Tekstil*, 2013)

1.8.2 İplik Özelliklerinin Konfora Etkisi

İpliğin özellikleri birincil olarak içerdiği liflerin kimyasal yapısı, fiziksel özellikleri, yüzey gerilimi, enine kesiti gibi lif özelliklerine bağlı olmaktadır. Bununla birlikte, ipliklerin eğirme tekniği, lineer yoğunluğu, bükümü, düzgünsüzlüğü, tüylülüğü, tekstüre derecesi, iplik yapısındaki gözeneklerin boyutu ve büyüklüğü gibi parametreler kumaş ve giysi konforunu belirleyen önemli iplik özellikleridir.

İpliğin yapısal özellikleri kumaş oluşumu sırasında kumaş yapısındaki gözeneklerin, boşlukların, yüzey karakteristiğinin belirlenmesinde önemli etkiye sahiptir. İplik incelidikçe ve büküm seviyesi arttıkça, daha düşük yoğunluklu kumaş

yapısı oluşmakta, kumaştaki gözenek miktarı artmakta ve böylece kumaşın hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği değerleri artmaktadır. Termal direnç açısından düşünüldüğünde ise, iplik inceliğinin ve büküm seviyesinin artışı ile kumaş kalınlığının azalacağı ve dolayısıyla termal direnç değerinin düşeceği düşünülmektedir.

İpliğin tüylülük özellikleri kumaşın tutum özelliklerini, gözenekliliğini ve kumaş yapısında tutulan durgun hava miktarını etkilemektedir. İplik tüylülüğünün artışı ile gözenekler kısmen azalmakta, kumaş yapısında daha fazla durgun hava tutulmaktadır. Bu durumun kumaşın geçirgenlik özelliklerini düşüreceği, termal yalıtım özelliklerini artıracığı düşünülmektedir.

İpliklere üretimi sırasında uygulanan tarama işleminin etkisi düşünüldüğünde, penye iplikten üretilen kumaşların karde iplikten üretilen kumaşlara nazaran daha yüksek geçirgenlik özellikleri göstermeleri beklenmektedir. Daha etkin tarama işlemi görmesinden dolayı iplik tüylülüğünün azalması, daha büyük kumaş gözenekliliğine ve kumaşın durgun havayı hapsedme yeteneğinin daha düşük olmasına neden olacaktır.

İplik eğirme tekniği üretilecek ipliğin yüzey özelliklerini, transfer yeteneğini, konfor özelliklerini etkilemektedir. Yaygın olarak kullanılan open-end, ring ve kompakt iplik eğirme sistemlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Konforlu bir giysi için gerekli olan fiziksel özelliklere ve tutum özelliklerine sahip olamayan sentetik liflere, iplik üretimi sırasında, konfor özelliklerini geliştirmek ve doğal liflere benzer tutum özellikleri kazandırmak amacıyla bir takım tekstüre işlemleri uygulanmaktadır. Tekstüre işlemi, sentetik ipliklere hacimli ve kıvrımlı yapı kazandıran en önemli uygulamalardan biridir. Tekstüre iplik üretiminde, yalancı büküm, hava jeti ve buhar jeti en fazla kullanılan metotlardır. Tekstüre işlemi ile sentetik ipliklere yumuşak ve doğal tutum, sıcak temas hissi, hacimli yapı sayesinde

daha yüksek termal yalıtım, yüksek derecede nem iletim yeteneği kazandırılabilir (Song, 2011).

1.8.3 Kumaş Özelliklerinin Konfora Etkisi

Kumaşların konstrüksiyon özellikleri, kumaş içinden geçen ısı, hava, su ve su buharının geçeceği yolları değiştireceğinden transfer ve geçirgenlik özelliklerini etkilemektedir. Farklı kumaş geometrisine sahip kumaşların gözenek yapısı değiştiğinden farklı iletim, geçirgenlik, emicilik ve ıslanma özelliklerine sahip olabilmektedir. Bu bakımdan kişilerin konfor algısını belirleyen parametrelerden biri olan kumaşın ısı transfer yeteneği, geçirgenlik ve nem yönetim özelliklerine kumaş yapısındaki değişimin etkisi önemli olacaktır. Kumaşın kalınlığı, metrekaare ağırlığı, örgü tipi, sıklığı en önemli kumaş parametreleridir.

Örgü tipi, esasında müşteri beklentisi açısından estetik bir özellik olmasına rağmen, kumaşın hava, su ve su buharı geçirgenliği ve termal yalıtımını etkilemesi nedeniyle konfor açısından oldukça önemlidir. Aynı şekilde çözgü/atkı yada ilmek/sıra sıklığı kumaşın gözenek boyutunu ve hava boşluklarını belirleyici olduğu için transfer özelliklerini etkilemektedir.

Kumaş kalınlığı, tekstil malzemesinin termal ve su buharı direncini belirleyen en önemli faktörlerden birisidir. Kumaşın kalınlığı ve dolayısıyla içerdiği hava miktarı arttıkça kumaşın termal ve su buharı direnci artıp, geçirgenliği azalmaktadır.

Kumaşa uygulanan mekanik ve kimyasal bitim işlemleri, kumaşın konfor özelliklerini etkileyen bir diğer parametredir. Ağartma, yumuşatma, su geçirgenlik, su iticilik, kir iticilik, antibakteriyel, antistatik, alev iticilik ve daha bir çok bitim işlemi kumaşlara farklı özellikler kazandırmak amacıyla uygulanmaktadır. Ancak bu bitim işlemlerinin hepsi kumaşın tutum ve konfor özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle kumaşların konfor özellikleri değerlendirilirken gördüğü terbiye işlemleri mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Kumaşların termal ve nem konforunu geliştirme amacıyla birçok bitim işlemi denenmektedir ancak, bu işlemlerdeki genel

sorun, uygulanan bitim işleminin belli bir süre kullanım ve yıkama sonucunda özelliğini kaybetmesi yani, kalıcılıktır.

Kaplama uygulamaları ise kumaşlara farklı özellik kazandıran ve kumaşın direk yüzey özelliklerini değiştiren işlemlerdir. Bu sayede suyu geçirmeyen ancak su buharı geçişine izin veren kumaşlar üretilebilmektedir. Ancak kaplama sonrası kumaşın tutum özellikleri tamamıyla değiştiği için, geliştirilen özelliklerin yanısıra olumsuz özellikler de ortaya çıkmaktadır.

1.8.4 Giysi Özelliklerinin Konfora Etkisi

Giysiyi oluşturan bileşenler, katmanlar, tasarım, ölçü uyumu gibi özellikler kumaşın deri ile temasını etkilediği için konfor açısından önemli olmaktadır. Konforlu bir giysinin oluşturulmasında son ürün beklentisi olarak, mikroklimanın konforunu koruyacak şekilde vücudu sarması, kullanıcının rahat hareket edebilmesine imkân vermesi, sıvı ve buhar halindeki terin uzaklaştırılmasını kolaylaştırması, çevre ile termal dengeyi sağlaması, UV ışınlarına karşı kullanıcıyı koruması gibi birçok parametre yer almaktadır. Ayrıca spor amaçlı giysilerde, yapılacak aktivitenin öncesinde ve sonrasında ısınma, soğuma ve kuruma performansları da önemli olmaktadır.

Giyim açısından düşünüldüğünde genellikle giysiler tabakalardan oluşmaktadır. Bu durumda tabakalar arasında yer alan hava boşlukları, durgun hava miktarını belirleyeceği için termal konfora etki edecektir. Günlük giyim dışında soğuktan koruyucu giysiler, özellikle katmanlar halinde üretilerek termal yalıtım ve konfor sağlanması amaçlanmaktadır.

Giysinin ölçüleri açısından, vücudu sarması, vücut ile uyum içinde olması, hareket kolaylığı sağlaması mikroklimanın konforunu etkilemektedir. Ayrıca giysilerde vücudun belli bölgelerine açılan fermuarlı açıklıklar, geniş dikişler ile verilen gözenekli bölümler, giysinin belli bölgelerine yerleştirilen açıklıklar, geçirgen file ve astarlar, havalandırma cepleri gibi hazır giyim uygulamaları ile

vücudun havalandırılması, giysinin hava ve su buharı transfer yeteneğinin geliştirilmesi çalışmaları yapılabilmektedir.

Li ve Wang (2005) insani faktörleri temel alarak geliştirilen tekstil ve hazır giyim için termal duyuşal mühendislik tasarımını (Thermal Sensory Engineering Design System-TSEDS) geliştirmiştir. Sistem tasarım, analiz ve değerlendirme fonksiyonlarından oluşmaktadır. Giysi termal performansı ve insan duyuları arasındaki ilişkiyi belirlemede üç yol izlenebileceğini belirtmiştir. Bunlardan birincisi müşteri talepleri ve kullanıcı tercihlerine göre konforlu tasarımı belirlemektir. İkincisi insan vücudu ile giysi arasındaki dinamik etkileşimlerin sıcaklık, nem, yoğunlaşma gibi parametrelerin analizleri yapılarak giysinin fiziksel performansını belirlemektir. Üçüncüsü ise giysinin objektif ve subjektif olarak giyim denemeleriyle konfor kriterlerinin incelenmesidir.

Bu bilgisayar destekli tasarım sisteminin çalışma prensibi şu şekilde belirtilmiştir: (1) Müşteri tercih ve isteklerinin kayıt altına alınarak veri tabanı oluşturulması, (2) Termal konfor performansına etki edecek parametrelerin belirlenip kumaşların ölçümünün yapılması, (3) Belirlenen kumaştan giysi oluşturularak giyim denemeleri ve ölçümlerin yapılması, (4) Kayıt altına alınan tüm verilere göre kumaşların bilgisayar destekli tasarım sistemiyle seçilip optimum tasarımın belirlenmesidir.

1.9 Termal Konfor ile İlgili Kavram ve Parametreler

Bir tekstil malzemesinin termal konforunu etkileyen ve objektif olarak ölçülebilen temel özellikleri kalınlık, gramaj, termal direnç, sıvı transferi, su buharı direnci ve hava geçirgenliğidir.

Huang (2006) kumaşların konfor davranışını belirlemede temel parametreleri termal direnç, su buharı geçirgenliği, suyun emilmesi, kuruma hızı, hava geçirgenliği ve basınç/sıkıştırma olarak belirlemiştir. Bunun yanında giysi tasarımı için termal birimlerden met, clo, tog, su buharı geçirgenliği indeksi ve nüfuz etme etkisi faktörünün önemli olduğunu belirtmiştir.

Termofizyolojik konfor açısından en önemli iki durum vücut ile mikroklima arasındaki ısı hareketi ve vücutta oluşan sıvı ve buhar halindeki terin vücuttan uzaklaştırılmasıdır (Song, 2011). Termal konforun değerlendirilmesinde bu iki duruma etki eden kavram ve parametreler incelenmektedir.

1.9.1 Termal İletkenlik

Termal iletkenlik birim kalınlıktaki materyalin birim yüzey alanından, birim sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür (Haghi, 2011). Tanımdan da anlaşılacağı üzere termal iletkenlik λ aşağıdaki formül ile gösterilmektedir:

$$\lambda = \frac{Qx}{A\Delta T} \quad (1.10)$$

Burada Q ısı transfer miktarı (W), A yüzey kesit alanı (m²), x maddenin ısı geçiş bölgesi kalınlığı (m) ve ΔT sıcaklık farkıdır (K). Termal iletkenliğin birimi Wm/m²K yani W/mK'dir (Haghi, 2011).

Termal iletkenlik, termofiziksel bir özelliktir. Malzemenin termal iletkenliği, kimyasal bileşimine, fiziksel yapısına ve bulunduğu ortam durumuna göre değişmektedir. Ayrıca malzeme, sıcaklık ve basınca maruz kaldığında etkilenmektedir. Bazı durumlarda ise malzemenin termal iletkenlik değeri ısı akışının etki ettiği yöne göre değişim göstermektedir (Haghi, 2011).

Tanım ve eşitlikte görüldüğü gibi bir tekstil malzemesi için termal iletkenlik değerine etki eden en önemli parametreler malzemenin kalınlığı ve yoğunluğu olmaktadır (Morton ve Hearle, 2008).

1.9.2 Termal Direnç

Giysilerin termal konforunda dikkate alınan en önemli termal parametre, kumaşların ısı akışına karşı gösterdiği direnç değeri olan termal dirençtir. Kumaşın yalıtım değerinin bir ölçüsü olan termal direnç, termal iletkenlik değerinin tersi

olmakla birlikte, kumaşın iki yüzü arasındaki sıcaklık farkının, birim alandan gerçekleşen ısı akışına oranı olarak tanımlanmaktadır. Tanımdan da anlaşılacağı üzere kumaştan geçen ısı akışının büyüklüğü, termal direnç ile ters orantılıdır ve termal direnç değeri yükseldikçe kumaşın ısı transfer yeteneği azalmaktadır. İletkenlik değeri yerine termal direnç değerinin kullanılmasının avantajı, giysinin farklı katmanlarının direnç değerlerinin toplanarak giysi sisteminin toplam termal direnç değerinin belirlenebilmesidir. Ayrıca termal direnç değerinin hesaplanmasında materyal kalınlığı dikkate alınmamaktadır (Saville, 1999). S.I. birim sisteminde termal direnç (m^2K/W) ile gösterilmektedir. Termal direncin yaygın olarak kullanılan birimleri bölüm 1.6’da açıklanan clo ve tog’dur. Termal direnç (R) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır:

$$R = \frac{A\Delta T}{Q} \quad (1.11)$$

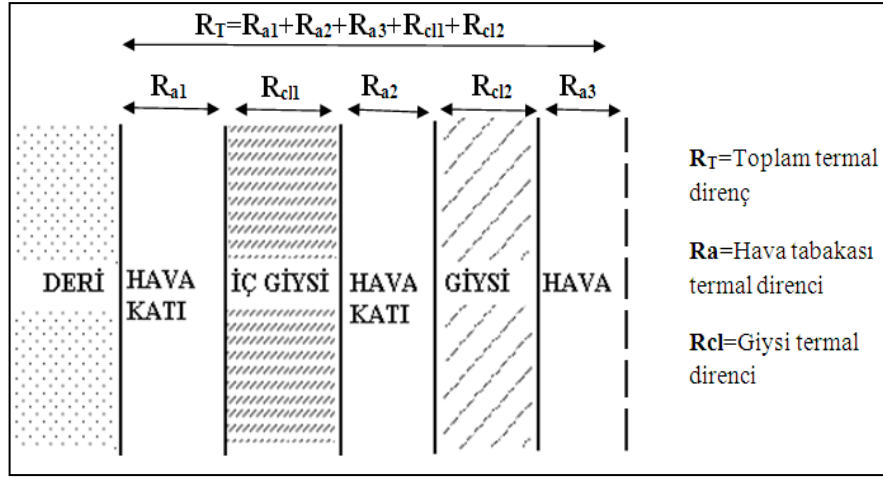
Burada Q ısı transfer miktarı (W), A yüzey kesit alanı (m^2) ve ΔT sıcaklık farkıdır (K).

Vücutta terleme başladığı anda, giysinin termal yalıtımı ile ilgili parametrelerin etki derecesi değişmektedir. Terleme sonrası oluşan yeni durumun giysi ve derideki etkisini belirten bir diğer parametre “Nüfuz etme etkisi faktörü (Permeation efficiency factor)”dır. Nüfuz etme etkisi faktörü, giysi içerisinde insan derisinin terlemeyle birlikte soğuma miktarını ifade etmektedir. “ f_{pcl} ” ile belirtilmiş olan bu değer, çevre ve vücut yüzeyi arasında kalan giysinin yalıtımını konvektif ısı transferi açısından hesaplanmasıyla elde edilmiştir:

$$f_{pcl} = \frac{1}{1 + (0,143 \cdot h_c \cdot I_{cl})} \quad (1.12)$$

Bu denklemde h_c , konvektif ısı transfer katsayısı ($W/m^2\text{°C}$), I_{cl} , giysi yalıtımı değerini (clo) ifade etmektedir (Huang, 2006).

Giysi sisteminde kumaşın ısı transferine karşı gösterdiği direnç, kumaş materyalinin termal direnci, deri yüzeyi ile iç kumaş yüzeyi arasındaki hava tabakasının direnci ve iç ve dış kumaş yüzeyleri arasındaki sınır hava tabakalarının dirençlerinin toplamıdır (Önder ve Sarier, 2006). İnsan vücudu, giysi ve çevrenin oluşturduğu termal direnç modeli basitleştirilmiş olarak Şekil 1.16’da gösterilmiştir.



Şekil 1.16 Toplam termal direnç basit modeli (McCullough, Jones ve Tamura, 1989)

Kuru veya çok az miktarda su içeren kumaşların termal direnci kalınlığa bağlı olmaktadır. Kumaşın yapısal özellikleri ve hammadde etkisi daha az olmaktadır. Gözenekli bir malzeme olan kumaş yapısında boşlukları dolduran akışkanın termal iletkenliği, termal yalıtımı belirleyen en önemli parametredir. Bu akışkan hava ise, düşük ısı iletim özelliği sebebiyle yalıtım özelliği artmakta, su ise yüksek termal iletkenlik katsayısına sahip olması sebebiyle yalıtım özelliği düşmektedir (Güneşoğlu, 2005).

1.9.3 Termal Yayılm

Termal yayılım, tekstil materyalindeki sıcaklık yayılımı oranını belirleyen ve tekstil materyalinden geçen ısıнын yayılma alanının ve hızının ölçüsü olan bir özelliktir (Hes, 1999). Termal yayılım (a) aşağıdaki formülle gösterilmektedir:

$$a = \frac{\lambda}{\rho c} \quad (1.13)$$

λ termal iletkenlik (W/mK), ρ yoğunluk (kg/m^3), c ise özgül ısı (J/kgK) değerlerini ifade etmektedir. Termal yayılımın birimi m^2/s 'dir.

Termal yayılım, kumaş içerisinde ısının yayılma davranışını tanımlamaktadır. Termal yayılım değeri ne kadar yüksekse, ısı kumaş içerisinde daha kısa sürede daha geniş alana yayılmaktadır (Hes, 1999).

1.9.4 Sıcak-Soğuk Hissi

Kişi bir tekstil malzemesine dokunduğunda insan vücudu ile kumaş arasında ilk anda sıcak-soğuk hissi ile sonuçlanan bir ısı akışı oluşmaktadır. Bu geçici ve dinamik ısı teması hissi dikkatlice incelenmelidir. Kişinin ilk izlenimindeki kuvvetli etki daha sonraki giyim vb. konfeksiyon alımında seçimini etkilemektedir (Yoneda ve Kawabata, 1983).

Vücut, kumaş ile ilk temas ettiği anda, kumaşın sıcaklığının vücuda göre yüksek yada düşük olması durumuna göre vücut ile kumaş arasında bir ısı akışı oluşmaktadır. Temas anında kumaş, vücuttan daha düşük bir sıcaklıkta ise vücuttan kumaşa doğru ısı dengesi oluşuncaya kadar bir ısı akışı oluşmakta ve bu ısı akışı vücut sıcaklığını düşürerek derideki termoreseptörlere “soğuk” hissi uyandırmaktadır. Tam tersine kumaştan vücuda ısı akışı oluştuğunda ise “sıcak” hissi olarak değerlendirilmektedir (Li, 2001).

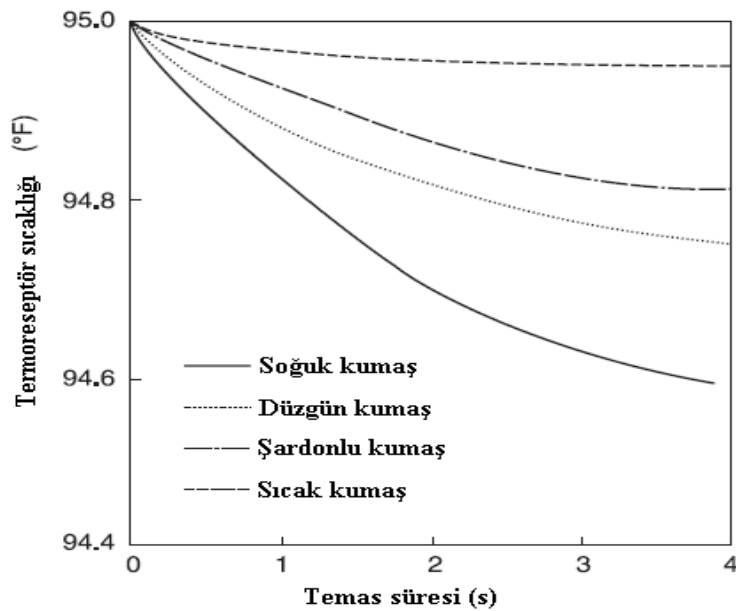
Sıcak-soğuk hissinin sayısal olarak belirlenmesi, ilk olarak Yoneda ve Kawabata (1983) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yoneda ve Kawabata (1983), kumaşların sıcak-soğuk hissini, bir başka ifade ile geçici ısı iletimini incelerken, kumaşın termal iletkenlik (thermal conductivity) ve termal yayılım (thermal diffusivity) parametrelerinin ölçümü üzerinde durmuştur. Çeşitli kumaşların geçici termal karakteristiklerinin ölçülmesinde termal ısı akışının maksimum derecesini “ $q_{\max}$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)” tanımlayarak, ölçümleri bu parametreye göre gerçekleştirmiştir. Bir kumaşın maksimum termal ısı akış değeri, ne kadar kısa sürede ne kadar yükseğe ulaşırsa, kumaşın o kadar soğuk hissi vereceği belirtilmiştir.

Yoneda ve Kawabata'nın çalışmalarını temel alarak Hes, sıcak-soğuk hissini değerlendirmek üzere "termal emicilik" (thermal absorptivity) değerini öne sürmüştür. Termal emicilik aralarında sıcaklık farkı bulunan ve sonsuz termal kapasiteye sahip olduğu kabul edilen insan vücudu ile sınırlı termal kapasiteye sahip kumaş arasında, kısa süreli temas anında meydana gelen ısı akışı olarak tanımlanmaktadır (Hes, 2000a). Termal emicilik aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir:

$$b=(\lambda\rho c)^{1/2} \text{ (W s}^{1/2}\text{/m}^2\text{ K)} \quad (1.14)$$

λ termal iletkenlik (W/mK), ρ yoğunluk(kg/m³), c ise özgül ısı (J/kgK) değerlerini ifade etmektedir. Termal emicilik değeri düşük ise kumaş sıcak his, yüksek ise soğuk his vermektedir (Hes, 2000a).

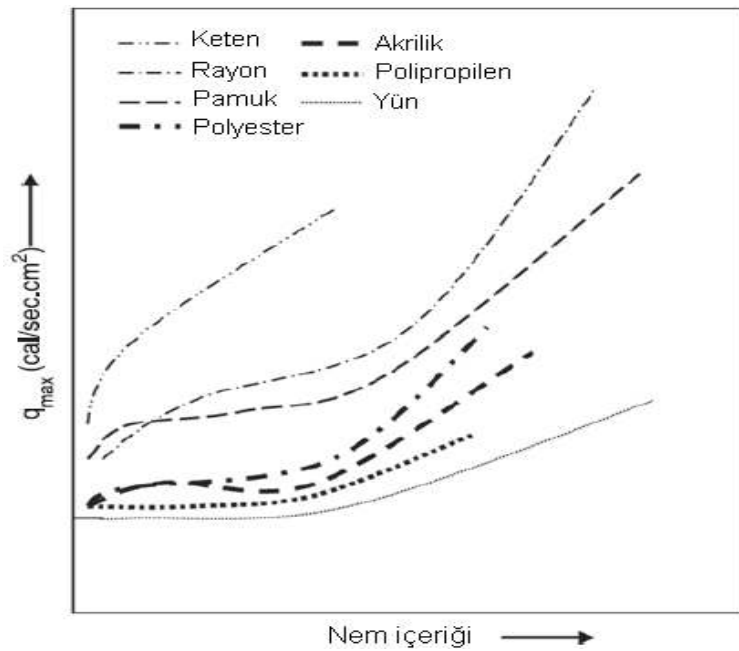
Termal emicilik değeri kumaşın yüzey özelliklerinden, gördüğü mekanik bitim işlemlerinden ve kumaş konstrüksiyonundan oldukça etkilenmektedir (Hes, 1999). Schneider ve Holcombe (1991) soğuk kumaş, sıcak kumaş, şardonlu kumaş ve düzgün kumaş olarak tanımladığı dört kumaş tipinin termoreseptörler yardımıyla ilk temas anındaki sıcaklık değişimini ölçmüştür. Şekil 1.17'de bu ölçüme ait sonuçlar gösterilmiştir (Song, 2011).



Şekil 1.17 Kumaşlar ile temas anında zamana göre sıcaklığın değişimi (Song, 2011)

Şekil 1.17’de görüldüğü gibi en büyük değişim ilk 0,2 saniye içerisinde kumaşa ilk temas anından gerçekleşmektedir. Sonrasında sıcak kumaşta ısı akışı daha hızlı dengeye gelirken, soğuk kumaşta hızla sıcaklık düşmesi görülmektedir. Şardonlu kumaşın ise işlem görmemiş kumaşa nazaran daha sıcak his verdiği dikkat çekmektedir.

Kumaşın ıslaklık durumu sıcak-soğuk hissini önemli derecede etkilemektedir. Çünkü ıslanan kumaşta yapıya katılan su, havaya ve liflere göre çok daha yüksek bir termal iletkenlik yeteneğine sahip olduğu için temas anında vücuttan çok daha fazla ısı absorbe edilmesine neden olmaktadır. Böylelikle ıslak kumaşların termal emicilik değeri, kuru hallerine göre oldukça yüksektir (Hes, 1999). Şekil 1.18’de farklı liflerden üretilen kumaşların nem içeriklerine göre maksimum termal ısı akış değerlerindeki değişim gösterilmiştir (Song, 2011). Şekilde de açık bir şekilde görüldüğü gibi nem içeriği arttıkça tüm kumaşlar için ısı akışı artmaktadır, yani nem içeriği arttıkça kumaşın soğuk hissi artmaktadır. Ayrıca maksimum ısı akışı keten kumaşlarda görülürken, minimum ısı akışı yün kumaşlarda görülmektedir. Daha yüksek termal emiciliğe sahip yün lifleri dokunulduğunda sıcak his verirken, keten kumaşlar ise soğuk his vermektedir.



Şekil 1.18 Farklı liflerin nem içeriklerine göre ısı akışının değişimi (Song, 2011)

1.9.5 Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği, havanın lifler, iplikler ve kumaş yapısı içerisinden geçebilme kabiliyetidir. Kumaştan geçen havanın tutulması ya da dışarı iletilmesi ile ilgili bir kullanım özelliğidir. Kumaşı oluşturan lif yapısı, iplik yapısı, kumaş konstrüksiyonu ve kumaşın gördüğü terbiye işlemlerinden etkilenen bir özelliktir. Kumaş gözenekliliğine bağlı bir parametre olan hava geçirgenliği, kumaşın nefes alabilirliğini ifade ettiği gibi termal konfor özelliklerini etkileyen önemli bir özelliktir.

Hava geçirgenliği, genel bir ifadeyle, birim zamanda, birim alandan, belirli bir basınç farkında bir materyalin iki yüzeyi arasından geçen hava miktarı olarak tanımlanmaktadır.

Hava geçirgenliği, kumaşın iki yüzeyi arasından dik geçen hava akışının hızıdır. Kumaşın verilen bir alandan dikey yönde geçen hava akışının hızı, verilen bir zaman aralığında, kumaşın deney alanı içindeki basınç farkından ölçülmektedir. Kumaş geometrisi, hammadde ve iplik özelliklerine bağlı olarak oluşan kumaş içindeki toplam boş hacim olarak ifade edilen gözeneklilik, kumaşın hava geçirgenliğini doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple iplik yapısı, örgü tipi, sıklık, bitim işlemi, ıslanma gibi parametrelerin hava geçirgenliğine etkisi incelenirken, kumaş gözenekliliğinde meydana gelen değişiklikler izlenmektedir (Turan ve Okur, 2013).

Kumaşın hava geçirgenliği, konfor özelliğini çeşitli yönlerden etkilemektedir. Hava geçirgenliği yüksek bir malzeme genellikle buhar ve sıvı haldeki suyu geçirmektedir. Bu nedenle su buharı geçirgenliği ve sıvı iletim özelliği, hava geçirgenliği ile yakından ilişkilidir. Ayrıca kumaşın termal direnci ile yapısındaki durgun hava tabakası arasında kuvvetli ilişki bulunmaktadır ve hava tabakası, kumaşın hava geçirgenliğinden etkilenmektedir. Rüzgârlı ortamda hava geçirgenliği yüksek kumaşlar taşınım la daha fazla ısı kaybetmektedir (Güneşoğlu, 2005).

1.9.6 Su Buharı Geçirgenliği

Vücut sıcaklığı yükseldiğinde oluşan yüksek ısı vücuttan uzaklaştırılması için en önemli mekanizma terlemedir. Vücut tarafından üretilen buhar ve sıvı halindeki terin uzaklaşması sırasında oluşan yüksek ısı düşmektedir. Vücutta terleme, hissedilebilir ve hissedilemeyen terleme olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Hissedilebilir terlemede, yüksek terleme oranlarında oluşan sıvı ter giysiyi ıslatmakta ve kullanıcıya rahatsızlık vermektedir. Hissedilemeyen terlemede ise buhar halindeki ter, iplik ve kumaş arasındaki hava boşluklarından geçerek kullanıcı tarafından algılanmadan uzaklaşmaktadır (Saville, 1999). Ancak terleme mekanizması bu iki durumu da birlikte içerdiği için, oluşan sıvı terin hızlı bir şekilde buharlaşarak vücuttan uzaklaştırılması büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle de tekstil malzemesinin su buharı geçirme yeteneği, konfor açısından oldukça önemli olmaktadır.

Su buharının kumaş kalınlığı boyunca gerçekleşen difüzyonu I. Fick kanununa göre aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$Q_w = D_a \frac{\Delta C}{L} \quad (1.15)$$

Q_w su buharı geçirme oranı ($\text{kg/m}^2\text{s}$), D_a su buharı difüzyon katsayısı (m^2/s), ΔC su buharı yoğunluk farkı (kg/m^3), L kumaş kalınlığıdır (m) (Wang, 2002; Kaplan, 2009). Eşitlikteki su buharı difüzyon katsayısı, kumaş yapısının su buharının ilerlemesine hangi oranda izin verdiğinin ölçüsü olan bir sabittir (Kaplan, 2009).

Su buharı geçirgenliği (Water Vapour Permeability – WVP) ya da su buharı iletim hızı (Moisture Vapour Transmission Rate – MVTR), belirli sıcaklık ve bağıl nem koşulları altında kumaşın birim alanından birim zamanda geçen su buharı miktarını ifade etmektedir (Hes, 1999).

Su buharı geçiş özelliğini belirleyen önemli bir parametre de su buharı direncidir. Su buharı direnci, en genel ifade ile kumaşın su buharı geçişine karşı gösterdiği

dirençtir. Bir malzemenin iki yüzeyi arasındaki su buharı basınç farkının, basınç değişimi yönünde birim alandaki buharlaşma ısı akışına oranıdır. Direnç değeri çoğunlukla geçirgenlik değerinden daha fazla kullanılmaktadır. Çünkü giysi sistemi düşünüldüğünde kumaş katlarının su buharı direnç değerlerinin kullanımı, termal direnç hesabındaki gibi katların toplam direncinin ifadesi açısından daha açıklayıcıdır (Song, 2011).

Su buharı direncinin birimi tanımında da ifade edildiği gibi m^2Pa/W 'dır. Su buharı direnci (R_{et}) Aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$R_{et} = \frac{A(P_m - P_a)}{Q} \quad (1.17)$$

P_m ve P_a sırasıyla mikroklima bölgesinin ve çevrenin kısmi su buharı basınç değerleri (Pa), Q ısı transfer miktarı (W) ve A yüzey kesit alanıdır (m^2) (Song, 2011).

Su buharı direnci ile termal direncin birlikte ele alındığı bir diğer parametre su buharı geçirgenlik indeksidir. Termal direnç ile su buharı direncinin oranlanması ile bulunmaktadır. Su buharı geçirgenliği indeksi, giysinin buharlaşma performansını göstermektedir. Kumaşın termal yalıtımına bağlı olarak nefes alabilirliğinin bir ölçüsüdür. Termal ve su buharı dirençlerini birlikte değerlendirip, iki parametrenin kumaş kalınlığıyla olan ters ilişkilerini aynı anda yansıtmak amacıyla hesaplanan bir parametredir. Bu parametrenin birimi yoktur ve 0 ile 1 arasında değişen değerler almaktadır. Değerin 0 olması materyalin geçirgenliğinin olmadığını, 1 olması ise tamamen geçirgen olduğunu göstermektedir (Huang, 2006). Su buharı geçirgenlik indeksi (I_{mt}) aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$I_{mt} = S(R_{ct}/R_{et}) \quad (1.18)$$

S sabit bir katsayı olup $60 Pa/K$ değerine eşittir, R_{ct} ve R_{et} ise sırasıyla termal ve su buharı direnci değerleridir.

Su buharı geçirgenliği, mikroklima ile dış çevre arasındaki buhar basıncı farkıyla gerçekleşmektedir. Su buharı geçirgenliği de büyük oranda tekstil malzemesinin gözenek yapısıyla ilgili bir özelliktir. Dolayısıyla hava geçirgenliği özelliği gibi, kumaşın gözenek yapısına etki eden her işlem su buharı geçirgenliği yeteneğini etkileyecektir.

1.9.7 Sıvı Nem Transferi

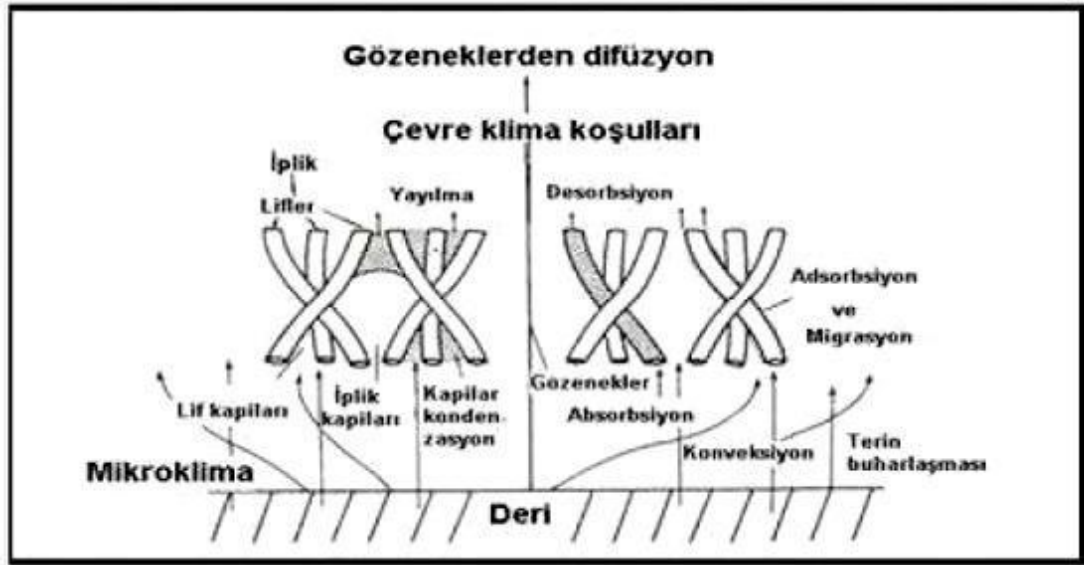
Sıvı nem/ter, vücut sıcaklığı yükseldiğinde derinin gözeneklerinden salgılanmaktadır. Salgılanan terin buharlaşması sırasında deri soğumakta ve oluşmuş olan yüksek ısı uzaklaştırılmaktadır. İdeal olan derideki sıvı terin bu şekilde buharlaşarak vücutun soğumasının sağlanmasıdır. Böylece oluşan su buharının difüzyonu hızlıca giysinin boşluklarından sağlanacaktır. Bu aynı zamanda yoğun fiziksel aktivite sırasında oluşan aşırı vücut ısısının dağıtılmasında en etkili yoldur. Ancak bu mekanizma sıcak kuru hava şartlarında iyi bir şekilde çalışırken, sıcak ve nemli hava şartlarında terin buharlaşması sorun olmaktadır.

Çoğu zaman yüksek bağıl nem değerine sahip ortamlarda aktivitenin yükselmesiyle buharlaşma ile terin uzaklaştırılması mümkün olmamaktadır. Nemli ortamda, çevre sıcaklığı, vücut sıcaklığına yaklaştıkça taşınım ve ışıınım ile ısı kaybı giderek sona ermektedir. Çevre sıcaklığının vücut sıcaklığından yüksek olduğu şartlarda ise özellikle vücutun bazı bölgelerinde (göğüs, koltuk altı gibi) diğer bölgelere göre daha fazla terleme olmaktadır. Oluşan ter damlacıkları, nemli ve sıcak ortamda bir araya gelerek deri üzerinde sıvı tabakası oluşturmakta, giyside ıslaklık oluşmasına neden olmakta ve konforsuzluk ile sonuçlanmaktadır.

Bu nedenle sıvı terin oluştuğu bu gibi şartlar için giysilerin konfor özelliklerinin daha başka gereksinimleri karşılaması gerekmektedir. Bu şartlar için tasarlanacak giysinin oluşan sıvı teri kılcal boşluklar vasıtasıyla hızlıca deriden emerek, geniş bir yüzey alanına yayması, etkin buharlaşmaya imkân tanınması gerekmektedir. Dolayısıyla tekstil malzemesinin sıvı nem transfer özellikleri oldukça önem taşımaktadır.

Terleme sırasında giysi ile deri arasında kalan mikroklima bölgesinde sıvı nem birikmesi, spor giysileri ve soğuk iklimlerde kullanılan giysiler için ciddi bir problemdir. Egzersizi, sportif aktivitesi veya yüksek tempolu hareketi biten kişinin metabolik ısı üretimi düşmektedir. Bu sırada kullanılan giysinin termal yalıtımı yüksek ve nem transferi düşükse, giyside biriken nem konforsuzluğa ve üşümeye (“chilling” olayı) neden olacaktır. Bu nedenle kumaşta optimum ısı ortamını sağlamak, nem transferini hızlı bir şekilde gerçekleştirmek, nem birikimini en aza indirmek oldukça önemlidir (Wu ve Fan, 2008).

Aktivite seviyesinin yüksek olduğu durumlarda, yüksek terleme sırasında mikroklima bölgesindeki adsorbsiyon-migrasyon ve kapiler transfer mekanizmaları konfor durumuna etki etmektedir. Deride oluşan terin vücuttan kumaş vasıtasıyla transferi sırasındaki meydana gelen mekanizmalar Şekil 1.19’da gösterilmiştir (Marmaralı ve ark., 2010).



Şekil 1.19 Terin mikroklimadan çevreye transferi (Marmaralı ve ark., 2010)

Sıvı nem transferinde etkili olan faktörler lif tipi (hidrofil/hidrofob oluşu), lif yapısal özellikleri, kumaş kalınlığı, gözenekliliği, kılcallık karakteristiği, giysideki kumaş katlarının pozisyonu, fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Bu faktörler arasından sıvının kumaş yapısında iletimi ve yayılımını belirleyen en önemlilerinden birisi kılcallıktır. Kılcallık, sıvının kapiler kuvvetler etkisiyle gözenekli bir yapıda

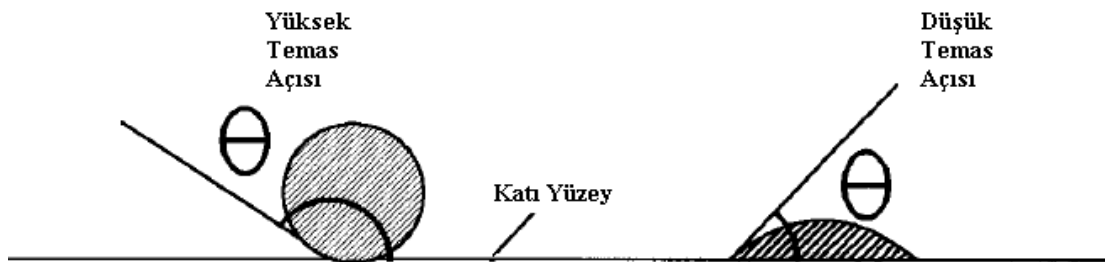
kapiler kanallar içinden hareketle taşınmasıdır. Sünger etkisi de denilen kapiler transfer, sıvının ince kapiler kanallar veya kılcal boşluklar yardımı ile fiziksel olarak yukarıya taşınması yükselmesi olayıdır (Cheng ve Fan, 2004).

Sıvının kumaş içerisindeki kılcal boşluklardan ilerlemesi için öncelikle liflerin sıvı ile teması sonucu ıslanması gerekmektedir. Esasında lif yüzeyinin ıslanmasıyla etki eden kuvvetlerin dengesi kılcal emmenin başlamasını ve ilerlemesini belirlemektedir. Lifin sıvı tarafından ıslanması sırasında, var olan lif-hava(buhar) ara yüzeyi yerini lif-sıvı ara yüzeyine bırakmaktadır. Sıvının, katı ve buhar ile teması sırasında oluşan kuvvet dengesi Young-Dupre eşitliğiyle ifade edilmektedir:

$$\gamma_{SV} - \gamma_{SL} = \gamma_{LV} \cos\theta \quad (1.19)$$

γ katı, sıvı ve buharın çeşitli kombinasyonları arasındaki mevcut ara yüzey gerilimlerini, S katı, L sıvı, V buhar hallerini ve θ katı ara yüzeyle temas halindeki sıvı ara yüzey arasındaki temas açısını göstermektedir (Saville, 1999).

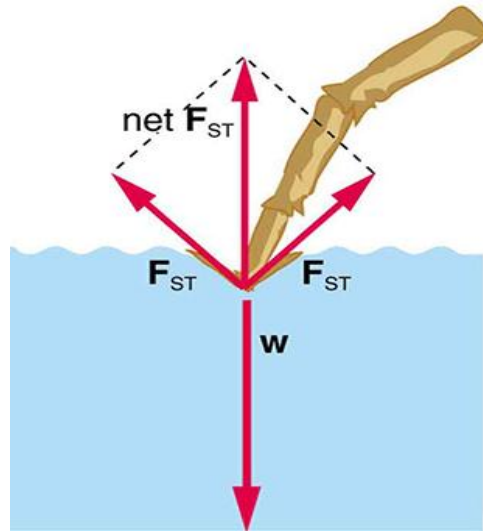
Katı bir yüzeyin ıslanabilirliğinin ölçülmesinde en yaygın değerlendirme temas açısıdır. Katı yüzeye bırakılan sıvı damlasının temas açısı Şekil 1.20’de gösterilmiştir. Temas açısı üç ara yüzeyin gerilimlerine göre belirlenmektedir: eğer γ_{SV}, γ_{SL} ’den büyükse, $\cos\theta$ pozitif olacak ve temas açısı 0° ile 90° arasında olacaktır, eğer γ_{SV}, γ_{SL} ’den küçükse, temas açısı 90° ile 180° arasında olacaktır. Yüksek temas açısı değeri sıvının yüzeyden akıp gideceğini gösterirken, düşük temas açısı sıvının malzemeyi ıslatacağını göstermektedir (Saville, 1999).



Şekil 1.20 Temas açısı (Seville, 1999)

Tekstil malzemesinin ıslanıp, dış kuvvetlerin ortadan kalkmasıyla sıvının yapı içerisinde ilerlemesi kapiler kuvvetler yardımıyla gerçekleşmektedir. Kumaşı ıslatan sıvının bir kısmı liflerin yapısına nüfuz ederken, bir kısmı kapiler boşluklardan ilerlemektedir. Tekstil malzemesi içerisinde sıvının moleküler seviyedeki çekimi, malzemedeki gözeneklerin boyutuna göre oluşan kapiler çekim kuvvetinin, sıvının kendi molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden daha kuvvetli olması sonucunda meydana gelmektedir. Kapilerite, sıvının yüzey gerilimine bağlı olarak moleküller arası kohezyon ve adhezyon kuvvetlerine dayanmaktadır. Kapilerite kanunlarına göre, önce küçük gözenekler dolmakta ve sıvının ileri doğru hareketine sebebiyet vermektedir (Song, 2011).

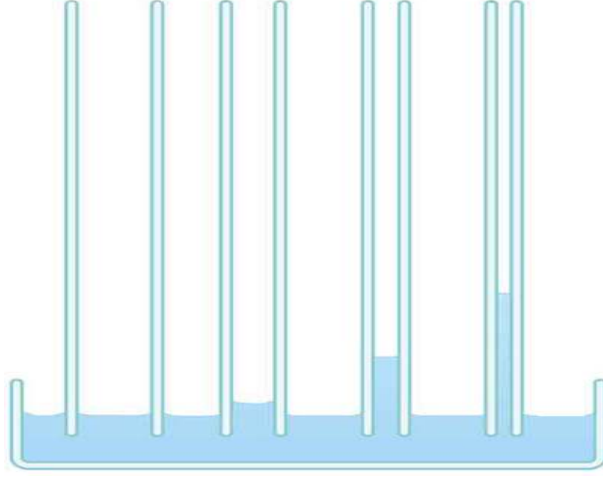
Sıvıyı oluşturan moleküller arasındaki kohezif kuvvetler, sıvının yüzeyinin mümkün olan en küçük yüzey alanına büzülmesine neden olmaktadır. Bu genel etkileşim yüzey gerilimi olarak adlandırılmaktadır. Sıvı yüzeyindeki moleküller kohezif kuvvetler tarafından içeri doğru çekilerek yüzey alanını daraltmaktadır. Belli bir daralma oluştuktan sonra (dar borucuklarda) tüm komşu kuvvetler birbirini sıfırlayarak yukarıya doğru ilerlemeye zorlamaktadır. Yüzey gerilimi kuvvetlerinin (F_{ST}) etkisiyle sıvının kapiler yükselişi Şekil 1.21’de gösterilmiştir (Hartland, 2004).



Şekil 1.21 Yüzey gerilimi ile oluşan kapiler hareket (Hartland, 2004)

Kumaş yapısı içerisinde, sıvının ilerlediği mesafe, küçük gözeneklerde daha fazladır. Fakat küçük gözeneklerde tutulan sıvı kütlesi de büyük gözeneklere göre

daha küçüktür. Daha büyük gözeneklerde daha fazla sıvı depolanabilir ancak bu durumda da sıvının yayılımı sınırlı olmaktadır. Bu nedenle tekstil malzemelerinde hızlı sıvı dağılımı, küçük, düzgün dağılmış ve birbirleriyle bağlantılı gözeneklerle mümkün olmaktadır (Güneşoğlu, 2005). Farklı kapiler genişliklerde sıvının ilerleyişi Şekil 1.22’de gösterilmiştir (Hartland, 2004).



Şekil 1.22 Farklı kapiler genişliklerde sıvının ilerleyişi (Hartland, 2004)

Sıvının lifler içerisine nüfuz etmesi durumunda ise, tekstil malzemesinin absorpsiyon karakterini belirleyen en önemli parametreler sıvıyı emme hızı ve toplam emme kapasitesidir. Yüksek absorpsiyon özellikleri, kullanım yerine suyun emilerek yapıda tutulmasını sağlamaktadır. Katlı kumaş yapılarından oluşan giysi sistemlerinde farklı absorpsiyon özelliklerindeki malzemeler bir arada kullanılarak etkin nem yönetimi sağlanmaya çalışılmaktadır (Hes, 2001).

Tekstil malzemelerinin kuruma özellikleri de absorblanan sıvının en hızlı şekilde ve en kısa sürede vücuttan uzaklaştırılıp kuruluşun sağlanması açısından önemli olmaktadır. Bunun aksine serinliğin istendiği durumda ise nem absorpsiyonu fazla ve yavaş kuruyan kumaşların tercih edilmesi gerekmektedir. Kumaşın içerisinde bulunan sıvı nemin buharlaşarak kumaştan uzaklaşması olarak tanımlanabilecek kuruma davranışı, nemin sıvı olarak lif yüzeyinde veya buhar olarak liflerin arasındaki boşluklarda bulunmasına göre değişmektedir (Kaplan, 2009).

1.10 Termal Konfor Ölçüm Yöntemleri

Umbach (1988), giysi konforunun incelenmesinde üç seviyeli bir sistem önermiştir. Bu sistemin birinci seviyesi, tekstil malzemelerinin (kumaş katları gibi) ayrı ayrı test edilmesidir. Bu seviye, insan derisindeki ısı ve nem değişikliklerini simüle eden, insan derisinin termofizyolojik modelleri (Deri modelleri – Terleyen sıcak levha sistemleri) ile termofizyolojik özelliklerin ölçülmesidir. Buna göre, kumaşların termal yalıtım özellikleri ve nem iletim özellikleri yalnızca sabit (normal) koşullar altında ölçülmekte, aynı zamanda fiziksel aktivite seviyesine göre vücudun terleme durumunu karakterize eden geçici (dinamik) koşullarda da ölçülmektedir. Böylece belirli bir miktardaki kumaş numunesinden elde edilen veriler üzerinden tam bir giysi setinin termofizyolojik konforu tahminlenmektedir. Sonuç olarak bu seviyede, kumaş özelliklerinden belirli bir kısmı ölçülerek, genel giysi konforu hakkında değerlendirme yapılmaktadır. Dolayısıyla kumaş özelliklerinin doğru seçimi ve bu özelliklerin doğru bir şekilde ölçülmesi ileriki aşamalardaki değerlendirmeler için oldukça önemlidir.

Giysi bir bütün olarak düşünüldüğünde, sadece kumaş katlarının özellikleri ve katların kendi aralarındaki etkileşimini değil, aynı zamanda birçok giysi malzemesini ve giysi boşluklarındaki hava tabakalarını da içermektedir. Bu nedenle ikinci seviye, gerçek boyutlu, hareket edebilen, insan vücudunun termal denge mekanizmasını temsil eden termal manken sistemleri ile ölçümlerin gerçekleştirilmesidir. Termal manken sistemleri ile giysilerin termal yalıtım özellikleri ve nem iletim özellikleri, gerçek kullanımdaki etkileri de içerecek şekilde ölçülebilmektedir. Manken, vücut hareketleri yapabilmekte ve böylece mikroklimadaki havalandırma etkilerinin de termal konfor üzerindeki değişimi değerlendirilebilmektedir. Ayrıca giysi tasarımının vücudun termal denge mekanizmasına etkisi de araştırılabilmektedir. Termal manken kullanımıyla farklı çevre ve aktivite koşullarında, giysilerin termofizyolojik özellikleri ölçülebilmekte ve bu özelliklerden genel giysi konforu tahminlenebilmektedir.

Umbach'ın (1988) birinci ve ikinci seviye olarak ifade ettiği termal konforun objektif ölçüm yöntemleri ile değerlendirilmesinde, doğrudan cihazlar vasıtasıyla, birebir takip gerektirmeden, insan unsuru kullanılmadan, tekrarlanabilir testler yapılabilmektedir. Ancak bu testlerin gerçeğe uygunluğunun değerlendirilmesi, subjektif değerlendirme etkilerinin gözlenmesi, kullanım şartlarının belirlenmesi gibi sebeplerle, üçüncü seviye olarak, giyim denemeleri yapılmaktadır. Giyim denemeleri, iklim koşulları ve aktivite seviyesinin kontrollü olarak takip edildiği şartlar altında, gönüllü deneklerin kişisel değerlendirmelerini ve test periyodu boyunca vücudun termofizyolojik ölçümlerinin yapıldığı yöntemlerdir. Bu seviyede, birebir insanın giysi ile teması ve kullanımı söz konusu olduğu için, elde edilen sonuçlar gerçek değerlendirmeleri ifade etmektedir. Ancak ölçüm şartlarının takibinin zorluğu, deneklerin doğru seçilmesi zorunluluğu, uzun ölçüm zamanı, uygun mekan sağlama ve yüksek maliyet gibi dezavantajları bulunmaktadır.

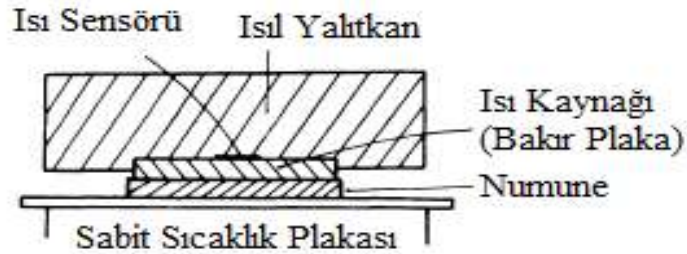
1.10.1 Terleyen Sıcak Levha Sistemleri (Deri Modelleri)

Tüm giysi üretim aşamalarının tamamlanmasına gerek olmadan, belirli bir boyuttaki kumaş numunesi ile tek ve çok katlı yapıların termal konfor özelliklerinin incelenmesine imkân veren, “deri modeli” olarak da adlandırılan terleyen sıcak levha sistemleri birçok araştırmacı tarafından aynı ölçüm prensibi ve farklı tasarımlarla ortaya konulmuştur. Terleyen sıcak levha sistemleri, termal konforun değerlendirilmesinde önemli parametreler olan termal direnç ve su buharı direncinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Deri modeli ölçüm sistemleri için yaygın olarak kullanılan standart ISO 11092'dir.

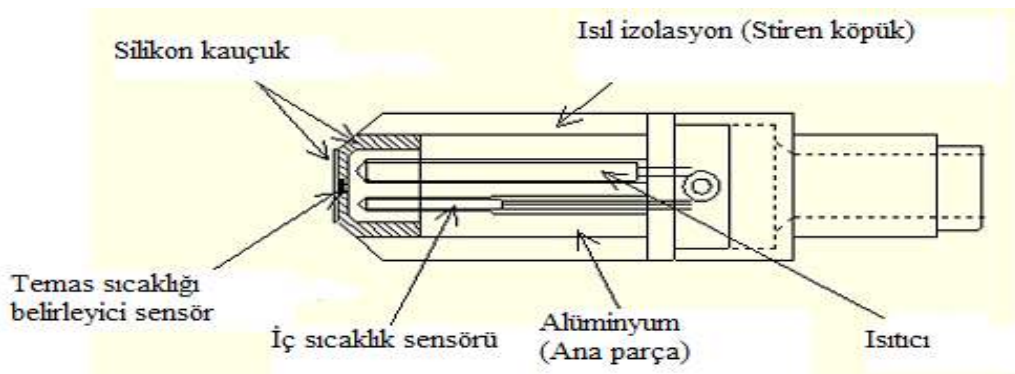
Yoneda ve Kawabata (1983) termal temas özelliğini objektif olarak ölçebilen “Thermo-Labo” cihazını tasarlamıştır. Bu cihaz, kumaş yapısında gerçekleşen ısı ve nem dağılımlarını kullanarak, kumaşa ilk temas sırasında hissedilen sıcak-soğuk hislerini karşılaştırmaktadır. Cihazda önceden belirli bir miktarda ısıtılan sıcak levha (insan derisini simüle eder) kumaşa temas ettirilerek zamana göre ısı akışı eğrisi elde edilmektedir. Araştırmacılar tarafından tanımlanan ve kumaşın sıcak-soğuk hissini tahminlemede kullanılan maksimum ısı akışı “qmax”, ne kadar kısa sürede ne kadar

yükseğe ulaşırsa, kumaşın o kadar soğuk hissi vereceğini, tam tersine daha uzun sürede daha düşük değerlerde kalması durumunda ise daha sıcak his vereceğini göstermektedir. “ q_{max} ” değeri, kumaşın ısı kapasitesine, termal iletkenliğine ve kumaş yüzeyi ile sıcak levha (deri) arasındaki temas alanına bağlı olmaktadır (Yoneda ve Kawabata, 1983).

Thermo-Labo cihazının prensibinden yola çıkılarak benzer bir sistem ile ölçüm yapan bir tasarım da Barker (2002) tarafından geliştirilmiştir. Mevcut durumda, cihaz insan parmağı boyutlarında bir temas sensörü ile deri modeli prensibiyle “ q_{max} ” değerini ölçerek, bilgisayar destekli analize imkân tanımaktadır. Cihaza bağlı temas sensörü numune üzerine temas ettirilmekte, ısı plakası üzerine konulan numune içerisinden ısı akışı başlamakta, temas ısı akışının maksimum derecesi $q_{max}(W/m^2K)$, termal emicilik değeri $b (Ws^{1/2}/m^2K)$ ve anlık ısı akışı q bilgisayara kaydedilmektedir. Sensör, bakır ısıtıcı tel ile insan vücudu sıcaklığında tutulmakta, sıcaklık değişimi iç sıcaklık sensörü ile ölçülmektedir. Cihazla uygulanan test metodu Şekil 1.23’de, temas sensörünün teknik resmi Şekil 1.24’de gösterilmiştir.

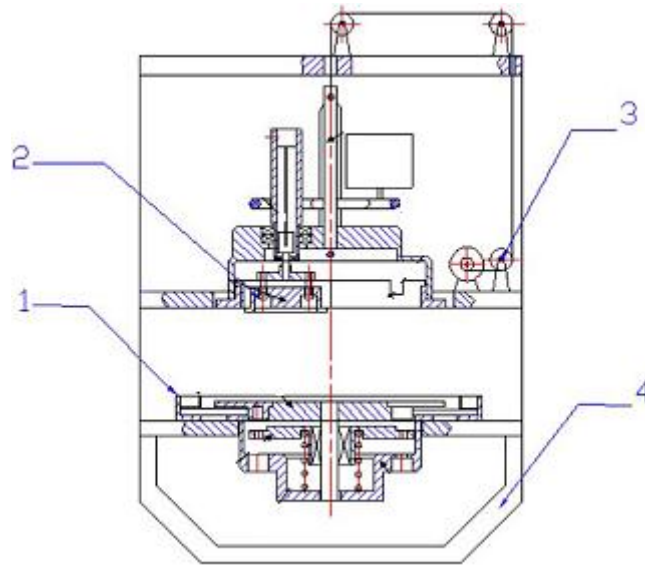


Şekil 1.23 Sıcak-soğuk hissi ölçüm cihazı (Barker, 2002)



Şekil 1.24 Temas sensörünün (probe) teknik resmi (Kato Tech, 2013)

Benzer şekilde parmağın kumaşa dokunmasını temsil eden, termal ve mekanik özellikleri ölçmek için tasarlanmış bir diğer cihaz Hu, Hes, Li, Yeung ve Yao (2006) tarafından geliştirilmiştir. Hu ve ark. (2006), kumaşın termal davranışının, kumaş-deri arasındaki dokunma hislerinin ve dolayısıyla tutumun genel konfor hissini etkileyen önemli parametreler olduğunu belirtmiş, kumaşların termal-mekanik özelliklerini tek adımda değerlendirmek üzere bir test cihazı geliştirmiştir. Bu cihazın kullanılmasıyla terlememiş halde insan derisinin dokunduğunda hissettiği düzgünlük (smoothness), yumuşaklık (softness), batma/karıncalanma (prickliness), ılıklik (warmthness) ve nemlilik (dampness) parametrelerinin ölçülebileceği, kumaştaki ısı transferi özelliklerinin ılıklik ve nemlilik duyularını belirlemede, kumaş sıkıştırma/basma özelliklerinin düzgünlük, yumuşaklık ve batma duyularını belirlemede kullanıldığı belirtilmiştir. “Fabric Touch Tester” adı verilen cihazın teknik resmi Şekil 1.25’de gösterilmiştir.



Şekil 1.25 Fabric Touch Tester (FTT) cihazının teknik gösterimi (Hu ve ark., 2006)

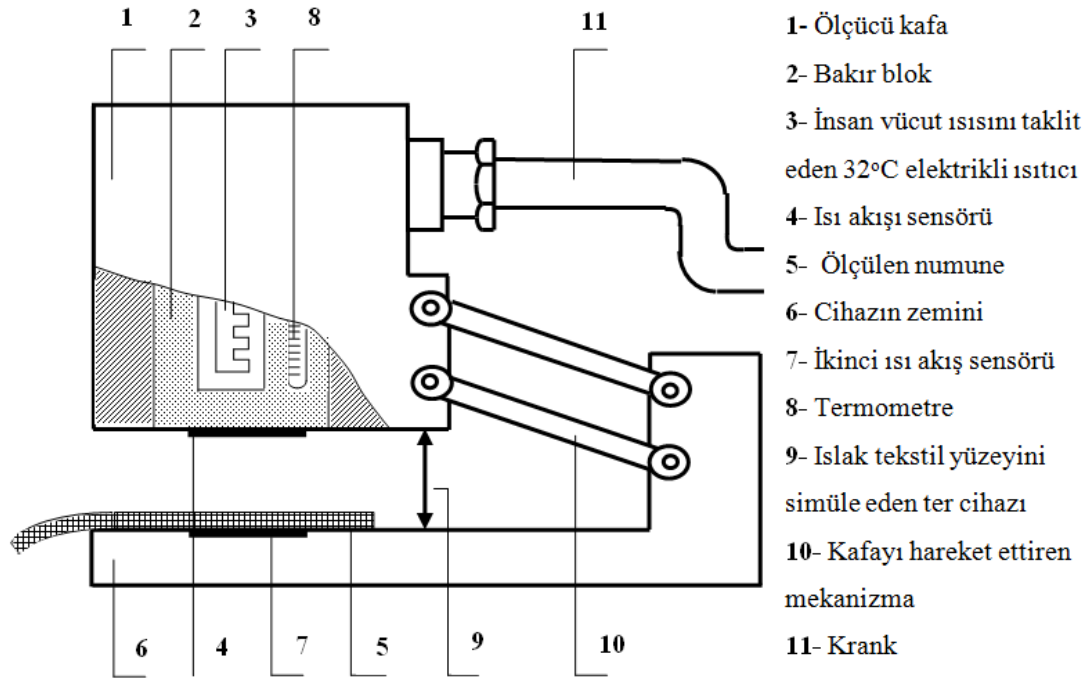
Cihaz 5 ana bileşenden oluşmaktadır: (1) Alt ölçücü kafa, (2) Üst ölçücü kafa, (3) Üst ölçücü kafa hareketini sağlayan mekanizma, (4) Alüminyum çerçeve ve (5) Verileri kontrol, analiz ve kayıt eden yazılım programı. Alt ölçücü kafa, çerçeve vasıtasıyla kumaşın eğilip bükülme davranışından yararlanarak mekanik özelliklerini belirlemektedir. Üst ölçücü kafada bulunan sensör vasıtasıyla kumaştaki ısı akışı ölçülerek termal özellikleri belirlenmektedir (Hu ve ark., 2006).

Kumaşların termal direnç, sıcak-soğuk hissi gibi durağan ve geçici termofizyolojik özelliklerini ölçmek amacıyla geliştirilen bir başka cihaz da Hes (1999) tarafından tasarlanan “Alambeta” test cihazıdır. Cihazın genel görünümü Şekil 1.26’da gösterilmiştir.



Şekil 1.26 Alambeta test cihazı (Hes, 2001)

Alambeta cihazı temelde kuru insan derisini taklit etmektedir ve prensibi, alt ölçüm plakası (22°C) ile üst başlığı (32°C) arasındaki sıcaklık farklılığından dolayı test edilen kumaş içerisinden geçen ısı akımının zamana bağlı matematiksel işlemlerle belirlenmesine dayanmaktadır. Numune yerleştirildiğinde, ölçüm kafası aşağıya inmekte, kumaşa temas etmekte ve ısı akış seviyesi bilgisayarda işlenmekte ve ölçülen numunenin termofizyolojik özellikleri değerlendirilmektedir. Ölçüm sadece birkaç dakika sürmektedir. Böylece, ölçüm sırasında numune nemi neredeyse sabit kaldığından ıslak kumaşların da güvenilir ölçümü mümkün olmaktadır (Hes, 1999). Alambeta cihazının parçaları ve işlevleri Şekil 1.27’de gösterilmiştir.



Şekil 1.27 Alambeta cihazının fonksiyonel gösterimi (Hes, 1999)

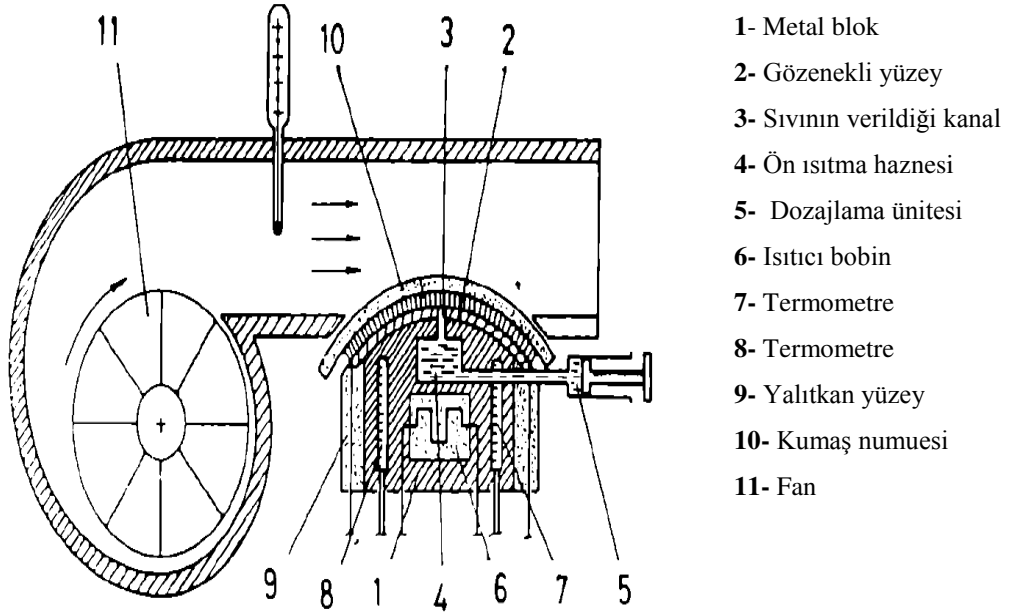
Ölçücü kafanın baskısı 100 – 1000 Pa arasında ayarlanabilmektedir. Kafa, baskı temasına bağlı olarak termal emiciliğin seviyesini belirlemektedir. Bu baskı gerçekteki etkileşimi simülaze etmektedir. Isı akışı numune içerisinden geçişe başlamakta, numunenin yüzeyinin sıcaklığı aniden değişmekte ve bu sırada cihazın veri tabanı oluşan ısı akışını kayıt etmektedir. Bu süreç kumaş seçimi sırasında parmağın kumaşa dokunmasına benzemektedir. Aynı zamanda numune kalınlığı da ölçülmektedir. Alambeta ile termal iletkenlik ve termal direnç değerleri hesaplanmaktadır.

Hes (1990) tarafından geliştirilen bir başka deri modeli ise “Permetest”dir. Permetest cihazı, kuru ve ıslak kumaşların bağıl su buharı (%WVP) ve buharlaşma direnci (m^2Pa/W) değerlerinin 3-5 dakika içinde belirlenmesini sağlamaktadır (Hes ve Carvalho, 1994). Bu küçük deri modelinin ölçüm başlığı, ölçüm sisteminden örneğe sıvı su akışını engelleyen suya dayanıklı bir yarı geçirgen folyo ile kaplıdır. İnce gözenekli tabakadan su buharlaşması nedeniyle oluşan soğuma ısı akışı, özel bir bilgisayar kontrollü ölçüm sistemiyle kaydedilmektedir. Isı transferi açısından, bu cihaz gerçek insan derisi modelini temsil etmektedir. Alambeta ile birlikte kullanılmaktadır. (Hes, 2008). Şekil 1.28’de cihazın genel görünümü gösterilmiştir.



Şekil 1.28 Permetest test cihazı (Hes ve Araujo, 2010)

Permetest cihazı ile kumaş numunesinin bulunduğu ve bulunmadığı şartlardaki ölçülen geçirgenlik değerlerinin oranlanmasıyla bağlı su buharı geçirgenlik değerleri hesaplanmakta ve aynı zamanda nefes alabilir gözenekli yüzey vasıtasıyla kumaşların su buharı direnç değerleri ölçülebilmektedir (Hes ve Carvalho, 1994). Cihazın enine kesit resmi ve parçaların gösterimi Şekil 1. 29'daki gibidir.



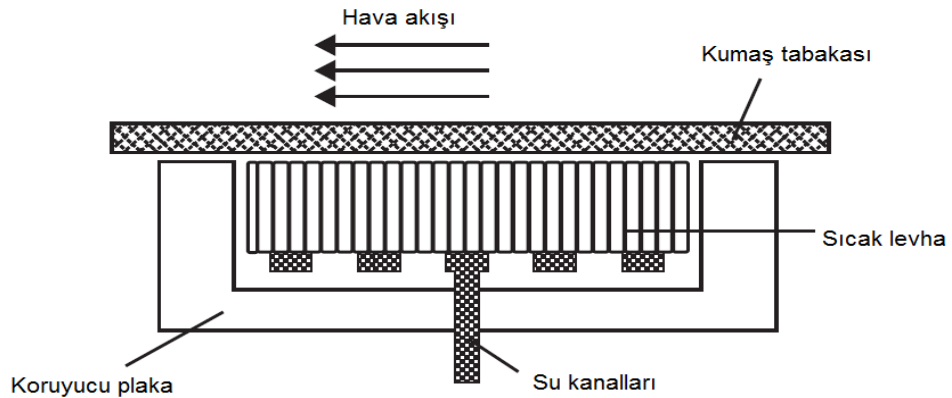
Şekil 1.29 Permetest cihazının enine kesit görünümü (Hes ve Carvalho, 1994)

Cihazdaki metal blok, su buharını geçiren ancak suyu geçirmeyen gözenekli yüzey ile kaplanmıştır. Dozaj ünitesinden belirli bir miktardaki su ön ısıtma haznesine pompalanmakta, buradan kanal vasıtasıyla gözenekli yüzeye buhar halinde gelmektedir. Isıtıcı bobinin sıcaklığı kontrol edilebilmekte ve insan derisini taklit

edecek şekilde hep aynı ısıyı vermesi sağlanmaktadır. Metal bloğun sıcaklığı her iki yandaki termometreler yardımıyla sürekli olarak ölçülmektedir. Isının dışarıdan etkilenmemesi için sistemin tamamı yalıtkan yüzey ile kaplanmıştır. Ölçüm boyunca kumaşın üzerinden fan vasıtasıyla 1-3 m/s hızında hava akışı ile ISO 11092'ye uygun olarak rüzgâr efekti sağlanmaktadır (Hes ve Carvalho, 1994).

Birçok araştırmacı farklı tasarımlarla terleyen levha sistemleri ortaya koymasına rağmen ölçüm açısından temel prensip aynıdır. Tüm terleyen levha sistemleri sıcaklığı kontrol edilebilen ısı kaynağı olarak kullanılan paslanmaz çelik levha, insan derisindeki gözeneklerden terlemenin oluşmasına benzer şekilde kanallarla taşınan suyun buhar halinde kumaşa etki etmesini sağlayan gözenekli film tabakası, kontrollü çevre şartları ve iklimlendirme, kumaş ve çevre arasındaki ısı ve buhar transferini ölçen sensörlerden oluşmaktadır (Bartels, 2005).

Terleyen levha sistemleri içerisinde en fazla kabul göreni ve yaygın olarak kullanılanı Alman Hohenstein Enstitüsü'nün tasarladığı deri modeli – terleyen levha (Sweating Hot Plate) sistemidir. Bu modelde ölçüm yüzeyi olarak gözenekli sinterlenmiş paslanmaz çelik levha kullanılmaktadır. Farklı giyim şartları ve aktivite koşullarına göre gerçekleşen ter üretimine uygun olarak, iklimlendirme test haznesinde sıvı ve buhar halindeki su kontrollü biçimde salgılanmaktadır. Bu modern ölçüm tekniği sayesinde, çok kısa sürede kumaşların termal direnç ve su buharı direnci değerleri tutarlı bir şekilde hesaplanabilmektedir (Umbach, 2007). Şekil 1.30'da terleyen levha sistemi şematik olarak görülmektedir.



Şekil 1.30 Terleyen sıcak levha sistemi (Song, 2011)

Hohenstein deri modelinde, kumaş numunesinin konulduğu yüzeyin insan derisi sıcaklığında (35°C) tutulması için 20 cm x 20 cm boyutlarındaki sinterlenmiş paslanmaz çelik levha elektrikle ısıtılmaktadır. Dışarıya ısı kaybını engellemek için yalıtkan malzemeden yapılmış koruyucu plaka, sistemin sıcaklığını muhafaza etmesini ve ısı akışının yalnızca deri kumaş arasında gerçekleşmesini sağlamaktadır. Sıcak levhanın altında saf suyun dolaşarak buharlaşmasına imkân veren oyuklu su kanalları bulunmaktadır. Böylelikle ısınarak buharlaşan su mikro gözeneklerden geçerek kumaşa etki edebilmektedir. Levhanın hemen üst kısmında, kumaş yüzeyinden belirli hızda geçen hava akışını (rüzgâr efekti) sağlayan fanlar bulunmaktadır. Sistem, şartları kontrol edilebilen iklimatik odacık içerisinde yerleşmiş durumdadır (Song, 2011).

Levhanın ölçüm yüzeyi sürekli aynı sıcaklıkta tutulmaya çalışılmakta ve sıcaklık düşmesi durumunda elektrikle ısıtılmaktadır. Dolayısıyla ölçüm alanına konulan kumaşın ısı transfer yeteneğine göre ölçüm bölgesinin sıcaklığı değişmekte ve harcanan güç (Watt) miktarına göre kumaşın termal direnci belirlenebilmektedir. Termal direnç aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır:

$$R_{ct} = \frac{(T_p - T_a)A}{H} - R_0 \quad (1.20)$$

T_p ve T_a sırasıyla levha yüzeyinin ve ortamın (çevre) ortalama sıcaklığını (K), A ölçüm alanını (m^2), H levhayı aynı sıcaklıkta tutmak için harcanan güç değerini (W), R_0 kumaş numunesi olmadan hesaplanan termal direnç değerini ve R_{ct} kumaşın termal direnç değerini (m^2K/W) göstermektedir.

Su buharı direnci hesaplanmasında ise kumaş ile ölçüm alanı arasındaki kısmi su buharı basıncı ile çevrenin kısmi su buharı basıncı arasındaki farktan yararlanılmaktadır. Sıcak levhanın ve ortamın sıcaklıkları eşit ve sabit (35°C) tutularak ısı transferinin iletimle gerçekleşmesi önlenmektedir. Aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır:

$$R_{et} = \frac{(P_p - P_a)A}{H} - R_{et0} \quad (1.21)$$

P_p ve P_a sırasıyla kumaş ile ölçüm alanı arasındaki ortalama kısmi su buharı basıncını ve ortamın (çevre) kısmi su buharı basıncını (P_a), A ölçüm alanını (m^2), H levhayı ısıtmak için harcanan güç değerini (W), R_{et0} kumaş numuesi olmadan hesaplanan su buharı direnci değerini ve R_{et} kumaşın su buharı direnci değerini (m^2Pa/W) göstermektedir.

Günümüzde SDL Atlas firması tarafından geliştirilen ve bu prensiple çalışan “Terleyen Sıcak Levha - Sweating Guarded Hot Plate” cihazı yaygın olarak kullanılmaktadır. Cihaz, tenin hemen üstünde oluşan ısı ve nemin giysi içinde tutulması veya atılması işlemini yapay ortamda oluşturmaya yaramaktadır. Cihazın çeşitli görüntüleri Şekil 1.31’de gösterilmiştir. Standart cihaz ISO 11092’ye uygun olarak durağan haldeki ısı ve su buharı ölçümlerini gerçekleştirmektedir.



Şekil 1.31 Terleyen sıcak levha (SDL Atlas M295B cihaz kataloğu)

1.10.2 Termal Manken Sistemleri

İnsan vücudu ile çevre arasındaki termofizyolojik etkileşimin incelenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi de termal manken sistemleridir. Termal manken sistemleri vücudun tüm yüzeyinin hareketli ve sabit olarak ölçülmesinde, bölgesel ısı ve sıvı/buhar transferlerinin değerlendirilmesinde ve çeşitli ortam ve koşullarda incelemeler yapılmasında kullanılabilir. Son gelişmeler çerçevesinde farklı oranlarda ve hızlarda terleyebilen, nefes alabilen, gerçekçi hareket ve şekillere imkân verebilen gibi birçok özelliğe sahip çeşitli mankenler tasarlanmıştır.

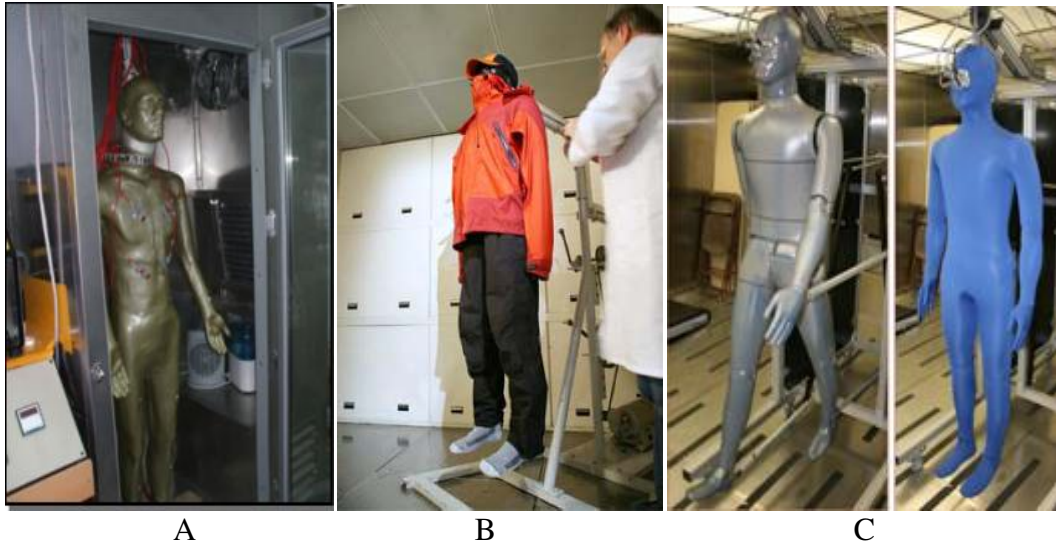
İlk termal manken sistemleri 1940'lı yıllarda Amerikan ordusu tarafından geliştirilmiştir. Gelişen süreçte insan vücudu formunda hareket edebilen birçok manken sistemi tasarlanmış olmasına rağmen, kumaşların termal direnç, su buharı direnci gibi termal konfor parametrelerinin üç boyutlu olarak değerlendirilmesinde kullanılmak üzere basit geometrik formlarda cihazlar da araştırmacılar tarafından üretilmiştir. Meinander (1985) tarafından tasarlanan terleyen silindir cihazı tam olarak insan vücudu şeklinde olmasa da, üç boyutlu olarak kumaşların termal konfor özelliklerinin ölçülebildiği cihazlara bir örnektir. Terleyen silindir cihazı, içi su ile dolu bir silindir, su besleme ünitesi, silindirin ağırlığını ölçen hassas terazi, silindiri çevreleyen metal plakayı insan deri sıcaklığında tutmak üzere bir ısıtıcı ve metal plakayı saran deriyi simüle eden gözenekli kumaştan oluşmaktadır. Cihazın görünümü Şekil 1.32'deki gibidir (Celcar, Meinander ve Geršak, 2008a).



Şekil 1.32 Terleyen silindir cihazı (Celcar ve ark., 2008a)

Test süresince silindire beslenen su miktarı, metal plakayı aynı sıcaklıkta tutmak için harcanan enerji, ortamın ve silindir üzerindeki ölçüm noktalarının sıcaklık ve bağıl nem değerleri ölçülmektedir. Böylece test edilen kumaşın termal direnç, su buharı geçirgenliği ve sistemdeki su kaybından hesaplanan oransal terleme miktarı değerleri elde edilebilmektedir (Celcar ve ark., 2008a).

Termal manken sistemleri, karmaşık, hassas ve pahalı olmalarına rağmen birçok gelişmiş ve kullanışlı özelliklere sahiptir. İnsan yapısındaki termal mankenlerle tüm vücut yüzeyinde veya tanımlanmış bölgesel yüzeylerde her yönde gerçekleşen iletimle, taşınım ve ışınlama ile ısı kayıpları ölçülebilmektedir. Vücudun her bir uzvu ve hareketi için ayrı ayrı değerlendirmeler yapabilmek manken üzerindeki hareket verici ve ölçücü parça sayısına bağlı olmaktadır. Kullanılan bazı mankenler 30'dan fazla bağımsız olarak ayarlanabilen parça içermektedir. Tüm vücudunun ısı kaybının hesaplanması bütün bölgelerdeki değerlerin ağırlıklı ortalamasıyla yapılmaktadır. Termal manken sistemleri ile aynı koşullar altında gerçekleştirilen ölçümler için güvenilir, tutarlı ve tekrarlanabilir sonuçlar almak mümkündür (Holmer, 2004). Çeşitli kurumlarda tasarlanmış olan termal manken sistemleri Şekil 1.33'de gösterilmiştir.

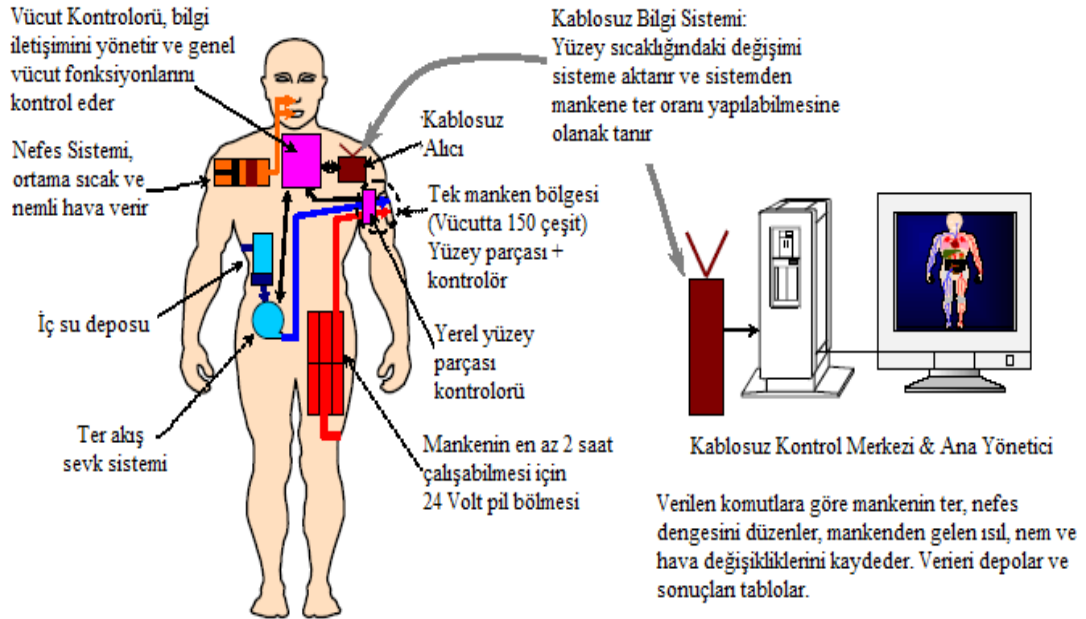


Şekil 1.33 Çeşitli kurumlardaki termal manken örnekleri: (A) Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Konfor Laboratuvarı, (B) Hohenstein Institute, (C) North Carolina State University Textile Protection and Comfort Center

Holmer (2004)'e göre termal manken sistemlerinin önemli performans özellikleri aşağıdaki gibidir:

- İnsan vücudunun optimum simülasyonu
- Tüm vücutta ve bölgesel ısı akışlarının gerçekleştirilmesi
- Gerçekçi bir şekilde kuru ısı kayıplarının sisteme katılması
- Giysi termal yalıtımının objektif ölçümü
- Hızlı, doğru ve tekrarlanabilir ölçümler
- Karşılaştırmalı ölçümler ve yeni ürün geliştirme için uygun maliyet

Termal konfor araştırmalarında ilk üretilen termal mankenler sınırlı kapasitedeyken, günümüzdeki termal mankenler, insanı birebir taklit eder durumdadır. İçerisine yerleştirilmiş termal regülatör sistem sayesinde, terleme, kuru hava transferi gibi bir çok işlemi gerçekleştirebilmektedir. Manken üzerine yerleştirilmiş yüzden fazla sensör sayesinde değerler anında bilgisayara veri olarak işlenmektedir. Bu sayede test edilecek ürün mankene giydirilip, daha sonra bilgisayardan termal konfor değerleri alınmaktadır. Termal manken sistemleri mevcut en iyi termal konfor test sistemleridir. Bu sistemin işleyişi Şekil 1.34'deki gibidir (Nilsson, 2006).



Şekil 1.34 Termal manken sistemi (Nilsson, 2006)

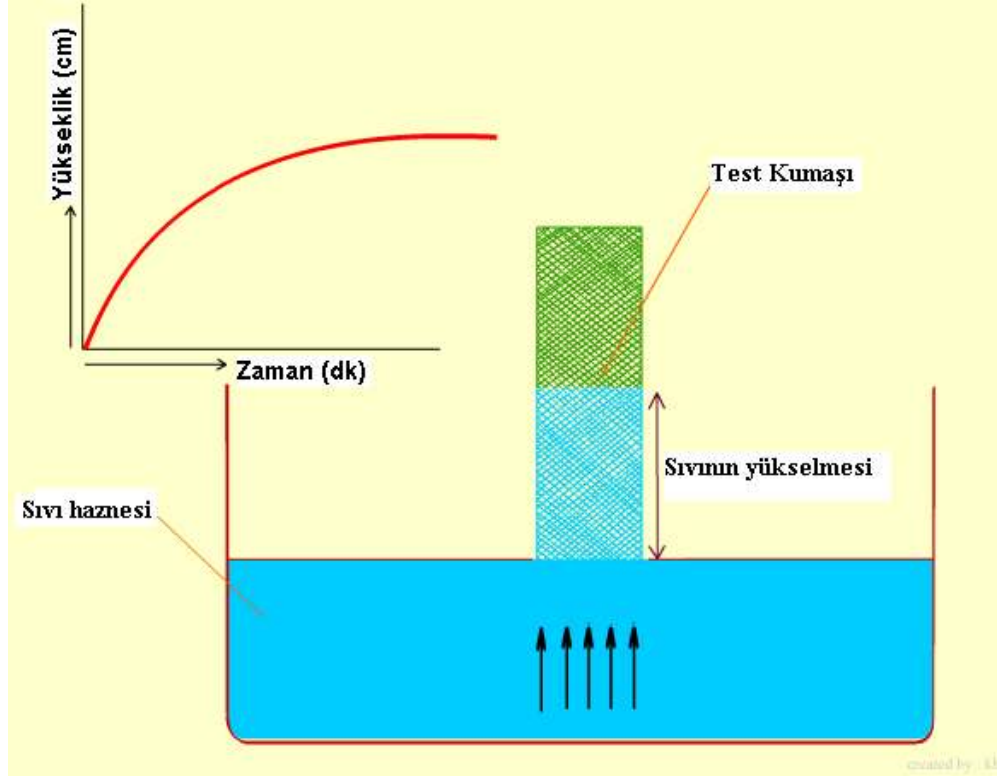
1.10.3 Sıvı Nem İletim Ölçüm Yöntemleri

Deri yüzeyinde oluşan sıvı terin uzaklaştırılamayıp mikroklima bölgesinde kalması, kişiye olumsuz bir tutum, aktivite sonrası ıslaklıktan kaynaklı üşüme gibi negatif özelliklerle birlikte konforsuzluk hissi verecektir. Bu nedenle oluşan sıvı terin deri yüzeyinden emilip kişiye hissettirilmeden uzaklaştırılması oldukça önemli olmaktadır.

Kumaşlar, anizotropik bir yapıdadır, bu nedenle kumaşın farklı eksenlerinde farklı sıvı transfer davranışları gözlemlenmekte ve bu davranışların farklı bölgeler için ayrı ayrı ölçülmesi gerekmektedir. Kumaşların genel olarak sıvı nem transfer özellikleri iki grupta toplanabilmektedir: bunlar kumaşın absorpsiyon davranışıyla ilgili sıvı transfer özellikleri ve absorblanan sıvının kumaş içerisindeki çeşitli yönlerdeki transferi ile ilgili özelliklerdir (Aksoy ve Kaplan, 2011).

Deriden sıvının emilip geniş bir alana yayılması için kumaşın en önemli özelliklerinden birisi kılcal emme (wicking) özeliğidir. Kumaşların kılcal emme özeliğinin ölçülmesinde en basit yaklaşım, şeritler halinde hazırlanan kumaş numunelerinin dikine asılarak belli bir miktarının sıvıya batırılması ve sabit zaman periyotlarında sıvının kumaş içerisinde yükselmesinin gözlenmesidir (BS 3424 1996; DIN 53924).

Bunun için belirli boyutlarda (25 mm eninde × 170 mm boyunda) ve kumaşın her iki yönünde kesilen kumaş numunelerinin bir ucu asılarak alt kısmından 3 mm olacak şekilde, 21 °C'deki saf suya (kolay gözlemlene için kumaşa etki etmeyecek boya ile renklendirilebilmektedir) batırılmaktadır. Kumaş şeridindeki sıvının kılcal yükselmesi genellikle 1, 5, 10 ve 30 dakika aralıklarla gözlenip santimetre olarak kaydedilmektedir. Kumaş şeridindeki sıvının zamana göre yükselmesi ne kadar fazlaysa, kumaşın kılcal emme yeteneği o kadar fazladır. Kılcal emme testinin ölçüm prensibi Şekil 1.35'de gösterilmiştir.

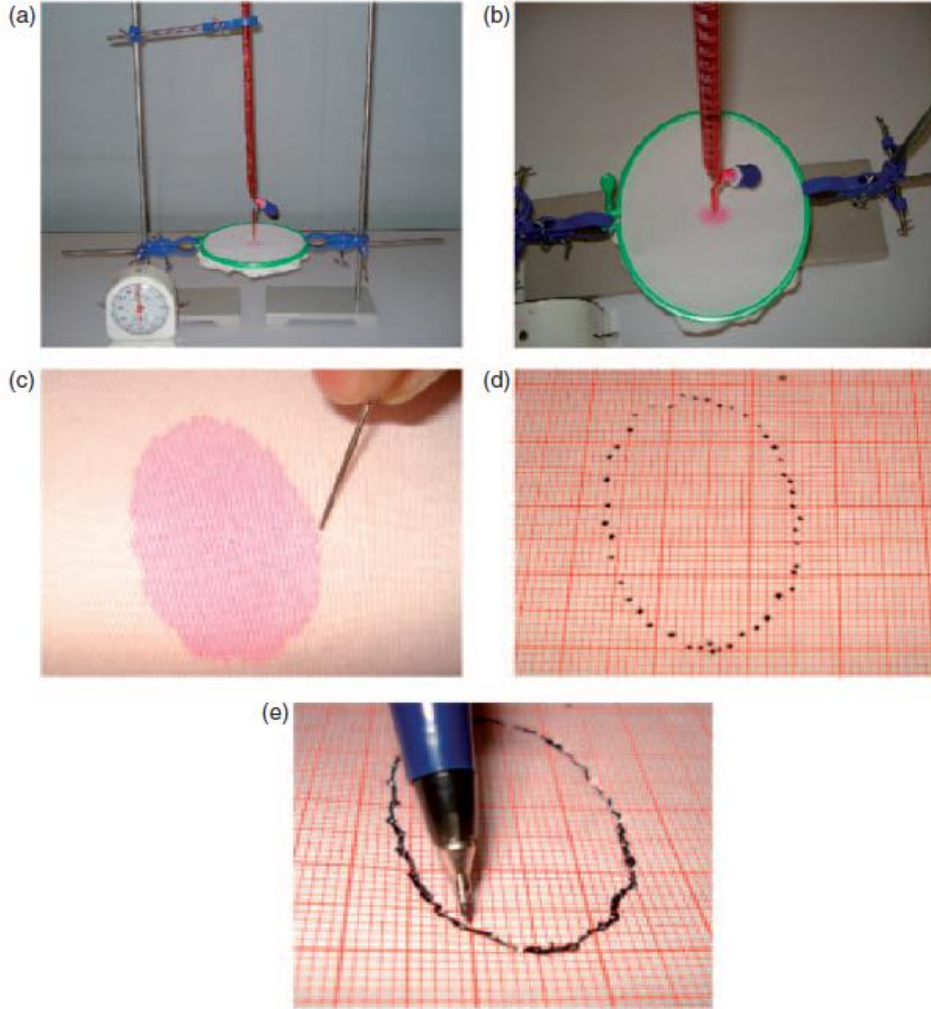


Şekil 1.35 Dikey kılcal emme testi (NPTEL, 2013)

Kılcal emme testi ile ilgili bu temel prensibi kullanarak gözlemin daha kolay yapılabilmesi ve objektif veriler elde edilmesi için araştırmacılar farklı tasarımlar öne sürmektedir. Van Langenhove ve Kiekens (2001) kumaştaki sıvının yükselmesini elektriksel iletkenlik değişimi ile ölçmüş ve kılcal emme hızını tanımlamış, Williams ve Davies (2009) ise sıvının kumaş içerisindeki yükselişini üç boyutlu olarak modellemiştir (Song, 2011).

Kumaşların boyuna yönde ölçümleri ile elde edilen kılcal emme testleri, kumaşların kapiler özelliklerini belirlemek açısından oldukça önemli olmasına rağmen giyim sırasında kumaşın ıslanma durumu dikkate alındığında enine yönde ıslanmanın belirlenmesinin daha öncelikli özellik olduğu anlaşılmaktadır. Kumaşların eni boyunca sıvıyı transferinin ölçümü için genellikle kumaş üzerine damlatılan sıvının miktarına ve zamana bağlı olarak kumaş üzerindeki yayılması takip edilip ölçülmektedir. Bunun için kontrollü ortam koşulları altında belirli bir mesafeden belirli bir miktarda damlatılan sıvının kumaş üzerine düşmesinden itibaren süre takip edilerek, kumaşın yüzeyinde sıvının yayıldığı alan

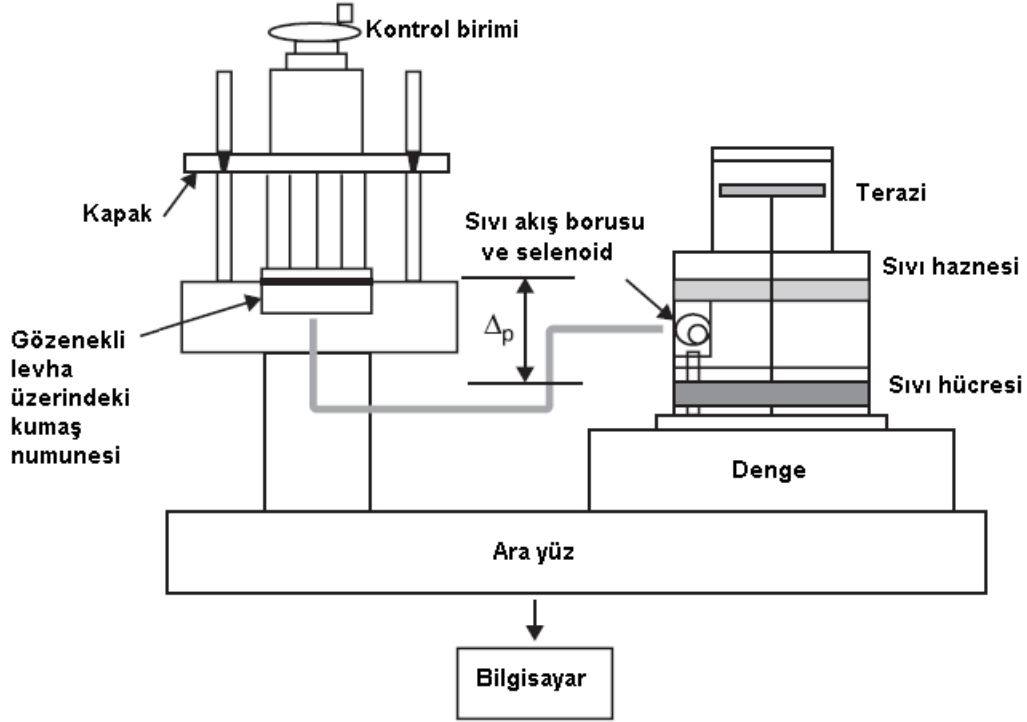
hesaplanmaktadır (Sampath, Senthilkumar ve Nalankili, 2011). Kumaşın enine yönde sıvının transferinin ölçüldüğü bu yöntem Şekil 1.36’da gösterilmiştir. Bu basit yöntem, aynı zamanda sıvı nem yönetimi ölçümlerinin de temelini oluşturmaktadır.



Şekil 1.36 Enine yönde sıvı iletiminin ölçümü: (a) Kolay gözlenmesi için renkli boyanmış sıvının kumaşa damlatılması, (b) kumaşta enine yönde sıvının yayılmasının gözlenmesi, (c) kumaş üzerinde ıslanan alanın ölçekli kağıtla gözlenmesi için iğne ile işaretlenmesi, (d) kumaşta iğne ile işaretlenen alanın ölçekli kağıttaki görünümü, (e) Ölçekli kağıtta ıslanan alanın çizilerek hesaplanması (Sampath ve ark., 2011)

Önceki bölümlerde de belirtildiği üzere, kumaşın sıvı absorblama yeteneğini ifade ederken absorblama hızı ve toplam absorpsiyon kapasitesi en yaygın kullanılan parametrelerdir. Sıvıyla temas anında malzemeye nüfuz etmesi absorblama hızını belirlerken, ilerleyen süreçte sıvının nüfuz etmeye devam etmesi durumu toplam

absorbsiyon kapasitesini belirlemektedir. Gravimetrik absorblama test sistemi (GATS) ile sıvının emilme hızı ve toplam emme kapasitesi hakkında değerlendirme yapılabilmektedir (Song, 2011). Cihazın genel görünümü Şekil 1.37’de gösterilmiştir.



Şekil 1.37 Gravimetrik absorblama test sistemi – GATS (Song, 2011)

Test için kumaş numunesi, sıvı haznesine bağlı ortasında 2 mm çapında bir delik bulunan gözenekli levha üzerine konulmaktadır. Sıvı besleme sisteminin hidrostatik basıncı sıvı hücresi yardımıyla istenen seviyede ayarlanabilmektedir. Selenoid vana yardımıyla kumaş numunesinin emebileceği miktarda sıvı haznedan beslenmektedir. Sıvı sensörü otomatik olarak beslenen sıvı miktarını tartarak maksimum absorbe kapasitesini (V) ölçmektedir. Elde edilen verilere göre özgül absorbe kapasitesi (C) ve akış hızı – absorbe hızı (Q_o) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$C = V/W \quad (1.22)$$

$$Q_o = V/T \quad (1.23)$$

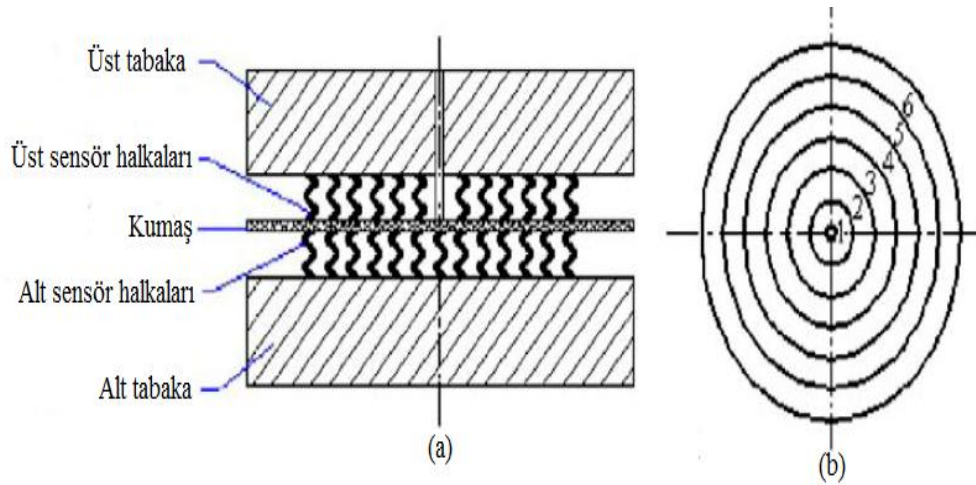
Bu eşitliklerde C özgül absorbe kapasitesini, Q_0 akış hızını (g/s), V hazneden beslenen sıvı miktarını (g), W kuru haldeki kumaş numunesinin ağırlığını (g), T ise süreyi (s) ifade etmektedir (Song, 2011).

Vücutta üretilen terin deriden su buharı halinde transferi sağlanamadığı durumlarda, sıvı haldeki ter oluşumu giyilen tekstil malzemesinin sıvı neme karşı davranışıyla konfor durumuna etki etmektedir. Tekstil malzemesinin sıvıyı emmesi, yapısında yayılımını sağlaması, iletmesi, buharlaşma sürecinde yüzey geriliminin değişmesi gibi birçok etki kumaşların nem yönetimi (moisture management) olarak genel bir ifadeyle açıklanmaktadır. Nem yönetimi, deride oluşan sıvı nemin giysi tarafından emilip giysi yapısında ve dış yüzeyine çoklu yönde nem iletim yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Nem konforunun belirlenmesinde oldukça önemli bir özelliktir. Buradan yola çıkarak birçok araştırmacı çalışmalarında farklı test metotları ve cihazları kullanarak kumaşların nem yönetim özelliklerini incelemiştir (Schuster, Schomel, Manner, Abu-Rous ve Firgo, 2006; Sarkar, Fan ve Qian, 2007; Onofrei, Rocha ve Catarino, 2011). Hu, Li, Yeung, Wong ve Xu (2005) tarafından geliştirilen nem yönetim cihazı “Moisture Management Tester - MMT”, örme ve dokuma kumaşlardaki sıvı nemin çok yönlü olarak iletim performansını ölçmede en yaygın olarak kullanılan cihaz tipidir (Hu ve ark., 2005).

Nem yönetim cihazı (MMT) ile kumaşların sıvı nem yönetim özelliklerinin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve sınıflandırılması AATCC 195 (2009) test metoduna göre gerçekleştirilmektedir. AATCC 195 (2009) test metoduna göre MMT cihazıyla kumaşların ıslanma süresi (üst-alt), sıvı emme oranı (üst-alt), maksimum ıslak daire yarıçapı (üst-alt), sıvının kumaşa yayılma hızı (üst-alt), kümülatif tek yönlü taşıma endeksi (Accumulative One-Way Transport Index – AOTI) ve kumaşın genel nem yönetim yeteneği (Overall Moisture Management Capability – OMMC) ölçülmektedir. Bu parametreler arasında AOTI ve OMMC parametreleri kumaşların sıvı iletim performansı hakkında genel bir değerlendirme yapılması açısından daha önemli olmaktadır. OMMC değeri, sıvı nemin kumaştaki tüm yönetim performansını göstermektedir ve bu değer ne kadar yüksekse kumaşın sıvıyı iletim performansı o kadar iyidir. AOTI ise kumaşın iki yüzü arasındaki kümülatif nem miktarı farkını

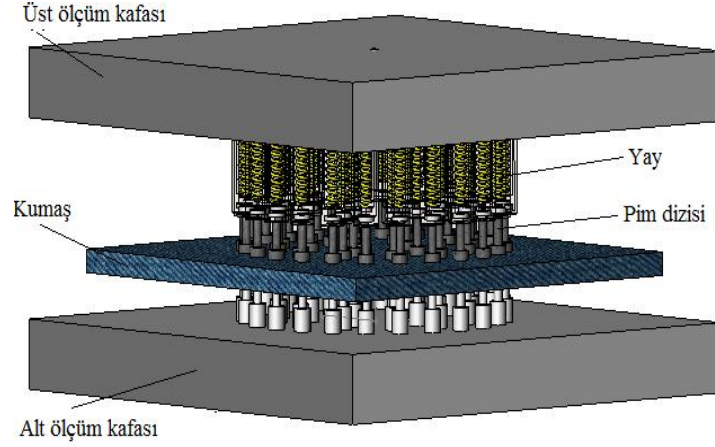
gösteren bir değerdir. AOTI değeri artı yönde arttıkça, sıvının deriden çevreye iletimi o kadar kolay ve hızlı olacaktır. Eksi ve düşük AOTI değerleri, kumaşın hızlı ıslanıp sıvıyı geç uzaklaştırdığını göstermektedir.

Kumaş numunesi, cihazda eşmerkezli olarak bulunan alt ve üst sensörler arasına yerleştirilerek ölçümler yapılmaktadır. Cihazda üst yüzey, giysi giyildiğinde insan vücudunun derisine yakın olan kısmı, alt yüzey ise dış çevreye yakın olan kısmı simüle etmektedir. Kumaşın üst kısmına önceden belirlenmiş miktarda test sıvısı (yapay ter) verilmekte ve bu sıvının kumaş üst yüzeyinden dışa doğru yayılması, alt yüzeyinden dışa doğru yayılması ve üst yüzeyinden alt yüzeyine iletimi incelenmektedir. Bu metotta, kumaşın üst yüzeyine su damlatıldıktan sonra, kumaş nem yönetim özellikleri iki kumaş yüzeyinin elektriksel direnç değişiminin ölçülmesi ile belirlenmektedir. Cihazın şematik gösterimi Şekil 1.38’de görülmektedir.



Şekil 1.38 MMT cihazının şematik gösterimi (a) Sensör yapısı, (b) Ölçüm halkaları (Yao, Li, Hu, Kwok ve Yeung, 2006)

Bu test metodu ile elde edilen sonuçlar kumaşın geometrik ve iç yapısının etkisiyle su geçirgenlik, su iticilik, su emicilik özelliklerinin ve içerdiği lif ve ipliklerin su emme karakteristiklerinin genel bir ifadesidir. Cihaz sayesinde ölçüm süresi boyunca sıvının kumaş yapısı içerisindeki hareketi takip edilebilmektedir (Yao, Li ve Hu, 2008). Cihazda sensörlerin ve kumaşın yerleşiminin üç boyutlu gösterimi Şekil 1.39’da verilmiştir.



Şekil 1.39 MMT cihazının ölçüm ünitesi ve yerleşimi (Yao ve ark., 2008)

Günümüzde SDL Atlas firması tarafından masa üstü ünitesi olarak üretilen MMT cihazı birçok araştırmacı ve firma tarafından kumaşların nem yönetim özelliklerinin incelenmesinde kullanılmaktadır. SDL Atlas firmasına ait MMT cihazının genel görünümü Şekil 1.40’da gösterilmiştir.

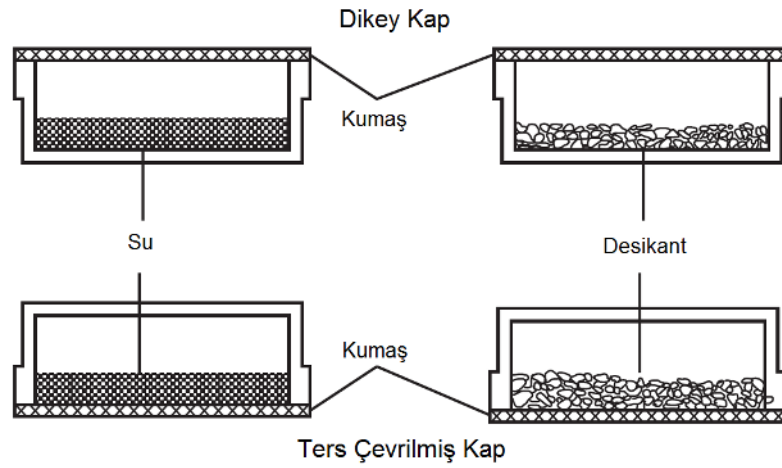


Şekil 1.40 M290 MMT (SDL Atlas, 2013)

1.10.4 Su Buharı Geçirgenliği Ölçüm Yöntemleri

Tekstil materyallerinde su buharı geçirgenliğinin ölçülmesi ile ilgili olarak birçok farklı yöntem ve cihaz bulunmaktadır. Bu yöntemlerin genelinde tekstil malzemesi içerisinde su bulunan bir hazne üzerine konulmakta ve zamana bağlı olarak ağırlık değişimi gözlenmektedir.

Su buharı geçirgenliği ölçüm yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılan ve en basit yaklaşıma sahip yöntem, ağırlık değişimine dayalı ölçümün yapıldığı iki alt ölçüm metoduna sahip ASTM E96-80 standardına göre kap metodudur (McCullough, Kwon ve Shim, 2003). Bu metoda uygun olarak alt metotlar olan desikant (nemçeker) ve su metotlarının dikey ve ters çevrilmiş kap ölçüm yöntemlerinde şematik gösterimi Şekil 1.41’de verilmiştir.



Şekil 1.41 Su buharı geçirgenliği – kap metodu (Song, 2011)

Desikant (nemçeker), havadaki nemi absorbe etme yeteneğine sahip hidroskopik maddelere denilmektedir. Desikant metodunda, anhidro kalsiyum klorür veya kalsiyum asetat gibi adsorbant bir malzeme tabakası kap içerisine doldurulmaktadır. Test kabının ağız kısmı kumaş numunesi ile kaplı durumda iken, açık kalan kenarlar erimiş durumdaki vaks ile mühürlenerek kapatılmaktadır. Daha sonra tüm sistemin ağırlığı tartılarak, ortam şartları kontrollü bir test odası içerisine yerleştirilmektedir. Ortam şartları 32°C sıcaklık ve %50 veya %90 bağıl nem olacak şekilde ayarlanmaktadır. Sistemde meydana gelen ağırlık artışı, en az 10 veri alınarak değerlendirilmekte ve zaman göre ağırlık değişimi belirlenmektedir. Bu yöntemle su buharı geçirgenliği aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$WVT = \left(\frac{G}{t} \right) A \quad (1.24)$$

Bu eşitlikte WVT su buharı geçirgenliği (g/s/m^2), G ağırlık (g), t ölçüm süresi (s), A kumaş numunesinin alanı (m^2) değerlerini ifade etmektedir. Su metodunda ise test kabına 3-5 mm yüksekliğinde saf su doldurularak, suyun buharlaşmasıyla meydana gelen ağırlık kaybı dikkate alınmaktadır. Test prosedürü ve su buharı geçirgenliğinin hesaplanması desikant metodu ile aynıdır (Uğur ve Sivri, 2008).

Genellikle dikey kap kullanılarak ölçüm gerçekleştirilmektedir. Ters çevrilmiş kap ise daha çok su geçirmez kumaşların ölçümünde kullanılmakta ve suyun sızması için kabın kenarlarına conta benzeri bir malzeme takılmaktadır (McCullough ve ark., 2003).

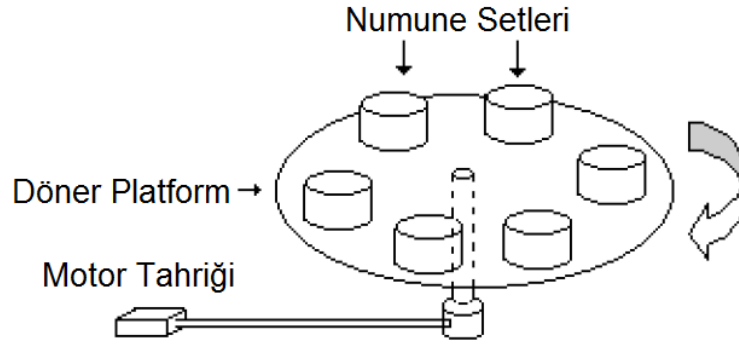
BS 7209-90 metoduyla kumaşların su buharı geçirgenlik indeks değerlerinin (I) belirlenmesi, ASTM E96-80 standardında tanımlanan su metodu ile benzerlik göstermektedir. Bu metotta test edilecek kumaşlar aynı anda kaplara yerleştirilerek döner platform üzerinde birlikte belirlenen sürede dairesel hareket yapmaktadır. Test edilecek kumaşlarla birlikte, monofilament polyester iplikten dokunmuş referans kumaş da kaplardan birisine yerleştirilmektedir. Test metoduna uygun olarak, kumaş numuneleri ve referans numune saf su içeren test kabının açık ağzı üzerine belirli boyutlara sahip bir halka ile kapatılmaktadır. Numunelerin alt kısımları ile su yüzeyi arasında 10 ± 1 mm yüksekliğinde durgun bir hava boşluğu kalacak şekilde su miktarı ayarlanmaktadır. Test kabının ağız kısmında bulunan çengel numune taşıyıcısı, numunenin aşağıya doğru çökerek arada bulunan hava tabakasının kalınlığının değişmesini önlemektedir. Numune setleri ile döner platform atmosfer şartlarında bir ortamda bulundurulmaktadır. Test kabının üzerinde durgun bir hava tabakasının oluşmasını engellemek amacıyla, platformun belirli bir hız seviyesinde dönmesi gerekmektedir. 1 saat normal çalıştırdıktan sonra tartım yapılmaktadır. Ardından belirlenecek t süresi kadar çalıştırdıktan sonra kaplar ikinci kez tartılmaktadır. Test sonunda su buhar geçirgenliği aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$WVP = \frac{24M}{At} \quad (1.25)$$

WVP su buharı geçirgenliği ($\text{g/m}^2/24\text{h}$), M iki tartım arasındaki ağırlık farkı (g), t ölçüm süresi (s), A kumaş numunesinin alanı (m^2) değerlerini ifade etmektedir. Kumaşların ortalama su buharı geçirgenlik değeri ve referans kumaşın su buharı geçirgenlik değeri yardımıyla su buharı geçirgenlik indeksi (I) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

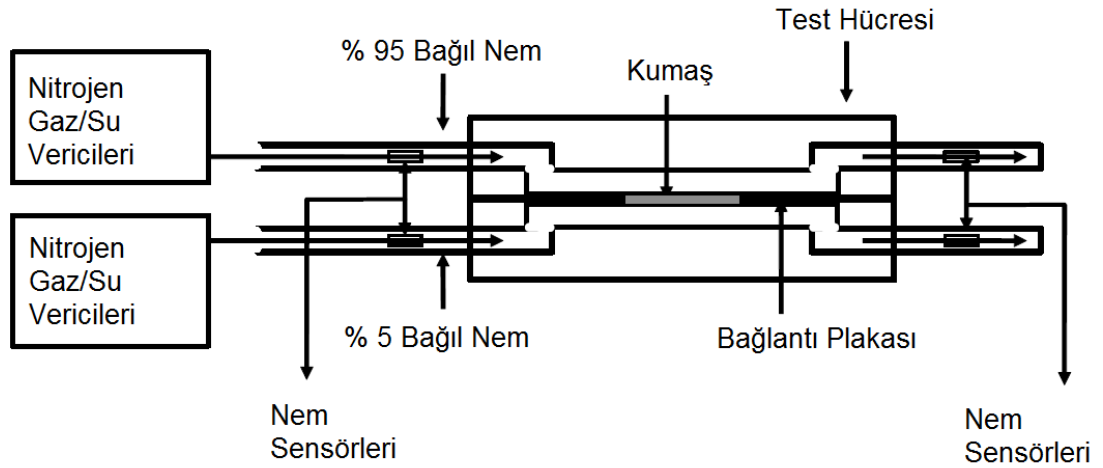
$$I = \frac{(WVP)_f}{(WVP)_r} 100 \quad (1.26)$$

$(WVP)_f$ ve $(WVP)_r$ sırasıyla test numunelerinin ve referans kumaşın ortalama su buharı geçirgenliği ($\text{g/m}^2/24\text{h}$) değeridir (Uğur ve Sivri, 2008). Döner platform metodunun şematik gösterimi Şekil 1.42'deki gibidir.



Şekil 1.42 Su buharı geçirgenliği – döner platform metodu (Uğur ve Sivri, 2008)

Bir diğer su buharı geçirgenliği ölçüm metodu ise Dinamik Nem Geçirgenliği Hücresi (Dynamic Moisture Permeation Cell – DMPC) olarak adlandırılan difüzyon testi metodudur. DMPC test metodu, su buharı difüzyon direnci ve/veya su buharı geçirgenlik oranını ölçmek amacıyla Phil Gibson (1997) tarafından geliştirilmiştir. 2003 yılında Koruyucu Giysiler F23 Komitesi, bu metodu ASTM F 2298-03 (Standard Test Methods for Water Vapor Diffusion Resistance and Air Flow Resistance of Clothing Materials Using by Dynamic Moisture Permeation Cell) standardı olarak kabul etmiştir (McCullough ve ark., 2003). DMPC test metodunun şematik gösterimi Şekil 1.43'de verilmiştir.



Şekil 1.43 Su buharı geçirgenliği – DMPC metodu (McCullough ve ark., 2003)

DMPC test metoduna uygun olarak su ile nitrojen karışımı, test hücresine yerleştirilen kumaş numunesinin üst ve alt yüzeylerinden geçirilmektedir. Giren ve çıkan nitrojen akışının bağıl nemi, sıcaklık ve gaz akış oranı elde edilerek kumaşın su buharı direnci hesaplanabilmektedir. İlgili standarda göre 2,5 cm x 2 cm boyutlarında hazırlanmış test numunesi, 20 ± 1 °C sıcaklık ve nitrojen gaz akış oranının $2000 \text{ cm}^3/\text{s}$ olduğu koşullardaki test hücresine yerleştirildikten sonra üst hücrede % 95 bağıl nem, alt hücrede % 5 bağıl nem olacak şekilde test hücresine tüplerden su buharı verilmektedir. Üst ve alt hücre arasında oluşturulan hava akımı vasıtasıyla numune üzerinden bir hücreden diğer hücreye su buharı kütle akışı gerçekleşmektedir. Test hücresinin giriş ve çıkıştaki akış arasındaki bağıl nem farkı sensörlerle takip edilerek su buharı difüzyonu direnci aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır:

$$R_{dtot} = \frac{A(\Delta\phi)}{Q(\delta\phi)} = \frac{\Delta C}{m} \quad (1.27)$$

R_{dtot} toplam su buharı difüzyon direnci (s/m), A kumaş numunesinin alanı (m^2), $\Delta\phi$ üst veya alttan giren gaz akışı arasındaki bağıl nem farkı, Q hücrenin üst ve alt bölümlerine doğru hacimsel akış oranı (m^3/s), $\delta\phi$ hücrenin alt bölümünde giriş ve çıkıştaki akış arasındaki bağıl nem farkı, m numune üzerinden su buharı kütle akışı ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$) ve ΔC üst ve alt nitrojen akışı arasındaki konsantrasyon farkı (kg/m^3) değerlerini ifade etmektedir (McCullough ve ark., 2003).

1.10.5 Subjektif Konfor Ölçüm Yöntemleri

İnsanın giysi ve dış çevreyi algısı ilgili tüm hisleri içermekte ve bu hisleri ifade ederken kullandığı kavramlar ile duyduğu memnuniyet ya da memnuniyetsizliği ifade etmektedir. Bu psikolojik süreci anlamak, duyulan algıyı ölçmek için subjektif (duyusal) değerlendirme yöntemleri kullanılması gerekmektedir. Subjektif değerlendirmelerde direkt olarak kişinin algısını belirleyen esas faktör olan düşünceleri ölçülmektedir. Hiçbir objektif yöntem ile kişinin bir tekstil malzemesine ya da çevreye karşı düşünceleri ve hissettikleri belirlenememektedir. Subjektif ölçüm yöntemleriyle kişinin karar alma sürecindeki psikolojik değerlendirmeleri ve hissettiği duyuları açıkladığı kavramları bir araya getirilerek kategorize edilmekte ve genel bir değerlendirme yapılmaktadır (Li, 2001).

Subjektif olarak konforun belirlenmesinde anket çalışmaları, vücudun belli bir bölgesine temas eden materyale karşı duyulan hissi belirleme çalışmaları ve giyim denemeleri en çok kullanılan yöntemlerdir.

Anket çalışmalarında, hedeflenen ölçüm koşulları ve şartlarına göre belirli bir ölçeğe göre seçilmiş kişilere ilgili konudaki düşünceleri sorulmaktadır. Bu değerlendirmeler sonucunda katılımcıların en çok kullandığı kavramlar belirlenerek konforun genel durumu açıklanmaktadır. Tekstil malzemelerinin anket yöntemiyle değerlendirildiği çalışmalarda toplanan yanıtlara göre duyulan hisleri tanımlayıcı kavramlar listelenmektedir.

Hollies, Custer, Morin ve Howard (1979) orta ve yüksek sıcaklıklarda terlemenin meydana geldiği şartlarda yaptıkları anket çalışmasında konfor hisleri için tanımlayıcıları: *darlık (snug)*, *bolluk (loose)*, *ağırlık (heavy)*, *hafiflik (lightweight)*, *sertlik (stiff)*, *statik elektriklenme (staticky)*, *sıvının emilmemesi (non-absorbent)*, *soğukluk (cold)*, *nemlilik (clammy)*, *ıslaklık (damp)*, *yapışkanlık ve sarmalanma (clingy)*, *batma (picky)*, *pürüzlülük (rough)*, *kaşıntı (scratchy)* olarak belirlemiştir. Li (1998) ise farklı ülkelerde (Amerika, Çin ve İngiltere) yaşayan tüketicilerin giysilere karşı psikolojik hislerini araştırmış ve 26 farklı konfor tanımlayıcısı belirlemiştir. Bu

tanımlayıcılar, Hollies ve ark.'ın (1979) belirlediklerine ek olarak: *yapışkanlık* (sticky), *kaşıntılı* (itchy), *serinlik* (cool), *sıcaklık* (hot), *ılıklik* (warm), *ıslaklık* (wet), *yumuşaklık* (soft), *karıncalanma* (prickly), *ürperme* (chill), *vücudun nefes alamaması* (sultry), *gıdıklama* (tickling), *pürüzlülük* (raggy) şeklindedir (Li, 2001).

Belirlenen sorulara verilen cevaplar kategorize edildikten sonra uygulanan varyans ve non-parametrik istatistik analizleriyle incelenmekte ve belirlenen tüketici grubu ve giysiler için konfor değerlendirmeleri yapılmaktadır. Böylelikle konfor durumu tahminlenmekte ve kişilerin memnuniyet/memnuniyetsizlik algıları açıklanmaktadır.

Termal konforun ölçülmesinde subjektif metotlardan bir diğeri kontrollü ortam şartlarında belirli boyuttaki kumaş numunesinin vücudun belirli bir bölgesine temas ettirilmesiyle yapılan değerlendirmelerdir. Bu şekilde kişilerin subjektif konfor algılarının belirlenmesinde en sık kullanılan yöntem önkol testidir (forearm test). Ön kol testi araştırmalarda, giyim denemeleri öncesinde kumaşlar hakkında fikir vermesi açısından bir ön değerlendirme olarak da kullanılmaktadır.

Ön kol testinde, insanın diğerk bölgelerine nazaran daha fazla reseptör bulunan ön kol bölgesine kumaşlar temas ettirilmekte ve genellikle 5-7 noktalı duyuşal ölçekler ile değerlendirme yaptırılarak kişilerin konfor algıları ölçülmektedir. Test edilecek kumaş numuneleri ölçüm için belirli boyutlarda kesilerek standart bir ön yıkama işleminin ardından test yapılacak ortam şartlarında 24 saat süreyle kondisyonlanmaktadır. Testin yapılacağı kişilerin önceden test ortamına getirilip belirli bir süre bekletilerek ortama alışmaları sağlanmakta ve test öncesinde gözleri bağlanarak kumaşların renk, kalınlık gibi özelliklerinden psikolojik olarak etkilenmeleri önlenmektedir. Sonrasında kumaşlar kişilerin kollarına sırasıyla dokundurulmakta, sıcaklık ve ıslaklık algıları beşli Likert Ölçeğı yardımıyla kendilerine sorularak kayıt altına alınmaktadır (Yüksel ve Okur, 2011). Ön kol testi sırasında kullanılan 5 noktalı ölçek örneğı Tablo 1.6'da gösterilmiştir.

Tablo 1.6 Ön kol testi 5 noktalı ölçek (Yüksel ve Okur, 2011)

Sıcaklık		Islaklık	
1	Soğuk	1	Kuru
2	Serin	2	Hafif Islak
3	Nötr	3	Islak
4	Ilık	4	Çok Islak
5	Sıcak	5	Aşırı Islak

Ön kol testi sırasında ayrıca temas sırasındaki deri yüzey sıcaklığındaki düşüşü takip etmek için sensörler aracılığıyla sıcaklık ölçümleri de yapılabilmektedir. Test sonucunda elde edilen subjektif veriler ve deri yüzey sıcaklık değişimi kumaş özellikleri ile birlikte değerlendirilerek kumaşların temas sırasında ortaya çıkardıkları soğukluk ve ıslaklık hisleriyle ilgili yorumlar yapılmakta, non-parametrik istatistik yöntemleriyle analiz edilmektedir (Kaplan ve Okur, 2009). Ön kol testinin yapılışı Şekil 1.44’de gösterilmiştir.



Şekil 1.44 Ön kol testi (Kaplan ve Okur., 2009)

Giysi konforu, insan vücudunun giysi ve çevre ile etkileşimine bağlı olarak ortaya çıkan psikolojik ve fizyolojik cevaplar ve giysi sisteminin özelliklerinden etkilenmektedir. Kumaş formunda yapılan termal konfor ölçümlerinin yanı sıra giysi sisteminin ölçülmesi giysinin kullanılacağı ortam şartları, kişisel kullanım tarzı, konfeksiyon aşamasından gelen etkiler, giysinin tasarımı gibi etkenleri de içerisinde barındırdığı için gerçeğe daha yakın olmaktadır. Bu noktada gerçek giyim şartlarında, kontrollü ortam koşullarında kişilerin psikolojik algılarının ölçekler

yardımla ölçüldüğü, vücut termofizyolojisinin sensörler yardımla takip edildiği subjektif giyim denemeleri (wear trials) konforun değerlendirilmesi açısından önemli bir seçenek olarak ortaya çıkmaktadır.

Subjektif giyim denemeleri sıcaklık ve bağıl nem değerleri kontrol altında tutulan laboratuvar koşulları altında gerçekleştirilmektedir. Termal konfor ölçümleri için yapılan giyim denemelerinde, belirlenmiş fiziksel aktiviteler (yürüyüş bandında koşu, bisiklete binme gibi) yaptırılarak, aktivite süresince vücut ve giysi ilişkisi takip edilmektedir. Doğru sonuçlar alınması açısından giyim denemeleri için belirlenecek gönüllü grubunun cinsiyet, yaş, boy, kilo gibi parametreler açısından birbiriyle uyumlu, yakın olması gerekmektedir. Gönüllülere deney prosedürü açıklanmakta ve psikolojik olarak etkilenmemeleri açısından denemesi yapılacak tüm giysiler aynı ölçü ve görünümde olmaktadır. Giyim denemelerinde uygulanan örnek bir test prosedürü Tablo 1.7’de gösterilmiştir.

Tablo 1.7 Subjektif giyim denemesi test prosedürü (Atasağın, Öner, Okur ve Beden, 2013)

No	Prosedür
1	Giyim denemelerinde kullanılan tüm giysiler TS 5720 standardına uygun olarak yıkanır.
2	Giyim denemelerinde kullanılacak olan tişörtlerin kuru ağırlıkları ölçülür.
3	Gönüllüler belirlenen laboratuvar koşullarında en az 10 dakika bekletilir.
4	Gönüllüler test giysilerini giyer, fizyolojik ölçümleri gerçekleştiren sensörler ve polar saat kişinin vücuduna takılır.
5	Gönüllüler test giysileri ile oturarak, 15 dakika serbest zaman geçirirler (Kitap okuma, müzik dinleme vs.).
6	Gönüllüler, 6 km/sa hızla 15 dakika koşu bandında yürüyüş yaparlar.
7	Gönüllüler, 9 km/sa hızla 15 dakika koşu bandında koşarlar.
8	Aktiviteler sonunda, gönüllüler 10 dakika dinlenme için bekletilir.
9	Gönüllüler test giysilerini çıkarır ve giysilerin yaş ağırlıkları ölçülür.

Denemesi yapılacak olan giysiler rastgele sıra ile her bir gönüllü için ayrı ayrı test edilmektedir. Test prosedüründe belirtilen her bir farklı aktivite düzeyi sonrasında gönüllülerin sıcaklık, ıslaklık ve genel konfor hissinin belirlenmesi amacıyla genellikle 5-7 noktalı ölçekler kullanılmaktadır (Tablo 1.8). Ayrıca kişilerin aktivite sonunda giymiş oldukları test giysilerini farklı konfor tanımlayıcıları açısından 1 (hiç hissetmiyorum) ve 5 (tamamen hissediyorum) aralığındaki Likert Ölçeği yardımı ile değerlendirmeleri ile aktivite sonrası konfor durumu belirlenmektedir (Ataşağın ve ark., 2013).

Tablo 1.8 Giyim denemelerinde kullanılan ölçek örneği (Ataşağın ve ark., 2013)

Sıcaklık		Islaklık		Genel Konfor	
1	Soğuk	1	Kuru	1	Tamamen konforsuz
2	Serin	2	Hafif ıslak	2	Konforsuz
3	Nötr	3	Islak	3	Nötr
4	Ilık	4	Çok ıslak	4	Konforlu
5	Sıcak	5	Aşırı ıslak	5	Tamamen konforlu

Giyim denemeleri sırasında gönüllülerin vücutlarının belirli bölgelerinin (göğüs, sırt vb.) yüzey sıcaklıkları ve bağıl nemi sensörler yardımıyla ölçülmekte, nabız değerleri takip edilmektedir. Her bir giysinin içerdiği nem miktarı ise, giyim denemelerinin başlangıcı ve sonunda test giysilerinin tartılmasıyla belirlenmektedir (Ataşağın ve ark., 2013).

Subjektif konfor ölçümleri, birebir gerçeğe uygun testler yapılarak gerçek koşullardaki kişisel değerlendirmelerin alınmasına imkân tanınmasına rağmen yüksek maliyetli çalışmalar olması, deneysel koşulların kontrolünün zor olması, kişilere göre değişiklik göstermesi, sonuçların tekrarlanabilirliğinin göreceli olarak düşük olması gibi dezavantajlara sahiptir. Özellikle zorlu çevre koşullarının denenmesinde ölçüm konusunda ciddi problemler ortaya çıkmaktadır. Farklı çevre koşullarında kullanılacak giysilerin denenmesinde, gönüllü kişilerle bu testlerin yapılması güvenlik ve kişilerin sağlığı açısından sorun olabilmektedir. Ayrıca denemelerde birebir insan kullanıldığı için uzun süreli denemeler, değişken şartlar, çok tekrarlı ölçümler uygulanamamaktadır.

1.11 Spor Giysileri

Spor giysileri, teknik tekstillerin 12 ana uygulama alanından (sporttech) bir tanesidir (Horrocks ve Anand, 2000). Spor giysileri, genellikle vücutta yoğun ter üretimine yol açan yüksek aktivite seviyesine sahip sporlarda kullanılan giysiler olarak tanımlanmaktadır (Bartels, 2005). Birbirinden farklı bir çok spor dalı için, farklı ortam ve şartlar için farklı görünüm ve tasarımlarda spor giysileri kullanılmaktadır (Şekil 1.45).



Şekil 1.45 Spor giysileri (Global Sports Manufacturers, 2012)

Diğer giysi kategorilerine göre spor giyim alanında çok daha hızlı gelişme ve değişim gözlenmektedir. Spor alanlarına göre sürekli artan gereksinimler, performans artırma çalışmaları ve artan rekabet spor giysilerinde araştırma ve geliştirmeyi hızla artırmakta ve son derece yenilikçi bir çalışma alanı haline getirmektedir. Bu genel bakışla spor giysisi tasarımlarının eğilimi performans ve estetik gelişiminin yanı sıra vücuda ikinci bir deri gibi davranacak giysiler geliştirmek üzerine olacaktır (Shishoo, 2005).

Tasarımcılar spor giysilerini tasarlarken stil, renk, moda ve tasarım detaylarından çok fonksiyonelliğini dikkate almak zorundadır. Kullanılacağı alana göre bir kısım spor giysilerinde öncelik rüzgâr geçirmezlik olurken, bir kısmında ise su geçirmezlik gibi farklı fonksiyonel özellikler öncelik olmaktadır. Tablo 1.9’da farklı alanlar için spor giysilerinde aranan fonksiyonlar gösterilmiştir. Tüm bu farklı fonksiyonel beklentilere rağmen, tüm spor giysisi tasarımları için birinci öncelik soğuk iklim koşullarında ısı yalıtımı sağlayıp sıcak tutma, sıcak iklim koşullarında yada yorucu vücut aktivitelerinde oluşan ısı ve teri kolay ve hızlı bir şekilde uzaklaştırma olmalıdır. Bunun için farklı hammaddelerin kullanılması, kumaş yapısal özelliklerinin geliştirilmesi, farklı tasarımların geliştirilmesi, özel bitim işlemleri uygulanması gibi birçok farklı çalışma yapılmaktadır.

Tablo 1.9 Kullanım alanlarına göre aktif spor giysilerinin fonksiyonel özellikleri (Ishtiaque, 2001)

Kullanım Alanı	Aranan Fonksiyonlar
Tenis, voleybol, golf, futbol, basketbol, rugby, beyzbol, atletizm giysileri	Ter emme, çabuk kuruma, serin tutma, etkin ısı-nem transferi
Kayak giysileri, rüzgârlıklar, yağmurluklar	Su buharı geçirgenliği, su geçirmezlik
Kayak giysileri, rüzgârlıklar, koşu giysileri	Güneş ışığını emme, ısı tutma
Yüzme, sörf giysileri, paten, yamaç kayağı, bisiklet giysileri	Düşük akışkan direnci (Hava ve su için)
Yüzücü mayoları, dansçı streç giysileri, paten giysileri	Yüksek uzama özellikleri, opaklık, ışık geçirmezlik
Kayak ve snowboard giysileri, futbol formaları, beyzbol giysileri	Yüksek mukavemet, aşınma direnci

İnsan vücudu, çeşitli koşullar altında varlığını sürdürmek için 37°C çalışma sıcaklığına sahiptir. Fiziksel aktiviteler süresince vücut sıcaklığı yükselmekte ve fiziksel aktivitenin yoğunluğuna göre 100 W ile 1000 W arasında ısı üretmektedir. Bu fiziksel aktiviteler sırasında vücut sıcaklığını 37°C’de tutabilmek için vücutta oluşan fazla ısının çevreye transferi oldukça önemli olmaktadır. Isının çevreye transferi kuru akışla (iletim, taşınım ve ışınila) ve terlemeyle üretilen gizli akışla gerçekleşmektedir. Fiziksel aktivite sırasında vücudun çalışma sıcaklığının korunup, etkin transferin gerçekleşmesi için, oluşan sıvı ve buhar halindeki ter hızlıca deriden

giysinin dış yüzeyine geçme imkânı bulmalıdır (Kothari ve Sanyal, 2003). Yüksek fiziksel aktivitelerin gerçekleştiği spor faaliyetlerinde kullanılan spor giysilerinin en önemli fonksiyonu terlemeyle karmaşık hale gelen ısı ve nem transferini mümkün olduğunca etkin ve hızlı gerçekleşmesi olmaktadır.

Kothari ve Sanyal (2003)'e göre spor giysilerinin fonksiyonel özelliklerine ihtiyaç duyan kişiler giysiden beklentilerine göre temelde üç farklı gruba ayrılmaktadır:

- Yaptıkları spor dallarında rekor kırma performansı göstermek isteyen üst düzey profesyonel sporcular için spor giysisinde estetik bir görünümle performans geliştirici fonksiyonlar gerekmektedir.
- Profesyonel sporcu olma potansiyeline sahip, belirli bir spor kulübünde mücadele eden amatör sporcular için asgari fonksiyonel etkinliğe ve makul bir fiyata sahip spor giysisi gerekmektedir.
- Sağlık, hobi, sosyalleşme gibi sebeplerle spor faaliyeti yapan kişiler için minimum (makul ölçüleri aşmayan) fiziksel fonksiyonlar içeren, ancak bu kişiler konfor konusunda daha bilinçli ve hassas oldukları için yüksek konfora sahip spor giysileri gerekmektedir.

Kothari ve Sanyal (2003) aktif spor giysileri için gereksinimleri genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırmaktadır:

- *Fonksiyonel*: Üst düzey yarışmalardaki aktif spor giysileri için süper hafiflik, düşük akışkan direnci, yüksek mukavemet ve uzama özellikleri. Bu giysiler için aranan kritik konfor ve sağlık özellikleri ise termal dengede tutma, UV direnci, soğuma yeteneği, ter emme ve hızlı kuruma, buhar geçirgenliği, su geçirmezlik ve böylece yorgunluk oluşmadan vücudun dinlenmesinin sağlanmasıdır.
- *Estetik*: Estetik bakış açısıyla anahtar özellik yumuşak tutumdur. Aranan diğer özellikler yüzey dokusu, tutum, parlaklık, renk çeşitliliği ve şeffaflıktır.

Ishtiaque (2001) ise aktif spor giysilerinde en çok aranan fonksiyonel özellikleri aşağıdaki gibi özetlemiştir:

- Transfer: Yüksek sıcaklıkta yoğun aktiviteler için etkin ısı ve nem transferi
- Koruma: Rüzgâr ve olumsuz hava koşullarına karşı koruma
- Geçirgenlik: Deride oluşan su buharının giysi sisteminin tüm katlarından geçmesinin sağlanması ve vücudun giysi içerisinde nefes alabilir olması
- Uzama: Spor için önemli olan hareket özgürlüğünün sağlanması

Yoğun fiziksel aktiviteler boyunca tekstil malzemelerinin nem yönetimi ve tutum özellikleri konfor performansı açısından temel faktör olmaktadır. Spor giysilerindeki konfor algısı, kumaşın nem ve ısı transfer özelliklerinin etkileşimi sonucu oluşan termal hislerden ve kumaşın ıslak yada kuru olma durumundan etkilenmektedir. Daha iyi bir giysi konforu için, spor giysisinin derideki teri etkin bir şekilde emme ve dış çevreye buharlaştırma özelliğine sahip olması gerekmektedir (Kothari ve Sanyal, 2003).

Spor giysilerinden beklenen birçok farklı fonksiyonel özelliğin tek bir kumaş yapısı ile sağlanması oldukça zordur. Bu nedenle farklı kumaş yapı ve hammaddelerinin bir arada kullanıldığı giysiler, farklı katmanlardan oluşan giysi sistemleri gibi uygulamalar yapılması gereksinimleri karşılamada daha etkin çözüm olmaktadır. Vücudun farklı bölgelerinin konfor gereksinimlerini karşılayabilecek farklı kumaş tiplerinin birleştirilmesi ile elde edilebilecek fonksiyonel giysi sistemi kullanım alanına göre spor faaliyetlerinde sporcunun konfor durumunu sağlamada yardımcı olacaktır. Bunun için vücut yapısına uygun olarak doğru hammaddenin seçimi, optimum kumaş yapısının belirlenmesi ana parametrelerdir. Katlı giysi sistemlerinde ise her bir katın kendine özgü fonksiyonlarının olmasıyla gereksinimlerin karşılanmasına çalışılmaktadır. Deri ile doğrudan temas halinde olan ve “termoaktif katman” olarak da adlandırılan iç katman termofizyolojik konforun sağlanmasında belirleyici rol üstlenmektedir. Orta katmanlar ise daha çok dış katman ile iç katmanın ısı ve nem transferini dengelemekte ve giysi yapısında sıvı nem kalmamasını sağlamakta kullanılmaktadır. Dış katman ise bir yandan rüzgâr, yağmur gibi hava koşullarına karşı koruma görevi üstlenirken, bir yandan da iç katmanlardan gelen buharı yüzey alanını genişleterek uzaklaştırmakla görevlidir (Keiser, Becker ve Rossi, 2008).

1.12 Önceki Çalışmalar

Son yıllarda tüketicilerin tekstil ürünlerinden beklentilerinin artması ve giysi tercihlerinde konforun ön sıralarda yer almaya başlaması araştırmacıların ve tekstil ve hazır giyim üreticilerinin ilgisinin daha konforlu giysi sistemlerinin üretilmesi konusuna yoğunlaşmasına neden olmuştur. Birçok araştırmacı yaptığı teorik ve uygulamalı araştırmalarla, subjektif ve objektif konfor ölçüm ve değerlendirme yöntemleriyle, lif ve iplik özellikleri, üretim teknolojisi, kumaş yapısı gibi parametrelerin termal konfora etkilerini incelemiş, giysi konforunun ölçülmesine yönelik cihaz ve sistemler tasarlamıştır. Tekstil malzemelerinde uygun konfor parametrelerinin optimum değerlerini tespit etmek ve gerçeğe uygun ölçümleri gerçekleştirmek amacıyla yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar bu bölümde özetlenmiştir.

Morris (1953) kumaşların termal özellikleri ve termal konfor üzerine yaptığı çalışmada üç durum üzerinde durmuştur:

- I. Tekstil malzemelerinin termal yalıtımı: kumaşın, insan vücudunun termal denge durumundaki normal sıcaklığını koruma etkinliği
- II. Kumaşların sıcak-soğuk hissi: kişinin kumaşa dokunduğunda hissettiği özellik
- III. Kumaşın ani üşümeye karşı koruma (chillproofness) özelliği: kumaşın, atmosferik sıcaklık ve nemdeki ani değişikliklerin insan vücuduna etkisini azaltabilme yeteneği

Morris (1953)' in çalışmasından şu sonuçlar elde edilmiştir:

- i. Tekstil malzemelerinin termal iletkenliği yoğunluklarına (g/cm^3) paralel olarak artmaktadır.
- ii. Kumaşların termal yalıtım yeteneği, birinci olarak kumaş ve ipliğin içerdiği durgun hava miktarına bağlıdır.
- iii. Kumaş kalınlığı, tekstil malzemelerinin termal yalıtımında en önemli faktörüdür.

- iv. Eşit kalınlıktaki iki kumaştan, düşük yoğunluğa sahip kumaş daha büyük termal yalıtım göstermektedir. Ancak kritik yoğunluğun ($0,06 \text{ g/cm}^3$ civarında) altında konveksiyon etkisi oluşmakta ve termal yalıtım düşmektedir.
- v. Tekstil malzemelerinin termal iletkenlikleri nem içeriklerine (moisture content) paralel olarak artmaktadır.
- vi. Deri ile kumaş arasındaki hava boşluğu arttıkça termal yalıtım artmaktadır. Maksimum hava boşluğu 0,3-0,4 inç arasında olmalıdır, maksimum değerin üzerine çıktıkça konveksiyonel etkiler arttığından termal yalıtım düşmektedir.
- vii. Rüzgâr hızının artması, kumaşın durgun hava ortamındaki haline göre termal direncini azaltmaktadır. Sık dokuma kumaşlarda bu etki en düşük seviyededir.
- viii. Katlı yapılarda iç katmanın etrafı ince, düzgün, sıkı dokuma dış kumaşla kaplanması durumunda termal yalıtım oldukça artmaktadır.
- ix. Kumaş ile deri arasındaki temas bölgesi kumaşın sıcak/soğuk hissi özelliğini belirlemektedir.
- x. İlk temas halinde alınan his kumaşın lif tipine göre büyük değişiklikler göstermektedir.
- xi. ‘Chillproofness’ özelliği, kumaştaki lif tipine bağlı olarak değişmektedir. ‘Chillproofness’ özelliği giyim sırasında sürekli bir etkiye sahip değildir. Örneğin, yoğun aktivite koşulları altında deri ile temasta ısınmadan dolayı kaybolmaktadır (Ukponmwan, 1993).

Morris (1955) yaptığı çalışmada tekstil kumaşlarının konfor özelliklerini kalınlık ve kumaşın birim alanındaki hava hacmi ile ilişkilendirmiştir. Kumaşın konfor özelliğini daha çok kış giyimi yönünden incelemiş ve dolayısıyla konuyu ağırlıklı olarak termal yalıtım yönünden ele almıştır. Çeşitli kumaşların kalınlık ve birim alandaki hava hacmini değiştirerek termal yalıtım değerlerinin ölçümünü yapmıştır. Sonuçta, hava hacmi ve kalınlık değerlerindeki artışın termal dirençte artışa neden olduğu, çok katlı yapılarda tek katlı yapılara göre bu artışın daha fazla olduğunu belirtmiştir (Ukponmwan, 1993).

Hoge ve Fonseca (1964) %50 pamuk, %50 yün kumaşın termal iletkenliği üzerine yaptıkları çalışmada aşağıdaki sonuçları elde etmiştir:

- a) Termal iletkenlik, kumaşı çevreleyen havanın basıncına bağlı olmaktadır.
- b) Su buharı, havadan daha zayıf termal iletkenidir.
- c) Gevşek durumdaki lifsel materyalin üzerine baskı geldiğinde termal iletkenlik düşmekte, geçiş minimuma inmekte, baskı ortadan kalktığında yeniden artmaktadır.
- d) Kumaş yoğunluğun artmasıyla termal iletkenlik artmaktadır.

Sudnik (1973) kumaş konstrüksiyonunun termal yalıtıma olan etkisini araştırmıştır. Sudnik (1973)'e göre halılarda, daha az ilmekle daha fazla termal yalıtım elde edilebilmektedir. Bunun en önemli nedeni daha az lif arasında daha fazla hava hapsedilecek olmasıdır. Bu bakımdan İlmek/inç sıklığının azaltılmasının termal yalıtımı artıracağı ifade edilmiştir. Ancak ilmek/inç sıklığının belirli bir seviyeden daha fazla azaltılmasının termal yalıtıma olumsuz etki edeceği, çünkü böyle bir durumda halıya efekt veren ilmeklerin yok olacağı ve daha kolay yassılaşma eğilimi göstererek termal yalıtımı düşüreceği belirtilmiştir (Ukponmwan, 1993).

Clulow (1978), termal direnci “tog” birimiyle ifade etmiştir. Termal direnç değerleri üzerine yapılan bu çalışmada kullanılacak ortam koşullarına göre en uygun kumaşları belirlemek için, mevcut tekstil ürünlerinin termal direnç değerleri incelenmiştir. Çalışmada elde edilen farklı tekstil malzemelerine ait termal direnç sonuçları Tablo 1.10’da gösterilmiştir.

Tablo 1.10 Farklı tekstil malzemeleri için tog değerleri (Ukponmwan, 1993)

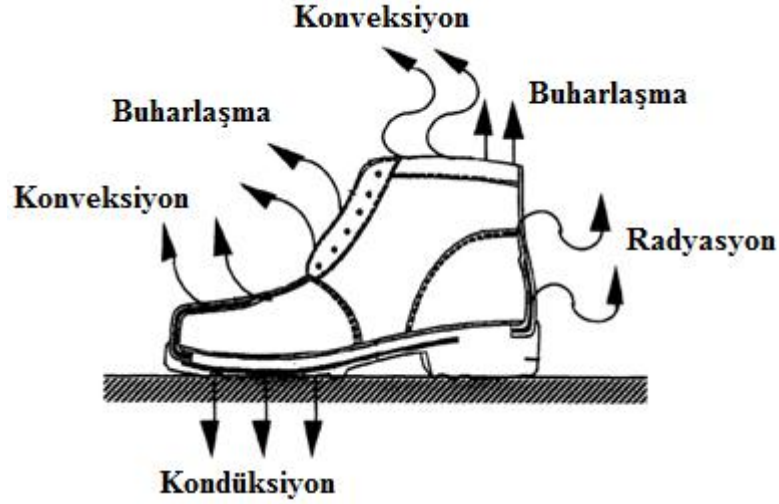
Ürün Tipi	Termal Direnç Değeri (tog)
Gömlenklik kumaşlar	0,1
Takım elbiselik kumaşlar	1
Kazak, süveter kumaşları	1
Halı ve kilimler	2
Perdeler	0,2
Yatak çarşafı	0,2
Battaniyeler	1
Yorganlar (tüy, pamuk vb. dolu)	10

Yoon ve Buckley (1984), poliester, pamuk, poliester/pamuk karışımı kumaşların termal iletim özelliklerini inceleyerek giysi konforunu belirlemişlerdir. İncelemeler sonucunda kumaş konstrüksiyonunun ve lif tipinin termal konforu doğrudan etkilediği ortaya konulmuştur. Termal direnç, su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği parametrelerinin kumaşın kalınlık ve gözeneklilik gibi geometrik özelliklerine bağlı olduğu belirtilmiştir. Buna karşılık sıvı iletiminin ise büyük oranda kumaşın içerdiği lif tipinden etkilendiği ifade edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, karışımdaki pamuk oranının artmasının sıvı emiciliğini geliştirdiği, sıvı iletimi açısından pamuk/poliester karışımının üstün olduğu ve poliester lifinin karışımlarda bulunmasının termal direnci artırdığı görülmüştür.

Kawabata, Niwa ve Sakaguchi (1985), iç çamaşırlık kumaşların kalitesinin, onların konfor özellikleri ile yakından ilgisi olduğunu belirtmiştir. İdeal bir iç çamaşırının, vücuttan çıkan sıvıyı hızla emmesi, yine hızlı bir şekilde dış katmanlara iletmesi gerektiğini, bunun için de kumaşın termal iletkenliğinin ve su buharı geçirgenliğinin yüksek ve kumaşı oluşturan liflerin hidrofil olması gerektiği araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur.

Bakkevig ve Nielsen (1994) farklı lif ve kumaş yapılarına sahip iç çamaşırlarının ıslak durumdaki termal konfor özelliklerini ölçmek için subjektif giyim denemesi yapmıştır. Bunun için pamuk, polipropilen ve yün liflerinden ve karışımlarından farklı örgü tiplerinde üretilmiş uzun kollu, uzun bacaklı iç çamaşırları 175 g saf suyla ıslatılarak sekiz erkek gönüllü tarafından 60 dakika boyunca giyilmiştir. Soğuk ortam şartlarında (10°C ve %85 bağıl nem) gerçekleştirilen test süresince deneklerin deri sıcaklığı, rektal sıcaklığı ve ağırlık kaybı ölçülmüş, testler öncesi ve sonrası iç çamaşırlarının ağırlıkları tartılmıştır. Ayrıca deney prosedürüne uygun olarak denekler tarafından termal konfor ve hislerle ilgili subjektif değerlendirmeler yapılmıştır. Test sonuçlarına göre ıslak iç çamaşırının termal denge ve termal konfor üzerinde soğutma etkisinin olduğunu, giysi sistemi içerisinde iç katların buharlaşma hızının kişinin ortalama sıcaklığını önemli derecede etkilediği görülmüştür. Bu sonuçlarla birlikte ıslak durumdaki iç çamaşırının kalınlığının termal konfor üzerindeki etkisinin lif tipine göre daha fazla olduğu belirtilmiştir.

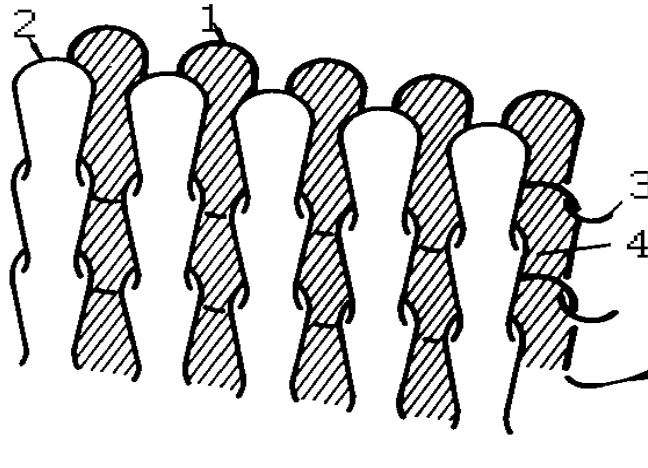
Bergquist ve Holmer (1997) çalışmalarında soğuk koşullarda kullanılacak ayakkabının yalıtım özelliklerini ölçmüşler ve konforlu ayakkabı yapısının nasıl olması gerektiğini incelemişlerdir. Şekil 1.46'da gösterildiği gibi kullanım sırasında ayakkabının birçok yerinden ısı kaybı olmaktadır.



Şekil 1.46 Ayakkabıdan ısı kayıpları (Bergquist ve Holmer, 1997)

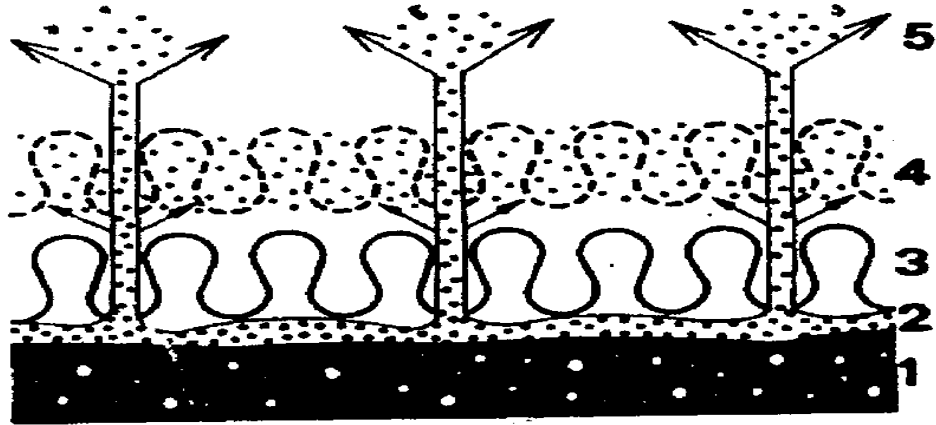
Ayakkabının ayağı sıcak tutmanın yanında konfor sağlaması için ayağı sarması, hava geçirgenliğinin iyi olması ve hafif olması gerektiği belirtilmiştir. Dolayısıyla önerilecek ayakkabı modelinin termal direnci, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği yüksek olması gerektiği ifade edilmiştir. Bu parametreler içerisinde de ayak konforu açısından en çok öne çıkanın su buharı geçirgenliği olduğu vurgulanmıştır.

Geraldes (2000), derinin ıslandığı ve sıvı nemin bulunduğu durumlarda termofizyolojik konforu sağlayabilmek için fonksiyonel örgüler geliştirmiştir. Geliştirilen çift katlı örgü yapısıyla oluşan nemin hidrofob katman ile (polipropilen lifinin kullanıldığı katman) hızlıca iletiminin sağlanıp, hidrofil katman (pamuk lifinin kullanıldığı katman) ile emilmesi hedeflenmiştir. İletim katmanı olarak ifade edilen hidrofob katman deri ile temas eden yüzeyde, emici katman ise dış yüzeydedir. Ayrıca hidrofob katmanın içine pamuktan oluşan emme kanalları eklenmiştir. Geliştirilen fonksiyonel kumaşa örgünün yapısı Şekil 1.47'de gösterilmiştir.



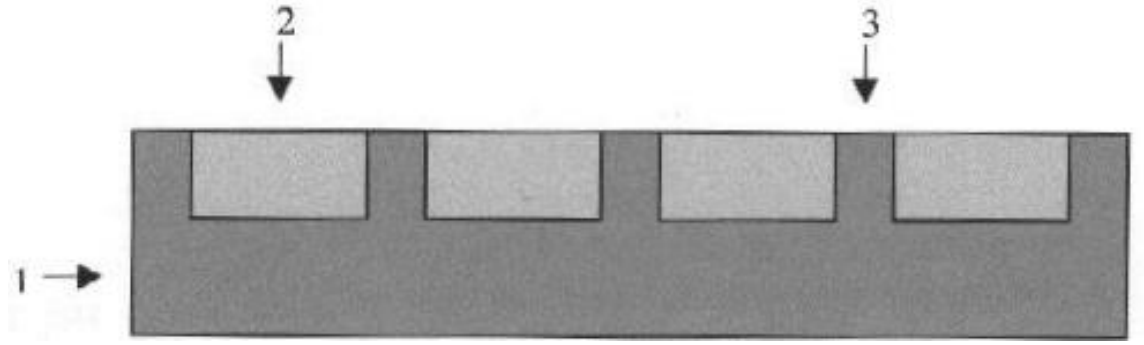
Şekil 1.47 Geliştirilen örme kumaşta ilmeklerin yerleşimi: 1-Hidrofob katman, 2-Hidrofil katman, 3-Polipropilen ipliği, 4-Pamuk ipliği (Geraldles, Hes, Araujo, Belino ve Nunes, 2008)

Geliştirilen fonksiyonel örme kumaş yapısında deri ile temas halindeki hidrofob tabakanın terleme anında sıvı teri emmeden diğer katmana iletmesi, boşluklu örgü yapısında buhar halindeki terin gözeneklerden uzaklaşması beklenmektedir. Kumaşın terleme anındaki davranışı Şekil 1.48’de gösterilmiştir.

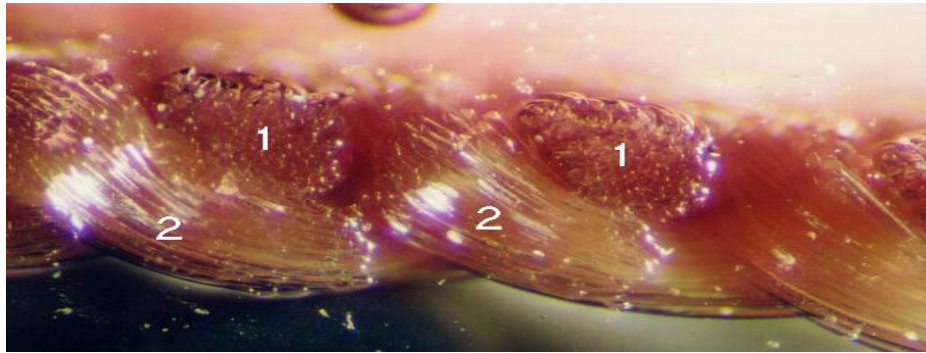


Şekil 1.48 Fonksiyonel örgünün sıvı iletim davranışı: 1-Deri, 2-Sıvı ter, 3-Hidrofob katman, 4-Hidrofil katmanı, 5-Dış çevre (Geraldles, 2000)

Bu örgü yapısının şematik gösterimi Şekil 1.49’da, mikroskop altındaki kesit görünümü ise Şekil 1.50’de gösterilmiştir. Şekillerde “1” ile gösterilen ayırıcı tabakalar, “2” ile gösterilen absorbsiyon tabakaları, “3” ile gösterilen ise emici kanallardır.



Şekil 1.49 Fonksiyonel örme kumaşın şematik gösterimi (Anandjiwala, Hunter, Kozlowski ve Zaikov, 2007)



Şekil 1.50 Örgü yapısının mikroskop altında kesit görünüşü (Gerald, 2000)

Zhuang, Harlock ve Brook (2002) giysi sistemindeki farklı kumaş katları arasında gerçekleşen sıvı transferlerini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar şöyledir:

- Birden fazla kumaş ile oluşturulan giysi sistemleri, tek bir kumaşın transfer ettiği miktardan daha çok sıvı transfer etmektedir.
- Sıvı transferi oranına dış basınç etkilidir. Maksimum sıvı transferi için optimum bir dış basınç değeri belirlenmiştir. Bu optimum dış basınç değeri 10 kg/m^2 ile 18 kg/m^2 arasındadır. Dış basınç arttıkça kumaş katları arası temas noktaları artmakta ve dolayısıyla daha çok transfer şansı doğmaktadır. Buna karşın, dış basınç yükseldikçe transfer edilen suyun birikeceği kuru kumaştaki boş alanların sayısı azalmakta, böylece nem transfer oranı bir noktaya kadar artıp, daha yüksek dış basınç değerlerinde düşmektedir.
- Giysi sisteminin sıvının temas ettiği ilk kumaş katının sıvı transfer davranışı belirleyici rol oynamaktadır. İlk kumaşın kılcal emme yeteneği arttıkça, transfer edilen su miktarı da artmaktadır.

- Eğer kapiler basınç nemi hareket ettirecek seviyede ise, kumaş kalınlığı su için nüfuz edilecek daha çok alan sağladığından, transfer edilen su miktarı kalınlık arttıkça artmaktadır.

Uçar ve Yılmaz (2004) çalışmalarında çeşitli rib örgülerde ve sıklıklardaki örme kumaşların termal özelliklerini incelemişlerdir. Rib örgü düzeni ve kumaş yoğunluğu, hava geçirgenliği gibi diğer kumaş özelliklerinin termal davranışa etkisi araştırılmıştır. Bunun için düz örme makinesinde Ne 8 (örme makinesine üçlü besleme olduğu için Ne 2,77), 374 tur/m Z büküme sahip akrilik iplikleri ile 1x1, 2x2, 3x3 rib örgü kumaşlar örülmüştür. Kumaş yoğunluğu ve hava geçirgenliğinin etkisinin görülebilmesi için değişik sıklıklarda (gevşek-orta-sıkı) kumaşlar örülmüştür. Çalışmada, rib sayısının sırasıyla 3x3, 2x2, 1x1 olarak azalmasıyla ilmekler arasında hapsolan hava miktarının artmasına bağlı olarak ısı kaybının azaldığı belirtilmiştir. Kumaş yapısının sıkılaştıkça hava geçirgenliğinin azaldığı görülmüştür. Soğuk iklim koşullarında 1x1 rib sıkı yapıdaki örme kumaşların kullanılmasının daha iyi yalıtım sağlayacağı belirtilmiştir. Araştırmacılar, çalışma sonuçlarının hava dolaşımı ile gerçekleşen konveksiyon ısı kaybının liflerden ve kumaş tarafından tutulan hava miktarından etkilenen kondaktif ısı kaybından daha önemli olduğunu gösterdiğini belirtmektedir.

Wong ve Li (2004) dar-sıkı aerobik giysileri içerisinde insanın fizyolojik ve psikolojik termal ve nem durumu arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bunun için altı erkek, altı kadın gönüllü denek ile giyim denemeleri yapılmıştır. Denekler, giyim denemelerinden önce 30 dakika dinlendirilmiştir. Böylece vücutlarının kuru ve serin olması sağlanmıştır. Bu sırada deney prosedürü ve anketler deneklere anlatılmıştır. Daha sonra rassal olarak seçilen aerobik giysisi deneklere giydirilmiş ve ayakta dururken, deneklerin vücudunun 6 ayrı bölgesine (göğüs, karın, iç uyluk, dış uyluk, üst sırt ve alt sırt) deri yüzeyinin sıcaklığını ve bağıl nemini ölçmek üzere sensörler yerleştirilmiştir. Bundan sonra denekler koşu bandında 20 dakika koşturulmuştur. Bu periyot boyunca her 5 dakikada bir vücudunun çeşitli bölgelerinin ve genel vücut konfor hissinin subjektif algısı deneklerce değerlendirilmiştir. Sonuçlar, fizyolojik ve psikolojik konforun anlamlı olarak zamandan, giysiden, vücudun çeşitli

bölgelerinden ve bunların birlikte etkileşiminden etkilendiğini göstermiştir. Değerlendirmelere göre, vücut nemi ve vücudun bölgelerindeki nem hissinin yüksek ve anlamlı korelasyona sahip olduğu belirtilmiştir. Genel konfor algısını en iyi şekilde, iç uyluktaki bağıl nem ile dış uyluktaki sıcaklık hissinin ve üst sırt bölgesinin belirleyeceği belirtilmiştir.

Endrusick, J. A. Gonzalez ve R. R. Gonzalez (2004) Amerikan ordusunun kimyasal ve biyolojik koruyucu kıyafetlerindeki konfor özelliklerinin yıllar içerisindeki gelişimini incelemiştir. Geline son noktada bu kıyafetlerde iletken, çok ince, seçici geçirgen membranların kullanılmasıyla, çok daha hafif, yüksek nefes alabilir koruyucu yapılar geliştirildiği ve artık kimyasal ve biyolojik koruyucu giysilerin daha geniş çeşitlilikteki öldürücü gaz, buhar ve asitlere karşı koruma sağlarken daha yüksek bir termal konfor potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir.

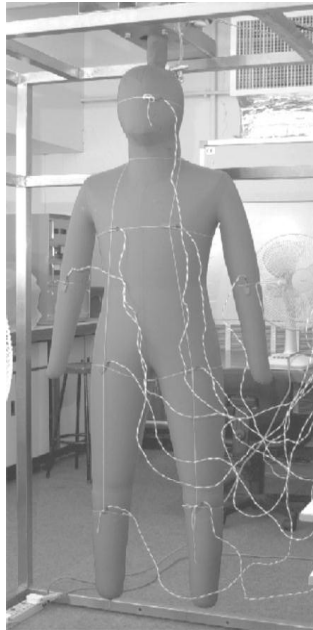
Chen, Fan, Qian ve Zhang (2004), giysinin vücut ölçüleri ile uyumunun termal direnç ve su buharı direnci üzerine etkilerini araştırmıştır. Bunun için üç farklı kumaştan (poplin dokuma, denim dokuma ve örme kumaşlar), beş farklı ölçüde (S, M, L, XL ve XXL) üretilen 15 ceketin terleyen manken sistemi ile az rüzgârlı (hava hızı= $0,5 \pm 0,3$ m/s) ve rüzgârlı (hava hızı= $2,0 \pm 0,5$ m/s) koşullarda termal direnç ve su buharı direnci değerleri ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre giysi ile vücut arasındaki hava boşluğunun artmasının belirli bir noktaya kadar termal ve su buharı direncini artırdığı, belirli bir noktadan sonra ise artış oranının azaldığı tespit edilmiştir. Düşük rüzgârlı koşullarda termal direncin 1 cm boşlukta maksimum değere ulaştığı, rüzgârlı koşullarda ise 0,6 cm boşlukta maksimum değeri aldığı ve hava boşluğunun daha fazla artmasıyla kademeli olarak düştüğü görülmüştür. Başlarda giysinin yalıtımını artıran hava boşluğunun daha fazla artmasının doğal konveksiyon için daha fazla alan yaratılmasına neden olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca sıkı ölçülere sahip giysilerin rüzgârlı havalarda kullanıcıyı daha sıcak tutacağı sonucuna varılmıştır.

S. Güneşoğlu, Meriç ve C. Güneşoğlu (2005) yaptıkları çalışmada çeşitli zemin ve ilmek ipliği kombinasyonlarıyla dört farklı futter örme kumaş seçilmiştir. Kumaşlar Alambeta ve Permetest cihazlarında test edilmiş, kumaşların sıcak-soğuk hissi incelenmiş ve bu kumaşların dış ortam (out-door) için kullanımı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçları şu şekilde özetlemişlerdir:

- Zemin ve ilmeği %100 pamuk kumaş maksimum termal emicilik değeri vermiştir. Bu nedenle dokunulduğunda soğuk his vermektedir.
- Polietilenteraftalat lifinin varlığı termal emicilik yeteneğini artırmaktadır.
- Lif tipi sıcak-soğuk hissini birinci dereceden etkileyen faktördür.
- Kumaşın terli vücut ile temasında teri emip hızlı bir şekilde buharlaştırması kullanıcıya rahatlık ve konfor hissi verecektir.

Fan, Chen ve Zhang (2005) termal konforu belirlemede önemli parametreler olan termal direnç ve su buharı geçirgenliğine, terlemenin etkisini incelemiştir. İnsan vücudu ile giysi arasındaki ilişkide, özellikle yüksek aktivite düzeyindeki kullanımlarda termal konforu belirlerken terlemenin mutlaka dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. Termal konfora terleme olayının etkisini araştırmak üzere Şekil 1.51’de görülen terleyen termal manken sistemi geliştirilmiştir.



Şekil 1.51 Fan ve arkadaşlarının çalışmasında kullanılan termal manken sistemi (Fan ve ark., 2005)

Mankenin boyutları tipik Çinli erkeği simüle etmektedir. 1,65 m boyundadır ve yüzey alanı 1,66 m²'dir. Mankenin çevresi insan derisini temsil eden nefes alabilir (su geçirmez ancak su buharı geçirebilir) yapıda mikro gözenekli bir kumaş ile kaplanmıştır. İnsan vücudu yumuşaklığında olması için içi su ile doldurulmuştur. Manken sürekli olarak kontrol edilerek deri sıcaklığı 37°C'de tutulmaktadır. Tüm vücuda eş sıcaklıkla yayması için manken içerisinde suyu dolaştıran pompa ve boru sistemi bulunmaktadır.

Düşük ve yüksek olmak üzere iki farklı terleme seviyesinde termal direnç ve su buharı geçirgenliği değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, yüksek terleme sırasında termal direncin %2'den %8'e kadar düştüğü ve büyük miktarda nem absorpsiyonuyla kumaş ile vücut arasında sıvı nem birikmesinin arttığı belirtilmiştir. Ayrıca, yüksek aktivitelerden sonra kullanıcılardaki 'üşüme (afterchill)' etkisinin, su buharı ve desorpsiyondan kaynaklanan ısı transferine neden olduğu ve giysi termal yalıtımını düşürdüğü belirtilmiştir.

Chung ve Lee (2005), itfaiyeci giysilerinin konfor özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında üç farklı koruyucu giysi tasarımı oluşturmuştur. Bu tasarımlar Tablo 1.11'de gösterilmiştir.

Tablo 1.11 Chung ve Lee'nin çalışmasında kullanılan tasarımlar (Chung ve Lee, 2005)

Tasarımlar	Giysi Katları	Materyal
i	Alev Almaz Dış Kaplama	Nomex IIIA
	Nem Bariyeri	PU Membran
	Termal Bariyer	Nomex IIIA
ii	Alev Almaz Dış Kaplama	Nomex IIIA
	Nem Bariyeri	Aramid dokusuz yüzey üzerine PTFE membran
	Termal Bariyer	Nomex IIIA
iii	Alev Almaz Dış Kaplama	Nomex IIIA
	Nem Bariyeri	Spacer-Aramid dokusuz yüzey üzerine PTFE membran
	Termal Bariyer	Nomex IIIA

Deneylerin sonuçlarına göre ortalama deri sıcaklığı üçüncü koruyucu giyside birinci ve ikinci giysilerden daha yüksek çıkmıştır. Giysilerdeki soğutmanın subjektif

hissi birinci, ikinci ve üçüncü giysilerde sırasıyla 8 dakika 12 saniye, 8 dakika 5 saniye, 14 dakika 32 saniye sonra oluşmaktadır. Terlemeyle ağırlık kaybı ikinci giyside en az, üçüncü giyside en fazladır. Subjektif konfor hissi üçüncü giyside en kötü çıkmıştır, üçüncü koruyucu giysinin içerisinde sıkışmış nem ve ısıнын konforsuzluğa neden olduğu belirtilmiştir. Üç tip koruyucu giysi sistemi ile yapılan giyim denemeleri sonuçları karşılaştırıldığında nem yayılımı değeri en yüksek olanın ikinci giysi, en düşük olanın üçüncü giysi olduğu görülmüştür. Isı yayılımı ise en yüksek birinci giyside, en düşük üçüncü giyside çıkmıştır. Üçüncü giysinin, vücut ile giysi sistemi arasında ısı ve teri çok uzun süre tuttuğu için konforsuzluğa neden olduğu vurgulanmıştır

Hes (2007) ıslak kumaşların konfor özelliklerini incelemek amacıyla, ıslak haldeki pamuklu ve pamuk/poliester dokuma kumaşların termal direnç ve su buharı geçirgenliği değerlerini ölçmüştür. Termal konfora kumaş yapısının ve lif tipinin etkisinin incelendiği çalışmada, ölçümler kendi ticari cihazları olan Alambeta ve Permetest cihazlarında yapmıştır. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Test sonuçlarında, kumaşların, nem miktarı arttıkça termal dirençlerinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Bu durumun gözeneklerdeki havanın daha yüksek termal iletkenlikteki su ile yer değiştirmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir.
- %5`den %60`a kadar artan kumaş nemiyle birlikte, su buharlaşması nedeniyle toplam ısı akışı artarken, hava geçirgenliği lineer olarak azalmıştır.
- Islak kumaşların buharlaşan terin transferini azalttığı, fakat ıslak yüzeyden buharlaşmayla oluşan soğuma etkisini dengelediği sonucuna varılmıştır.

Oğlakçıoğlu ve Marmaralı (2007), pamuk ve poliester liflerinden üretilen süprem, 1x1 rib ve interlok örgü yapısındaki kumaşların termal özelliklerini araştırmışlardır. Bunun için %100 pamuk ipliği ve %100 kesikli poliester ipliği kullanılarak süprem, 1x1 rib ve interlok örgüde kumaşlar üretilmiştir. Termal konfor özelliklerini belirlemek için Alambeta ve Permetest cihazları kullanılmıştır. Pamuk ve poliester ipliklerinden üretilen kumaşların her ikisinden de benzer eğilimde sonuçlar elde

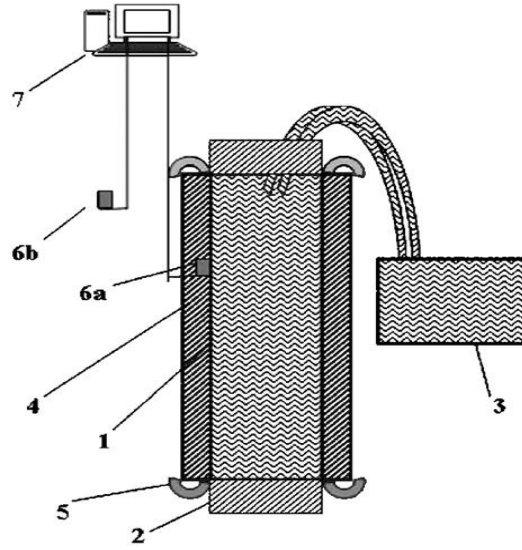
edilmiştir. Sonuçlarda “double jersey” yapıların (1x1 rib ve interlok) yüksek termal direnç değerlerine bağlı olarak soğuk iklim kıyafetlerinde soğuktan korunmak için tercih edilebilecekleri belirtilmiştir. Ayrıca aktif sporlarda veya sıcak iklim kıyafetlerinde daha iyi nem özellikleri sebebiyle süprem yapıların kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Üte, Oğlakçıoğlu, Çelik, Marmaralı ve Kadoğlu (2008) pamuk ve angora liflerinin farklı oranlarda karışımlarına sahip çift yüzlü örme kumaşların termal konfor özelliklerini ölçmüştür. Angora lifinin tene doğrudan teması rahatsızlık yaratabileceği için, kumaşların tene değecek yüzünün %100 pamuk olması tasarlanmıştır. Üretilen örme kumaşların termal konfor özelliklerinin ölçümleri için “Alambeta” (termal emicilik ve termal direnç) ve “Permetest” (bağıl su buharı geçirgenliği) cihazları kullanılmıştır. Yapılan ölçümler, kumaşlarda angora karışımı iplik kullanılan yüzün termal emicilik değerinin daha düşük olduğunu ve dolayısıyla ilk temas anında daha sıcak bir his verdiğini ortaya koymuştur. Kumaş yapısında bulunan angora lif miktarı artışının etkisi incelendiğinde ise, angora oranının artışının kumaşın termal emicilik değerinde önemli bir düşüş yarattığı, termal direnç değerini önemli oranda artırdığı ve su buharı geçirgenliğini düşürdüğü saptanmıştır.

Stankovic, Popovic ve Poparic (2008) doğal ve rejenere selüloz liflerinin termal konfor özelliklerini kıyaslamak için keten, pamuk ve viskoz liflerinden tek başına ve karışımlarıyla üretilen örme kumaşları incelemiştir. Bu çalışmada ayrıca örme kumaşların termal özelliklerini belirlemek üzere yeni bir test metodu geliştirilmiştir. Bu metot, iki ortam arasındaki ısı akışı oranına dayanmaktadır. Bu metot ile ilgili düzenek Şekil 1.52’de gösterilmiştir.

Silindirik şekilli cam haznenin (1) etrafını plakalar (2) kaplamaktadır. Suyun hazneye akışını ve sıcaklığını kontrol eden termostatik sistem (3) bulunmaktadır. Böylelikle hazne içerisinde bulunan suyun sıcaklığı kontrol edilebilmektedir. Tekstil kumaş numunesi (4) haznenin etrafına sarılmaktadır. Kumaşı sarılı olarak hazneye çengeller (5) tutmaktadır. Sistemdeki sıcaklık değişimi sürekli olarak dijital termometre (6a) ile kaydedilmektedir. Eş zamanlı olarak çevre sıcaklığı termometre

sensör (6b) ile ölçülmektedir ve sistem sürekli olarak çevrimiçi bilgisayar (7) aracılığıyla takip edilmektedir. Sistemin sıcaklığı $t_0=90^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaştığında ölçüm başlamaktadır. Kumaşa sarılı sistemin soğuması adım adım kayıt altına alınmaktadır. Belirli süre içerisinde kumaşların soğuma oranı birbiriyle kıyaslanarak sonuçlar ortaya konulmaktadır. Test sonuçlarına göre elde edilen farklı lif tipleri ve %50/%50 karışımları için termal özellikler Tablo 1.12'de gösterilmiştir.



Şekil 1.52 Termal özellikleri ölçen düzeneğin şematik diyagramı (Stankovic ve ark., 2008)

Tablo 1.12 Kumaş numunelerinin termal özellikleri (Stankovic ve ark., 2008)

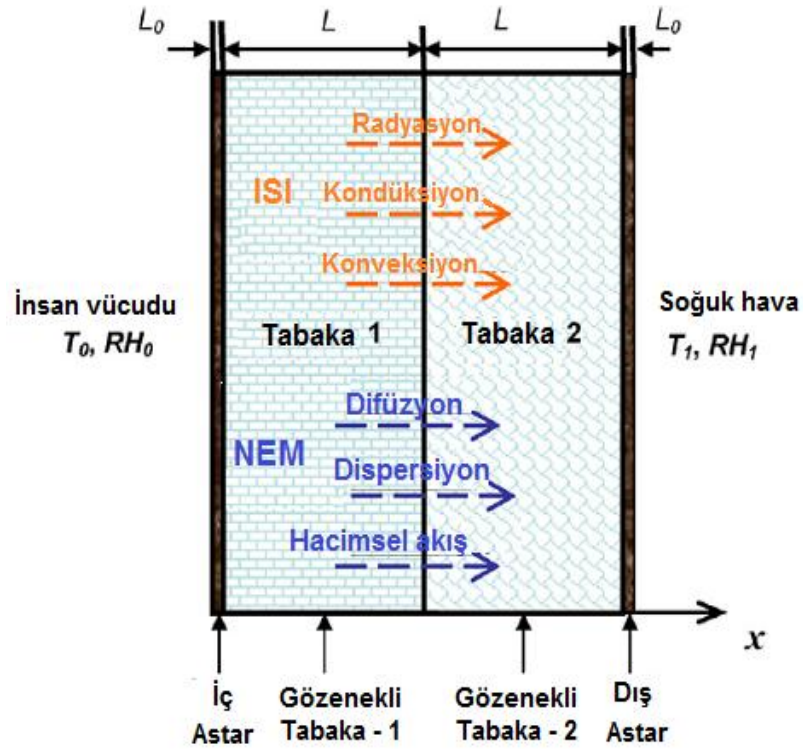
Lif Tipi	Termal Direnç ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)	Termal İletkenlik (W/mK)
% 100 Keten	$0,75 \pm 0,04$	$0,022 \pm 0,001$
% 100 Pamuk	$0,81 \pm 0,04$	$0,026 \pm 0,001$
% 100 Viskon	$0,60 \pm 0,03$	$0,031 \pm 0,002$
% 50/ %50 Keten/Pamuk	$0,56 \pm 0,03$	$0,034 \pm 0,002$
% 50/ %50 Keten/Viskon	$0,57 \pm 0,03$	$0,030 \pm 0,002$

Celcar ve ark. (2008a) erkek takım elbise giyiminde kullanılan farklı tipteki tekstil materyallerinde veya bunların kombinasyonlarında ısı ve nem iletimini araştırmıştır. Bu amaçla dört kattan oluşan (iç çamaşırı – gömlek – astar – ceket) erkek takım elbise giysi sistemini simüle eden sekiz farklı materyal kombinasyonunun iki farklı

çevre koşulunda (10°C / %65 Bağıl nem ve 25°C / %65 Bağıl nem) ve iki farklı terleme seviyesinde (100 ve 200 g/m²sa) ısı ve nem iletimi özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, kombinasyonlar arasındaki farklılıkların, kalınlıktaki değişime ve astar malzemesinin termal direncine bağlı olarak olduğu görülmüştür. Nemin kumaşta yoğunlaşmasının, düşük sıcaklıklarda daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Su buharı iletiminin de sıcaklık azaldıkça azaldığı görülmüş ve bu durum giyside yoğunlaşmanın artmasıyla açıklanmıştır. Düşük sıcaklıkta yoğunlaşmanın artmasıyla giysi sisteminde kısmi su basıncı oluşacağı ve bu durumun buharla transferi olumsuz etkileyeceği ifade edilmiştir.

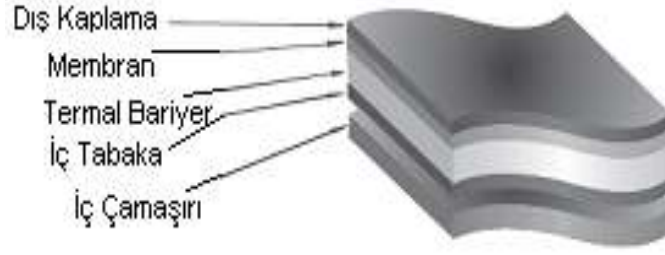
Wu ve Fan (2008), giysi sistemi içerisinde birleştirilen farklı tipteki kumaş tabakalarının değişik pozisyonlarda sıralanması ile termal yalıtım performansı ve nem tutma özelliğini araştırmıştır. Kumaş katmanları arasındaki ısı ve nem transferini inceleyerek, giysi üretiminde kumaş katmanları kullanılmasıyla optimum giysi performansını sağlamaya çalışmıştır. Bu çalışmada tasarlanan giysi sistemi ile ısı ve nem transfer mekanizması Şekil 1.53'deki gibi gösterilmiştir. Birleştirilmiş tabakalardan oluşan giysi sisteminde iç bölgede ve dış bölgede kullanılacak kumaşlar soğuk iklim koşullarında yüksek aktivite düzeyi için hazırlanmıştır. Oluşturulan giysi sistemine ait termal konfor deneyleri terleyen sıcak levha sistemiyle ölçülmüş, mikroklima ve dış çevre arasındaki sıcaklık ve bağıl nem farkı ile birlikte tabaka kalınlıkları dikkate alınmıştır.

Deneyler için iki tip birleşik giysi sistemi hazırlanmıştır: birinci sistem Goretex iç kumaş + çok katlı yün tabakaları + çok katlı poliester tabakaları + Goretex dış kumaş ve ikinci sistem Goretex iç kumaş + çok katlı poliester tabakaları + çok katlı yün tabakaları + Goretex dış kumaş'tan oluşmaktadır. Bu çalışmadaki teorik ve deneysel sonuçlar birleşik katlardan oluşan giysi sisteminde higroskopik tabakayı iç bölgede (bu çalışma için yün tabakaları), higroskopik olmayan tabakayı dış bölgede (bu çalışma için poliester tabakaları) kullanmanın kuru ısı kaybı ve yoğunlaşmayı azaltacağı için termal konfor açısından avantajlı olacağını göstermiştir. Vücuda temas eden bölgenin higroskopik olmaması içerideki emici bölgenin ise higroskopik olması önerilmiştir (Wu ve Fan, 2008).



Şekil 1.53 Birleşik giysi sistemi ve transfer mekanizması (Wu ve Fan, 2008)

Keiser ve ark. (2008) en son geliştirilen yangına karşı koruyucu itfaiyeci kıyafetlerinin nem iletim özelliklerini incelemiştir. Nemin, koruyucu itfaiyeci giysilerinde ısıdan koruma özelliğine güçlü etkisi olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada iki tip yeni geliştirilen itfaiyeci ceket kullanılmıştır. Her iki ceket de dört tabakadan (ısıya dayanıklı dış kaplama, su buharı geçirebilen membran, termal bariyer ve iç kattan) oluşmaktadır. İki kıyafet esas olarak iç kat ve termal bariyer açısından farklıdır. İtfaiyeci ceketlerinin iç katlarında iki farklı materyal kombinasyonu (aramid veya aramid/viskon karışımı) kullanılmıştır. Aramid materyali hidrofobik materyaldir ve viskonun eklenmesiyle çoğunlukla kumaşın hidrofillik ve higroskopik özellikleri artmaktadır. Her iki itfaiyeci kıyafetinde de termal bariyer olarak farklı kalınlıklarda aramid nonwoven kullanılmıştır. Her iki kıyafette de ısıya dayanıklı aramid nonwoven üzerine aynı politetrafloretillen (PTFE) membran lamine edilmiştir. Kıyafetlerin dış katları da aramid kumaşlardır. Kumaşlarda alev itici pamuk, aramid/viskon ve aramid lifleri kullanılmıştır. Çalışmada incelenen koruyucu itfaiyeci giysilerinin katlı yapısı Şekil 1.54’de gösterilmiştir.



Şekil 1.54 Katlı giysi sistemi (Keiser ve ark., 2008)

Bu çalışmada görülmüştür ki tek kumaş katının nem içeriği sadece o kata özgü materyal özelliklerine bağlı değildir, kombinasyondaki komşu katların özellikleri de önemlidir. Komşu katların nem emicilik özellikleri ve iç çamaşırının nem absorpsiyon yeteneği etkili olmaktadır. Çalışmada aramid gibi higroskopik olmayan bir iç giyim materyali kullanıldığında bir sonraki kat hidrofil ise nemi çekip transfer edeceği için iç kattaki aramidin vücudu kuru tuttuğu ortaya çıkmıştır. Ancak komşu katın hidrofilliği yeterli değil ise içteki aramidin de pamuk gibi hidrofil liften farklı bir etkisi kalmadığı görülmüştür. Kombinasyondaki ikinci kat nem dağılımının belirlenmesinde çok büyük öneme sahiptir. İki katın birbirine doğrudan temas ettiği noktalarda, birinci kat hidrofob, ikinci kat hidrofil ise ikinci kat nemi çekmekte ve birinci kat sadece iletim vazifesi görmekte, az bir nem çekmektedir. Ancak eğer ikinci kat hidrofob ise bu kez ikinci kat nem bariyeri görevi üstlenmekte ve kullanıcıyı konforsuzluğa itmektedir. Bu çalışmada koruyucu giysilerde hidrofil ve hidrofob tekstil kumaşlarının çok katlı bir yapıda doğru kombinasyonlarla kullanıldığında nem ve su buharı iletiminin hızlandırıldığı ve giysi konforunun artırılabilirdiği ortaya konulmuştur.

Fan ve Tsang (2008) spor aktivitesi boyunca, giysi termal özelliklerinin konfor hissine etkisini belirlemek için deneysel araştırma yapmıştır. Bu amaçla beş erkek spor eşofmanının konfor özellikleri, terleyen manken – “Walter” ve subjektif giyim denemeleri ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya göre, egzersiz öncesi konfor hissini, giysinin termal özellikleri ile kuvvetli bir ilişkisi olmadığı, ancak karıncalanma, pürüzlülük ve sertlik gibi tutum özellikleri ile kuvvetli bir ilişkisi olduğu görülmüştür. Egzersiz sonrası ise konfor hissini, terleyen manken ile ölçülen giysinin su buharı direnci ve nem depolama yüzdesi ile kuvvetli bir ilişkisi olduğu

görülmüştür. Giysilerin konfor değerlendirmelerinde, subjektif değerlendirmelerin pahalı, zaman alıcı ve tekrarlanabilirliğinin zor olduğu belirtilmiştir. Bunun yerine kullanılabilecek terleyen manken cihazının spor giysilerinin konfor özelliklerini güvenilir ve doğru değerlendirilebildiği belirtilmiştir.

Verdu, Rego, Nieto ve Blanes (2009), yaptıkları iki aşamalı çalışmada DOW XLA™ lifinin poliester/pamuk dokuma kumaşlarda kullanılmasının profesyonel giyimde son kullanımda konfora etkisini incelemiştir. DOW XLA™ lifi, Dow kimyasal firması tarafından geliştirilen, etilen ve yüksek α -olefinin kopolimeri olan, elastik özelliklere sahip bir poliolefin elastomerdir. Sonuçlar, DOW XLA™ lifinin kullanılmasıyla kumaşın elastikiyet özelliklerinin gelişmesinin yanı sıra, konfor ve tutum özelliklerinin de iyi yönde geliştiğini göstermiştir. Ayrıca bu kumaşların termal ve duyuşsal konfor özelliklerini yıkamalara karşı da koruduğı görülmüştür.

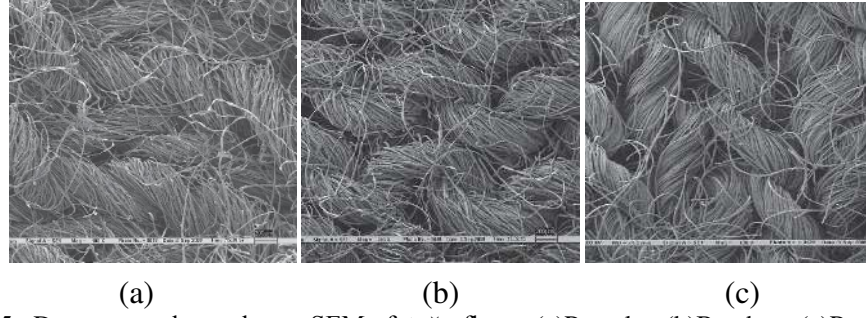
Cimilli, Nergis, Candan ve Özdemir (2009) çalışmasında modal, mikromodal, bambu, soya lifi ve kitosan gibi yeni liflerden üretilen çorapların konfor özellikleri incelenmiştir. Ayrıca çalışmada pamuk ve viskon gibi konvensiyonel lifler de ele alınmış, özellikleri diğer liflerle karşılaştırılmıştır. Yapılan testler sonucunda farklı lif tipleri için konforla ilgili olduğı düşünölen termal direnç, hava geçirgenliğı, su buharı geçirgenliğı, dikey su emicilik yüksekliğı ve kuruma süresi parametreleri incelenmiştir. Termal direnç için lifler yüksekten düşöge doğru kitosan, soya lifi, bambu, mikromodal, viskon, pamuk, modal olarak sıralanmıştır. Hava geçirgenliğı için sıralama mikromodal, modal, soya lifi, bambu, viskon, kitosan, pamuk şeklinde olmuştur. Lifler, su buharı geçirgenliğı için yüksekten düşöge kitosan, bambu, soya lifi, modal, viskon, pamuk olarak sıralanırken, dikey su emicilik yüksekliğı için ise pamuk, kitosan, soya lifi, viskon, modal, mikro modal, bambu lifleri şeklinde bir sıralama ortaya çıkmıştır. Kuruma süresi için en yüksek değer bambu ve viskon daha sonra sırasıyla pamuk, soya lifi ve mikromodal, kitosan, modal için ölçölmüştür.

Çil, Nergis ve Candan (2009) kumaşların su buharı geçirgenliğı, su emiciliğı ve kuruma karakteristikleri gibi su ile kumaş arasındaki ilişkiyi belirleyen bazı konfor özelliklerini pamuk, akrilik ve pamuk/akrılık karışımı kumaşlarda incelemişlerdir. Aynı zamanda konfor özelliklerine etkisi olan lif karışımı, iplik numarası ve sıklık

gibi parametrelerde dikkate alınmıştır. Deneysel çalışmaların sonuçlarına göre kumaşların dikey su emiciliğinin ve sıvı transfer yeteneğinin kalın iplik kullanımı ile arttığı, ince iplik kullanımı ile kuruma oranının arttığı belirlenmiştir. Sonuçlara göre kumaşların su buharı transfer oranı dışında, kumaştaki pamuk oranı azaldıkça kumaşların dikey su emiciliği, sıvı transfer yeteneği ve kuruma özellikleri artmaktadır. Bunun dışında karışımda akrilik lifi oranının artmasıyla kumaşın kuruma oranının ve dikey su emicilik ile sıvı transfer yeteneğinin arttığı görülmüştür. İplik numaraları dikkate alındığında ince iplikten üretilen kumaşların daha yüksek su buharı transferi değerleri verdiği ve daha hızlı kuruduğu ancak daha geniş bir örnek grubuyla bu durumun detaylı incelenmesi gerektiği belirtilmiştir. Gevşek kumaşların, sıkı olanlara göre daha iyi sıvı transferi, su buharı transfer oranı ve kuruma özellikleri gösterdiği ortaya çıkmıştır. Sıkı kumaş numunelerinin ise dikey kılcal sıvı emme yüksekliği değerinin fazla olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak akrilik lifinden, kalın iplik numarası ile üretilen süprem kumaşların emicilik özelliklerini geliştireceği belirtilmiştir.

M. H. Shim, Park ve H. S. Shim (2009) ısıtıcı giysilerin iyi termal performansa sahip olarak konforlarının geliştirilmesi amacıyla seramik materyalinin uygulanmasını incelemiştir. Isıtıcı giysilerin yapısındaki hidrofil poliüretan film içerisine seramik tozları eklenerek termal yalıtkan ve su buharı geçirgen yapılar elde edilmesi amaçlanmıştır. Sonuçlarda seramik miktarının artmasıyla kumaşların kızılötesi ışımlarının (infrared emissivity) arttığı gözlenmiştir. Ayrıca seramik tozlarının termal yalıtımı artırdığı, su buharı geçirgenliğini düşürdüğü belirtilmiştir. Isıtıcı giysinin seramik katılımıyla üretildiğinde mikroklima sıcaklığının yükseleceği ifade edilmiştir.

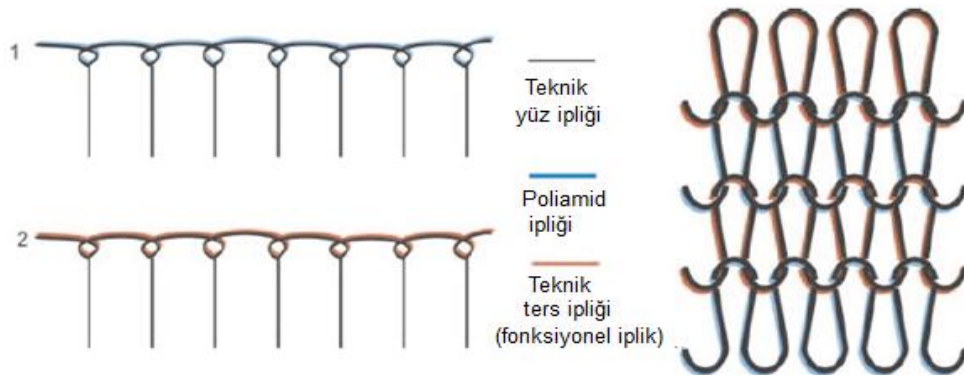
Majumdar, Mukhopadhyay ve Yadav (2010) pamuk, rejenere bambu ve pamuk/bambu karışımı ipliklerden üretilen farklı örme kumaş yapılarının termal özelliklerini araştırmışlardır. Bunun için üç lif grubundan (%100 pamuk, %50-%50 pamuk-bambu ve %100 bambu) üretilen üç farklı numarada iplikler (30 tex, 24 tex, 20 tex) kullanılmıştır. Her bir iplikten üç tip örme yapısında (düz-rib-interlok) kumaşlar örülmüştür. Pamuk, bambu ve pamuk/bambu karışımından üretilen düz örme kumaşların SEM fotoğrafları Şekil 1.55'deki gibidir.



Şekil 1.55 Düz örme kumaşların SEM fotoğrafları: (a)Pamuk, (b)Bambu, (c)Pamuk/Bambu (Majumdar ve ark., 2010).

Sonuçlarda bambu lifi oranının artmasının örme kumaşların termal iletimini azalttığı görülmüştür. Aynı lif karışımları için daha ince ipliklerden üretilen kumaşların termal iletkenliği daha düşük çıkmıştır. En yüksek termal direnç değeri interlok örgüye sahip kumaşlarda elde edilmiştir. Bambu lifi oranı arttıkça kumaşın su buharı ve hava geçirgenliğinin arttığı görülmüştür. En yüksek su buharı ve hava geçirgenliği değerleri düz örme yapılarda elde edilmiştir.

Fangueiro, Filgueiras, Soutinho ve Meidi (2010) geliştirdikleri fonksiyonel örme kumaş yapılarında, iç yüzde ve dış yüzde farklı ipliklerin kullanımıyla elde edilen yüzeylerin kılcal emme davranışlarını ve kuruma yeteneklerini incelemiştir. Bu çalışmada, kumaşın tersinde (vücuda temas eden yüzey) fonksiyonel ipliklerin bulunduğu (elastan, poliester Coolmax, polibütillen teraftelat - PBT, Dry-release - %85/%15 poliester/pamuk ve viskoz Outlast) ve yüzünde (dış yüzey) polipropilen veya poliester (poliester trilobal flat) ipliklerinin bulunduğu ve bağlama ipliği olarak poliamid ipliklerinin kullanıldığı çift katlı örme kumaş yapıları üretilmiştir. Geliştirilen kumaş yapıları Şekil 1.56’da gösterilmiştir.



Şekil 1.56 Fonksiyonel örme kumaş yapıları (Fangueiro ve ark., 2010)

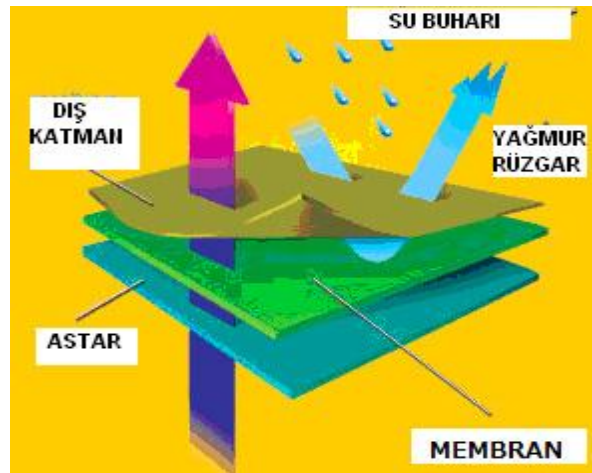
Fonksiyonel örme kumaşların dikey ve yatay kılcal emme testleri değerlendirilmiştir. Kumaşların kuruma kapasiteleri ise iki farklı koşulda kuruma oranı testi ile incelenmiştir. Bu koşullardan ilki çevreyi temsil eden ortam koşulları (20 ± 2 °C, %65 bağıl nem) ve insan vücut ısını temsil etmesi için etüv içerisinde ölçülen sıcaklık koşullarıdır (33 ± 2 °C). Çalışma sonuçlarında viskoz Outlast ipliğinin kullanımının her iki yönde de en iyi kılcal emme yeteneği sağladığı, ancak düşük kuruma yeteneğine sahip olduğu görülmüştür. Coolmax ipliğinin kullanımının ise iyi kılcal emme yeteneği ve en iyi kuruma yeteneği sağladığı görülmüştür. PBT ipliğinin kullanımı, elastan ipliğine göre daha iyi emicilik ve kuruma yeteneği sağladığı belirtilmiştir. Deriye temas etmeyen dış yüzeyde PP veya PES kullanımının etkisi incelendiğinde ise, PP ipliği kullanımının daha kötü kılcal emme ancak daha iyi kuruma yeteneği sağladığı görülmüştür.

Bertaux ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada çorap konforuna tekstil özellikleri ile fizyolojik ve duysal parametrelerin etkisi araştırılmıştır. Spor çoraplarının konfor parametreleri iki farklı spor egzersizinde değerlendirilmiştir. Duyusal kriter olarak ayak sıcaklığının ve acının hissedilmesi alınmıştır. Ayak sıcaklığı ve bağıl nemi sensörlerle spor egzersizi boyunca ölçülmüştür. Çorap kumaşı ile mekanik deri modeli arasındaki sürtünme incelenmiştir. Subjektif testler sonucunda, yüksek sürtünme katsayısına sahip çorapların daha az konforlu olduğu görülmüştür. Lif içeriğinin konforu birincil olarak etkilediği belirtilmiştir. Pamuklu çorapların sentetik (Poliester/Poliamid, Poliester/Politetrafloretillen/Poliamid, Polipropilen) çoraplara göre daha az konforlu olduğu vurgulanmıştır. Ancak buna rağmen kullanıcıların hala pamuklu çorap tercih ettiği ve bunun nedeninin de kullanıcıların pamuk tutumunu sevmesi olduğu belirtilmiştir. Spor aktiviteleri sırasında ıslak ve sıcak hissedilmesinin konforsuzluğa neden olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca bu çalışma sonucunda düşük sürtünme katsayısına sahip sentetik liflerden üretilen çorapların ayağı kuru ve uygun sıcaklıkta tutacağı belirtilmiştir.

Ibrahim, Khalifa, El-Hossamy ve Tawfik (2010) pamuk lifinden üretilmiş farklı örme yapılarındaki (süprem, lacoste, melton) kumaşlara farklı kimyasal işlemlerin (yumuşatma bitim işlemi, bio-parlatma işlemi, antibakteriyel bitim işlemi, su iticilik

bitim işlemi) uygulanmasıyla konfor ve fonksiyonel özelliklerindeki değişiklikleri incelemiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre yumuşatma bitim işleminin kumaşların çekme eğilimini azalttığı, sert tutumunu yumuşattığı, bio-parlatma işleminin hava geçirgenliği ve ısı iletimini arttırdığı, örme yapılarından lacoste örgülerin en yüksek hava geçirgenliği ve termal iletkenlik değerleri verdiği ortaya çıkmıştır.

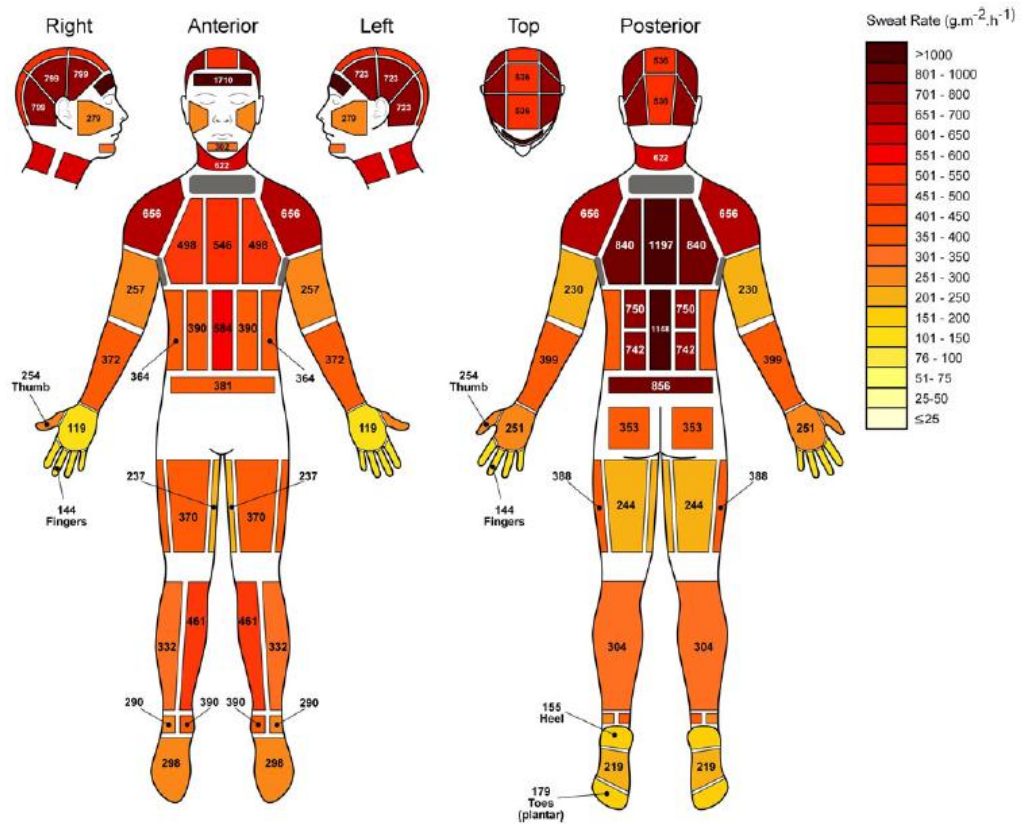
Güney ve Üçgül (2010) yaptıkları çalışmada farklı materyallerden ve tabakalardan oluşmuş membranların termal yalıtım özelliklerini Alambeta cihazında test etmiş ve sonuçları grafiksel olarak değerlendirmişlerdir. Ayrıca bu membranların koruyucu giysi içinde konforu nasıl etkileyebileceği tartışılmıştır. Materyal olarak dış kısmı su geçirmez materyalden yapılmış ve iç kısmının üst tarafı %100 pamuktan oluşan gözenekli bir kumaştan, alt tarafı ise bir yüzü %100 poliamid, diğer yüzü %100 poliüretandan yapılmış bir membrandan oluşan bir ceket; dış kısmı su geçirmez materyalden yapılmış ve iç kısmının üst tarafı %100 pamuktan oluşan gözenekli bir kumaştan, alt tarafı ise bir yüzü %100 poliester, diğer yüzü %100 poliüretandan yapılmış bir membrandan oluşan bir ceket; dış kısmı yine su geçirmez materyalden yapılmış ve iç kısmı tamamıyla gözenekli bir kumaş yapısı olan %100 pamuktan yapılmış bir ceket; dış ön yüzü %100 poliester, arka yüzü ise %100 poliüretandan yapılmış bir membrandan ve iç kısmı ise polar kumaş arasına yerleştirilmiş bir dokusuz yüzeyden oluşan bir ceket olmak üzere üç farklı tipte ceket kullanılmıştır. Membranlı kumaşların yapısı Şekil 1.57'deki gibidir.



Şekil 1.57 Kumaş katmanlarının yapısı (Güney ve Üçgül, 2010)

Bu çalışmada en yüksek termal yalıtım özelliklerini dış materyali polyester/poliüretan olan termoaktif ceket göstermiştir. En düşük termal yalıtım özelliklerine sahip olan giysi ise poliamid/poliüretan ceket olmuştur. Sonuç olarak, koruyucu giysi tasarımında kullanılmaya başlanılan su buharı geçiren fakat suyu geçirmeyen, nefes alabilir, mikro gözenekli ya da hidrofilik membranların ısı ve kütle transferine izin vererek, giysi içinde konforun artırılmasında etkili olabileceği belirtilmiştir.

Smith ve Havenith (2010), insan vücudunun aktivite sırasındaki bölgesel terleme oranlarını incelemiştir. Çalışma kapsamında dokuz erkek sporcu $25,6 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\% 43,4 \pm 7,6$ bağıl neme sahip kontrollü ortamda koşu bandında 30 dakika ve 60 dakika olmak üzere iki farklı seviyede koşmuş ve her bir seviyenin sonunda sporcuların üzerine giydirilen absorbent pedler tartılarak ter oranları belirlenmiştir. 60 dakika sonunda elde edilen bölgesel terleme oranları Şekil 1.58’de gösterilmiştir.



Şekil 1.58 60 dakikalık koşu sonrası vücutta bölgelerine göre terleme oranları (Smith ve Havenith 2010)

Araştırmacılar tarafından bu çalışma kapsamında elde edilen verilerin giysi tasarımının termofizyolojik modelleme ve termal manken tasarımı gibi çalışmalarda kullanılmasının önemli faydalar sağlayacağı ifade edilmiştir.

Sybilska ve Korycki (2010) çalışmalarında, giysi materyallerinin yarı geçirgen membranlarla kaplanarak ter akışının neden olduğu ısı kaybına karşı koruyucu ürünleri analiz etmiştir. Çalışmada çok katlı yapıların ısı ve su buharı transferinin matematiksel ve fiziksel modeli incelenmiştir. Farklı kat sayıları için materyal parametrelerinin, membranın kalınlığının ve hammadde kompozisyonunun iyi belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Termal konforun sağlanması ve giysi tasarımından beklentilerin karşılanması için termal direnç ve su buharı geçirgenliğinin önemli olduğu ifade edilmiştir.

Onofrei ve ark. (2011) termal düzenleyici etkiye sahip Coolmax ve Outlast ipliklerden üretilen farklı örgülerdeki örme kumaşların termal ve nem iletim özelliklerine kumaş yapısının etkisini incelemiştir. Sonuçlar incelendiğinde kumaş karakteristiğinin yapısının Coolmax ve Outlast kumaşların termal ve nem özelliklerine etkisinin anlamlı olduğu görülmüştür. Kumaşların sıvı iletim yeteneğinin kumaş yapısının etkisiyle, kuruma yeteneğinin ise hammadde etkisiyle belirlendiği saptanmıştır. Çalışmada test edilen kumaşların termal ve nem iletim davranışları dikkate alındığında Outlast kumaşların düşük termal direnç, yüksek termal iletkenlik, su emicilik ve su buharı geçirgenliği sonuçları ile sıcak ortamda kullanılacak spor giysilerinde kullanılmasının avantajlı olacağı belirtilmiştir. Buna rağmen bu kumaşların düşük kuruma yetenekleri nedeniyle yüksek aktivitelerde kullanıcıyı ıslak, rutubetli ve konforsuz hissettireceği belirtilmiştir. Örme yapılarından süprem ve bazı atlamalı yapıların yüksek hava geçirgenliği sonuçları ile bu durumu düzeltebileceği belirtilmiştir. Coolmax kumaşların ise diğerine nazaran yüksek termal direnç sonuçları vermesi, yüksek sıvı iletimi ve difüzyon göstermesi nedeniyle soğuk havalardaki spor giysilerinde kullanılmasının avantajlı olacağı belirtilmiştir.

Süpüren, Oğlakçıoğlu, Özdil ve Marmaralı (2011), çift katlı örme kumaş yapılarında iç yüzde ve dış yüzde farklı lif tipleri kullanarak sıvı nem yönetimi ve termal emicilik özelliklerindeki değişimi incelemiştir. Çift katlı örme kumaşlarda, pamuk ipliği ve filament polipropilen ipliği ayrı ayrı içte ve dışta olmak üzere kullanılmıştır. Çift katlı kumaşın yüz ve ters kısmı sırasıyla iç kısım ve dış kısım olarak adlandırılmıştır. Deriye temas eden kısım iç kısımdır. Polipropilen ipliklerinin ve pamuk ipliklerinin iç ve dış kısımda olduğu çeşitli kombinasyonlar yapılmıştır. Bu kumaş yapıları Tablo 1.13’de gösterilmiştir.

Tablo 1.13 Çift katlı örme yapılarının ilmek diyagramı (Süpüren ve ark., 2011)

Sıra	İlme Diyagramı	Pamuk Pamuk	Pamuk Polipropilen	Polipropilen Pamuk	Polipropilen Polipropilen
1		Pamuk	Polipropilen	Pamuk	Polipropilen
2		Pamuk	Pamuk	Polipropilen	Polipropilen
3		Pamuk	Polipropilen	Pamuk	Polipropilen
4		Pamuk	Pamuk	Polipropilen	Polipropilen

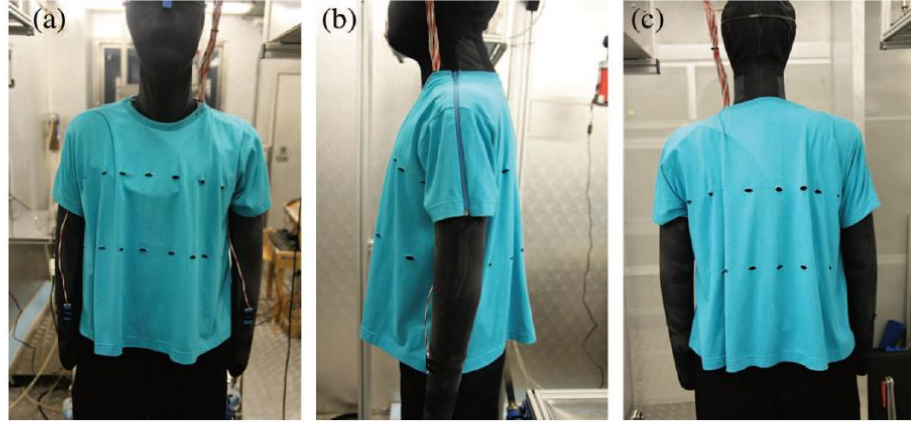
Tüm kumaşların sıvı nem yönetimi özellikleri “Moisture Management Tester – MMT” cihazında ve kumaşın sıcak/soğuk hissini belirleyen termal emicilik özellikleri “Alambeta” test cihazında ölçülmüştür. Tüm ölçümler kuru ve ıslak koşullar için ayrı ayrı yapılmıştır. Bütün sonuçlar değerlendirildiğinde, iç kısımda (deriye temas eden yüzey) polipropilen ipliklerinin olduğu, dış kısımda pamuk ipliklerinin olduğu yapının daha iyi nem davranışı özellikleri ve daha yüksek konfor seviyesi sağladığı görülmüş ve yazın aktif sporlarda kullanılacak giysiler için tercih edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Troynikov ve Wardiningsih (2011), aktif spor kıyafetlerinde en iç katta (atlet, iç çamaşırı vs.) kullanıma uygun yün, poliester ve bambu liflerinin farklı karışımlarından oluşan süprem örgü kumaşların nem iletim özelliklerini araştırmıştır. Kumaş numunelerinin nem iletim özellikleri “Moisture Management Tester –MMT” cihazında ölçülmüştür. Deney sonuçlarına göre %100 yün ve %100 bambu kumaşlar ile kıyaslandığında yün ile poliester veya yün ile bambu karışımlarının nem özelliklerini geliştirdiği görülmüştür. Yün lifinin, poliester lifi ile karıştırılmasıyla elde edilen kumaşlar karışım olmayanlara göre kumaşın alt yüzey (tene temas etmeyen dış yüzey) nem iletim özelliklerini geliştirmiştir. Yün lifi ile bambu lifi karışımı üst kumaş yüzeyi (tene temas eden yüzey) ile alt kumaş yüzeyi (tene temas etmeyen dıştaki yüzey) nem iletim özelliklerini karışım olmayanlara göre artırdığı görülmüştür. MMT cihazının yalnızca sıvı transferini ölçtüğü, su buharı transferini ölçmediği dolayısıyla terleme esnasındaki konforun değerlendirilmesinde bu yöntemin tek başına yeterli olmayacağı çalışmada ayrıca belirtilmiştir.

Öztürk, Nergis ve Candan (2011) pamuk-akrilik rotor ipliklerinin ve örme kumaşların kılcal emme özelliklerini araştırmıştır. Kumaşın atkı ve çözgü yönünde dikey kılcal emme özelliklerine, ipliklerin kılcal emme özelliklerinin etkisi incelenmiştir. Ne 20 ve Ne 30 rotor ipliklerinden üretilen süprem örgüde kumaş numuneleri, %100 akrilik, %85/%15 pamuk/akrilik, %50/%50 pamuk/akrilik, %15/%85 pamuk/akrilik ve %100 pamuk lif karışımları içermektedir. Sonuçlarda, akrilik lifinin varlığının ve iplik numarasının, süprem örme kumaşların kılcal emme performansı üzerinde anlamlı etkiye sahip olduğu görülmüştür. Buna ek olarak istatistiksel analiz sonuçlarına göre iplik kılcal emme özelliğinin kumaşın her iki yönü içinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Varyans analizi sonuçlarına göre karışımdaki akrilik oranı arttıkça ve kaba ipliklerin kullanımıyla iplik ve kumaş su emme yeteneğinin arttığı belirtilmiştir.

Ho, Fan, Newton ve Au (2011) geliştirdikleri dökümlü bölgelere ve hava boşluklarına sahip özel tasarım tişörtler ile klasik tişörtlerin termal ve su buharı direnç özelliklerini incelemiştir. Tüm tişörtler %100 pamuk süprem örgüye sahip kumaşlardan farklı ölçülerde (S, M, L, XL) üretilmiştir. Testler termal manken

sistemi ile rüzgârsız ve rüzgârlı koşullar altında mankenin durduğu ve yürüdüğü durumlarda gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan tişörtler Şekil 1.59'daki gibidir.



Şekil 1.59 Ho ve arkadaşlarının geliştirdikleri özel tasarım tişörtler: (a) Ön görünüş, (b) Yan görünüş, (c) Arka görünüş (Ho ve ark., 2011)

Çalışma sonuçlarına göre klasik tasarım tişörtlerde geniş ölçüler kullanılmasının rüzgârsız koşullarda mankenin durduğu durumda havalandırma ile serinlemeyi sağlamadığı görülmüştür. Rüzgârlı koşullarda ve mankenin yürüdüğü durumda ise geniş ölçülerdeki klasik tasarımların bir miktar havalandırma sağladığı ancak hala vücudun belirli bölgeleri giysi ile temas halinde olduğu için bu havalandırmanın yeterli olmadığı belirtilmiştir. Geliştirilen tasarımların ise rüzgârlı ve mankenin yürüdüğü koşullarda tişörtteki hava boşlukları ve dökümlü yapısının yardımıyla termal direnç ve su buharı direnci değerlerini anlamlı olarak düşürdüğü sonucuna varılmıştır.

Meng, Ng, Hui, Li ve Hu (2011) tek kullanımlık çocuk bezleri üzerinden “Moisture Management Tester-MMT” cihazının ölçüm parametrelerinin önem seviyelerini incelemiştir. Çalışma için pazarda yaygın olan çocuk ve hasta bezlerinden iki grup seçilmiştir. Her biri iç yapısında odun linteri, dış yüzeyinde gözenekli polietilen yapıya sahip ince tip pedlerdir. Tüm kumaşlar MMT cihazı ile ölçülmüş sonuçlar Minitab programında değerlendirilmiştir. MMT cihazında farklı pompalama seviyelerine göre kumaşlara verilen farklı sıvıların etkileri incelenmiştir. Sonuçlara göre MMT ölçüm parametrelerinden çocuk ve hasta bezlerinin nem karakteristiğini belirlemede yüzey ıslanma zamanının (WT), maksimum nem

içeriğinin (MC_{max}), kalan nem miktarının (MR), nem birikme oranının (MAR), nüfuz eden nem oranının (MPR), nem biriktirme kapasitesinin (MAC) istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

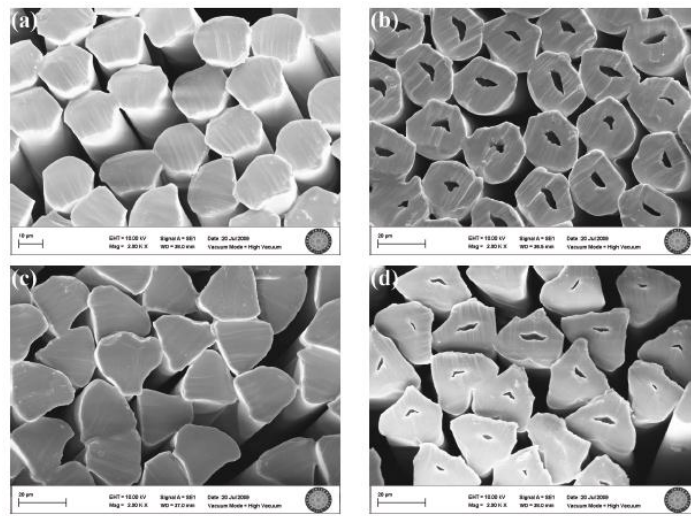
Sampath, Aruputharaj, Senthilkumar ve Nalankili (2011) mikro-denye poliester, kesikli ve filament poliester, poliester/pamuk karışım ipliklerden üretilen süprem örgüye sahip örme kumaşların termal konfor özelliklerini incelemiştir. Ayrıca kumaşların bir kısmına araştırmacıların moisture management bitim işlemi adını verdiği hidrofilliğini geliştirici bitim işlemi uygulanarak, bitim işleminin etkisi araştırılmıştır. Moisture management bitim işlemi olarak kumaşlara yıkama işleminin ardından, polisiloksan ve asetik asit çözeltisi uygun reçete ile uygulanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde örme kumaşlar içerisinde mikropoliester kumaşların diğerlerine nazaran daha hızlı ısı transferi, yüksek termal iletkenlik ve su buharı geçirgenliği sağladığı belirtilmiştir. Kesikli poliester ipliği ve poliester/pamuk karışım ipliğinden üretilen kumaşların yüksek termal direnç sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca moisture management bitim işlemi uygulanan kumaşların uygulanmayanlara göre su buharı geçirgenliğinin geliştiği belirtilmiştir.

Sampath, Senthilkumar ve ark. (2011) spor giysisi üretiminde kullanılacak poliester kumaşlara moisture management bitim işleminin ve filament inceliğinin etkisi incelenmiştir. Deneyler için aynı üretici tarafından aynı lottaki filamentlerden 150 denye filament, 5 farklı poliester ipliği üretilmiştir. Bu iplikler 34 filamentli (her bir filament 4,4 denye), 48 filamentli (her bir filament 3,13 denye), 108 filamentli (her bir filament 1,39 denye), 144 filamentli (her bir filament 1,04 denye) ve 288 filamentli (her bir filament 0,52 denye) olmak üzere 5 tiptir. Poliester filamentlerden yuvarlak örme makinesinde 5 farklı tipte süprem örgüye sahip kumaşlar üretilmiştir. Poliester örme kumaşlar sıcak suda yıkanmış ve ağartılmıştır. Kumaşlara nem davranışı geliştirici bitim işlemi olarak 1:2 oranında Amino Silikon Polieter Kopolimer (ASPC) ve Hidrofilik Polimer (HP) kimyasal kombinasyonları 5,5 pH'da 60-70 °C sıcaklıkta uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre 108 filamentli poliester ipliğinin daha iyi, daha yüksek kılcal emme ve optimum su buharı transferi sağladığı görülmüştür. İstatistiksel değerlendirmelere göre filament inceliğinin ve iplik yüzey

alanının kumaşın konfor özellikleri üzerinde belirleyici rol oynadığı görülmüştür. Moisture management bitim işleminin de kumaşın konfor karakteristiklerini iyileştirdiği belirtilmiştir.

Bivainytė, Mikučionienė ve Milašienė (2012), doğal ve sentetik iplik karışımlarından üretilen farklı örgülere sahip çift katlı örme kumaşların ısı transferi özelliklerini incelemiştir. Deney sonuçlarına göre kumaşın ısı transfer yeteneğinin kumaşın örgü yapısına bağlı olduğu saptanmıştır. Kumaştaki ilmeklerin farklı örgülerdeki sıralanmasına göre kumaş yapısındaki hava boşluklarının pozisyonunun bu durumu belirlediği görülmüştür. Çalışmada kullanılan pamuk, polyester, poliamid, polipropilen, bambu ve Coolmax hammaddelerinin ve karışımlarının aktif günlük giysilerde ısı transferi mekanizmasına etkisinin belirgin bir şekilde önemli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca hava geçirgenliği ve kalınlık değerlerinin örme kumaşların termal özelliklerini tahminleme de yetersiz olacağı, mutlaka örme kumaş yapısının dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Karaca, Kahraman, Ömeroğlu ve Becerir (2012), farklı enine kesit yapılarına sahip polyester ipliklerden üretilen farklı dokuma örgülerine sahip (bezayağı, dimi) kumaşların termal konfor özelliklerini incelemiştir. Çalışmada kullanılan polyester ipliklerinin farklı enine kesit yapıları Şekil 1.60'daki gibidir.



Şekil 1.60 Polyester ipliklerin SEM fotoğrafları: (a) Yuvarlak kesitli, (b) Hollow yuvarlak kesitli, (c) Trilobal kesitli, (d) Hollow trilobal kesitli (Karaca ve ark., 2012)

Sonuçlarda, hollow liflerin dokuma kumaş yapısındaki varlığının termal iletkenliği artırdığı ve bu kumaşların diğer kumaşlara nazaran daha düşük termal dirence sahip olduğu görüldüğü belirtilmiştir. Normalde termal yalıtım amaçlı kullanılan hollow liflerin bu çalışmada termal dirençlerinin düşük çıkması dikkat çekicidir. Ancak bu kumaşların hava geçirgenlik ve su buharı geçirgenliği değerleri düşük gözenekli ve kapalı yapıları nedeniyle diğer kumaşlardan daha düşük çıkmıştır. Trilobal lif yapısının yuvarlak lif yapısına göre daha düşük termal iletkenlik ve termal emicilik, daha yüksek hava ve su buharı geçirgenliği değerleri verdiği saptanmıştır. Aynı şekilde dimi örgüdeki kumaşların termal iletkenlik ve emicilik değerlerinin bez ayağı örgüdeki kumaşlardan daha düşük olduğu, hava ve su buharı geçirgenliklerinin ise daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca trilobal poliesterden dokunmuş dimi örgüdeki kumaşların en düşük termal iletkenliğe, en yüksek hava ve su buharı geçirgenliğine sahip olduğu belirtilmiştir.

Yanılmaz ve Kalaoğlu (2012) akrilik ipliklerinden üretilmiş süprem, 1x1 rib, 2x2 rib ve interlok örgülere sahip örme kumaşların dikey kılcal emme, ıslanma ve kuruma özelliklerini incelemiştir. Test sonuçlarına göre dikey kılcal emme özelliği yüksekten düşüğe sırasıyla süprem, 1x1 rib, interlok, 2x2 rib örme kumaş yapıları olarak bulunmuştur. Gevşek sıklık seviyesindeki kumaşların, sıkı kumaşlara göre daha yüksek sıvı iletim özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir. Kumaşların su buharlaştırma oranının tamamen kumaş kalınlığına bağlı olduğu ve kalınlık arttıkça bu oranının düştüğü saptanmıştır. Su temas açısı ölçümlerinde sıkı kumaşların, gevşek olanlara göre daha yüksek temas açısına sahip çıktıkları gözlenmiştir.

Punna ve Amsamani (2012) farklı karışım oranlarında poliester/viskon ipliklerden süprem örgüde üretilen örme kumaşların nem iletim özelliklerini incelemiştir. Bunun için %80/%20, %67/%33, %50/%50, %33/%67 ve %20/%80 oranlarında poliester/viskon lif karışımlarından üretilen ring ipliklerinden örülmüş kumaşların dikey kılcal emme özellikleri ve Permetest cihazıyla su buharı geçirgenlikleri ölçülmüştür. Çalışmada, %80/%20 poliester/viskon kumaşların en yüksek dikey kılcal emme değerine sahip olduğu saptanmıştır. Su buharı geçirgenliği

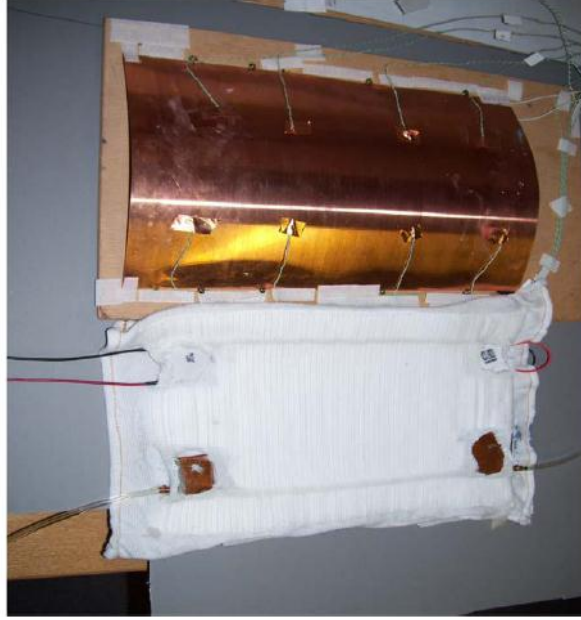
ölçümleri açısından ise %67/%33 ve %20/%80 poliester/viskon kumaşların en yüksek değerler verdikleri belirtilmiştir.

Chidambaram, Ramakrishnan ve Venkatraman (2012) %100 pamuk, %100 bambu, %50/%50, %67/%33 ve %33/%67 pamuk/bambu karışım ipliklerinden sıkı, orta ve gevşek olmak üzere üç farklı sıklıkta süprem örgüde üretilen örme kumaşların termal konfor özelliklerini incelemiştir. Test sonuçlarına göre karışımdaki bambu oranının artışının termal iletkenliği düşürdüğü, su buharı ve hava geçirgenliklerini ise artırdığı görülmüştür. Çalışmada kumaşlardaki bambu oranının artışının, pamuk ipliklerine göre daha az tüylülüğe sahip bambu ipliklerinin kullanımı ve kumaşların daha düşük kalınlık değerleri sebebiyle termal iletkenliği artıracağı beklenirken deneysel sonuçlarda tam tersi bir durumun söz konusu olduğu belirtilmiştir. Sıklık artışının hava geçirgenliğini azalttığı saptanmıştır.

Gorjanc, Dimitrovski ve Bizjak (2012) bezayağı ve dimi örgülerde iki farklı atkı sıklığında (17 ve 20 tel/cm) ve atkıda %100 pamuk ve %93,8/%6,2 pamuk/elastan kullanılan pamuklu dokuma kumaşların termal direnç ve su buharı direnci değerlerini ölçmüştür. Çalışma sonuçlarına göre en yüksek termal direnç ve su buharı direnci değerleri dimi örgüdeki kumaşlarda tespit edilmiştir. Atkı yönündeki sıklık artışının termal direnç değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı ancak su buharı direnci değerini anlamlı olarak artırdığı belirtilmiştir. Kumaşların atkısında elastan kullanımının termal direnç ve su buharı direnci değerlerini yaklaşık %20 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Sonuçlara göre yaz aylarında kullanılacak dokuma kumaşlarda atkı ipliğinde elastan kullanılması durumunda düşük sıklıkta bezayağı dokumaların tercih edilmesinin konfor açısından avantaj sağlayacağı belirtilmiştir.

Delkumburewatte ve Dias (2012) termal koruyucu giysilerde ısı yönetimi için giyilebilir soğutucu sistem geliştirmiştir. Geliştirilen yapının zor çevre koşullarında ısı ve ter yönetimine izin veren minyatür bir soğutucu sistem olduğu belirtilmiştir. Elektronik soğutucu bakır plaka, spacer örme bir kumaş yapısı içerisine yerleştirilmiştir. Spacer kumaş yapısının teri emerek, iç kısımda biriktireceği ve

derinin devamlı kuru kalacağı belirtilmiştir. Deriden çıkan ısı, soğutucu gaz ile çevrelenmiş ünite tarafından emilerek serin hava verileceği ifade edilmiştir. Geliştirilen giysi sistemi Şekil 1.61'de gösterilmiştir.



Şekil 1.61 Mini ısı değıştiricilerin yerleştirildiği bakır plaka ve spacer kumaş (Delkumburewatte ve Dias, 2012)

Prakash ve Ramakrishnan (2013) pamuk, bambu ve karışım-larından (%100 pamuk, %50/50 pamuk/bambu, %100 bambu) üretilmiş farklı incelikteki ipliklerle (Ne 20, 25, 30) üç farklı ilmek iplik uzunluğunda (2,7; 2,9; 3,1 mm) süprem örgü tipinde örülen kumaşların termal konfor özelliklerini incelemiştir. Bu amaçla kumaşlarda hava geçirgenliği, termal iletkenlik, termal direnç ve su buharı geçirgenliği ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, iplik karışımındaki bambu oranının kumaşın termal konfor özelliklerini önemli ölçüde etkilediği ve iplikteki bambu oranı arttıkça termal direncin düştüğü görülmüştür. En düşük termal direnç değeri ise Ne 30, %100 bambu ipliklerden üretilen kumaşlarda tespit edilmiştir. Ayrıca iplikteki bambu oranının artışıyla kumaşın su buharı ve hava geçirgenliği değeri arttığı belirtilmiştir. Kumaşlardaki ilmek iplik uzunluğunun artışıyla, termal direncin düştüğü, hava geçirgenliğinin yükseldiği ancak su buharı geçirgenliğinin düştüğü gözlenmiştir. İplik inceliğinin artışıyla ise termal direncin düştüğü, hava ve su buharı geçirgenliğinin arttığı belirlenmiştir.

Ke, Havenith, Zhang, X. Li ve J. Li (2013) giysi tasarımına bağlı açıklıkların ve rüzgârın giysinin bölgesel termal izolasyonuna ve havalandırma oranına etkilerini araştırmıştır. Çalışma için %100 pamuk dimi örgüye sahip farklı hava geçirgenliği özelliklerinde üç tip kumaştan (Geçirgen, yarı geçirgen ve geçirimsiz) üç farklı ölçüde (S, M ve L) ceketler üretilmiştir. Giysi açıklıklarının etkisini incelemek amacıyla ceketlerin boyun ve etekleri açık ve kapalı olarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı havalandırma sistemine sahip termal manken sistemi ile boyun ve etek kısımları kapatılmış ceket örneği Şekil 1.62’de gösterilmiştir.

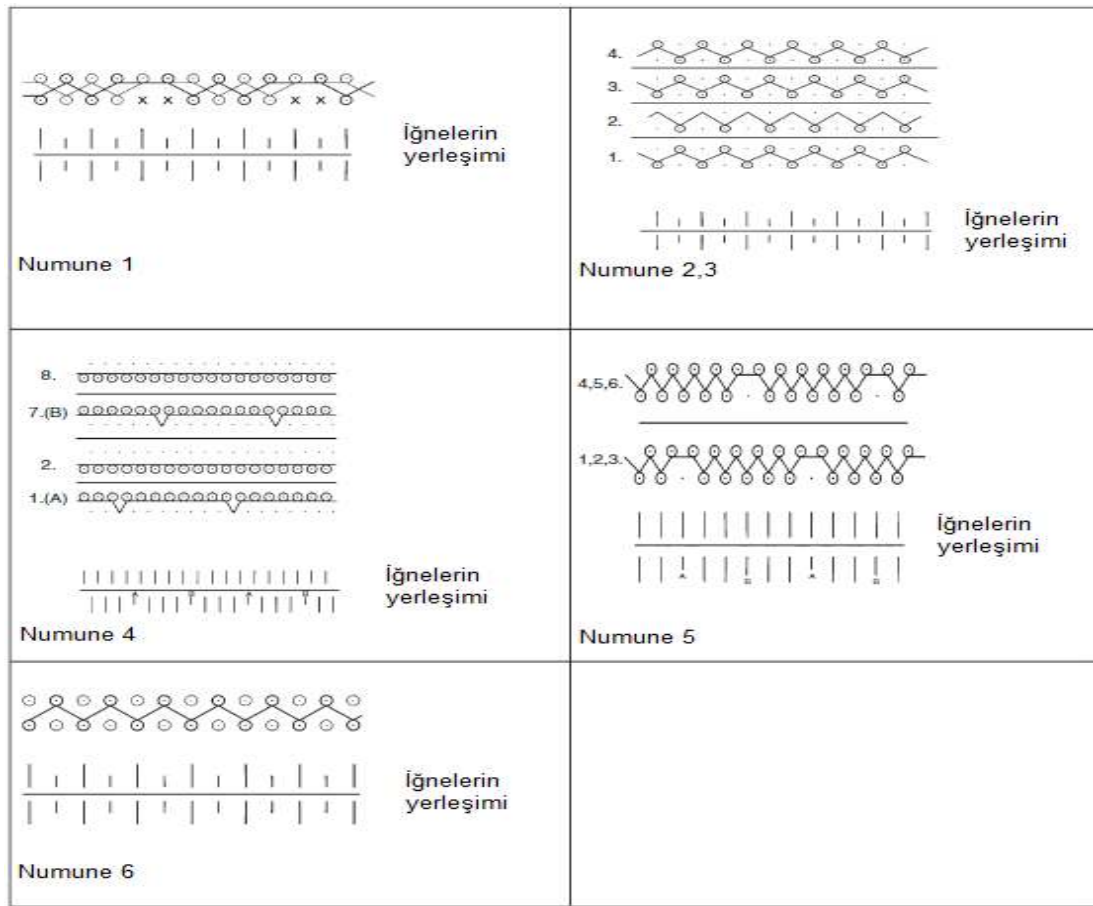


Şekil 1.62 Ke ve arkadaşlarının kullandığı termal manken sistemi: (a) Havalandırma oranının ölçüldüğü boru sistemine sahip termal manken, (b) Boyun ve etek kısmı kapatılmış ceket örneği (Ke ve ark., 2013)

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre termal direnç ve havalandırma oranı özelliklerinin anlamlı bir şekilde giysi tasarımı ve ölçülerinden etkilendiği görülmüştür. Buna ek olarak bölgesel termal direnç ve havalandırma oranı değerlerinin giysi ölçülerine, kumaş geçirgenliğine ve giysinin bölgelerine bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Geçirimsiz kumaşlar dışındaki kumaşlardan üretilen ceketlerde giysi ölçüsü ile termal direnç arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir. Ayrıca birebir rüzgâr efektinden özellikle göğüs mikroklima bölgesinin etkilendiği

tespit edilmiştir. Rüzgârlı koşullarda omuz ve sırt havalandırma oranları rüzgârsız koşullara göre daha yüksek bulunmuştur.

Lizák, Legerská ve Majumdar (2013) farklı örme yapılarına sahip kumaşların ısı transfer özelliklerini incelemiştir. Altı farklı interlok örgü kombinasyonuna sahip örme kumaşların kalınlık, gramaj, gözeneklilik gibi özellikleri dikkate alınarak termal konfor özellikleri ölçülmüştür. Çalışmada incelenen interlok örgü kombinasyonları Şekil 1.63’de gösterilmiştir.



Şekil 1.63 Örme kumaş yapıları (Lizák ve ark., 2013)

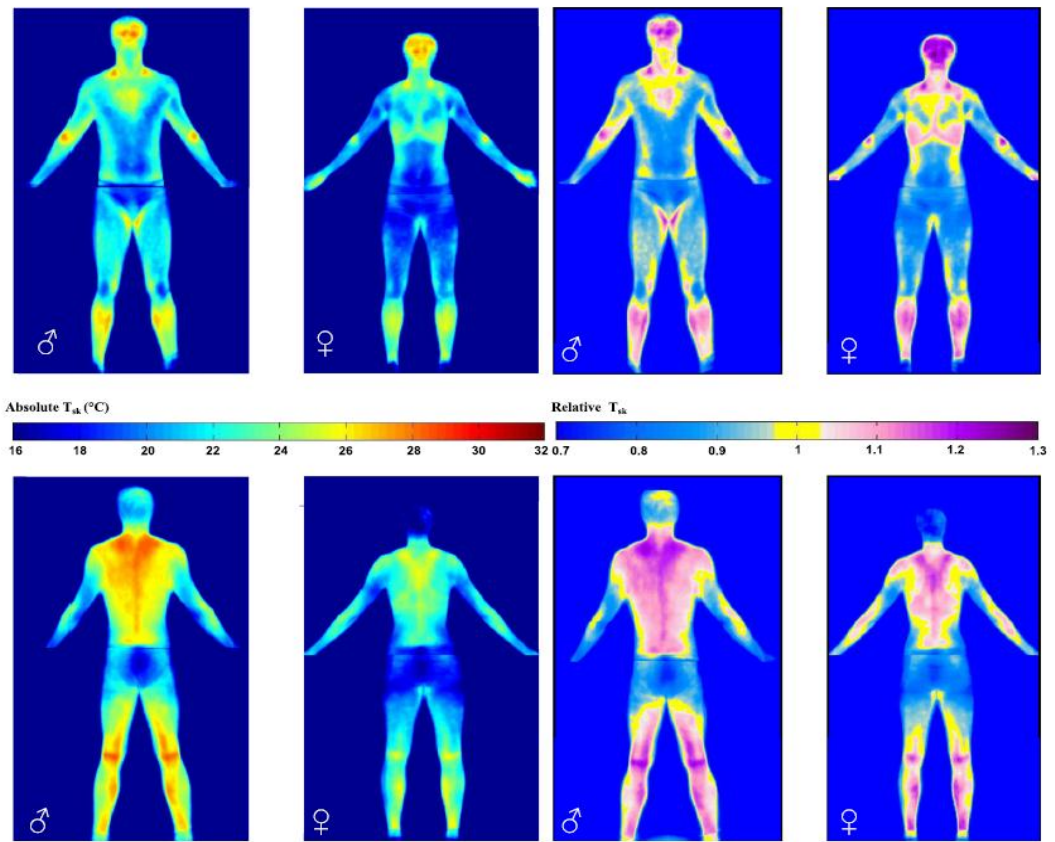
Çalışma sonuçlarında askı ve atlamaların bir arada kullanıldığı interlok yapısının kumaşlar arasında en yüksek termal dirence sahip olduğu ve bu kumaşların iyi termal yalıtım sağladığı belirtilmiştir. Askılı interlok yapısının ise en düşük termal direnç değerini verdiği tespit edilmiştir.

Germanova, Stoyanova, Kandzhikova ve Bochev (2013) farklı atkı sıklıklarına ve hav boylarına sahip havlı kumaş yapılarının su emicilik özelliklerini incelemiştir. Bunun için üç farklı atkı sıklığında (16, 18 ve 20 tel/cm) ve üç farklı hav yüksekliğinde (8, 10 ve 12 mm) havlu kumaşlar dokunmuştur. Test sonuçlarına göre, kumaştaki sıklık ve hav yüksekliği artışının su emiciliği artırdığı görülmüştür. Hav yüksekliğindeki artışın, sıvının yüzeyden iç kısma daha hızlı geçmesini sağladığı, zeminde ise sıklık artışının sıvının emilim oranını artırdığı belirtilmiştir.

An, Gam ve Cao (2013) organik pamuk, bambu, viskon ve soya lifleri ve karışımlarından üretilen süprem, 1x1 rib ve futter örgülere sahip örme kumaşların konfor özelliklerini incelemiştir. Ayrıca kumaşların bir kısmında elastan iplikleri de kullanılmıştır. Sonuçlara göre termal ve su buharı direnci değerlerini etkileyen en önemli parametrenin kumaş kalınlığı olduğu ve ince kumaşların düşük termal ve su buharı direnci değerleri gösterdikleri belirtilmiştir. Lif cinsi ve örgü tipinin ise daha çok nem iletimi özelliklerini etkilediği tespit edilmiştir. Futter kumaşlarda genel olarak sıvının emilerek uzaklaştırılamadığı ve dolayısıyla sıvı nem konforunun kötü sonuçlar verdiği görülmüştür. Spandex gibi hidrofob ipliklerin sıvı transferine yardımcı olduğu belirtilmiştir. Bambu ve viskon liflerinin yapıya katılmasının yumuşak tutum sağladığı, soya liflerinin ise termal ve dokunsal konfora bir katkılarının olmadığı çalışma sonuçlarında ifade edilmiştir. Sıcak havalarda giyilecek giysiler için ince süprem örgüye sahip bambu ve viskon kumaşların daha iyi termal konfor sağlayacağı belirtilmiştir.

Cubric, Skenderi ve Havenith (2013) kumaşların su buharı direncine hammadde, iplik ve kumaş parametreleri ve bitim işleminin etkisini araştırmıştır. Bu amaçla pamuk, modal, viskon, tencel ve poliester liflerinden tek başına ve karışımlarından üretilen dört farklı numaradaki ipliklerden örülmüş ham ve terbiye işlemi (ağartma ve yumuşatma) görmüş kumaşların su buharı direnci değerleri terleyen sıcak levha cihazı ve termal manken sistemi ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre viskon ve tencel kumaşların en düşük su buharı direnci değerlerine sahip oldukları, daha ince iplikler kullanıldığında daha düşük su buharı direnci değerleri ölçüldüğü, terbiye işlemlerinin su buharı direncini düşürdüğü belirlenmiştir.

Fournet, Ross, Voelcker, Redortier ve Havenith (2013) insan vücudunun termal davranışını incelemek üzere, giyim denemesi sırasında vücudun farklı bölgelerindeki sıcaklık ve bağıl nem dağılışını incelemiştir. Bunun için soğuk hava koşullarında (10°C, %50 bağıl nem ve 2,8 m/s rüzgâr hızı) 40 dakika koşu yaptırılan dokuz erkek ve dokuz kadın gönüllünün vücudundaki sıcaklık dağılımını kızıl ötesi termografi ile görüntülemiş, vücut sıcaklık ve bağıl nem değerlerini sensörler vasıtasıyla ölçmüşlerdir. Ölçümler sonucunda elde edilen kadın ve erkek gönüllülere ait ortalama termografi sonuçları Şekil 1.64’de gösterilmiştir.

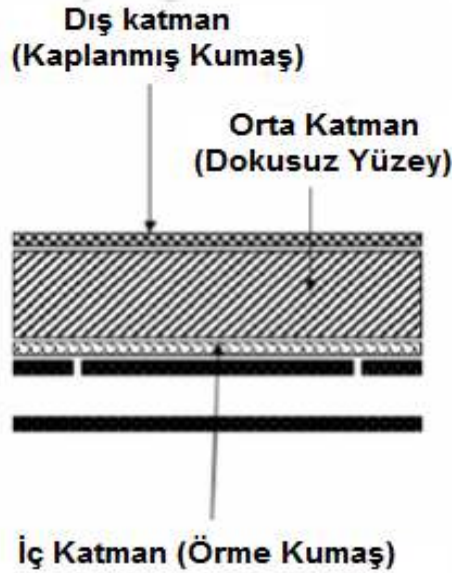


Şekil 1.64 40 dakikalık koşu öncesi ve sonrası vücut sıcaklık dağılımları (Fournet ve ark., 2013)

Şekilde görüldüğü gibi 40 dakikalık koşu sonrasında kadın ve erkek gönüllülerin vücudunun ön ve arka kısmında sıcaklık değişimi farklı bölgelerde farklı gözlenmektedir. Çalışma sonuçlarına göre insan vücudunun ön kısmında baş, göğüs, kasıklar ve uyluk bölgeleri en çok ısınırken, arka kısmında üst sırt ve arka uyluk bölgelerinin ısındığı belirlenmiştir. Aynı zamanda bu bölgelerin ter bezlerinin yoğun

olduğu koltuk altı bölgesi ile birlikte diğer bölgelere göre daha fazla terlediği belirtilmiştir.

Shabaridharan ve Das (2013) soğuk hava koşullarında kullanılmak üzere geliştirilmiş katlı giysi sistemlerinin termal ve su buharı direnç özelliklerini incelemiştir. Soğuğa karşı koruma sağlayıp, konfor durumunu koruması amacıyla üç katlı kumaş yapısı tasarlanmıştır. Tasarlanan katlı kumaş yapısının dış kısmında politetrafloretillen ile kaplanmış kumaş, iç kısmında poliester süprem örme kumaş ve ara katmanda poliester liflerinden iğneleme tekniğiyle üretilmiş dokusuz yüzey bulunmaktadır. Tasarlanan katlı kumaş yapısı Şekil 1.65’de gösterilmiştir.



Şekil 1.65 Soğuk hava koşulları için tasarlanan katlı giysi sistemi (Shabaridharan ve Das, 2013)

Ara katmanda farklı gramaj, iğneleme yoğunluğu ve iğne penetrasyonu derinliklerinde 15 farklı dokusuz yüzey kullanılmıştır. Üretilen kumaşlar, iç ve dış katmanların bulunduğu ve bulunmadığı durumlar için termal ve su buharı direnç değerleri açısından test edilmiştir. İğneleme tekniği ile üretilmiş dokusuz yüzeylerin hava geçirgenliği, kalınlık, hacimsel yoğunluk ve gözeneklilik özellikleri de ayrıca incelenmiştir.

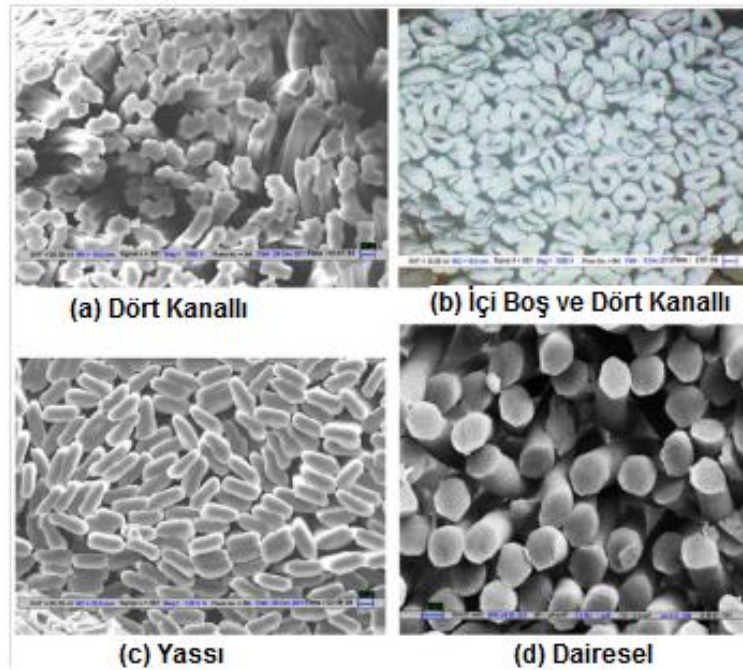
Çalışmada elde edilen sonuçlara göre iç katmanda poliester süprem örme

kumaşın, dış katmanda kaplama kumaşın kullanımının termal ve su buharı direnç değerlerine önemli etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Bu katmanların kullanımının su buharı direncini artırdığı, termal direnci yükselterek soğuktan korumaya yardımcı bulunduğu belirtilmiştir. Ara katmanda kullanılan dokusuz yüzeyin kalınlığı arttıkça su buharı direncinin de arttığı görülmüştür. Ayrıca giysi sisteminin termal ve su buharı direnç değerlerinin gramaj arttıkça arttığı, iğneleme yoğunluğu ve iğne penetrasyonu derinliği arttıkça azaldığı tespit edilmiştir.

Demiryürek ve Uysaltürk (2013) Viloft/pamuk ve Viloft/poliester örme kumaşların termal iletkenlik, termal emicilik, termal yayılım, termal direnç, nem iletimi ve hava geçirgenliği gibi konfor özelliklerini araştırmıştır. Bu amaçla, %100–%0, %67–%33, %50–%50, %33–%67 ve %0–%100 Viloft/pamuk ve Viloft/poliester karışımı 20 tex ring ipliklerinden süprem ve 1x1rib örme kumaşlar üretilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre genellikle karışımda Viloft oranının artmasıyla kumaşların termal özelliklerinin geliştiği belirlenmiştir. Viloft liflerinin iplikteki hava boşluklarını artırmasının yanında tüylülüğe neden olduğu ve bu durumun kumaş yapısı içerisinde hapsolmuş hava miktarını artırarak termal direnci artırdığı belirtilmiştir. 1x1 rib kumaşların süprem kumaşlara göre daha yüksek termal iletkenliğe ve termal emiciliğe sahip oldukları, karışımdaki Viloft oranının artışının termal emiciliği artırırken, termal yayılım değerini düşürdüğü gözlenmiştir. 1x1 rib kumaşların, süprem kumaşlara göre daha düşük hava geçirgenliği değerine sahip oldukları, Viloft oranının artışının hava geçirgenliğini düşürdüğü, su buharı geçirgenliğine etkisinin ise anlamlı olmadığı belirtilmiştir.

Manshahia ve Das (2014) farklı enine kesit yapılarındaki poliester liflerinden üretilmiş iplikler ve farklı numaralardaki elastan ipliklerden farklı ilmek iplik uzunluklarında üretilmiş örme kumaşların termofizyolojik konfor özelliklerini incelemiştir. Kumaşların termal ve su buharı direnç özellikleri terleyen sıcak levha cihazı ile, sıvı nem iletimi özellikleri MMT cihazı ile ölçülmüştür. Ayrıca kumaşların hava geçirgenliği ve kılcal emme özellikleri ölçülmüştür. Şekil 1.66’da gösterildiği gibi dört farklı enine kesit yapısında poliester multifilament kullanılmıştır.

Çalışma sonuçları incelendiğinde hava geçirgenliği açısından dairesel kesitli poliester liflerinden üretilen kumaşların diğerlerine nazaran üstün oldukları, ilmek iplik uzunluğunun artmasıyla geçirgenliğin arttığı, elastan ipliğinin kalınlığının artmasıyla geçirgenliğin düştüğü görülmüştür. İçi boş ve dört kanallı kesite sahip poliester liflerinin birlikte kullanıldığı ipliklerden üretilen kumaşların en yüksek termal dirence sahip olduğu, yassı kesitli poliester liflerinden üretilen kumaşların ise en düşük termal dirence sahip olduğu belirtilmiştir. İlmek iplik uzunluğunun artışının, kumaşların termal direncini düşürdüğü, ince elastan ipliklerinin kullanımının termal direnci artırdığı gözlenmiştir. Su buharı direnci açısından ise yüksekten düşüğe dört kanallı, içi boş ve dört kanallı karışımı, yassı ve dairesel kesitli poliester liflerinden üretilmiş kumaşlar olarak sıralanmıştır. İlmek iplik uzunluğunun artışı su buharı geçirgenliği indeksini artırırken, elastan ipliğinin kalınlığının artması düşürmektedir. Sıvı nem yönetimi açısından ise kumaşlar yüksekten düşüğe, dört kanallı, içi boş ve dört kanallı karışımı, yassı ve dairesel kesitli olmak üzere sıralanmaktadır. İlmek iplik uzunluğunun artışının sıvı nem yönetimini artırdığı ancak kılcal emmeyi düşürdüğü çalışmada ayrıca belirtilmiştir.



Şekil 1.66 Poliester liflerinin enine kesit görüntüleri (Manshahia ve Das, 2014)

BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Tez çalışması kapsamında farklı aktivite seviyelerinde ve çeşitli çevre koşullarında kullanılacak spor giysileri için koşullar dikkate alınarak uygun tasarımlar geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için beş aşamada giysilerin termal konfor özelliklerinin değerlendirilip konfor açısından avantajlı giysi geliştirilmesi planlanmıştır. Bu aşamalar:

- I- Aynı lif tipinden elde edilen iplikler ile farklı yapısal özelliklerde kumaşlar üretilerek uygun/avantajlı konstrüksiyon tipinin belirlenmesi,
- II- Farklı lif tiplerinden elde edilen iplikler ile aynı yapısal özelliklerde kumaşlar üretilerek uygun/avantajlı hammadde tipinin belirlenmesi,
- III- Seçilen uygun/avantajlı konstrüksiyon ve lif tipinde kumaşlar üretilerek konfor özelliklerinin incelenmesi,
- IV- Avantajlı özellikleri dikkate alınarak farklı özelliklerdeki çeşitli kumaş tipleri birleştirilerek fonksiyonel giysi tasarımlarının yapılması ve seçilen uygun tasarımın üretilmesi,
- V- Seçilen giysilerin termofizyolojik konfor özelliklerinin giyim denemeleri ile değerlendirilmesi ve sonuçların objektif ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması

Bu deney planı takip edilerek öncelikle aynı lif tipinden (pamuk) farklı örgü yapılarındaki örme kumaşlar üretilmiş, bu kumaşların sıvı nem iletimi ve termal konfor özellikleri ölçülerek konstrüksiyon açısından avantajlı olan kumaş tipleri belirlenmiştir. Hammaddenin etkisini belirlemek üzere doktora çalışmasına paralel olarak yürütülen bir araştırmanın (Öner, Atasağun, Okur ve Beden, 2013) bulguları kullanılmıştır. Bu kumaşların sıvı nem ve termal konfor ölçüm sonuçlarına göre avantajlı örme yapısı ve avantajlı hammadde tipleriyle yeni kumaşlar üretilmiş, termal konfor özellikleri ölçülmüştür. İnsan vücudunun termofizyolojik yapısına uygun olarak, vücudun farklı bölgelerinde farklı kumaş yapılarının birleştirilmesiyle

oluşturulacak giysiler (tişörtler) tasarlanmıştır. Yapılan tasarımlardan biri seçilerek avantajlı bulunan hammadde ve kumaş yapısı özellikleri dikkate alınarak çeşitli kombinasyonlarla üretilmiştir. Üretilen tişörtlerin termofizyolojik konfor özellikleri giyim denemeleri ile ölçülmüştür. Böylelikle spor giysilerinin termal konfor özellikleri tüm üretim aşamaları ve parametreleri dikkate alınarak incelenip, genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2.1.1 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmaları

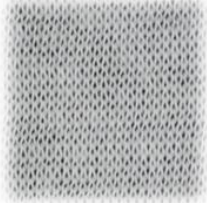
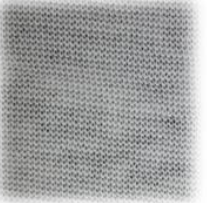
Birinci aşamaya uygun olarak, aynı tip iplikle üretimi yapılacak farklı örme tipleri belirlenmiştir. Bu örme tiplerinin belirlenmesinde sıcak ve soğuk hava için ayrı ayrı kullanılabilen spor giysilik kumaş yapıları dikkate alınmıştır. Farklı ilmek, askı ve atlama kombinasyonları kullanılarak farklı konstrüksiyonlarda kumaş yapıları elde edilmiştir.

İplik tipi olarak Ne 30/1, $\alpha=4,077$ ring penye triko pamuk ipliği seçilmiştir. Tüm kumaşlar için aynı partiden, aynı lotta iplikler üretim için ayrılmıştır. Ayrıca yalnızca futter yapı-3 için ara iplikte Ne 10/1, $\alpha=4,77$ open end pamuk/telef bağlama ipliği kullanılarak pazarda yaygın olarak kalın ipliklerin kullanıldığı bu tip futter yapılarda bu farkın etkisi incelenmek istenmiştir. Çalışmada kullanılan ipliklerin Uster Tester 4 SX düzgünsüzlük ölçüm cihazı ve Uster Zweigle Hairiness Tester -5 cihazıyla ölçülen düzgünsüzlük ve tüylülük özellikleri Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

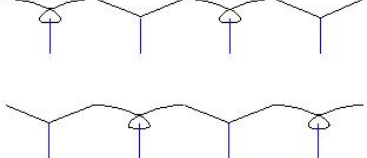
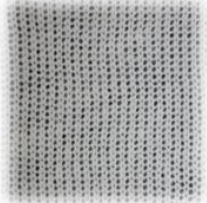
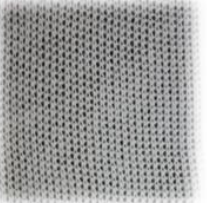
Tablo 2.1 Çalışmada kullanılan ipliklerin düzgünsüzlük ve tüylülük özellikleri

İplik No	% U %	%CVm %	İnce (- %50) /km	Kalın (+ %50) /km	Neps (+ %200) /km	Tüylülük (S3) /100m
Ne 30/1	9,61	12,11	0,0	13,0	32,0	2,0
Ne 10/1	11,03	13,89	1,0	29,0	317,0	18,0

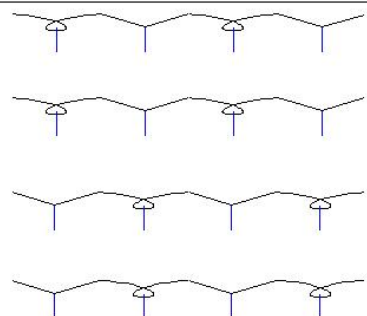
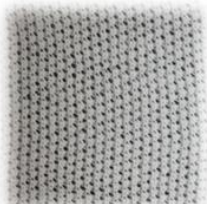
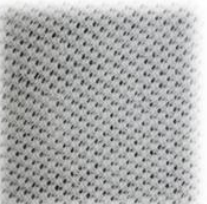
Tüm kumaşlar 813 mm (32 inç) çapında 28 E incelikte 2808 iğneli 2010 Model Relanit 3.2 II Mayer&Cie marka örme makinesinde örülmüştür. Her bir örme grubu sıkı-orta-gevşek olmak üzere üç farklı sıklıkta, kendi içlerinde aynı ilmek iplik uzunluklarında, aynı gerginlik ayarında örülmüştür. Yapının etkisini incelemek için, pazarda yaygın kullanılan örme yapılarının yanı sıra farklı ilmek, askı ve atlama kombinasyonları ile çeşitli örgü tipleri belirlenmiştir. Deney grubundaki kumaş tipleri Şekil 2.1 – 2.9’da gösterilmiştir. Kumaşların kodlarına göre gruplandırması Tablo 2.2’deki gibidir.

Kumaş Kodu	Örme Yapısı	Teknik Ön Yüz	Teknik Arka Yüz
1			

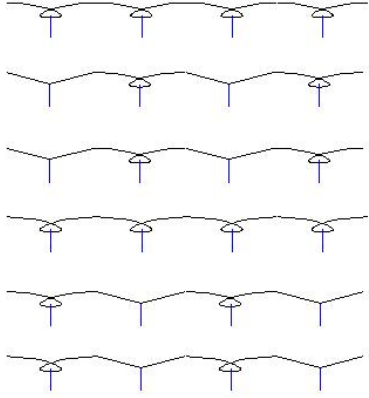
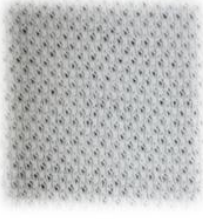
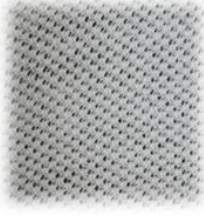
Şekil 2.1 Örme kumaş yapısı 1 (Temel-Süprem örgü)

Kumaş Kodu	Örme Yapısı	Teknik Ön Yüz	Teknik Arka Yüz
2			

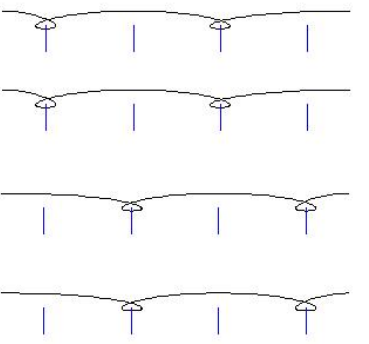
Şekil 2.2 Örme kumaş yapısı 2 (Askılı yapı 1)

Kumaş Kodu	Örme Yapısı	Teknik Ön Yüz	Teknik Arka Yüz
3			

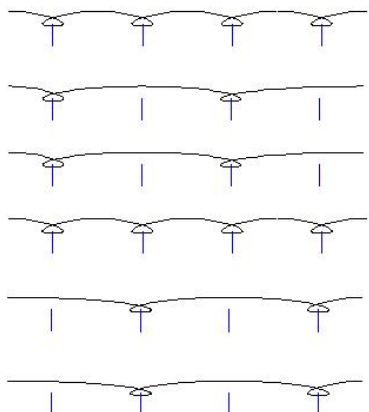
Şekil 2.3 Örme kumaş yapısı 3 (Askılı yapı 2)

Kumaş Kodu	Örme Yapısı	Teknik Ön Yüz	Teknik Arka Yüz
4			

Şekil 2.4 Örme kumaş yapısı 4 (Askılı yapı 3)

Kumaş Kodu	Örme Yapısı	Teknik Ön Yüz	Teknik Arka Yüz
5			

Şekil 2.5 Örme kumaş yapısı 5 (Atlamalı yapı 1)

Kumaş Kodu	Örme Yapısı	Teknik Ön Yüz	Teknik Arka Yüz
6			

Şekil 2.6 Örme kumaş yapısı 6 (Atlamalı yapı 2)

Kumaş Kodu	Örme Yapısı	Teknik Ön Yüz	Teknik Arka Yüz
7			

Şekil 2.7 Örme kumaş yapısı 7 (Futter yapı 1)

Kumaş Kodu	Örme Yapısı	Teknik Ön Yüz	Teknik Arka Yüz
8			

Şekil 2.8 Örme kumaş yapısı 8 (Futter yapı 2)

Kumaş Kodu	Örme Yapısı	Teknik Ön Yüz	Teknik Arka Yüz
9			

Şekil 2.9 Örme kumaş yapısı 9 (Futter yapı 3)

Tablo 2.2 Kumaş yapısı belirleme çalışmaları deney grubu

<u>Kumaş Kodu</u>	<u>Örgü Tipi</u>	<u>Sıklık</u>
1.1	Süprem	Sıkı
1.2	Süprem	Orta
1.3	Süprem	Gevşek
2.1	Askılı Yapı-1	Sıkı
2.2	Askılı Yapı-1	Orta
2.3	Askılı Yapı-1	Gevşek
3.1	Askılı Yapı-2	Sıkı
3.2	Askılı Yapı-2	Orta
3.3	Askılı Yapı-2	Gevşek
4.1	Askılı Yapı-3	Sıkı
4.2	Askılı Yapı-3	Orta
4.3	Askılı Yapı-3	Gevşek
5.1	Atlamalı Yapı-1	Sıkı
5.2	Atlamalı Yapı-1	Orta
5.3	Atlamalı Yapı-1	Gevşek
6.1	Atlamalı Yapı-2	Sıkı
6.2	Atlamalı Yapı-2	Orta
6.3	Atlamalı Yapı-2	Gevşek
7.1	Futter Yapı-1	Sıkı
7.2	Futter Yapı-1	Orta
7.3	Futter Yapı-1	Gevşek
8.1	Futter Yapı-2	Sıkı
8.2	Futter Yapı-2	Orta
8.3	Futter Yapı-2	Gevşek
9.1	Futter Yapı-3	Sıkı
9.2	Futter Yapı-3	Orta
9.3	Futter Yapı-3	Gevşek
9.4	Futter Yapı-3*	Sıkı

*Diğer futterlerden farklı olarak ara ipliği Ne 10/1 open end pamuk/telef ipliğidir.

Örülen kumaşlar daha sonra bazı terbiye işlemlerine tabi tutulmuştur. Kumaşlar sırasıyla Top açma → Optik ağartma → Enzim → Yumuşatma → Tüp kesme → Zincirli kurutma → Açık en sanfor işlemlerinden geçmiştir. Kumaşların optik ağartma, tüy dökücü enzim ve yumuşatma prosesleri Thies HT Roto Master marka 180 kg kazan kapasiteli makinede yapılmıştır. 143,6 kg kumaş kullanılarak 1/7.5 flotte oranında 98 °C’de 45 dakika süreyle uygulanan optik ağartma işleminin, 50 °C de pH 5-5,5 aralığında 5 dakika süreyle uygulanan enzim işleminin ve 40 °C de pH 5,5-6 aralığında 20 dakika süreyle uygulanan yumuşatma işleminin reçetesi Tablo 2.3’de verilmiştir.

Tablo 2.3 Kumaşlara uygulanan terbiye işlemleri

OPTİK AĞARTMA	
Kullanılan Kimyasal Madde	Konsantrasyon
MPS-L Milstap HP Konz. – Stabilizatör	1,00 g/l
MPS-L Barwet 79061 – Islatıcı	0,65 g/l
MPS-L Kostik (48 be)	5,00 g/l
MPS-L Hidrojen Peroksit (%50)	8,00 g/l
MANU Optic Co	% 0,3
ENZİM	
Kullanılan Kimyasal Madde	Konsantrasyon
MPS-L Asetik Asit	1,00 g/l
MPS-L Milper PG4 – Antiperoksit Enzimi	0,25 g/l
MPS-L Biopill 7M – Antipilling Enzimi	% 0,6
YUMUŞATMA	
Kullanılan Kimyasal Madde	Konsantrasyon
MPS-L Rucofin OPS – Zayıf Katyonik Yumuşatıcı	% 3

Uygulanan bu terbiye işlemleri, kumaşlara işletmelerde çoğunlukla uygulanan, pazarda istenen temel işlemlerdir. Üretilen kumaşların ölçülen yapısal özellikleri Tablo 2.4’de gösterilmiştir.

Tablo 2.4 Kumaşların yapısal özellikleri

Kumaş Kodu	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (mm)	Çubuk/cm	Sıra/cm	İlmek İplik Uzunluğu (mm)
1.1	136,61	0,51	13	22	2,45
1.2	127,25	0,64	12	17	3,17
1.3	95,97	0,58	12	11	3,81
2.1	146,73	0,68	11	13	2,85
2.2	131,34	0,75	11	10	3,28
2.3	118,92	0,88	9	8	4,21
3.1	181,07	0,73	12	16	2,43
3.2	134,75	0,80	11	11	3,03
3.3	115,12	0,83	10	8	4,05
4.1	160,64	0,77	11	21	2,44
4.2	131,45	0,83	10	16	3,19
4.3	115,90	0,84	9	13	3,99
5.1	203,82	0,72	15	22	1,56
5.2	169,04	0,64	15	16	1,87
5.3	138,01	0,63	15	12	2,16
6.1	186,04	0,71	14	38	1,93
6.2	148,17	0,65	14	26	2,29
6.3	129,46	0,66	14	20	2,40
7.1	178,80	0,83	13	18	1,89
7.2	135,35	0,73	12	13	2,25
7.3	109,30	0,64	11	10	2,73
8.1	212,13	0,90	12	18	1,67
8.2	155,75	0,69	12	13	1,88
8.3	131,94	0,68	12	10	2,15
9.1	237,02	1,16	9	15	2,93
9.2	179,12	1,04	9	11	3,22
9.3	158,25	0,98	9	9	3,71
9.4	333,13	1,63	9	16	2,91

2.1.2 Hammadde Tipi Belirleme Çalışmaları

İkinci aşama olan hammadde tipinin belirlenmesinde Öner ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları yol gösterici olmuştur. Söz konusu çalışma kapsamında 20 farklı lif tipinden elde edilen Ne 30/1 ipliklerden sabit makine ayarlarında 1x1 rib kumaşlar üretilmiş, sıvı nem ve termal konfor özellikleri ölçülmüştür. Doğal, rejenere, sentetik ve fonksiyonel liflerin tek başına ve karışım halinde kullanıldığı kumaşlar, benzer makine ayarlarında 762 mm (30 inç) çapında 18 E incelikte 62 beslemeli Mayer&Cie Relanit 3.2 II marka yuvarlak örme makinesinde örülmüştür. Üretilen tüm kumaşlar 80°C’de 15 dakika süre ile 2 g/l

Deolards yağ sökücü ile terbiye işlemine tabi tutulmuştur. Kurutulan kumaşlar relakse olması için 24 saat süre ile düz bir yüzeyde serili olarak bekletilmiştir. Kumaşların yapısal özellikleri Tablo 2.5’deki gibidir.

Tablo 2.5 Farklı lif tiplerinden üretilen kumaşların yapısal özellikleri (Öner ve ark., 2013)

Kumaş Kodu	Lif Tipi	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (mm)	Çubuk /cm	Sıra /cm	İlmek iplik uzunluğu (mm)
WO	%100 Yün	168,4	0,90	21	18	2,65
CO	%100 Pamuk	213,3	0,89	24	16	2,30
CV	%100 Viskon	161,3	0,68	20	16	2,84
CMD	%100 Modal	165,3	0,70	19	16	2,95
Micro-CMD	%100 Micromodal	169,2	0,69	20	16	2,85
Pro-CMD	%100 Promodal	164,5	0,64	19	15	2,97
CLY	%100 Tencel LF	171,3	0,72	19	16	2,89
PP	%100 Polipropilen	228,8	0,90	22	18	2,46
PES	%100 Poliester	199,3	0,91	24	15	2,25
Cool	%100 Coolmax	195,3	0,89	21	17	2,60
Thermo	%100 Thermolite	181,2	0,87	19	18	2,79
VIL/PP	%50/50 Viloft/Polipropilen	194,0	0,82	21	18	2,71
VIL/PES	%50/50 Viloft/Poliester	199,0	0,85	21	16	2,67
VIL/Cool	%50/50 Viloft/Coolmax	167,6	0,68	18	19	3,01
VIL/Thermo	%50/50 Viloft/Thermolite	174,2	0,74	19	19	2,80
VIL/PA	%50/50 Viloft/Naylon	232,8	0,81	22	19	2,55
VIL/PAN	%50/50 Viloft/Akrilik	192,0	0,84	22	16	2,48
VIL/WO	%50/50 Viloft/Yün	186,0	0,91	19	19	2,98
CO/Cool	%50/50 Pamuk/Coolmax	194,8	0,89	21	18	2,61
CO/CMD	%50/50 Pamuk/Modal	202,7	0,85	24	15	2,32

2.1.3 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi

Tez çalışmasının ilk iki aşamasında elde edilen sonuçlar ve kumaş üretim imkânları dikkate alınarak sıcak havalardaki yoğun aktivite koşulları için uygun kumaş tipleri belirlenmiş ve üretilmiştir. Seçilen tiplerin üretiminde kullanılan ipliklerin yapısal özellikleri Tablo 2.6’da gösterilmiştir.

Tablo 2.6 Seçilen tiplerin üretiminde kullanılan ipliklerin yapısal özellikleri

İplik No	Lif tipi	Düzensüzlük		Tüylülük (S3)	Büküm	
		% U	% CV _m		T/inç	Büküm Katsayısı (α_e)
Ne 30/1	%100 Pamuk	9,61	12,11	4320,50	22,33	4,08
	%100 Viskon	9,65	12,14	1218,00	22,56	4,12
	%100 Tencel LF	9,41	11,96	3813,00	21,57	3,94
	%100 Soya	9,63	12,16	1245,00	22,54	4,12
	%50/50 Pamuk/Coolmax	10,10	12,72	2581,00	22,50	4,11
	%100 Poliester	9,06	11,38	3233,67	22,23	4,06

Tüm kumaşlar 762 mm (30 inç) çapında 18 E incelikte 62 sistemli Mayer&Cie Relanit 3.2 II yuvarlak örme makinesinde örülmüştür. Her bir örme grubu daha önce çalışması yapılmış orta sıklıktaki pamuklu kumaşlara yakın sıklıkta, kendi içlerinde ve pamuklu kumaşlara yakın ilmek iplik uzunluklarında aynı gerginlik ayarında örülmüştür. Kumaşların kodlarına göre gruplandırması Tablo 2.7’deki gibidir.

Tablo 2.7 Çalışmada kullanılan kumaşların kodlarına göre gruplandırılması

Kod	Örgü Tipi	Lif Tipi	Özellik
1.1	Askılı Yapı	Pamuk	Doğal Selüloz
1.2	Askılı Yapı	Viskon	Rejenere Selüloz
1.3	Askılı Yapı	Tencel LF	Rejenere Selüloz
1.4	Askılı Yapı	Soya	Rejenere Protein
1.5	Askılı Yapı	Pamuk/Coolmax	Doğal/Sentetik
1.6	Askılı Yapı	Poliester	Sentetik
2.1	Atlamalı Yapı	Pamuk	Doğal Selüloz
2.2	Atlamalı Yapı	Viskon	Rejenere Selüloz
2.3	Atlamalı Yapı	Tencel LF	Rejenere Selüloz
2.4	Atlamalı Yapı	Soya	Rejenere Protein
2.5	Atlamalı Yapı	Pamuk/Coolmax	Doğal/Sentetik
2.6	Atlamalı Yapı	Poliester	Sentetik

Örülen kumaşlar, hammadde özelliklerine göre bazı temel terbiye işlemlerine tabi tutulmuştur. Pamuk/Coolmax, viskon ve Tencel LF kumaşlara hammadde tiplerine uygun ağartma işlemleri uygulanırken, soya ve poliester kumaşlara sadece yumuşatma ve yıkama uygulanmıştır. Hammadde tiplerine göre her bir kumaştan 10

kg olmak üzere 1/20 flotte oranında uygulanan ağartma, enzim ve yumuşatma işlemlerinin reçeteleri Tablo 2.8'deki gibidir.

Tablo 2.8 Seçilen Kumaşlara uygulanan terbiye işlemleri

Viskon ve Tencel LF Kumaşlara Uygulanan Terbiye İşlemleri	
Kullanılan Kimyasal Madde	Konsantrasyon
Uniform PYT – Kırık Önleyici	0,50 g/l
Wetto NFD – Islatici	0,50 g/l
Coroxide S	2,00 g/l
Sıvı Soda	10,00 g/l
Asetik Asit	1,00 g/l
Perox 2Y – Antiperoksit Enzimi	0,40 g/l
Pamuk/Coolmax Kumaşlara Uygulanan Terbiye İşlemleri	
Kullanılan Kimyasal Madde	Konsantrasyon
Solay DLM-K – Yağ Sökücü Islatici	1,00 g/l
Wetto NFD – Islatici	0,50 g/l
Coroxide S	4,00 g/l
Sıvı Kostik	3,00 g/l
Asetik Asit	1,00 g/l
Perox 2Y – Antiperoksit Enzim	0,40 g/l
Soya ve Poliester Kumaşlara Uygulanan Terbiye İşlemleri	
Kullanılan Kimyasal Madde	Konsantrasyon
Rucogen FWK	1,50 g/l
Sıvı Soda	5,00 ml/l
Asetik Asit	0,50 g/l

Uygulanan terbiye işlemleri, kumaşlara işletmelerde çoğunlukla uygulanan ve pazarda istenen temel işlemlerdir. Kumaşların ölçülen yapısal özellikleri Tablo 2.9'da gösterilmiştir.

Tablo 2.9 Seçilen kumaşların yapısal özellikleri

Kumaş Kodu	Gramaj (g/m²)	Kalınlık (mm)	Çubuk/cm	Sıra/cm	İlmek İplik Uzunluğu (mm)
1.1	134,75	0,80	11	11	3,03
1.2	150,45	0,88	11	13	3,12
1.3	153,26	0,87	10	12	3,32
1.4	158,95	0,89	10	12	3,20
1.5	164,92	0,94	11	12	3,38
1.6	157,18	0,93	11	12	3,22
2.1	148,17	0,65	14	26	2,29
2.2	188,53	0,69	15	24	2,74
2.3	191,44	0,70	15	23	2,72
2.4	197,53	0,74	16	23	2,73
2.5	196,19	0,81	16	24	2,71
2.6	197,88	0,75	16	24	2,77

2.1.4 Seçilen Avantajlı Kumaş Tiplerinden Fonksiyonel Giysi Tasarımı Çalışmaları

Ölçüm sonuçlarına göre genel olarak yüksek nem iletimi, düşük termal ve su buharı direnci özellikleri belirlenen atlamalı yapıların ve nefes alabilirliği yüksek olan askılı yapıların sıcak havalardaki aktivitelerde kullanılacak spor giysilerinin (tişörtlerin) tasarımında kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

Literatürdeki farklı aktivite seviyelerinde gerçekleştirilen giyim denemeleri ile deneklerin vücut yüzey sıcaklıklarının ve terleme seviyelerinin aktivite süresince değişimlerinin araştırıldığı çalışmalar incelenmiştir (Kim ve Spivak, 1994; Ruckman, Murray ve Choi, 1999; Wu, Zhang ve Li, 2009; Smith ve Havenith 2010; Fournet ve ark., 2013). Geliştirilmiş tasarımlar Şekil 2.10’da gösterilmiştir. Bu çalışmalara göre insan vücudunun termofizyolojik yapısı ve vücutta terlemenin fazla olduğu ve hava akımı oluşturulabilecek bölgeler dikkate alınarak tişört tasarımları yapılması planlanmıştır. Bu aşamada bir konfeksiyon firması ile iletişime geçilerek tasarlanan tişörtlerin üretimi sağlanmıştır.

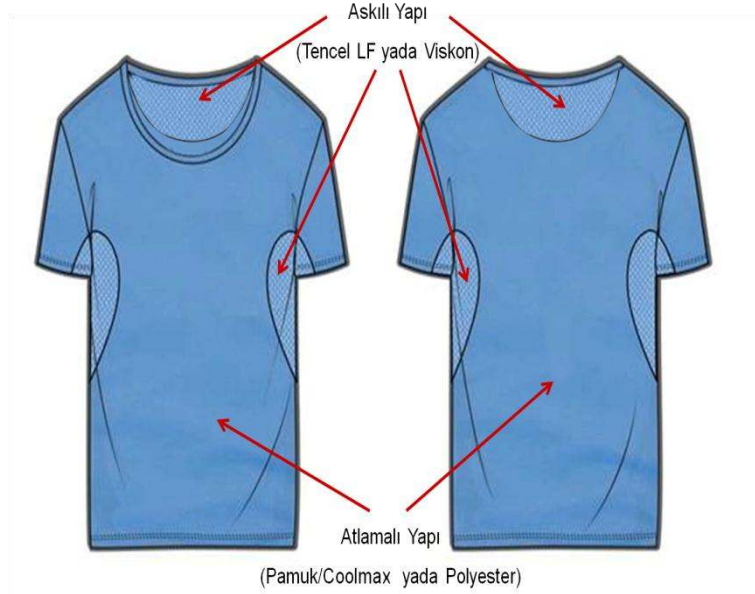


Şekil 2.10 Tez kapsamında geliştirilen tişört tasarımları

Şekil 2.10’da görüldüğü gibi askılı ve atlamalı kumaşların birlikte kullanıldığı dört kadın, beş erkek tişörtü tasarlanmıştır. Tişörtlerin ön ve arka yüzünde kullanılacak atlamalı yapılarda sıvı terin oluşması durumunda teri hızlıca emip uzaklaştırması için pamuk/Coolmax kumaşların kullanılması, havalandırma kanalları olarak kullanılan askılı yapılarda ise yüksek hava geçirgenliği ve düşük su buharı direnci değerleri ile Tencel LF kumaşların kullanılması planlanmıştır. Bunların yanında sıvı nem yönetim özellikleri pamuk/Coolmax kumaşlara yakın olan poliester kumaşlar ve nefes alabilirlik özellikleri Tencel LF kumaşlara yakın olan viskon kumaşlar üretim kolaylığı ve ekonomik ürün elde edilmesi göz önünde bulundurularak alternatif olarak üretim planına dahil edilmiştir.

Fonksiyonel tasarımlar arasından “9” numaralı erkek tişört tasarımı seçilerek üretilmesi planlanmıştır (Şekil 2.11). Ayrıca avantajlı bulunan askılı ve atlamalı kumaş yapılarının ayrı ayrı etkisinin görülmesi açısından sadece bu yapılardan

oluşan klasik tasarımdaki tişörtlerin de üretilmesi planlanmıştır. Tez çalışmasının üçüncü aşamasında üretimi gerçekleştirilen avantajlı hammadde ve kumaş yapısına sahip kumaşlar, iletişimde bulunulan firmaya iletilerek istenen özelliklerde tişörtler dikilmiştir. Tişörtlerin kodlarına göre gruplandırması Tablo 2.10'daki gibidir.



Şekil 2.11 Seçilen tişört tasarımının ayrıntılı gösterimi

Tablo 2.10 Tez kapsamında üretimi gerçekleştirilen tişört tipleri

Kod	Tişört Tipi	Hammadde Tipi
KAST	Klasik Askılı Tasarım	Tencel LF
KASPC	Klasik Askılı Tasarım	Pamuk/Coolmax
KATT	Klasik Atlamalı Tasarım	Tencel LF
KATPC	Klasik Atlamalı Tasarım	Pamuk/Coolmax
FTPC	Fonksiyonel Tasarım	Askılı Yapı-Tencel LF/ Atlamalı Yapı-Pamuk/Coolmax
FVP	Fonksiyonel Tasarım	Askılı Yapı-Viskon/ Atlamalı Yapı-Poliester

2.2 Metot

Doktora çalışması kapsamında deney planına göre üretilen farklı yapılarıdaki ve farklı hammaddelere sahip kumaş tiplerinden, testler için hazırlanan uygun numuneler, TS EN ISO 139 standardına göre standart atmosfer koşullarında ($20 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 2\%$ bağıl nem) 24 saat süreyle kondisyonlandıktan sonra yine kontrollü laboratuvar koşullarında ilgili testlere tabi tutulmuştur.

Deney planına göre kumaşların hava geçirgenliği, dikey kılcal emme, sıvı nem yönetimi, termal direnç ve su buharı direnci özellikleri ölçülmüş elde edilen bulgular, giyim denemelerinde kişilerin sıcaklık, ıslaklık ve genel konfor algıları için yapmış oldukları subjektif değerlendirmelerden elde edilen veriler ve bu sırada gerçekleştirilen fizyolojik ölçümler SPSS 19.0 İstatistiksel Paket Programı kullanılarak %95 güven aralığında ($\alpha=0,05$) çeşitli istatistiksel metotlar (varyans analizi, korelasyon, parametrik olmayan istatistiksel yöntemler vs.) kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca faktörlere bağlı olarak gruplar arasındaki farkları belirlemek üzere sonuçlar için alt setler oluşturan ve örneklem sayısının harmonik ortalamasını dikkate alan Student Newman-Kuels Post Hoc testi (SNK) uygulanmıştır.

Giyim denemelerinde kişilerin farklı zamanlarda vermiş oldukları yanıtlar arasındaki uyum Friedmann testi ile test edilmiştir. Friedmann testi, parametrik testlerin kullanımına ilişkin şartların sağlanmaması durumunda ilişkili veya tekrarlı ölçümler için tek-faktörlü varyans analizinin alternatifidir. Friedmann testi yapıldıktan sonra, tek yönlü varyans analizinin parametrik olmayan karşılığı olan Kruskal-Wallis H testi kişilerin vermiş olduğu subjektif cevaplara uygulanmıştır. Kruskal-Wallis H Testi parametrik olmayan verilere sahip ikiden fazla grubun ölçümlerinin karşılaştırılmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu test, k bağımsız örneğin, benzer ortanca değerli toplumların rastgele örnekleri olup olmadığını test etmek için kullanılmaktadır.

2.2.1 Kumaşların Fiziksel ve Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez çalışmasında kullanılan iplik ve kumaşlara ait iplik numarası, büküm faktörü, düzgünsüzlük, tüylülük, sıklık, ilmek iplik uzunluğu, metrekaire ağırlığı, kalınlık gibi özellikler ilgili standartlara uygun olarak belirlenmiştir.

İplik numaraları, otomatik metrik çıkırık ile bobinlerden 100'er metrelik iplik çileleri hazırlanıp, hassas terazide tartılarak TS 244 standardına göre ölçülmüştür. İpliklerin büküm seviyeleri, elektronik büküm ölçerinde TS 247 standardına göre

ölçülmüştür. İplik düzgünsüzlüğü, ince-kalın yer ve neps sayıları Uster Tester 4 SX cihazında TS 2394 standardına göre ve iplik tüylülüğü ise Uster Zweigle Hairiness Tester -5 cihazında TS 12863 standardına göre ölçülmüştür.

Kumaşların sıra ve çubuk sıklıkları TS EN 14971 standardına göre lup yardımıyla sayılmıştır. Bir ilmeği meydana getiren ipliğin uzunluğunun tespit edilebilmesi için, TS EN 14970 standardına uygun olarak her kumaş numunesinden 100 ilmek çubuğu içerecek şekilde 10 ar sıra sökölüp, 10 g ağırlık altındaki uzunlukları ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Elde edilen değerler, numunenin ön ve arka yüzünde bulunan toplam ilmek sayısına bölünerek ilmek iplik uzunluğu hesaplanmıştır. Kumaşlara ait verilen ilmek iplik uzunluğu değerleri, her bir örgü tipi için düz ilmek sıraları dikkate alınarak verilmiştir. Kumaş metrekare ağırlığı ölçümleri TS EN 12127 standardına göre yapılmıştır. Kumaş kalınlığı, TS 7128 EN ISO 5084 standardına göre 5 g/cm²'lik bir basınç altında James Heal R&B Kumaş Kalınlık Ölçeri'nde ölçülmüştür.

2.2.2 Kumaşların Hava Geçirgenliğinin Belirlenmesi

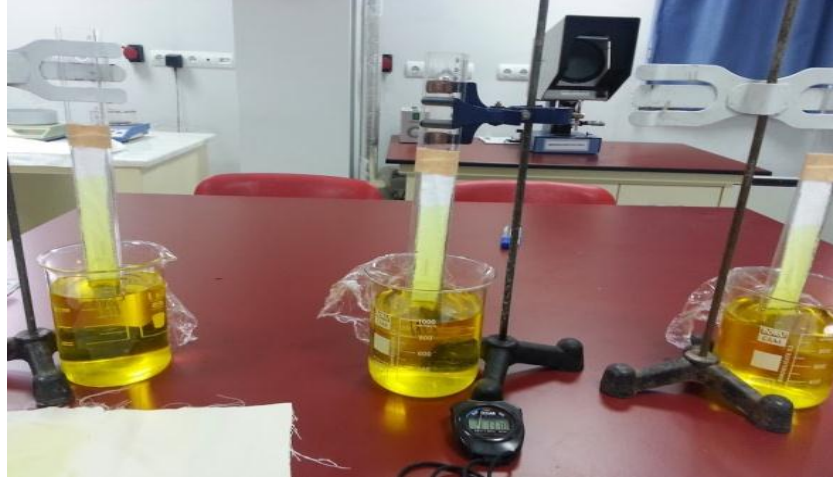
Hava geçirgenliği, havanın lifler, iplikler ve kumaş yapısı içerisinde geçebilme kabiliyetidir. Kumaşların hava geçirgenliği kumaşı oluşturan lif yapısı, iplik yapısı, kumaş konstrüksiyonu ve kumaşın gördüğü terbiye işlemlerinden etkilenen bir özelliktir. Hava geçirgenliği testleri, FX 3300 Hava Geçirgenliği Test Cihazı ile yapılmıştır (Şekil 2.12). TS 391 EN ISO 9237 test standartlarına göre normal kumaşlar için belirlenen test basıncı 100 Pa, uygulanan test alanı 20 cm² ve ölçüm birimi l/m²/s' olarak testler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.12 FX 3300 Air Permeability Tester (Kumaş Hava Geçirgenliği Ölçeri)

2.2.3 Kumaşların Dikey Kılcal Emme Özelliklerinin Belirlenmesi

Kumaşların su emicilik hızının ölçümü (Wicking - Velocity of suction of textile fabrics in respect of water – kılcal emme, yükselme seviyesi veya sıvı iletim hızı olarak da adlandırılmaktadır.) DIN 53924 standardına göre laboratuvar ortamında yapılmıştır. Söz konusu standarda göre 25 cm uzunluğunda, 3 cm eninde kesilerek hazırlanan kumaş örnekleri, dikey konumda, plastik bir cetvele ataç ile tutturularak, alttan ağırlık takılıp % 1'lik K_2CrO_4 (Merck) çözeltisine alt ucundan 2 cm daldırılmıştır. Belirlenen süre sonunda çözeltinin kumaşta yükselme uzunluğu mm olarak tespit edilmiştir. Örme kumaşlardan çubuk yönlerinde hazırlanan numunelerle sırasıyla 3, 10, 30, 60 dakika süreleri ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Dikey kılcal emme testi

2.2.4 Kumaşların Sıvı Nem Yönetimi Özelliklerinin Belirlenmesi

Kumaşların sıvı nem yönetimi özelliklerinin değerlendirilmesi SDL Atlas firması tarafından geliştirilen M290 Moisture Management Tester (MMT) Cihazında yapılmıştır (Şekil 2.14). AATCC Test metodu 195-2009'a göre numune kumaş, cihazda eşmerkezli olarak bulunan alt ve üst sensörler arasına yerleştirilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Standarda uygun olarak $8 \times 8 \pm 0,1 \text{ cm}^2$ boyutlarında beşer adet hazırlanan kumaş numuneleri test öncesi ultrasonik temizleyici kullanılarak beş dakika kadar temiz distile suda yıkanıp standart atmosfer koşullarında kurutulup 24 saat bekletilmiştir.



Şekil 2.14 SDL ATLAS M290 MMT Sıvı nem yönetimi test cihazı

2.2.5 Kumaşların Termal Direnç ve Su Buharı Direnci Özelliklerinin Belirlenmesi

Kumaşların termal direnç (R_{ct}) ve su buharı direnci (R_{et}) ölçümleri ISO 11092 standardına uygun olarak SDL Atlas firması tarafından geliştirilen M259B Sweating Guarded Hotplate (Terleyen Sıcak Levha) cihazında yapılmıştır (Şekil 2.15). Test için 30x30 cm² boyutlarında hazırlanan kumaş numuneleri standart atmosfer koşullarında kondisyonlandıktan sonra üç tekrarlı olarak test edilmiştir. Cihazda standarda uygun olarak deriyi simüle eden kumaşın konulduğu yüzeyin 35°C’de (insan deri sıcaklığı) tutulması sağlanırken, termal direnç ölçümleri için cihazın ortam koşulları standart atmosfer koşulları (20 °C ve %65 bağıl nem), su buharı direnci ölçümleri için ise ortam şartları 35 °C ve %40 bağıl nem olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.15 SDL ATLAS M259B terleyen sıcak levha sistemi

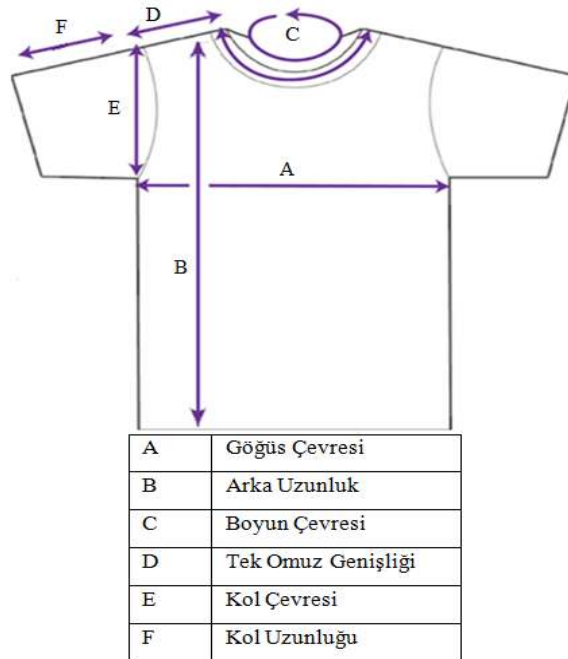
2.2.6 Giyim Denemeleri ile Termofizyolojik Konfor Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Üretilen tişörtlerin termofizyolojik konfor özelliklerinin belirlenmesi için giyim denemeleri gerçekleştirilmiştir. Giyim denemeleri için, Tekstil Mühendisliği Bölümü öğrencisi 5 erkek gönüllü seçilmiştir. Gönüllü özellikleri Tablo 2.11’deki gibidir.

Tablo 2.11 Giyim denemeleri gönüllülerine ait özellikler

Gönüllü No	Yaş	Doğum Tarihi	Boy (cm)	Kilo (kg)
1	23	30.04.1991	185	70
2	22	01.01.1991	176	74
3	22	16.01.1992	174	70
4	23	04.01.1991	173	80
5	23	03.01.1991	179	78

Her bir gönüllünün beden ölçüleri ayrı ayrı alınarak kişiye özel tişört üretimi yapılmıştır. Gönüllülerin göğüs genişliği, uzunluk, boyun çevresi, omuz genişliği, kol çevresi ve kol uzunluğu ölçüleri alınmıştır (Şekil 2.16). Böylelikle giysi ölçülerinin konfora etkisi elemine edilmeye çalışılmıştır. Giyim denemeleri sırasında gönüllüler, farklı özelliklere sahip olan aynı renkte altı tip tişört ve her bir denemede aynı eşofman, alt iç çamaşırı ve çorap giymişlerdir.



Şekil 2.16 Tişört üretimi için gönüllülerden alınan vücut ölçüleri

Giyim denemeleri sıcaklığı ve bağıl nemi kontrol altında tutulan laboratuvar koşullarında yapılmıştır. Çalışma için sıcaklık ve bağıl nem değerleri $24\pm0,5^{\circ}\text{C}$ ve $60\pm5\%$ olarak belirlenmiştir. Bu değerler, hafif aktivite sırasında kişilerin konforunu sağlamak ve yüksek aktivite yapıldığında kişilerin terlemesini sağlamak amacıyla, önceki çalışmalar dikkate alınarak seçilmiştir. Farklı özelliklere sahip olan tişörtler, üç tekrarlı olarak rastgele sıra ile test edilmiştir. Giyim denemeleri test prosedürü Tablo 2.12’de gösterilmiştir. Test prosedüründe belirtilen aşamalara göre gönüllülerin aktiviteleri aşama aşama Şekil 2.17’deki gibidir.

Tablo 2.12 Giyim denemeleri test prosedürü

No	Prosedür
1	Giyim denemelerinde kullanılan tüm giysiler TS 5720 standardına uygun olarak yıkanır.
2	Giyim denemelerinde kullanılacak olan tişörtlerin kuru ağırlıkları ölçülür.
3	Gönüllüler belirlenen laboratuvar koşullarında en az 10 dakika bekletilir.
4	Gönüllüler test giysilerini giyer, fizyolojik ölçümleri gerçekleştiren sensörler ve polar saat kişinin vücuduna takılır.
5	Gönüllüler test giysileri ile oturarak, 15 dakika serbest zaman geçirirler (Kitap okuma, müzik dinleme vs.).
6	Gönüllüler, 6 km/sa hızla 15 dakika koşu bandında yürüyüş yaparlar.
7	Gönüllüler, 9 km/sa hızla 15 dakika koşu bandında koşarlar.
8	Aktiviteler sonunda, gönüllüler 10 dakika dinlenme için bekletilir.
9	Gönüllüler test giysilerini çıkarır ve giysilerin yaş ağırlıkları ölçülür.



Şekil 2.17 Test prosedüründe belirtilen aşamalar

Test prosedüründe belirtilen her bir farklı aktivite düzeyi sonrasında gönüllülerin sıcaklık, ıslaklık ve genel konfor hissinin belirlenmesi amacıyla üç farklı, tek tanımlayıcı ve 5 noktalı Likert Değerlendirme Ölçeği kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ölçek Tablo 2.13’de gösterilmiştir.

Tablo 2.13 Giyim denemelerinde kullanılan ölçekler

Sıcaklık		Islaklık		Genel Konfor	
1	Soğuk	1	Kuru	1	Tamamen konforsuz
2	Serin	2	Hafif ıslak	2	Konforsuz
3	Nötr	3	Islak	3	Nötr
4	Ilık	4	Çok ıslak	4	Konforlu
5	Sıcak	5	Aşırı ıslak	5	Tamamen konforlu

Ayrıca kişilerin aktivite sonunda giymiş oldukları test giysilerini farklı konfor tanımlayıcıları ile 1 (hiç hissetmiyorum) ve 5 (tamamen hissediyorum) arasında beş noktalı başka bir Likert Ölçeği yardımı ile değerlendirmeleri istenmiştir (Tablo 2.14).

Tablo 2.14 Giyim denemelerinde kullanılan konfor tanımlayıcıları

	1	2	3	4	5
	Hiç hissetmiyorum	Az hissediyorum	Hissediyorum	Çok hissediyorum	Tamamen hissediyorum
Islaklık					
Yapışkanlık ve sarmalanma					
Sıvının emilmemesi					
Vücudun nefes alamaması					
İlk temas sırasında soğukluk					
Statik elektriklenme					
Kaşınıtı					
Vücutta tahriş					
Rahat hareket edememe					
Ağırılık					
Kalınlık					
Pürüzlülük					
Sertlik					
Batma					
Kalıp gibi olma					

Giyim denemeleri sırasında gönüllülerin mikroklima sıcaklıkları ve bağıl nemi (göğüs ve sırt) I-Button One Wire Viewer Datalogger cihazı ile 30 saniye aralıklarla ölçülmüştür. Gönüllülerin nabız değerleri Polar s810i cihazı yardımıyla 5 saniyede bir kaydedilmiştir. Şekil 2.18’de bu cihazlar gösterilmiştir.



Şekil 2.18 Sıcaklık/bağıl nem veri kaydediciler ve nabız ölçer saat sistemi

Şekil 2.19 ve 2.20’de sırasıyla datalogger ve polar saat cihazlarından alınan sıcaklık/bağıl nem ve nabız değeri grafik örnekleri görülmektedir.



Şekil 2.19 Datalogger cihazından alınan sıcaklık ve nem grafikleri



Şekil 2.20 Polar saat sisteminden alınan nabız değeri grafiği

Her bir tişörtün içerdiği nem miktarı ise, giyim denemelerinin başlangıcı ve sonunda test giysilerinin tartılmasıyla belirlenmiştir.

BÖLÜM ÜÇ

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında aktif spor yapan kişilerin kullanabileceği, farklı lif ve lif karışımlarından, farklı kumaş yapılarından üretilen giysilerin termal konforunun objektif, subjektif ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve termal konforu mevcutlara göre iyileştirilmiş spor giysileri geliştirilmesi amacına uygun olarak üretimi gerçekleştirilen kumaş ve tişörtlere uygulanan objektif ve subjektif ölçümlerin sonuçları bu bölümde değerlendirilmiştir.

3.1 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmalarına Ait Sonuçlar

Materyal ve Metot bölümünde açıklandığı gibi bu aşamada, geliştirilen dokuz farklı örgüde ve üç farklı sıklıkta toplam 27 tip pamuk örme kumaş üretilmiştir. Farklı ilmek, askı ve atlama kombinasyonlarına sahip bu örme kumaş yapılarına hava geçirgenliği, dikey su emicilik (kılcal emme), sıvı nem yönetimi, termal direnç ve su buharı direnci testleri uygulanmıştır.

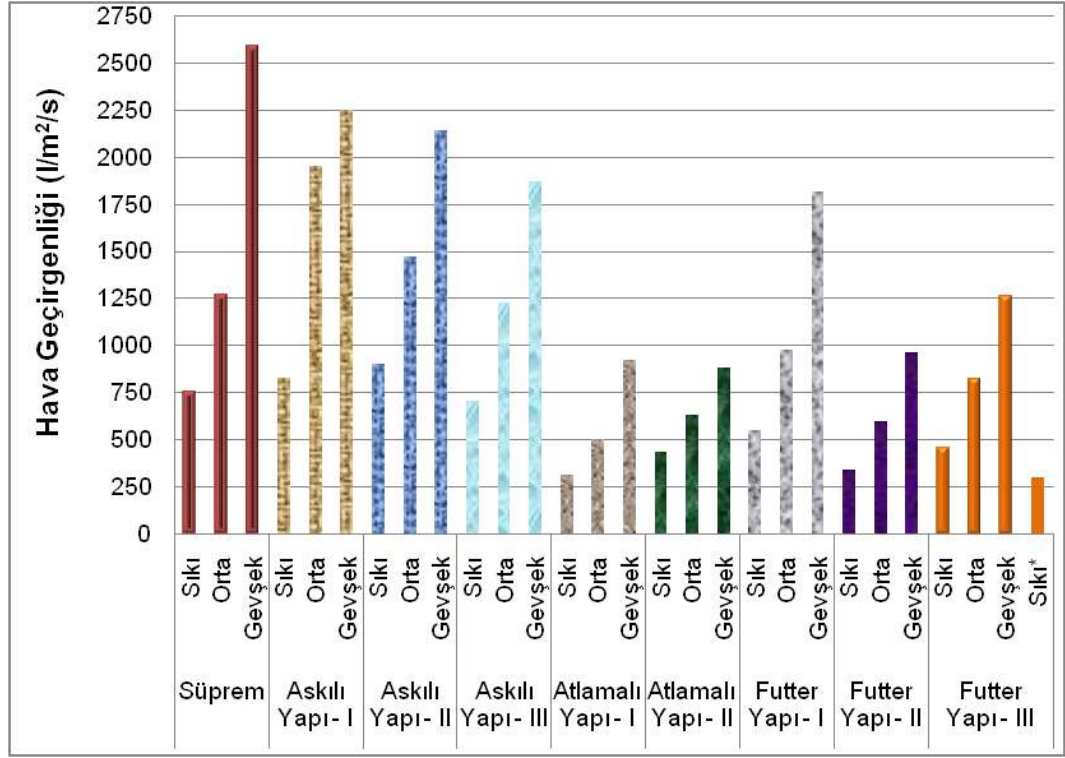
3.1.1 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmaları – Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

Hammadde sabit tutularak sistematik olarak örgü tipi ve makine sıklığının değiştirilmesiyle elde edilen örme kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları Tablo 3.1 ve Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi her örgü tipi için sıklık arttıkça hava geçirgenliği düşmüştür. Hava geçirgenliği kumaşın gözenekliliği ile doğrudan ilişkili olduğu için, sıklık artışının gözeneklilikte azalmaya ve dolayısıyla ölçülen hava geçirgenliği değerlerinde düşüşe neden olması beklenen bir sonuçtur. Hava geçirgenliğinin kumaş sıklığının ve yoğunluğunun artışıyla azalması bir çok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir (Kothari 2006; Bedek, Salaün, Martinlovska, Devaux ve Dupont, 2011; Bivainyté ve ark., 2012; Chidambaram ve ark., 2012; Gupta, Kothari ve Jhanji, 2014).

Tablo 3.1 Geliştirilen kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Örgü Tipi	Sıklık	Hava Geçirgenliği (l/m ² /s)
1.1	Süprem	Sıkı	755,10 (39,80)
1.2	Süprem	Orta	1268,00 (32,93)
1.3	Süprem	Gevşek	2591,00 (117,04)
2.1	Askılı Yapı-1	Sıkı	830,10 (34,70)
2.2	Askılı Yapı-1	Orta	1955,00 (63,99)
2.3	Askılı Yapı-1	Gevşek	2249,00 (129,90)
3.1	Askılı Yapı-2	Sıkı	898,60 (32,77)
3.2	Askılı Yapı-2	Orta	1474,00 (98,23)
3.3	Askılı Yapı-2	Gevşek	2144,00 (93,00)
4.1	Askılı Yapı-3	Sıkı	706,30 (28,08)
4.2	Askılı Yapı-3	Orta	1226,00 (61,50)
4.3	Askılı Yapı-3	Gevşek	1869,00 (73,85)
5.1	Atlamalı Yapı-1	Sıkı	315,40 (9,17)
5.2	Atlamalı Yapı-1	Orta	504,60 (24,60)
5.3	Atlamalı Yapı-1	Gevşek	921,70 (21,60)
6.1	Atlamalı Yapı-2	Sıkı	435,40 (23,26)
6.2	Atlamalı Yapı-2	Orta	628,90 (30,99)
6.3	Atlamalı Yapı-2	Gevşek	881,10 (34,71)
7.1	Futter Yapı-1	Sıkı	549,90 (26,15)
7.2	Futter Yapı-1	Orta	974,70 (44,04)
7.3	Futter Yapı-1	Gevşek	1818,00 (88,54)
8.1	Futter Yapı-2	Sıkı	337,20 (27,76)
8.2	Futter Yapı-2	Orta	594,20 (39,38)
8.3	Futter Yapı-2	Gevşek	964,90 (59,72)
9.1	Futter Yapı-3	Sıkı	453,30 (26,68)
9.2	Futter Yapı-3	Orta	817,40 (58,05)
9.3	Futter Yapı-3	Gevşek	1259,00 (67,24)
9.4	Futter Yapı-3*	Sıkı	297,90 (10,38)



Şekil 3.1 Geliştirilen kumaşlara ait hava geçirgenliği ölçüm sonuçları

Yapılan ölçümlerde en yüksek hava geçirgenliği değerine gevşek sıklıktaki süprem kumaşların (1.3 kodlu kumaş) sahip olduğu görülmüştür. Kalın ara iplik kullanılan Futter kumaşlar (10.4 kodlu kumaş) ile birlikte en düşük hava geçirgenliğine sıkı yapıdaki atlamalı yapı-1 kumaşları (5.1 kodlu kumaş) sahiptir. Genel olarak süprem kumaşlardan sonra askılı örgüye sahip kumaşlar yüksek hava geçirgenliği değerleri vermektedir. Atlamalı ve Futter kumaşlar ise söz konusu kumaşlara göre daha düşük hava geçirgenliğine sahiptir. İlmek, askı ve atlama kombinasyonları açısından bakıldığında atlamaların gözenekleri azaltarak hava geçirgenliğinin düşmesine sebep olduğu görülmektedir.

Yapılan varyans analizlerinde örgü tipi ve sıklık faktörlerinin her ikisinin de istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip oldukları görülmüştür. ($p < 0,05$). Örme kumaşların ölçülen hava geçirgenliği değerleri arasında makine sıklığına ve örgü tipine göre uygulanan SNK Post Hoc testi sonuçları Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Kumaşların hava geçirgenliği SNK testi sonuçları

Sıklık		Alt Küme		
	N	1	2	3
Sıkı	90	586,81		
Orta	90		1049,20	
Gevşek	90			1633,08
Anlamlılık		1,00	1,00	1,00

Örgü Tipi	N	Alt Küme						
		1	2	3	4	5	6	7
Süprem	30						1538,03	
Askılı Yapı-1	30							1678,03
Askılı Yapı-2	30						1505,53	
Askılı Yapı-3	30					1267,10		
Atlamalı Yapı-1	30	580,57						
Atlamalı Yapı-2	30		648,47					
Futter Yapı-1	30				1114,20			
Futter Yapı-2	30		632,10					
Futter Yapı-3	30			843,23				
Anlamlılık		1,00	0,37	1,00	1,00	1,00	0,075	1,00

SNK testi sonuçları makine sıklığı için, hava geçirgenliği değerlerinin sırasıyla gevşek, orta ve sıkı kumaşlar olmak üzere üç farklı gruba ayrıldığını göstermiştir. Örgü tipi açısından, kumaşlar yedi ayrı gruba ayrılmıştır. Ayrıca “Atlamalı Yapı-2” ile “Futter Yapı-2” ve “Süprem” ile Askılı Yapı-2” örgü tipleri aralarında istatistiksel olarak fark olmaksızın aynı grupta yer almıştır.

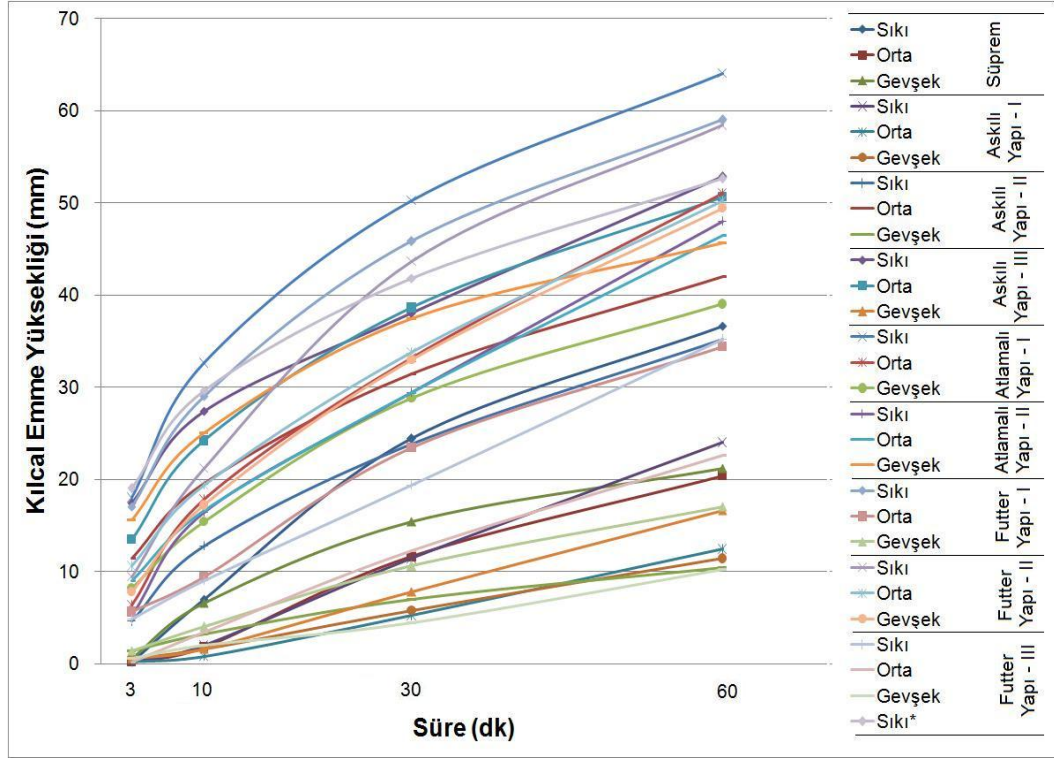
3.1.2 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmaları – Dikey Kılcal Emme Ölçüm Sonuçları

Kumaş yapılarına çubuk yönünde sırasıyla 3, 10, 30, 60 dakika süreleri ile dikey kılcal emme ölçümü yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.3 ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Her ne kadar dikey emicilik olarak bilinse de bu test yönteminde alt ucu sıvıya batırılan numunede doyuma ulaşan katman bir üst katmana sıvı iletimi yapmaktadır. Bu nedenle test sonuçlarında kumaşın kılcal davranışı, sıvıyı kapiler kuvvetler ile iletme yeteneği önemli olmaktadır.

Tablo 3.3 Geliştirilen kumaşların kılcal emme ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Örgü Tipi	Sıklık	mm/3dk	mm/10dk	mm/30dk	mm/60dk
1.1	Süprem	Sıkı	0,2 (0,01)	7,0 (0,53)	24,4 (1,71)	36,6 (2,70)
1.2	Süprem	Orta	0,2 (0,01)	1,8 (0,08)	11,6 (0,96)	20,4 (1,82)
1.3	Süprem	Gevşek	0,6 (0,02)	6,6 (0,35)	15,4 (1,35)	21,2 (1,93)
2.1	Askılı Yapı-1	Sıkı	0,2 (0,01)	2,0 (0,09)	11,4 (0,85)	24,0 (2,33)
2.2	Askılı Yapı-1	Orta	0,2 (0,01)	0,8 (0,01)	5,2 (0,51)	12,4 (0,71)
2.3	Askılı Yapı-1	Gevşek	0,6 (0,05)	1,6 (0,08)	5,8 (0,55)	11,4 (1,12)
3.1	Askılı Yapı-2	Sıkı	4,6 (0,41)	12,8 (1,29)	23,8 (2,11)	35,2 (4,02)
3.2	Askılı Yapı-2	Orta	11,4 (1,28)	19,6 (1,64)	31,4 (2,88)	42,0 (3,94)
3.3	Askılı Yapı-2	Gevşek	1,4 (0,13)	3,2 (0,28)	7,0 (0,73)	10,4 (0,94)
4.1	Askılı Yapı-3	Sıkı	17,4 (1,52)	27,4 (2,40)	38,0 (3,10)	52,8 (5,90)
4.2	Askılı Yapı-3	Orta	13,5 (1,28)	24,2 (2,56)	38,6 (3,23)	50,6 (4,89)
4.3	Askılı Yapı-3	Gevşek	0,6 (0,03)	1,6 (0,19)	7,8 (0,70)	16,6 (1,70)
5.1	Atlamalı Yapı-1	Sıkı	18,0 (1,41)	32,6 (2,30)	50,2 (3,03)	64,0 (2,91)
5.2	Atlamalı Yapı-1	Orta	6,4 (0,61)	17,8 (1,87)	33,2 (3,40)	51,0 (4,00)
5.3	Atlamalı Yapı-1	Gevşek	8,2 (1,08)	15,4 (1,59)	28,8 (2,60)	39,0 (3,14)
6.1	Atlamalı Yapı-2	Sıkı	5,2 (0,51)	16,4 (1,82)	29,4 (2,40)	48,0 (4,09)
6.2	Atlamalı Yapı-2	Orta	9,0 (0,93)	16,6 (1,64)	29,4 (2,77)	46,4 (2,61)
6.3	Atlamalı Yapı-2	Gevşek	15,6 (1,60)	25,0 (2,51)	37,4 (3,68)	45,6 (4,77)
7.1	Futter Yapı-1	Sıkı	17,0 (1,64)	29,0 (2,56)	45,8 (5,05)	59,0 (4,52)
7.2	Futter Yapı-1	Orta	5,6 (0,38)	9,4 (0,92)	23,4 (2,47)	34,4 (3,84)
7.3	Futter Yapı-1	Gevşek	1,4 (0,16)	4,0 (0,29)	10,6 (1,04)	17,0 (1,93)
8.1	Futter Yapı-2	Sıkı	9,4 (0,85)	21,2 (2,01)	43,6 (4,65)	58,4 (5,76)
8.2	Futter Yapı-2	Orta	10,6 (1,14)	19,4 (1,79)	33,8 (3,83)	50,2 (1,92)
8.3	Futter Yapı-2	Gevşek	7,8 (0,81)	17,2 (1,96)	33,0 (3,54)	49,4 (5,12)
9.1	Futter Yapı-3	Sıkı	4,8 (0,43)	9,0 (0,82)	19,4 (1,92)	35,2 (3,49)
9.2	Futter Yapı-3	Orta	0,2 (0,01)	3,4 (0,31)	12,2 (1,53)	22,6 (2,44)
9.3	Futter Yapı-3	Gevşek	0,6 (0,05)	2,0 (0,18)	4,4 (0,26)	10,2 (1,27)
9.4	Futter Yapı-3*	Sıkı	19,0 (1,43)	29,6 (2,68)	41,8 (4,32)	52,6 (6,02)



Şekil 3.2 Geliştirilen kumaşların kılcal emme ölçüm sonuçları

Deney sonuçları incelendiğinde, ilk 3 dakikalık ölçümde süprem örgü grubu (1. grup) ve askılı yapı-1 grubu (2. grup) kumaşların sıvı iletim seviyelerinin başlangıçta diğer kumaşlara göre çok daha düşük olduğu dikkat çekmektedir. Ölçüm süresi ilerledikçe kumaşların sıvı iletim seviyelerinde topluca bir yükselme gözlenirse de genel eğilim değişmemektedir. 60 dakika sonundaki ölçüm sonuçlarına bakıldığında sıkı seviyedeki atlamalı yapı 1 (5.1 kodlu kumaş), sıkı seviyedeki futter yapı 1 ve 2 (8.1 ve 9.1 kodlu kumaşlar) kumaşların en yüksek sıvı iletim seviyesine ulaştıkları görülmektedir. Klasik futter yapılı (10. Kumaş grubu) kumaşlar arasında ise kalın futter ipliği kullanılan 10.4 kodlu kumaşların belirgin bir şekilde en yüksek kılcal emme yüksekliği değerine sahip olduğu saptanmaktadır. Sıvı iletimleri açısından atlama kombinasyonuna sahip kumaşların askılı ve süprem kumaşlara göre daha yüksek değerler verdikleri dikkat çekmektedir.

İlmek, askı ve atlama kombinasyonları açısından bakıldığında atlamaların gözenekleri azaltarak temas yüzeyini ve dolayısıyla sıvının kılcal iletimini artırdığı düşünülmektedir. Aynı sebeple, kılcal emme ölçümlerinde sıklık seviyesi açısından

sıkı kumaşların da orta ve gevşek sıklıktaki kumaşlara göre daha yüksek değerler verdiği gözlenmektedir. Wong, Tao, Yuen ve Yeung'un (2001) sıvıların kapiler iletim prensibine göre açıkladıkları gibi daha küçük gözenekler ilk olarak sıvı ile dolmakta ve kapiler kuvvetlerle sıvıyı yukarı doğru itmektedir. Böylelikle küçük gözenekler sıvıyı daha yüksek kapiler basınçla ilerletmektedir.

Dikey kılcal emme ölçüm sonuçları açısından hava geçirgenliği sonuçlarının tersi bir durum söz konusudur. Hava geçirgenliği doğrudan kumaşın gözenekliliği ile ilişkili olduğu için, sıkı yapıdaki kumaşlarda ve atlamalı örgülerde gözeneklilik azalmış ve hava geçirgenliği değerleri düşmüştür. Ancak sıvının temas yoluyla iletimi artarak yüksek dikey su emicilik değerleri bulunmuştur.

Varyans analizi sonuçlarında örgü tipi ve sıklık faktörlerinin her ikisinin de istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip oldukları görülmektedir ($p<0,05$). Örme kumaşların 60 dakika sonunda ölçülen kılcal emme yüksekliği değerleri arasında makine sıklığına ve örgü tipine göre uygulanan SNK Post Hoc testi sonuçları Tablo 3.4'de gösterilmiştir.

Tablo 3.4 Kumaşların dikey kılcal emme SNK testi sonuçları

Sıklık	N	Alt Küme		
		1	2	3
Sıkı	45			45,91
Orta	45		36,67	
Gevşek	45	24,53		
Anlamlılık		1,00	1,00	1,00

Örgü Tipi	N	Alt Küme					
		1	2	3	4	5	6
Süprem	15		26,07	26,07			
Askılı Yapı-1	15	15,93					
Askılı Yapı-2	15			29,20			
Askılı Yapı-3	15				40,00		
Atlamalı Yapı-1	15						51,33
Atlamalı Yapı-2	15					46,67	
Futter Yapı-1	15				36,80		
Futter Yapı-2	15						52,67
Futter Yapı-3	15		22,67				
Anlamlılık		1,00	0,079	0,10	0,098	1,00	0,49

SNK testi sonuçları makine sıklığı için, kılcal emme değerlerinin sırasıyla sıkı, orta ve gevşek kumaşlar olmak üzere üç farklı gruba ayrıldığını göstermiştir. Örgü tipi açısından, kumaşlar altı ayrı gruba ayrılmıştır. Örgü tiplerinden “Atlamalı Yapı-1” ile “Futter Yapı-2” aralarında istatistiksel olarak fark olmaksızın aynı grupta yer almıştır. Bu örgü tipindeki kumaşlarda 60 dakika sonunda diğer kumaş gruplarına göre daha fazla kılcal sıvı iletimi görülmüştür. Süprem örgüye sahip kumaşlar ile askılı yapıdaki kumaşların ölçüm sonundaki kılcal emme değerleri düşük çıkarak diğer kumaşlardan ayrı grup oluşturmuştur. Futter yapılı kumaşlar içerisinde de “Futter Yapı-3” kumaş grubu, 1 ve 2 numaralı futter türevi yapılardan farklı olarak yapısında bulunan bağlama ipliğinin de etkisi ile daha kalın bir yapıya sahip olmuş ve sıvıyı yapısında tutup iletmediği için düşük kılcal emme değerine sahip grupta yer almıştır.

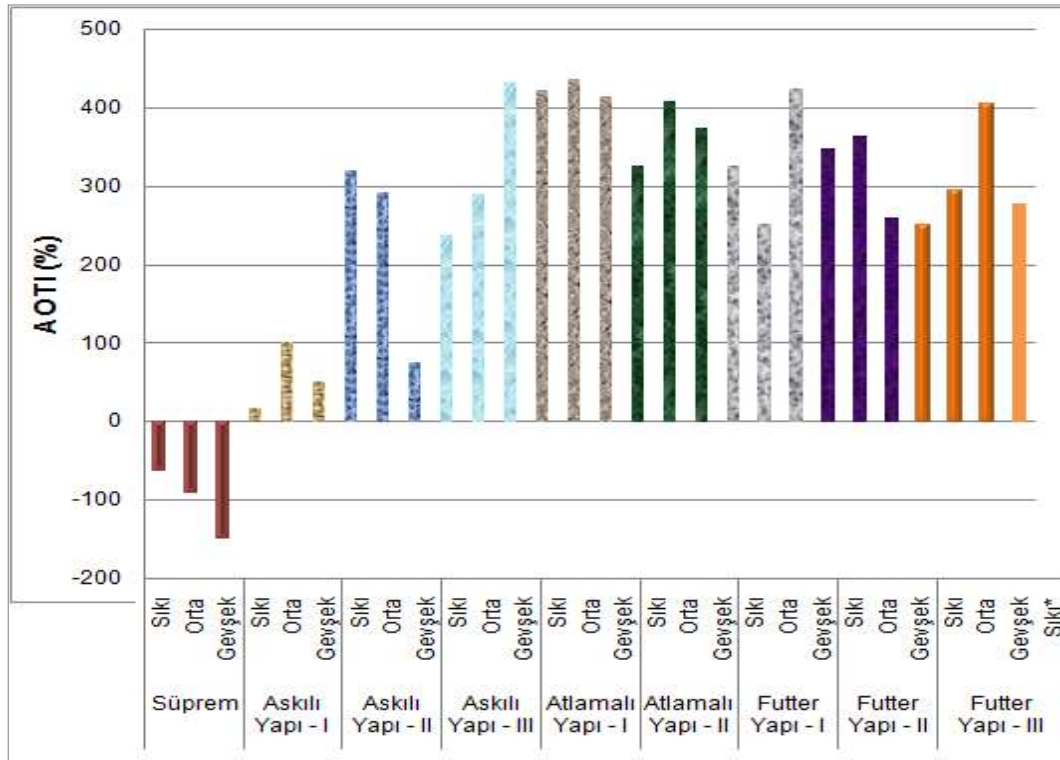
3.1.3 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmaları – Sıvı Nem Yönetimi Ölçüm Sonuçları

MMT test cihazı ile kumaşların çok yönlü sıvı nem yönetim performansları ölçülebilmektedir. Kumaşların sıvıyı emme, iletme, yayma gibi özellikleri belirlenerek genel ıslaklık konforu açısından yorum yapılabilir. Farklı örgü yapılarında ve farklı sıklıklarda örülmüş kumaşların sıvı nem yönetimi ölçüm sonuçları Tablo 3.5’de görülmektedir. Islanma süresi indeksi açısından alt yüzeyin üst yüzeyden daha uzun sürede ıslanması sıvının kumaşın bir yüzünden diğer yüzüne yavaş iletildiğini göstermektedir. Bu açıdan 1 numaralı süprem örgüye sahip kumaşların sıvıyı alt yüzeye geç iletmediği Tablo 3.5’de görülmektedir. 5 ve 6 numaralı atlamalı kumaşlarda ise kumaşın üst yüzey ile alt yüzeyinin yakın sürelerde ıslandığı, kumaşın bir yüzeyinden diğer yüzeyine hızlı sıvı iletildiği görülmektedir. Emilim oranı değerlerine bakıldığında 7, 8 ve 9 numaralı futter kumaşlarda futter ipliğinin de etkisiyle yüksek sıvı emilim oranı elde edildiği görülmektedir. Maksimum ıslak daire yarıçapı indeksleri ölçüm süresinde sıvının kumaşta yayıldığı alanı göstermektedir. Bu açıdan 1 numaralı süprem örgü kumaşlar ve 2 numaralı askılı kumaşlarda görülen düşük değerlere göre, bu yapıların sıvıyı emip düşük yüzey alanı oluşturarak kuruma süresini uzattığı söylenebilir. Aynı şekilde bu iki kumaş yapısında yayılma hızı indeksleri de göreceli olarak düşük ölçülmüştür.

Tablo 3.5 Geliştirilen kumaşların sıvı nem yönetimi ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Islama Süresi Üst (s)	Islama Süresi Alt (s)	Üst Emilim Oranı (%/s)	Alt Emilim Oranı (%/s)	Üst Maksimum Islak Daire Yarıçapı (mm)	Alt Maksimum Islak Daire Yarıçapı (mm)	Üst Yayılma Hızı (mm/s)	Alt Yayılma Hızı (mm/s)	AOTI (%)	OMMC
1.1	15,69 (0,54)	56,17 (6,91)	35,89 (4,54)	87,77 (9,52)	7 (2,23)	7 (2,23)	0,35 (0,04)	0,16 (0,03)	-63,57 (8,08)	0,254 (0,03)
1.2	13,91 (1,74)	74,62 (3,13)	32,30 (2,98)	59,02 (3,89)	6 (0,55)	5 (0,00)	0,36 (0,04)	0,16 (0,02)	-90,98 (10,90)	0,159 (0,02)
1.3	15,19 (0,41)	84,37 (9,62)	55,59 (6,78)	66,73 (7,23)	5 (0,00)	2 (0,30)	0,33 (0,01)	0,08 (0,01)	-149,15 (19,45)	0,185 (0,02)
2.1	16,73 (2,08)	88,61 (15,19)	46,41 (5,81)	100,48 (10,11)	6 (2,73)	5 (0,00)	0,30 (0,03)	0,09 (0,03)	17,67 (2,40)	0,253 (0,02)
2.2	25,32 (3,77)	42,47 (4,72)	28,99 (2,82)	62,27 (6,73)	8 (2,73)	8 (2,73)	0,29 (0,07)	0,27 (0,02)	102,10 (10,91)	0,422 (0,03)
2.3	16,01 (2,55)	77,09 (7,80)	45,92 (4,20)	35,01 (3,37)	5 (0,00)	4 (2,73)	0,32 (0,05)	0,15 (0,02)	52,02 (6,60)	0,241 (0,02)
3.1	18,31 (2,60)	14,44 (2,03)	29,03 (2,56)	121,79 (12,02)	14 (2,24)	14 (4,18)	0,77 (0,03)	1,04 (0,06)	320,98 (38,88)	0,563 (0,06)
3.2	9,96 (0,80)	8,73 (0,82)	49,28 (5,44)	72,68 (10,81)	19 (5,47)	17 (2,74)	2,60 (0,99)	2,21 (0,09)	292,99 (21,74)	0,663 (0,03)
3.3	17,04 (1,09)	41,56 (4,87)	52,76 (10,87)	146,47 (15,55)	6 (2,73)	7 (2,23)	0,41 (0,01)	0,30 (0,01)	76,60 (10,26)	0,396 (0,04)
4.1	9,34 (2,24)	9,91 (2,19)	80,99 (15,59)	80,42 (10,09)	17 (4,47)	15 (0,00)	2,00 (0,56)	2,16 (0,47)	237,35 (27,90)	0,612 (0,05)
4.2	8,05 (1,04)	8,04 (1,00)	65,63 (14,86)	88,25 (12,26)	24 (2,24)	20 (0,00)	3,27 (0,79)	3,18 (0,42)	290,67 (33,24)	0,773 (0,07)
4.3	21,89 (4,19)	19,72 (4,87)	18,10 (1,65)	303,12 (54,64)	12 (2,74)	13 (4,47)	0,44 (0,07)	0,45 (0,08)	433,43 (56,23)	0,731 (0,04)
5.1	7,84 (0,55)	7,80 (0,57)	58,17 (6,82)	84,12 (9,47)	22 (4,47)	20 (0,00)	2,69 (0,32)	2,77 (0,33)	422,51 (46,62)	0,843 (0,04)
5.2	7,35 (0,88)	7,28 (0,91)	54,09 (6,36)	94,08 (6,52)	23 (2,74)	18 (2,74)	2,82 (0,41)	2,74 (0,49)	436,82 (26,74)	0,878 (0,05)
5.3	7,73 (0,79)	7,70 (0,78)	59,52 (8,93)	81,92 (8,74)	22 (4,47)	17 (2,74)	2,50 (0,30)	2,41 (0,28)	415,34 (26,10)	0,813 (0,06)
6.1	10,18 (1,42)	10,57 (1,65)	78,85 (7,10)	85,39 (8,74)	17 (2,74)	16 (2,24)	1,83 (0,24)	2,64 (0,35)	326,36 (43,04)	0,750 (0,04)
6.2	6,89 (1,15)	6,93 (1,17)	54,37 (7,35)	83,11 (7,11)	22 (4,47)	18 (2,74)	3,04 (0,31)	2,84 (0,27)	408,13 (38,39)	0,845 (0,03)
6.3	7,05 (0,98)	7,01 (1,01)	62,30 (5,36)	87,09 (10,41)	25 (0,00)	19 (2,24)	3,51 (0,53)	3,11 (0,49)	375,71 (19,74)	0,863 (0,04)
7.1	6,89 (0,88)	7,17 (0,85)	70,37 (10,15)	81,22 (11,60)	25 (0,00)	21 (2,24)	3,87 (0,40)	3,94 (0,41)	327,18 (21,70)	0,834 (0,06)
7.2	10,30 (1,49)	16,44 (2,09)	68,79 (10,89)	147,01 (13,97)	23 (3,47)	19 (2,24)	2,42 (0,37)	2,93 (0,43)	252,00 (25,87)	0,721 (0,06)
7.3	27,77 (3,86)	13,81 (1,47)	16,31 (1,85)	130,56 (15,85)	17 (4,47)	14 (3,47)	0,53 (0,08)	0,49 (0,05)	425,69 (50,83)	0,689 (0,06)
8.1	8,78 (0,71)	8,89 (0,70)	63,62 (10,02)	78,07 (8,29)	17 (5,70)	18 (2,74)	2,22 (0,28)	2,50 (0,36)	349,28 (45,82)	0,748 (0,07)
8.2	6,60 (0,80)	6,79 (0,85)	60,61 (3,66)	78,31 (11,62)	24 (2,24)	20 (0,00)	3,49 (0,53)	3,09 (0,42)	364,32 (37,87)	0,823 (0,04)
8.3	10,01 (1,24)	9,75 (1,58)	69,74 (7,87)	83,41 (12,05)	20 (5,00)	17 (2,74)	2,03 (0,29)	2,20 (0,36)	259,91 (32,06)	0,648 (0,06)
9.1	9,82 (1,49)	11,46 (1,89)	60,36 (10,96)	89,38 (10,93)	21 (5,48)	18 (2,74)	2,64 (0,37)	2,69 (0,32)	250,51 (20,73)	0,668 (0,06)
9.2	15,94 (2,22)	22,21 (3,49)	39,52 (4,40)	208,14 (27,31)	12 (2,74)	12 (2,74)	0,53 (0,08)	0,47 (0,05)	295,31 (32,97)	0,578 (0,06)
9.3	15,77 (1,56)	23,61 (3,77)	29,42 (3,43)	223,55 (25,54)	13 (2,74)	12 (2,74)	0,57 (0,17)	0,46 (0,08)	405,70 (29,93)	0,531 (0,05)
9.4	7,27 (0,56)	8,50 (0,84)	47,95 (8,01)	48,59 (8,12)	14 (2,24)	10 (0,00)	1,69 (0,23)	1,12 (0,14)	277,69 (31,88)	0,483 (0,04)

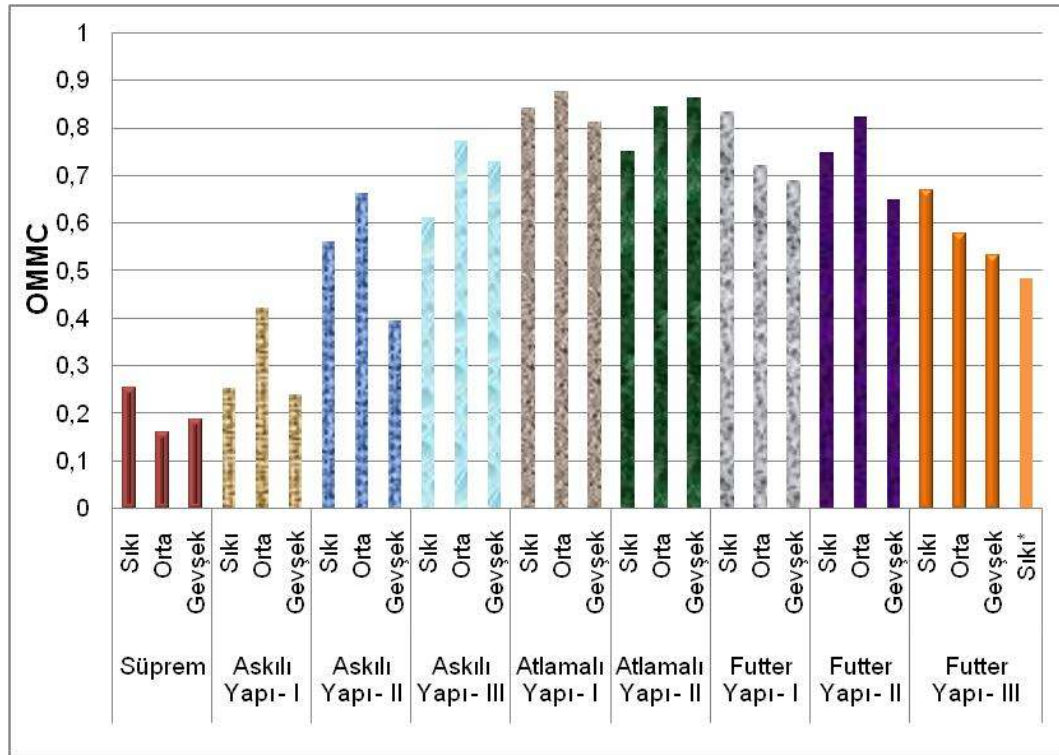
MMT test cihazı, kumaşların nem yönetim özelliklerine ilişkin birçok indeks değeri vermektedir. Bu değerler içerisinde kumaşın iki yüzü arasındaki kümülatif nem miktarı farkını gösteren AOTI ve sıvı nemin kumaştaki tüm yönetim performansını gösteren OMMC değerleri kumaşın nem konforu açısından genel bir fikir vermektedir. Kumaşların AOTI ve OMMC sonuçları sırasıyla Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Geliştirilen kumaşlara ait AOTI değerleri

Sonuçlar incelendiğinde süprem örgüye sahip kumaşların (1. grup) en düşük OMMC değerine sahip olduğu görülmektedir. Aynı şekilde bu kumaşların AOTI değerleri de eksi bulunmuştur. Bu sonuçlara göre bu kumaşların nem iletim performanslarının düşük olduğu, sıvıyı emdikleri ancak hızlı iletip uzaklaştıramadıkları için kullanıcıya ıslaklığı hissettirecekleri yorumu yapılabilmektedir. Bu sonuçlara benzer şekilde An ve ark. (2013) doğal ve rejenere liflerden üretilmiş farklı örgü tiplerindeki kumaşların sıvı nem yönetim özelliklerini inceledikleri çalışmada süprem örgüye sahip kumaşların sıvıyı emip geç ileterek düşük OMMC değerleri verdiklerini belirtmiştir. Düşük OMMC değeri sıralamasında

süprem kumaş grubunun ardından 2. grup askılı yapıdaki kumaşlar gelmektedir. 4. grup askılı kumaşlar, 5 ile 6. grup atlamalı kumaşlar ve 7 ile 8. grup futter yapı kumaş gruplarının yüksek OMMC değerlerine ve pozitif yönde yüksek AOTI değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Ayrıca kalın ara ipliğe sahip futter yapı kumaş (9.4 kodlu kumaş) diğer futter kumaşlara nazaran daha düşük sıvı nem yönetim performansı göstermiştir.



Şekil 3.4 Geliştirilen kumaşlara ait OMMC değerleri

İlmek, askı ve atlama kombinasyonu açısından ele alındığında, kumaş örgü yapısındaki askı ve atlamaların artmasıyla kumaşın nemi geniş bir yüzey alanına yayarak, buharlaştırmayı kolaylaştırdığı düşünülmektedir.

Çalışmada kullanılan örme kumaşlara örgü tipi ve sıklık için uygulanan çoklu varyasyon analizi sonucunda, Alt Emilim Oranı dışında tüm indeksler için her iki faktörün de anlamlı bir etkiye sahip oldukları görülmüştür ($p < 0,05$). Nem konforunun değerlendirilmesi için önemli olan AOTI ve OMMC indeksleri için de her iki faktörün anlamlı etkiye sahip oldukları saptanmıştır. Örme kumaşların ölçülen

OMMC ve AOTI değerleri arasında, makine sıklığına ve örgü tipine göre uygulanan SNK Post Hoc testi sonuçları sırasıyla Tablo 3.6 ve Tablo 3.7’de gösterilmiştir.

Tablo 3.6 Kumaşların AOTI değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları

Sıklık	N	Alt Küme	
		1	2
Sıkı	45		196,18
Orta	45		227,66
Gevşek	45	187,73	
Anlamlılık		1,000	0,860

Örgü Tipi	N	Alt Küme		
		1	2	3
Süprem	15	-228,69		
Askılı Yapı-1	15	-225,88		
Askılı Yapı-2	15		130,56	
Askılı Yapı-3	15			320,48
Atlamalı Yapı-1	15			424,89
Atlamalı Yapı-2	15			370,06
Futter Yapı-1	15			401,62
Futter Yapı-2	15			324,51
Futter Yapı-3	15			317,17
Anlamlılık		0,969	1,000	0,676

Tablo 3.7 Kumaşların OMMC değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları

Sıklık	N	Alt Küme	
		1	2
Sıkı	45		0,5964
Orta	45		0,6336
Gevşek	45	0,5193	
Anlamlılık		1,000	0,270

Örgü Tipi	N	Alt Küme			
		1	2	3	4
Süprem	15	0,1463			
Askılı Yapı-1	15	0,1848			
Askılı Yapı-2	15		0,4671		
Askılı Yapı-3	15			0,7054	0,7054
Atlamalı Yapı-1	15				0,8447
Atlamalı Yapı-2	15				0,8195
Futter Yapı-1	15				0,7481
Futter Yapı-2	15				0,7397
Futter Yapı-3	15			0,5922	
Anlamlılık		0,510	1,000	0,055	0,125

SNK testi sonuçlarına göre, sıkı ve orta sıklıktaki kumaşlar aynı grupta yer alırken

gevşek sıklıktaki kumaşlar daha düşük değerlerde ve tek başına bir grup oluşturmuştur. Örgü tipi açısından kumaşlar OMMC değerleri için dört alt gruba, AOTI değerleri için 3 alt gruba ayrılmıştır. Atlamalı ve 1. ve 2. grupfutter kumaşlar yüksek OMMC değerlerinde ve aynı grupta yer almıştır. Süprem kumaşlar ve 1. grup askılı kumaşlar düşük değerler ile aynı grup içerisinde yer almıştır. Aynı şekilde bu iki kumaş grubu eksi AOTI değerlerinde ve aynı grupta yer alırken, atlamalı ve futter yapıya sahip kumaşlar yüksek AOTI değerlerinde aynı grupta yer almıştır. MMT sonuçlarına göre süprem ve askılı yapı-1 örgü tiplerinde sıvının emilip iletiminin düşük olması bu iki kumaş yapısının aynı alt gruplarda yer almasını sağlamıştır.

Ayrıca kumaşların dikey kılcal emme ve sıvı nem yönetimi ölçüm sonuçları arasındaki korelasyon incelenmiş ve sonuçlar EK-1’de verilmiştir. MMT cihazı verilerinden alt ve üst ıslanma süresi ile kılcal emme sonuçları arasında ters yönlü istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki ($R=-0,613$ ile $R=-0,803$ arasında) görülmüştür. Islanma süresinin artması kumaşın nemi bünyesine çekerek iletmesinin düşük olduğunu göstermekte ve dolayısıyla kılcal emme değerlerini düşürmektedir. Sıvının iletimini ilgilendiren maksimum ıslaklık yarıçapı, yayılma hızı gibi indeksler ile kılcal emme değerleri arasında aynı yönlü güçlü ilişkilerin olması ($R=0,753$ ile $R=0,859$ arasında) dikkat çekicidir. Ölçülen AOTI ve OMMC değerleri ile 3, 10, 30 ve 60 dakikalık dikey kılcal emme ölçümlerinin arasında da aynı yönlü istatistiksel açıdan anlamlı ilişki ($R=0,426$ ile $R=0,690$ arasında) belirlenmiştir. Kumaşların kılcal emme ölçüm sonuçlarının MMT cihazından alınan sıvı iletim özellikleri ile ilgili sonuçlarla ilişkili çıkması, bu basit ve ucuz test yönteminin en azından kumaşların tek yönlü sıvı nem iletim özelliklerini incelemek için güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermesi açısından önemlidir.

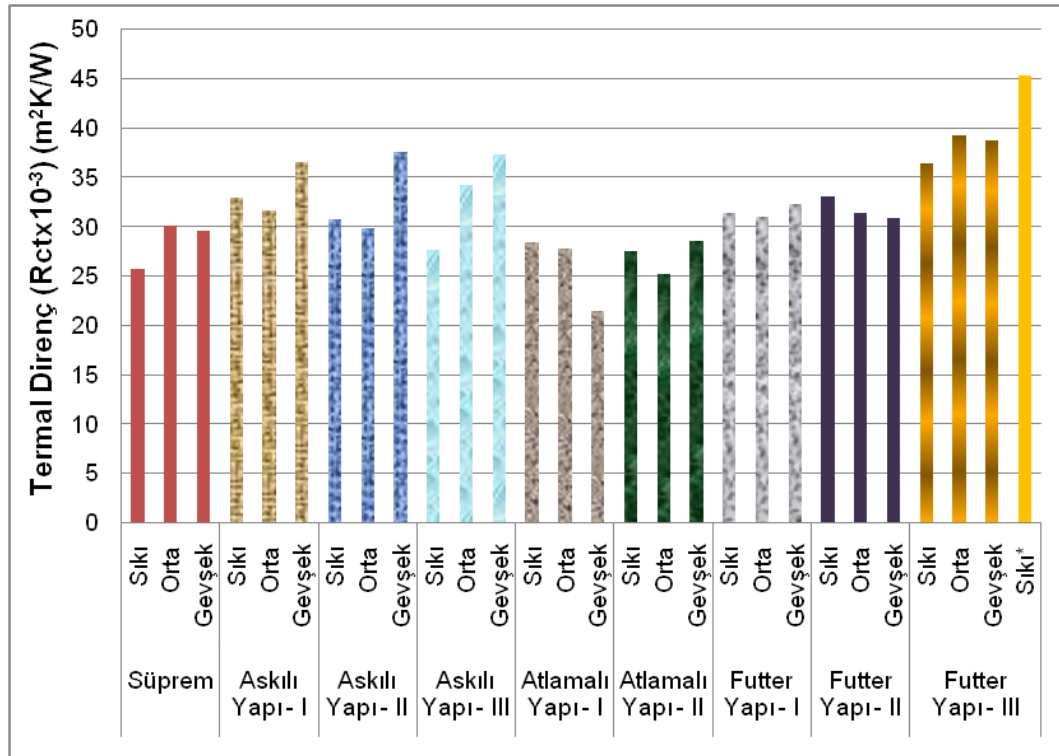
3.1.4 Kumaş Yapısı Belirleme Çalışmaları – Termal Direnç ve Su Buharı Direnci Ölçüm Sonuçları

Terleyen Sıcak Levha (Sweating Guarded Hotplate) cihazı kullanılarak ölçülen kumaş termal direnç değerleri Tablo 3.8 ve Şekil 3.5’de gösterilmiştir.

Tablo 3.8 Geliştirilen kumaşların termal direnç ve su buharı direnci sonuçları

Kumaş Kodu	Örgü Tipi	Sıklık	Termal Direnç (m ² K/W)	Su Buharı Direnci (m ² Pa/W)
1.1	Süprem	Sıkı	0,0258 (0,0010)	2,6442 (0,3220)
1.2	Süprem	Orta	0,0301 (0,0017)	2,1874 (0,3510)
1.3	Süprem	Gevşek	0,0296 (0,0011)	1,9186 (0,1466)
2.1	Askılı Yapı-1	Sıkı	0,0330 (0,0010)	3,6357 (0,1942)
2.2	Askılı Yapı-1	Orta	0,0316 (0,0015)	2,7288 (0,1053)
2.3	Askılı Yapı-1	Gevşek	0,0366 (0,0017)	2,7085 (0,3361)
3.1	Askılı Yapı-2	Sıkı	0,0307 (0,0015)	3,6307 (0,0551)
3.2	Askılı Yapı-2	Orta	0,0299 (0,0034)	3,5315 (0,3067)
3.3	Askılı Yapı-2	Gevşek	0,0375 (0,0024)	2,9422 (0,3752)
4.1	Askılı Yapı-3	Sıkı	0,0277 (0,0029)	3,7541 (0,3338)
4.2	Askılı Yapı-3	Orta	0,0343 (0,0014)	3,9104 (0,2584)
4.3	Askılı Yapı-3	Gevşek	0,0373 (0,0014)	3,8092 (0,2755)
5.1	Atlamalı Yapı-1	Sıkı	0,0284 (0,0012)	3,5373 (0,1320)
5.2	Atlamalı Yapı-1	Orta	0,0278 (0,0013)	3,1632 (0,3801)
5.3	Atlamalı Yapı-1	Gevşek	0,0215 (0,0018)	2,9826 (0,2356)
6.1	Atlamalı Yapı-2	Sıkı	0,0275 (0,0012)	3,5290 (0,0741)
6.2	Atlamalı Yapı-2	Orta	0,0252 (0,0035)	3,0602 (0,3460)
6.3	Atlamalı Yapı-2	Gevşek	0,0285 (0,0035)	2,9665 (0,2036)
7.1	Futter Yapı-1	Sıkı	0,0314 (0,0027)	3,8551 (0,1165)
7.2	Futter Yapı-1	Orta	0,0310 (0,0017)	3,3692 (0,1814)
7.3	Futter Yapı-1	Gevşek	0,0323 (0,0024)	3,1841 (0,1814)
8.1	Futter Yapı-2	Sıkı	0,0331 (0,0010)	4,2760 (0,2708)
8.2	Futter Yapı-2	Orta	0,0314 (0,0023)	3,6636 (0,2459)
8.3	Futter Yapı-2	Gevşek	0,0309 (0,0025)	3,5888 (0,2429)
9.1	Futter Yapı-3	Sıkı	0,0364 (0,0014)	4,7036 (0,2035)
9.2	Futter Yapı-3	Orta	0,0392 (0,0010)	4,3532 (0,3757)
9.3	Futter Yapı-3	Gevşek	0,0387 (0,0027)	4,1460 (0,3311)
9.4	Futter Yapı-3*	Sıkı	0,0453 (0,0021)	5,4180 (0,0841)

Ölçüm sonuçları incelendiğinde, kalın ara ipliği kullanılan futter kumaşın (9.4 kodlu kumaş) en yüksek termal direnç değere sahip olduğu görülmektedir. Bu kumaş yapısının en yüksek kalınlık değerine sahip olmasının termal direncinin daha yüksek olmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında 9. grup futter kumaşların genel olarak diğer kumaşlardan daha yüksek termal dirence sahip olması bu kumaş yapılarındaki ekstra futter ipliğinin etkisiyle daha yüksek kalınlık değerlerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Birçok araştırmacı çalışmalarında kumaşların termal iletkenlik davranışına etki eden en önemli parametrelerden birinin kalınlık olduğunu ve termal direnç ile kalınlık değerleri arasında doğru orantı olduğunu belirtmiştir (Stankovic ve ark., 2008; Wu ve Fan, 2008; Kothari, 2006; Sampath, Aruputharaj ve ark., 2011).



Şekil 3.5 Geliştirilen kumaşlara ait termal direnç ölçüm sonuçları

Oluşturulan kumaş yapıları içerisinde atlamalı yapıya sahip kumaşların (5 ve 6. gruplar) daha düşük termal dirence sahip oldukları görülmektedir. Askılı kumaşların (2, 3 ve 4. gruplar) ise yüksek termal direnç değerlerine sahip oldukları saptanmıştır. Bilindiği gibi durgun havanın termal iletkenlik değeri tekstil liflerine oranla çok daha düşüktür. Kumaş tasarımıındaki atlamaların örgü sıralarını birbirine yakınlştırarak

yapı içerisinde tutulan durgun hava miktarını diğer kumaşlara nazaran azaltmasıyla bu kumaşların daha düşük termal direnç değerlerine sahip olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında askılı yapılarda kumaş içerisinde daha fazla durgun hava hapsolabilmektedir. Morrissey ve Rossi'nin (2013) belirttiği gibi kumaş yapısına hapsolmuş durgun hava ısının taşınımıyla serbest bir şekilde transferini engelleyerek ısı kaybını en aza indirmektedir.

Varyans analizlerine göre örgü tipi ve sıklık faktörlerinin her ikisinin de termal direnç üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip oldukları belirlenmiştir ($p < 0,05$). Örme kumaşların ölçülen termal direnç değerleri arasında makine sıklığına ve örgü tipine göre uygulanan SNK Post Hoc testi sonuçları Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9 Kumaşların termal direnç SNK testi sonuçları

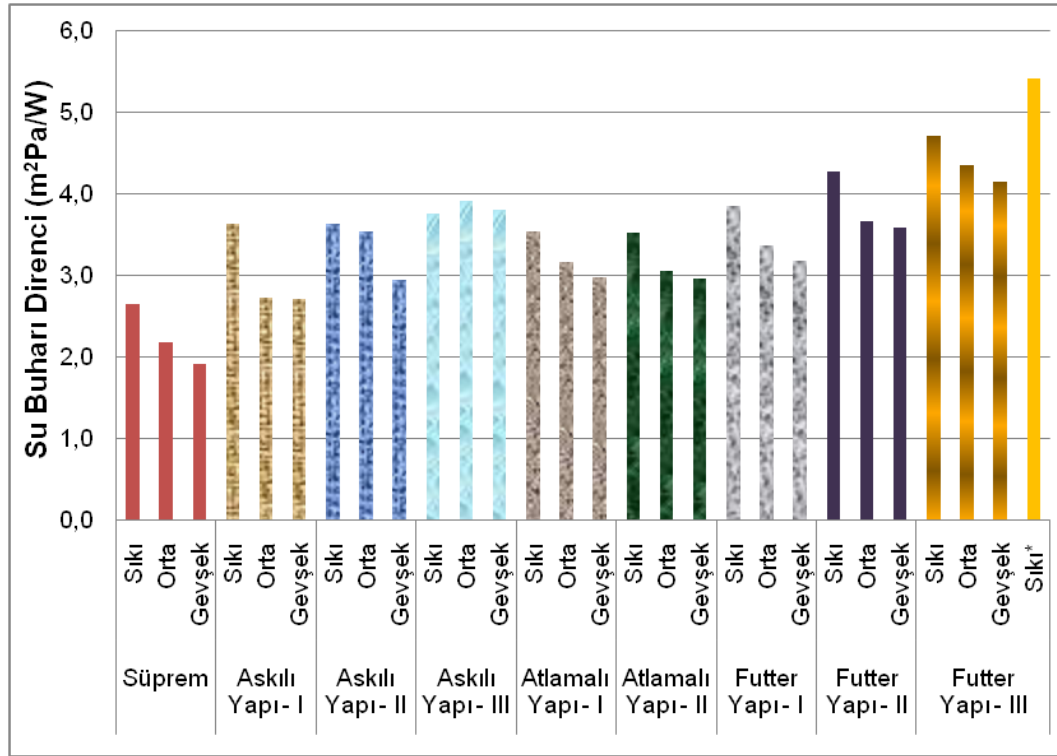
Sıklık	N	Alt Küme		
		1	2	3
Sıkı	27	0,0229		
Orta	27		0,0241	
Gevşek	27			0,0264
Anlamlılık		1,00	1,00	1,00

Örgü Tipi	N	Alt Küme			
		1	2	3	4
Süprem	9		0,0224		
Askılı Yapı-1	9				0,0275
Askılı Yapı-2	9				0,0287
Askılı Yapı-3	9				0,0273
Atlamalı Yapı-1	9	0,0185			
Atlamalı Yapı-2	9	0,0193			
Futter Yapı-1	9		0,0218		
Futter Yapı-2	9			0,0254	
Futter Yapı-3	9				0,0294
Anlamlılık		0,312	0,496	1,000	0,080

SNK testi sonuçları makine sıklığı için, termal direnç değerlerinin sırasıyla sıkı, orta ve gevşek kumaşlar olmak üzere üç farklı gruba ayrılacağını göstermiştir. Sıklık arttıkça termal direnç değeri düşüş göstermiştir. Bunun nedeni, sıklık azaldıkça kumaş yapısındaki durgun hava miktarının artması ve dolayısıyla ısı geçişinin azalmasıdır. Örgü tipi açısından, kumaşlar dört ayrı gruba ayrılmıştır. 5. ve 6.

atlamalı örgü yapısı grupları en düşük termal direnç değerleri ile aynı grupta yer almıştır.

Kumaşların su buharı direnci ölçümlerine ait sonuçlar Tablo 3.8 ve Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Geliştirilen kumaşlara ait su buharı direnci ölçüm sonuçları

Su buharı direnci değerleri incelendiğinde hava geçirgenliği değerleri ile ters orantılı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bunun nedeni su buharı geçirgenliğinin de hava geçirgenliğinde olduğu gibi kumaş gözenekliliği ile yakından ilgili olmasıdır. Literatürdeki bir çok çalışmada benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Celcar ve ark., 2008a; Cimilli ve ark., 2009; Gorjanc ve ark., 2012; Cubric ve ark., 2013).

Sıklık etkisi dikkate alındığında kumaştaki sıklık artışının su buharı direncini artırdığı görülmektedir. Kumaş sıklığı arttıkça kumaş yapısındaki gözenekler azaltarak su buharının geçişini zorlaştırmaktadır.

Geliştirilen örme kumaşlar içerisinde en düşük su buharı direnci değerine gevşek sıklıktaki süprem örgüler sahiptir. 9. grup Futter örgülerde ise ekstra bağlama ipliği kumaşı daha kalın ve yoğun bir yapıya dönüştürdüğü için en yüksek su buharı direnci değeri bu kumaşlarda tespit edilmiştir. Sıvı nem yönetimi ve dikey kılcal emme ölçümlerinde yüksek değerler / iyi sonuçlar elde edilen atlamalı kumaşların (5. ve 6. gruplar) su buharı direnci testlerinde ise göreceli olarak vasat değerler elde edilmiştir.

Kumaşların su buharı direnci üzerinde örgü tipi ve sıklık faktörlerinin her ikisinin de istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip oldukları belirlenmiştir ($p<0,05$). Uygulanan SNK Post Hoc testi sonuçları Tablo 3.10'daki gibidir.

Tablo 3.10 Kumaşların su buharı direnci SNK testi sonuçları

Sıklık	N	Alt Küme	
		1	2
Sıkı	27		2,8135
Orta	27	2,4550	
Gevşek	27	2,3224	
Anlamlılık		0,142	1,000

Örgü Tipi	N	Alt Küme				
		1	2	3	4	5
Süprem	9	1,4340				
Askılı Yapı-1	9		2,0750			
Askılı Yapı-2	9		2,2494	2,2494		
Askılı Yapı-3	9				2,9685	
Atlamalı Yapı-1	9		2,4116	2,4116		
Atlamalı Yapı-2	9		2,3691	2,3691		
Futter Yapı-1	9			2,6534		
Futter Yapı-2	9				3,0268	
Futter Yapı-3	9					3,5849
Anlamlılık		1,000	0,141	0,054	0,707	1,000

SNK testi sonuçları incelendiğinde makine sıklığı açısından sıkı kumaşlar tek başına en yüksek su buharı direnci değerini alırken, gevşek ve orta sıklıktaki kumaşların daha düşük değerlerle aynı grupta yer aldıkları görülmektedir. Bu sonuca göre, su buharı direnci değeri açısından gevşek ve orta sıklık seviyeleri benzer etkiye sahiptir. Örgü tipi açısından ise 1. grup kumaşlar en düşük, 9. grup kumaşlar en

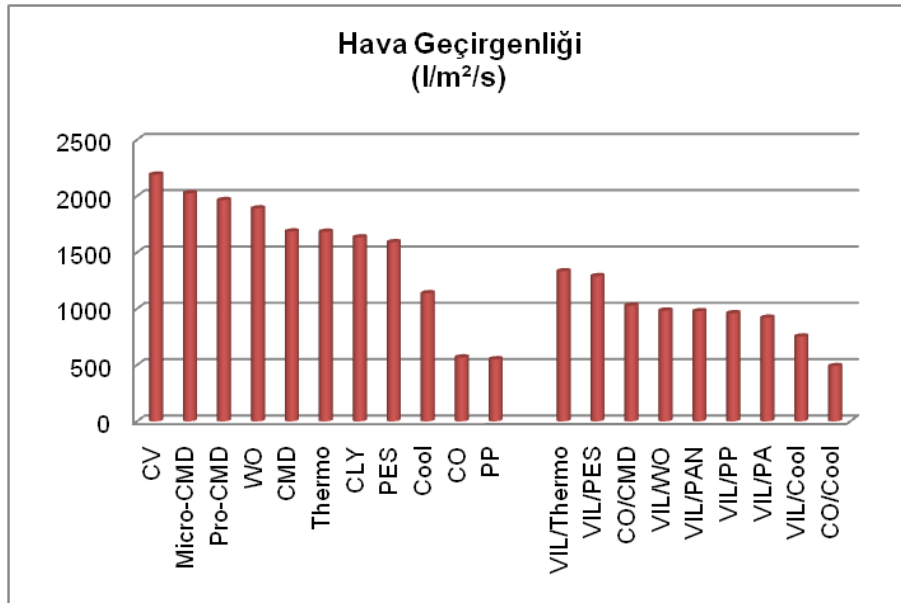
yüksek su buharı direnci değerleri alırken, 2 ve 3 numaralı askılı kumaşlar ve 5 ve 6 numaralı atlamalı kumaşlar birbirine yakın su buharı direnci değerleri almıştır.

3.2 Hammadde Tipi Belirleme Çalışmalarına Ait Sonuçlar

Çalışmada kullanılacak olan termal konfor açısından avantajlı hammadde tipinin belirlenmesi aşamasında Öner ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışma temel alınmıştır. Bu çalışma kapsamında 20 farklı lif tipinden elde edilen Ne 30/1 ipliklerden sabit makine ayarlarında 1x1 rib örme kumaşların hava geçirgenliği, sıvı nem yönetimi, termal direnç ve su buharı direnci özellikleri ölçülmüş ve elde edilen bulgular değerlendirilerek bir sonraki aşamada hammadde-konstrüksiyon eşleştirmeleri yapılmıştır.

3.2.1 Hammadde Tipi Belirleme Çalışmaları – Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

Materyal ve Metot bölümünde yapısal özellikleri verilen kumaşların ISO 9237'ye göre Textest FX 3300 Hava Geçirgenliği Ölçeri ile ölçülen hava geçirgenliği sonuçları Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

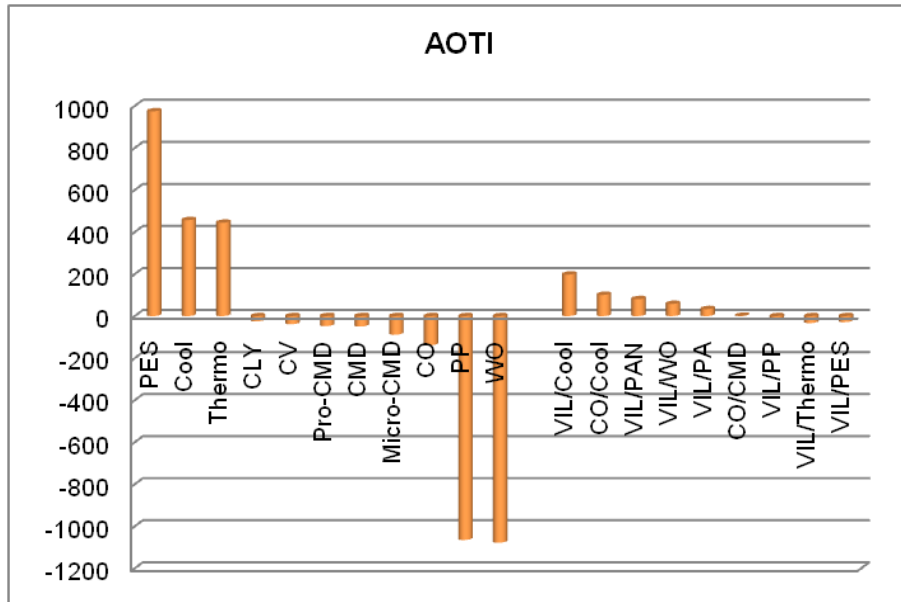


Şekil 3.7 Farklı hammadde tiplerine sahip kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları (Öner ve ark., 2013)

Şekil 3.7’den görüldüğü üzere, rejenere selüloz kumaşların hava geçirgenliği değerleri genel olarak diğer kumaşlardan yüksek olma eğilimindedir. Tek hammadde içeren kumaşlar arasında en yüksek değere viskon kumaşlar, en düşük değerlere %100 pamuk ve %100 polipropilen kumaşlar sahiptir. Karışım kumaşlar ile tek lif cinsi içeren kumaşlar karşılaştırıldığında ise pamuk ve polipropilen dışında tüm kumaşlarda karışım kumaşların tek hammadde içeren kumaşlara göre daha düşük hava geçirgenliği gösterdiği görülmüştür. Fonksiyonel lif içeren kumaşlar arasında en yüksek değere %100 Thermolite kumaşlar sahipken, karışım kumaşları arasında ise yine Viloft/Thermolite en yüksek değere sahiptir.

3.2.2 Hammadde Tipi Belirleme Çalışmaları – Sıvı Nem Yönetimi Ölçüm Sonuçları

Öner ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada deney grubundaki kumaşların sıvı nem yönetimi özellikleri MMT cihazı ile ölçülmüş, elde edilen indeksler arasından AOTI ve OMMC üzerinde durularak analizler yapılmıştır. Kumaşlara ait AOTI ve OMMC değerleri sırasıyla Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’da gösterilmiştir.

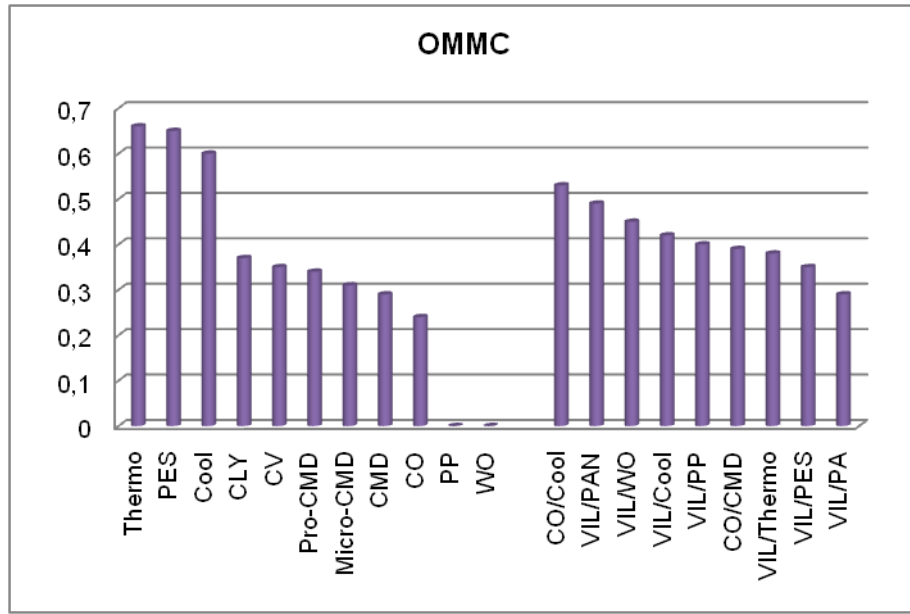


Şekil 3.8 Farklı hammadde tiplerine sahip kumaşların AOTI değerleri (Öner ve ark., 2013)

AOTI değerleri incelendiğinde, %100 polipropilen ve %100 yün kumaşların oldukça düşük ve negatif değerlere sahip oldukları görülmektedir. Lif tiplerinin

Viloft ile karıştırılmasının etkisi incelendiğinde ise Viloft/polipropilen ile Viloft/yün karışımları dışında liflerinin tümünün Viloft ile karıştırıldığında AOTI değerlerinin tek başına kullanıldıkları hallerine göre düşüş gösterdiği tespit edilmiştir.

OMMC değerleri 0 ile 0,66 arasında değişim göstermektedir. %100 Thermolite, poliester ve Coolmax kumaşlar en yüksek OMMC değerlerine sahiptir. %100 polipropilen ve yün kumaşlarda ise ölçüm süresi (120s) boyunca sıvı transferinin gerçekleşmediği belirlenmiştir.



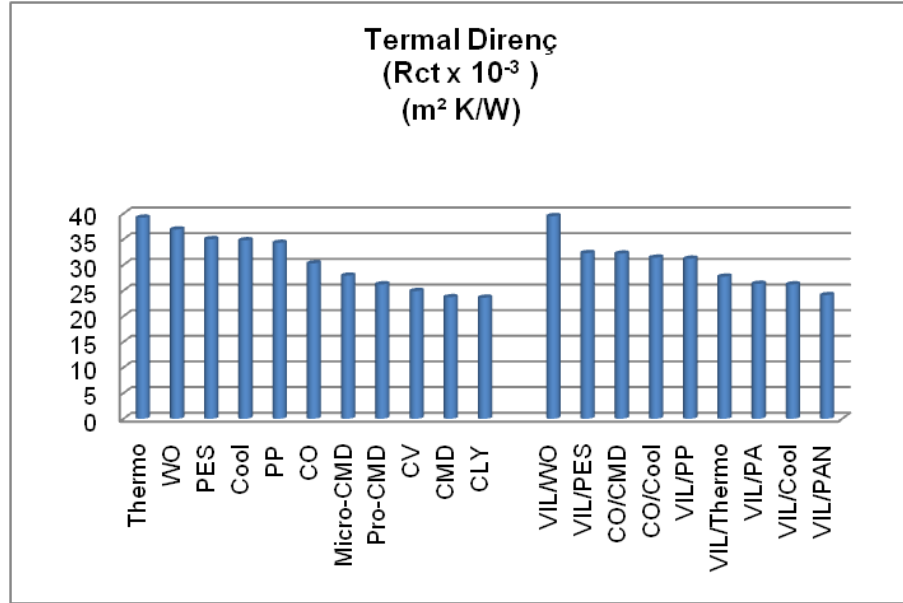
Şekil 3.9 Farklı hammadde tiplerine sahip kumaşların OMMC değerleri (Öner ve ark., 2013)

3.2.3 Hammadde Tipi Belirleme Çalışmaları – Termal Direnç ve Su Buharı Direnci Ölçüm Sonuçları

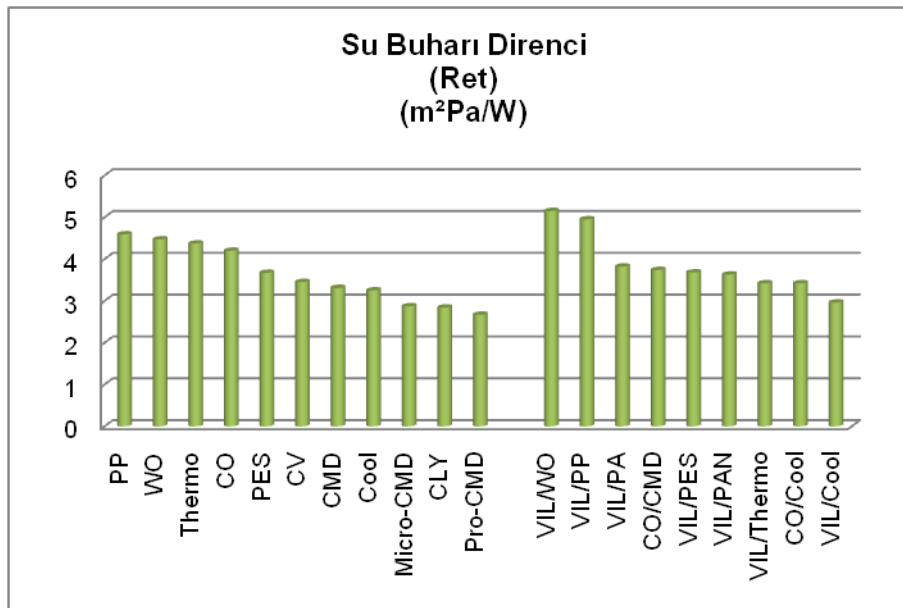
Hammadde tipi belirleme çalışmaları sırasında incelenen kumaşların termal direnç ve su buharı direnci ölçüm sonuçları sırasıyla Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de gösterilmiştir (Öner ve ark., 2013).

Sonuçlar incelendiğinde, rejenere selüloz lifli kumaşların genel olarak diğer kumaşlardan daha düşük termal direnç değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Tek lif cinsi içeren kumaşlar arasında en yüksek termal direnç değerleri Thermolite

ve yün kumaşlarda ölçülmüştür. Bu iki lifin Viloft ile karışımları incelendiğinde ise, Viloft/yün kumaşların en yüksek termal direnç değerine sahip oldukları görülürken, Viloft/Thermolite kumaşlarda termal direnç değerinin bir miktar düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 3.10 Farklı hammadde tiplerine sahip kumaşların termal direnç ölçüm sonuçları (Öner ve ark., 2013)



Şekil 3.11 Farklı hammadde tiplerine sahip kumaşların su buharı direnci ölçüm sonuçları (Öner ve ark., 2013)

Öner ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmadan elde edilen verilere göre rejenere selüloz kumaşların düşük termal ve su buharı direnci, düşük sıvı nem yönetimi özellikleri ve yüksek hava geçirgenliği değerleri ile fazla terlemenin olmadığı ılıman koşullardaki aktiviteler için uygun oldukları belirlenmiştir. Polipropilen kumaşların yüksek termal ve su buharı direnci, oldukça düşük sıvı nem yönetimi değerleri ile kötü transfer özelliklerine sahip oldukları görülmüştür. Poliester, Coolmax ve Thermolite kumaşların yüksek sıvı nem yönetimi özellikleri ile terlemenin gerçekleştiği yüksek aktivite seviyelerinde avantajlı olacakları düşünülmüştür. Doğal liflerin tek başlarına kullanımları yerine, fonksiyonel lifler ile karışım olarak kullanılmalarının sıvı nem ve termal konfor açısından avantaj sağladığı anlaşılmıştır. Viloft karışımlarının ise polipropilen ve yünlü karışımlar dışında liflerin tek başlarına kullanıldıkları kumaşlara göre sıvı nem konforu özelliklerini düşürdükleri görülmüştür. Tek tek lifler ele alındığında ise, Tencel LF, viskon, Coolmax ve poliester kumaşların sıcak havalarda kullanılacak spor giysilerinin konforu açısından incelenen grup içerisinde ön plana çıktıkları tespit edilmiştir.

3.3 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi Çalışmalarına Ait Sonuçlar

Doktora tezi çalışmasının ilk iki aşamasında termal konfor açısından avantajlı kumaş yapıları ve lif tipleri tespit edilmiştir. Tez çalışmasının ilk iki aşamasında elde edilen sonuçlar ve kumaş üretim imkânları dikkate alınarak sıcak havalardaki yoğun aktivite koşulları için uygun kumaş tipleri belirlenmiştir. Kumaş yapısı belirleme çalışmalarının sonuçlarına göre yüksek nefes alabilirlik özellikleri ile “Askılı Yapı-2”, düşük termal ve su buharı direnci, yüksek nem iletimi özellikleri ile “Atlamalı Yapı-2” konstrüksiyonları yeniden üretilecek örme yapıları olarak seçilmiştir. Bu yapıların orta sıklıktaki kumaş tiplerine uygun yapısal parametrelerde farklı liflerden kumaşlar üretilmiştir. Hammadde tipi belirleme çalışmalarının sonuçlarına göre termal konfor açısından daha avantajlı özelliklere sahip rejenere selüloz liflerden viskon ve Tencel LF, rejenere protein lifi olan soya, sıvı nem konforu açısından oldukça iyi sonuçlar elde edilen poliester ve Coolmax lifleri ve dokunsal konfor da

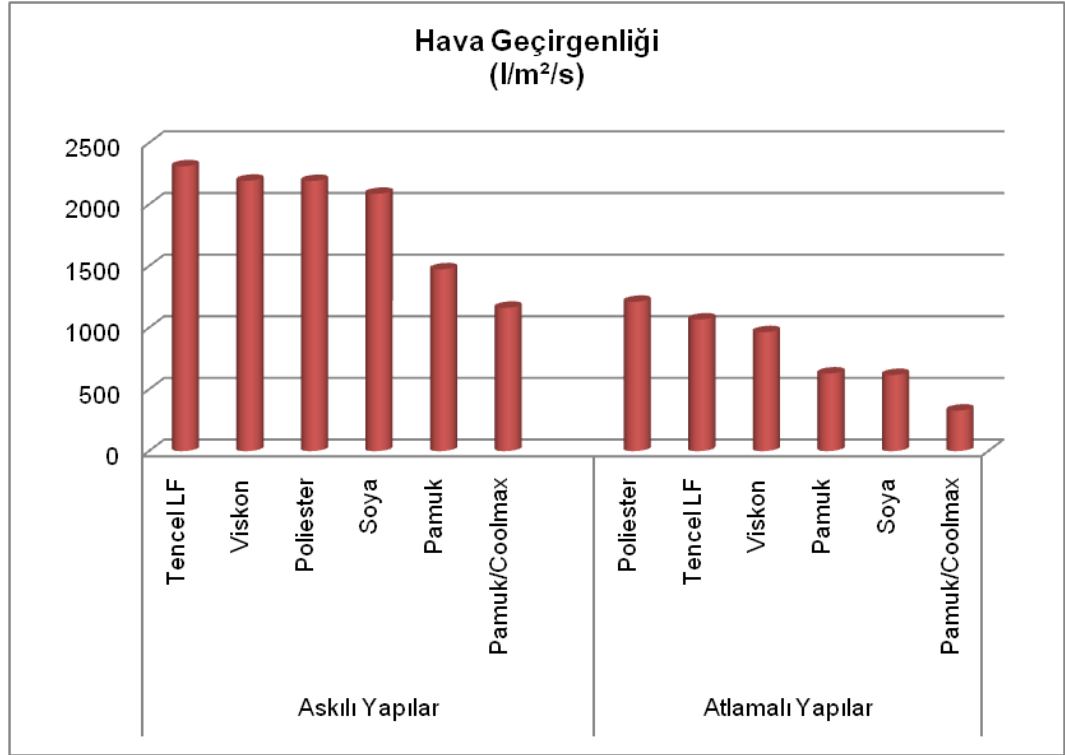
dikkate alındığında önemli olacak pamuk/Coolmax karışımı lifler denemeler için seçilmiştir. Ayrıca pamuk liflerinden üretilen kumaşlar referans olarak deney grubuna dahil edilmiştir. Bu aşamada farklı hammaddeye sahip olan doğal, rejenere, kimyasal ve fonksiyonel liflerden üretilen askı ve atlama kombinasyonları içeren örgü tiplerine sahip örme kumaşların farklı termal konfor özelliklerinin ölçülmesi ve böylece bu kumaşlar arasında karşılaştırmalar yapılarak incelenen grup içerisinde üstün termal konfor özelliklerine sahip olan kumaş tipleri belirlenmiştir.

3.3.1 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi Çalışmaları – Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

İki aşamalı değerlendirme çalışmaları sonucunda seçilen ve Materyal ve Metot bölümünde fiziksel ve yapısal özellikleri verilen kumaşların ölçülen hava geçirgenliği değerleri Tablo 3.11 ve Şekil 3.12’de gösterilmiştir.

Tablo 3.11 Seçilen kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Örgü Tipi	Lif Tipi	Hava Geçirgenliği (l/m²/s)
1.1	Askılı Yapı	Pamuk	1474,00 (98,23)
1.2	Askılı Yapı	Viskon	2193,00 (69,29)
1.3	Askılı Yapı	Tencel LF	2310,00 (68,31)
1.4	Askılı Yapı	Soya	2087,00 (40,01)
1.5	Askılı Yapı	Pamuk/Coolmax	1162,00 (48,03)
1.6	Askılı Yapı	Poliester	2191,00 (75,05)
2.1	Atlamalı Yapı	Pamuk	628,90 (30,99)
2.2	Atlamalı Yapı	Viskon	964,60 (46,61)
2.3	Atlamalı Yapı	Tencel LF	1067,60 (50,02)
2.4	Atlamalı Yapı	Soya	617,00 (17,53)
2.5	Atlamalı Yapı	Pamuk/Coolmax	328,40 (13,15)
2.6	Atlamalı Yapı	Poliester	1211,00 (29,61)



Şekil 3.12 Seçilen kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları

Hava geçirgenliği ölçüm sonuçları incelendiğinde askılı örgüye sahip kumaşlar ile atlamalı örgüye sahip kumaşlar arasındaki geçirgenlik farkı dikkat çekmektedir. Askılı örme yapılarının tümü, atlamalı örme yapılarına göre daha yüksek hava geçirgenliği değerlerine sahiptir. Düşük sıklık seviyesi ve yapı içerisinde bulunan askılar kumaşta daha büyük gözeneklerin oluşmasına neden olmakta ve bu durum geçen hava miktarının daha fazla olmasını sağlamaktadır. Lif tiplerinin etkisi göz önüne alındığında ise rejenere selüloz lifli kumaşların en yüksek hava geçirgenliği değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Pamuklu kumaşlar gibi pamuk/Coolmax karışımı kumaşlarda da düşük hava geçirgenliği değerleri tespit edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarından örgü tipi ve lif tipi faktörlerinin her ikisinin de hava geçirgenliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip oldukları görülmektedir ($p < 0,05$). Lif tipleri için ayrıışan grupların belirlendiği SNK analizi sonuçları her iki örgü tipi için sırasıyla Tablo 3.12 ve Tablo 3.13'deki gibidir.

Tablo 3.12 Askılı kumaşların hava geçirgenliği SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme				
		1	2	3	4	5
Pamuk	10		1474,00			
Viskon	10				2193,00	
Tencel LF	10					2310,00
Soya	10			2087,00		
Pamuk/Coolmax	10	1162,00				
Poliester	10				2191,00	
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000	0,949	1,000

Tablo 3.13 Atlamalı kumaşların hava geçirgenliği SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme				
		1	2	3	4	5
Pamuk	10		628,90			
Viskon	10			964,60		
Tencel LF	10				1067,60	
Soya	10		617,00			
Pamuk/Coolmax	10	328,40				
Poliester	10					1211,00
Anlamlılık		1,000	0,439	1,000	1,000	1,000

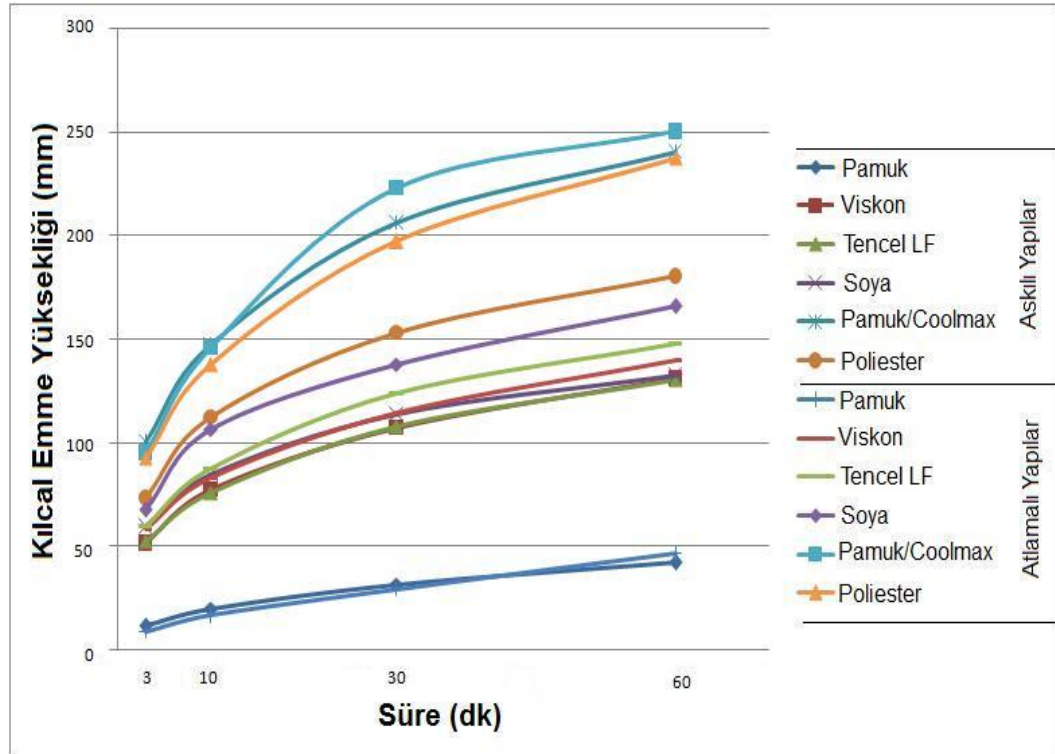
Hava geçirgenliği değerleri için uygulanan SNK analizi sonuçlarına göre her iki örgü tipi için de lif tipleri beş farklı gruba ayrılmıştır. Askılı yapılarda viskon ve poliester kumaşlar aynı grupta yüksek değerler ile yer alırken, atlamalı yapılarda pamuk ve soya kumaşlar, pamuk/Coolmax kumaşların ardından en düşük değerleri alarak aynı gruba girmişlerdir.

3.3.2 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi Çalışmaları – Dikey Kılcal Emme Ölçüm Sonuçları

Çubuk yönünde hazırlanan kumaş numunelerine sırasıyla 3, 10, 30 ve 60 dakika süreleriyle uygulanan dikey kılcal emme testi sonuçları Tablo 3.14 ve Şekil 3.13’de gösterilmiştir.

Tablo 3.14 Seçilen kumaşların dikey kılcal emme ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Örgü Tipi	Lif Tipi	mm/3dk	mm/10dk	mm/30dk	mm/60dk
1.1	Askılı Yapı	Pamuk	11,4 (1,88)	19,6 (2,65)	31,4 (2,88)	42,0 (3,94)
1.2	Askılı Yapı	Viskon	51,4 (0,55)	77,2 (1,64)	107,0 (2,00)	130,8 (2,05)
1.3	Askılı Yapı	Tencel LF	52,8 (2,59)	76,0 (3,67)	107,8 (3,56)	130,4 (3,13)
1.4	Askılı Yapı	Soya	59,4 (1,52)	84,6 (2,51)	113,8 (3,56)	132,2 (4,38)
1.5	Askılı Yapı	Pamuk/Coolmax	100,4 (2,07)	147,0 (3,67)	206,2 (6,65)	240,2 (2,68)
1.6	Askılı Yapı	Poliester	73,2 (2,59)	112,2 (3,27)	153,2 (4,92)	180,2 (5,50)
2.1	Atlamalı Yapı	Pamuk	9,0 (1,54)	16,6 (2,64)	29,4 (3,77)	46,4 (2,61)
2.2	Atlamalı Yapı	Viskon	58,6 (1,52)	83,2 (1,30)	114,4 (2,30)	139,4 (0,89)
2.3	Atlamalı Yapı	Tencel LF	59,4 (1,52)	87,2 (2,59)	123,6 (2,70)	147,8 (3,11)
2.4	Atlamalı Yapı	Soya	67,6 (2,07)	106,2 (4,44)	137,6 (2,07)	165,6 (2,30)
2.5	Atlamalı Yapı	Pamuk/Coolmax	95,2 (1,30)	145,6 (2,30)	222,6 (1,829)	250,0 (0,05)
2.6	Atlamalı Yapı	Poliester	92,6 (2,07)	137,8 (1,48)	197,0 (1,58)	237,4 (2,30)



Şekil 3.13 Seçilen kumaşların kılcal emme ölçüm sonuçları

Test sonuçları incelendiğinde kumaşların kılcal emme yeteneği için lif tipinin etkili olduğu dikkati çekmektedir. Ölçüm süresi içerisinde pamuklu kumaşların diğer tüm kumaşlara nazaran daha düşük kılcal emme yüksekliği değerleri verdiği görülmektedir. Adler ve Walsh (1984) pamuk ve poliester ipliklerden üretilmiş dokuma ve örme kumaşların kılcal emme özelliklerini araştırdıkları çalışmasında nemin emilip yapı içerisine alındığı kumaşlarda kapiler transferin gerçekleşmesi için absorbe edilen sıvı nem içeriğinin % 30'un üzerine çıkması gerektiğini tespit etmiştir. Pamuklu kumaşlarda su ile temas edip ıslanma başladığında pamuk lifleri suyu emip şişerek lifler ile iplikler arasındaki kapiler boşlukları daraltmakta ve dolayısıyla suyun kılcal hareketini zorlaştırmaktadır (Cimilli ve ark., 2009). Bu nedenle pamuklu kumaşlarda sıvının emilip yapıda tutulduğu ve kumaşın bir üst katmanına dikey kılcal iletimin daha geç gerçekleştiği düşünülmektedir. Pamuklu örme kumaşlar için Çil ve ark. da (2009) benzer sonuca ulaşmıştır. Her ne kadar atlamalı yapılar, askılı yapılara nazaran bir miktar daha yüksek değerler verse de, lif özelliklerinin kumaşların kapiler iletim yeteneğini belirlemede etkin faktör olduğu görülmektedir. Pamuk/Coolmax karışımlarının her iki örgü tipi için de en yüksek kılcal emme yeteneğine sahip oldukları belirlenmiştir. Bu kumaşları poliester kumaşlar izlemektedir. Genel olarak sentetik lifler ve karışımları diğerlerine göre daha yüksek seviyelerde kılcal emme yüksekliklerine sahiptir ve ölçüm süresi boyunca bu durum değişmemektedir. Rejenere lifli kumaşlar arasında ise özellikle atlamalı yapılar için rejenere protein lifi olan soya kumaşların rejenere selüloz kumaşlara göre daha yüksek kılcal emme yeteneğine sahip olduğu görülmektedir. Cimilli ve ark. (2009) viskon, modal, mikromodal, bambu ve soya gibi rejenere liflerden üretilen çorapların kılcal emme özelliklerini karşılaştırmış ve benzer şekilde bu kumaşlar arasında en yüksek kılcal emme yüksekliğinin soya kumaşlarda elde edildiğini belirtmiştir.

Varyans analizi sonuçlarında örgü tipi ve lif tipi faktörlerinin kumaşların kılcal emme özelliklerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). 60 dakika sonunda elde edilen verilere göre SNK analizi sonuçları örgü tiplerine göre sırasıyla Tablo 3.15 ve Tablo 3.16'da gösterilmiştir.

Tablo 3.15 Askılı kumaşların dikey kılcal emme SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme			
		1	2	3	4
Pamuk	5	42,00			
Viskon	5		130,80		
Tencel LF	5		130,40		
Soya	5		132,20		
Pamuk/Coolmax	5				240,20
Poliester	5			180,20	
Anlamlılık		1,000	0,736	1,000	1,000

Tablo 3.16 Atlamalı kumaşların dikey kılcal emme SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme					
		1	2	3	4	5	6
Pamuk	5	46,40					
Viskon	5		139,40				
Tencel LF	5			147,80			
Soya	5				165,60		
Pamuk/Coolmax	5						250,00
Poliester	5					237,40	
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

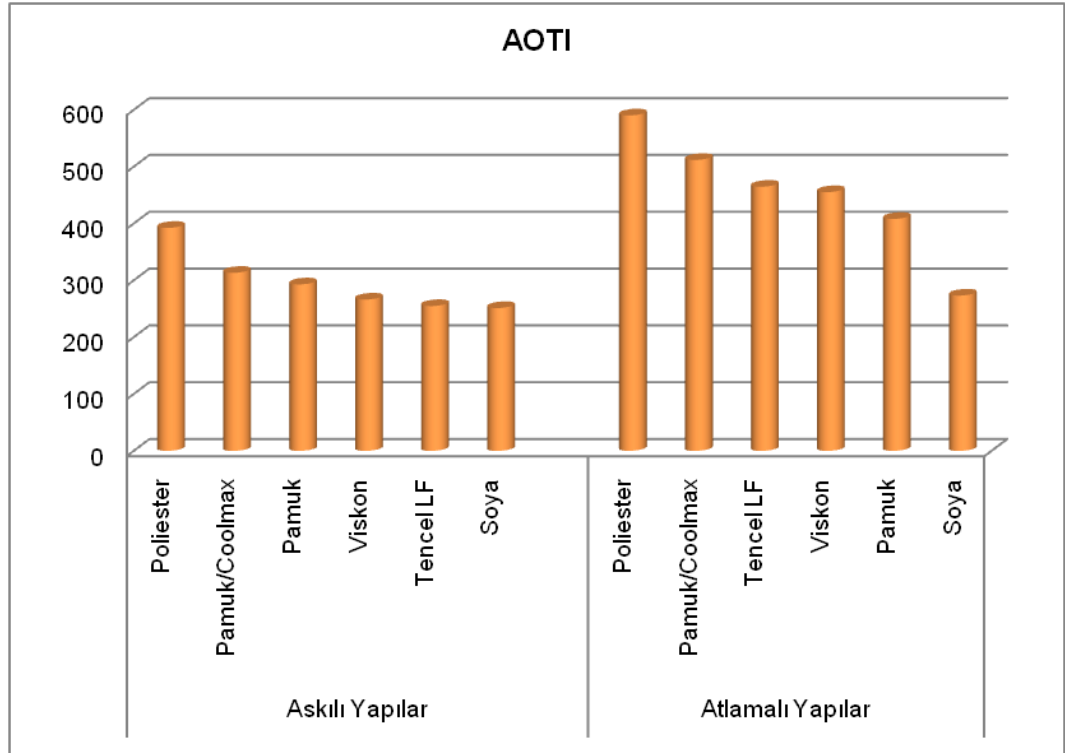
SNK analizi sonuçlarında görüldüğü gibi tüm ölçüm süreleri için genel eğilim değişmemektedir. Askılı yapılarda rejenere lifli kumaşların aynı grupta yer alması dikkat çekmektedir. Bu sonuca göre askılı örgü tipine sahip rejenere selüloz ve protein kumaşların kılcal emme özelliği açısından benzer etkiye sahip oldukları söylenebilir. Atlamalı yapılarda ise farklılaşan gruplar ortaya çıkmış ve buna göre kumaşların kılcal emme özelliklerine her bir lif tipi ayrı etki göstermiştir.

3.3.3 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi Çalışmaları – Sıvı Nem Yönetimi Ölçüm Sonuçları

Termal konfor açısından uygun hammadde tipi ve kumaş yapısının birlikte değerlendirildiği deney grubu kumaşlarına ait sıvı nem yönetimi ölçüm sonuçları ayrıntılı olarak Tablo 3.17’de gösterilmiştir. Ayrıca kumaşların ölçülen AOTI ve OMMC sonuçları sırasıyla Şekil 3.14 ve Şekil 3.15’deki gibidir.

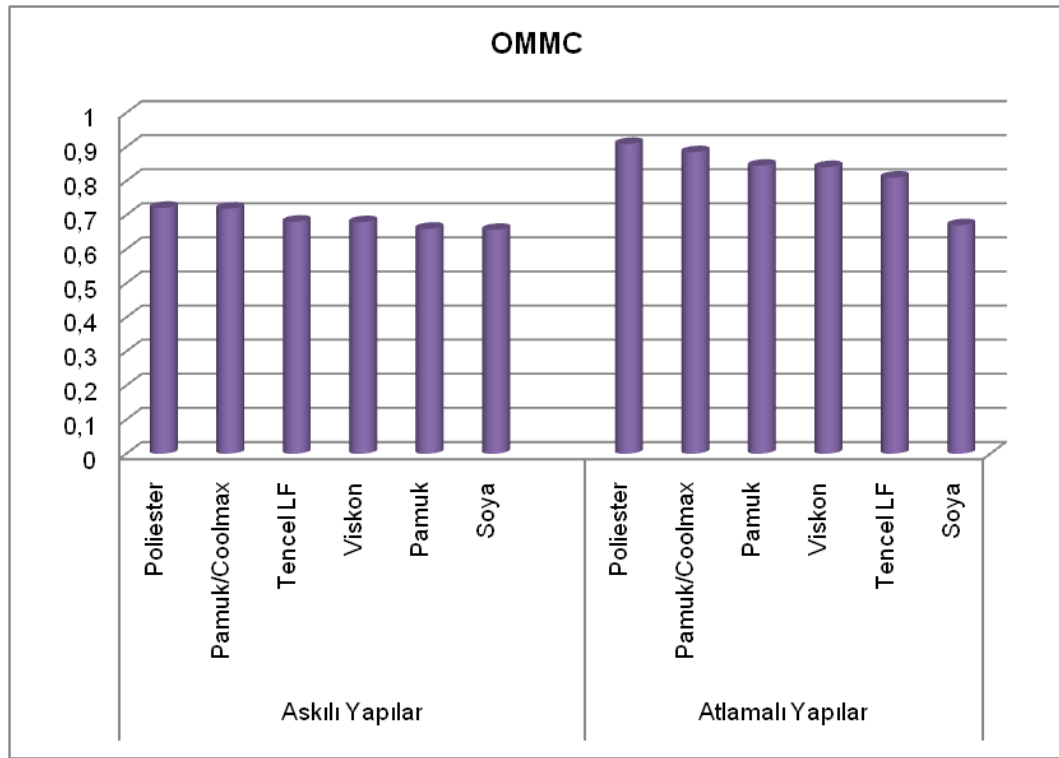
Tablo 3.17 Seçilen kumaşların sıvı nem yönetimi ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Islanma Süresi Üst (s)	Islanma Süresi Alt (s)	Üst Emilim Oranı (%/s)	Alt Emilim Oranı (%/s)	Üst Maksimum Islak Daire Yarıçapı (mm)	Alt Maksimum Islak Daire Yarıçapı (mm)	Üst Yayılma Hızı (mm/s)	Alt Yayılma Hızı (mm/s)	AOTI (%)	OMMC
1.1	9,96 (0,80)	8,73 (0,82)	49,28 (5,44)	72,68 (10,81)	19 (5,47)	17 (2,74)	2,60 (0,99)	2,21 (0,09)	292,99 (21,74)	0,663 (0,03)
1.2	9,85 (0,88)	8,83 (0,79)	42,35 (4,04)	77,04 (1,97)	20 (0,00)	17 (2,74)	1,77 (0,13)	1,66 (0,06)	266,37 (10,59)	0,679 (0,05)
1.3	9,79 (0,96)	8,79 (0,93)	49,24 (1,64)	68,12 (6,20)	25 (0,00)	20 (0,00)	2,85 (0,29)	2,50 (0,18)	254,89 (25,70)	0,681 (0,07)
1.4	9,56 (0,09)	8,75 (0,07)	49,22 (1,09)	72,76 (1,76)	20 (0,00)	17 (2,74)	2,61 (0,48)	2,22 (0,21)	251,35 (26,22)	0,657 (0,06)
1.5	10,45 (1,36)	15,59 (1,25)	70,11 (9,26)	151,13 (14,46)	25 (0,00)	20 (0,00)	2,45 (0,35)	2,94 (0,33)	313,36 (27,25)	0,719 (0,08)
1.6	10,71 (1,81)	17,75 (1,32)	74,94 (22,05)	157,97 (15,11)	25 (0,00)	19 (2,24)	2,47 (0,17)	3,08 (0,45)	392,39 (38,65)	0,721 (0,04)
2.1	6,89 (1,15)	6,93 (1,17)	54,37 (7,35)	83,11 (7,11)	22 (4,47)	18 (2,74)	3,04 (0,31)	2,84 (0,27)	408,13 (38,39)	0,845 (0,03)
2.2	7,01 (0,47)	7,37 (0,43)	58,68 (2,51)	84,54 (2,95)	25 (0,00)	20 (0,00)	3,17 (0,16)	3,07 (0,13)	455,32 (13,88)	0,841 (0,02)
2.3	6,83 (0,35)	6,95 (0,37)	57,68 (5,48)	81,08 (3,27)	22 (2,74)	19 (2,24)	3,02 (0,41)	2,85 (0,29)	464,85 (20,27)	0,810 (0,04)
2.4	9,64 (0,16)	8,65 (0,19)	47,96 (1,54)	68,23 (5,47)	19 (2,24)	17 (2,74)	2,57 (0,09)	2,21 (0,04)	273,29 (27,37)	0,670 (0,01)
2.5	7,24 (0,27)	7,13 (0,27)	51,45 (6,51)	91,11 (7,34)	23 (2,74)	18 (2,74)	2,84 (0,25)	2,73 (0,19)	511,98 (32,55)	0,885 (0,01)
2.6	7,15 (0,51)	7,03 (0,49)	55,86 (5,51)	94,22 (9,94)	25 (0,00)	20 (0,00)	3,09 (0,32)	2,88 (0,31)	590,38 (30,78)	0,909 (0,03)



Şekil 3.14 Seçilen kumaşların AOTI değerleri

AOTI değerleri incelendiğinde, genel olarak atlamalı yapıların, askılı yapılara göre daha yüksek değerler verdikleri görülmektedir. Poliester kumaşların, her iki örgü tipi için de en yüksek değerlere sahip olduğu, ardından pamuk/Coolmax kumaşların geldiği görülmektedir. Rejenere lifli kumaşlar genel olarak düşük AOTI değerleri alırken, atlamalı kumaşlar içerisinde en düşük değere soya kumaşlar sahip olmuştur. Poliester kumaşların ve kanallı kesit yapısıyla nem transferinde avantaja sahip olan modifiye poliester lifi Coolmax'ın pamuk ile karışımlarının sıvıyı hızlıca kumaşın bir yüzünden diğer yüzüne transfer ettikleri anlaşılmaktadır. Birçok araştırmacının çalışmalarında belirttiği gibi örme yapısındaki hidrofob ve yüksek kılcal emme yeteneğine sahip poliester ve Coolmax gibi lifler sıvı nemin tek yönlü iletimini artırmaktadır (Bivainytė ve Mikučionienė, 2011; An ve ark., 2013; Jhanji, Gupta ve Kothari, 2014; Manshahia ve Das, 2014).



Şekil 3.15 Seçilen kumaşların OMMC değerleri

OMMC değerleri 0,66 ile 0,91 arasında değişim göstermektedir. Yao ve ark. (2006) MMT cihazından elde edilen indeks değerleri için derecelendirmeler yapmış ve OMMC sonuçlarında 0,0-0,2 aralığı için kötü, 0,2-0,4 aralığı için orta, 0,4-0,6

aralığı için iyi, 0,6-0,8 aralığı için çok iyi, 0,8 ve üzeri için mükemmel değerlendirmesi yapmıştır. Bu durum, tüm kumaşların yüksek sıvı nem yönetim yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir. Tez çalışmasının kumaş yapısı belirleme aşamasında nem iletim avantajı saptanan bu iki örgü tipinin, farklı lif tipleri ile de yüksek sıvı nem yönetimine sahip oldukları belirlenmiştir. Atlamalı yapıların önceki çalışmada olduğu gibi daha yüksek değerlere sahip oldukları, özellikle atlamalı poliester ve pamuk/Coolmax kumaşların çok iyi sıvı nem yönetimi kapasitesine sahip oldukları görülmektedir.

Varyans analizi sonuçlarında örgü tipi faktörünün AOTI ve OMMC parametreleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Örgü tiplerine göre ayrı ayrı değerlendirme yapıldığında ise, lif tipi faktörünün askılı yapılar için OMMC parametresine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). AOTI değeri açısından ise yalnızca poliester kumaşların etkisinin farklılaştığı gözlenmiştir. Tüm parametreler göz önüne alındığında örgü tipinin üst ve alt emicilik oranı (Absorption Rate), üst ve alt yayılım hızı (Spreading speed) parametrelerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Lif tipi faktörünün ise üst ıslanma hızı (Wetting time top), üst maksimum ıslaklık yarı çapı (Max wetted radius top), üst ve alt yayılım hızı (Spreading speed) parametrelerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. AOTI ve OMMC parametreleri için SNK analizi sonuçları sırasıyla Tablo 3.18 - 3.21'deki gibidir.

Askılı kumaşlar için lif tiplerinin istatistiksel açıdan daha az farklılaşan gruplara sahip olmaları dikkat çekmektedir. Bu örgü tipleri için AOTI parametresinde poliester kumaşlar yüksek değer ile ayrı grup oluştururken, OMMC açısından tüm lif tipleri aralarında istatistiksel açıdan fark olmaksızın aynı grupta yer almıştır. Atlamalı yapılarda ise AOTI parametresinde rejenere selüloz kumaşlar aynı grupta yer alırken, OMMC parametresinde sadece soya kumaşlar düşük ve ayrı grupta yer almıştır. Bu durum çok yönlü sıvı nem iletim performansı açısından belirleyici parametrenin kumaş konstrüksiyonu olduğunu, lif tipinin dikkat çekici bir fark ortaya çıkarmadığını göstermektedir.

Tablo 3.18 Askılı kumaşların AOTI değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme	
		1	2
Pamuk	5	292,99	
Viskon	5	266,37	
Tencel LF	5	254,89	
Soya	5	251,35	
Pamuk/Coolmax	5	313,36	
Poliester	5		392,39
Anlamlılık		0,159	1,000

Tablo 3.19 Atlamalı kumaşların AOTI değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme				
		1	2	3	4	5
Pamuk	5		408,13			
Viskon	5			455,32		
Tencel LF	5			464,85		
Soya	5	273,29				
Pamuk/Coolmax	5				511,98	
Poliester	5					590,38
Anlamlılık		1,000	1,000	0,644	1,000	1,000

Tablo 3.20 Askılı kumaşların OMMC değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme
		1
Pamuk	5	0,6600
Viskon	5	0,6792
Tencel LF	5	0,6807
Soya	5	0,6568
Pamuk/Coolmax	5	0,7190
Poliester	5	0,7213
Anlamlılık		0,887

Tablo 3.21 Atlamalı kumaşların OMMC değerlerine uygulanan SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme	
		1	2
Pamuk	5		0,8460
Viskon	5		0,8409
Tencel LF	5		0,8102
Soya	5	0,6702	
Pamuk/Coolmax	5		0,8846
Poliester	5		0,9088
Anlamlılık		1,000	0,127

Kumaş konstrüksiyonunda yapılan değişiklikler kumaşın yüzey gerilimini, sıvı nemin kumaş yapısında ilerleyeceği boşlukların boyutlarını ve bağlantılarını etkilediği için sıvı nem yönetim özelliklerini değiştirmektedir (Rengasamy, 2006).

3.3.4 Seçilen Konstrüksiyon ve Lif Tiplerinin Birlikte Değerlendirilmesi Çalışmaları – Termal Direnç ve Su Buharı Direnci Ölçüm Sonuçları

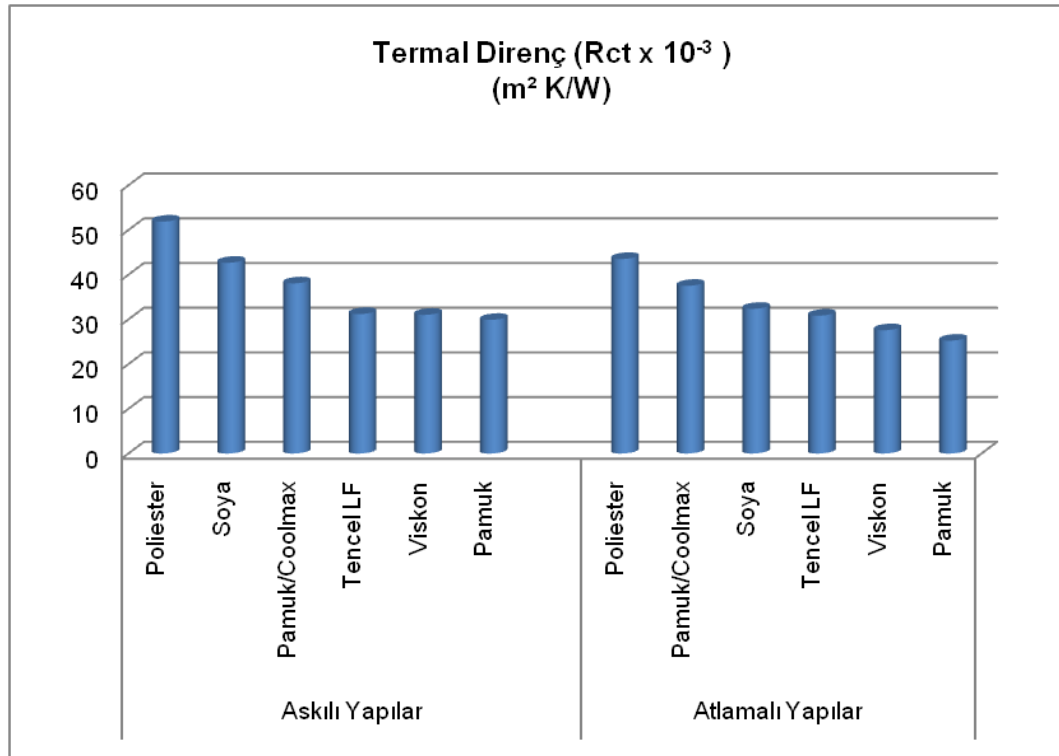
Kumaş yapısı ve lif tipinin birlikte değerlendirildiği deney grubuna ait termal direnç ölçüm sonuçları Tablo 3.22 ve Şekil 3.16’da gösterilmiştir.

Tablo 3.22 Seçilen kumaşların termal direnç ve su buharı direnci ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Örgü Tipi	Lif Tipi	Termal Direnç (m ² K/W)	Su Buharı Direnci (m ² Pa/W)
1.1	Askılı Yapı	Pamuk	0,0299 (0,0034)	3,5315 (0,3025)
1.2	Askılı Yapı	Viskon	0,0310 (0,0006)	3,4186 (0,0587)
1.3	Askılı Yapı	Tencel LF	0,0312 (0,0004)	3,4469 (0,0927)
1.4	Askılı Yapı	Soya	0,0427 (0,0006)	3,8062 (0,1465)
1.5	Askılı Yapı	Pamuk/Coolmax	0,0381 (0,0013)	4,3420 (0,2457)
1.6	Askılı Yapı	Poliester	0,0519 (0,0013)	4,8801 (0,1331)
2.1	Atlamalı Yapı	Pamuk	0,0252 (0,0037)	3,0602 (0,3467)
2.2	Atlamalı Yapı	Viskon	0,0276 (0,0014)	2,9557 (0,1630)
2.3	Atlamalı Yapı	Tencel LF	0,0308 (0,0012)	3,0304 (0,0614)
2.4	Atlamalı Yapı	Soya	0,0324 (0,0012)	3,1651 (0,1054)
2.5	Atlamalı Yapı	Pamuk/Coolmax	0,0375 (0,0011)	3,5322 (0,1216)
2.6	Atlamalı Yapı	Poliester	0,0435 (0,0017)	3,3270 (0,2217)

Termal direnç sonuçları incelendiğinde, atlamalı yapıya sahip kumaşların genel olarak askılı yapıdaki kumaşlardan daha düşük termal direnç değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Her iki örgü tipinde de pamuklu kumaşlarda en düşük termal direnç değerleri ölçülmüştür. Bu durumun pamuklu kumaşların en düşük

kalınlık ve gramaj değerlerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek termal direnç değerlerinin poliester kumaşlarda tespit edilmesi dikkat çekmektedir. Bedek ve ark. da (2011) pamuk, viskon, poliester ve poliamid lifleri ve karışımlarından üretilen farklı örgü tiplerine sahip örme kumaşların termal konfor özelliklerini inceledikleri çalışmada benzer şekilde poliester kumaşların en yüksek ve pamuklu kumaşların en düşük termal direnç değerlerine sahip olduklarını tespit etmiştir. Birçok araştırmacı deney grupları içerisinde yüksek termal direnç değerlerini poliester kumaşlarda tespit etmiştir (Oğlakçıoğlu ve Marmaralı, 2007; Kaplan ve Okur, 2010; Bivainytė ve ark., 2012; Tausif, Ahmad, U. Hussain, Basit ve T. Hussain, 2014). Rejenere lifli kumaşlar arasında ise özellikle askılı yapılarda soya kumaşlar en yüksek termal dirence sahiptir.



Şekil 3.16 Seçilen kumaşların termal direnç ölçüm sonuçları

Varyans analizi sonuçlarında örgü tipi ve lif tipi faktörlerinin her ikisinin de istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip oldukları görülmektedir ($p < 0,05$). SNK analizi sonuçları örgü tipleri için sırasıyla Tablo 3.23 ve Tablo 3.24’de gösterilmiştir.

Tablo 3.23 Askılı kumaşların termal direnç SNK testi sonuçları

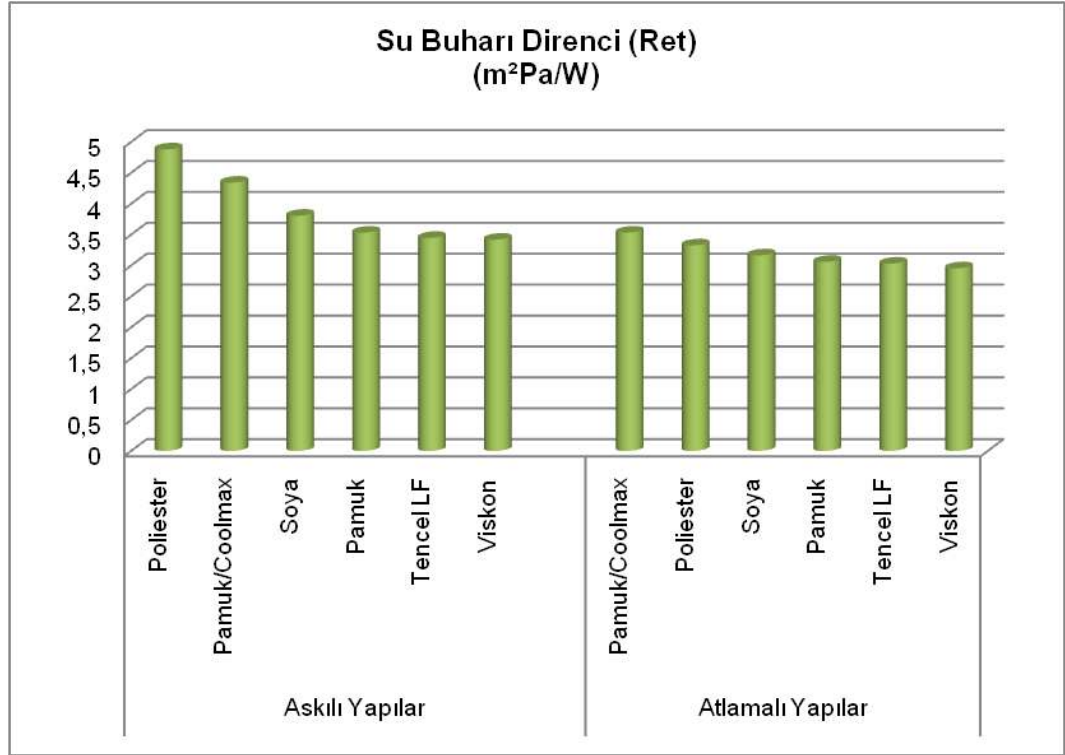
Lif Tipi	N	Alt Küme			
		1	2	3	4
Pamuk	9	0,029894			
Viskon	9	0,031022			
Tencel LF	9	0,031197			
Soya	9			0,042677	
Pamuk/Coolmax	9		0,038069		
Poliester	9				0,051888
Anlamlılık		0,218	1,000	1,000	1,000

Tablo 3.24 Atlamalı kumaşların termal direnç SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme				
		1	2	3	4	5
Pamuk	9	0,025242				
Viskon	9		0,027586			
Tencel LF	9			0,030843		
Soya	9			0,032370		
Pamuk/Coolmax	9				0,037518	
Poliester	9					0,043528
Anlamlılık		1,000	1,000	0,100	1,000	1,000

SNK testi sonuçları incelendiğinde, termal direnç (R_{ct}) açısından askılı yapılarda pamuk ve rejenere selüloz kumaşların düşük değerler ile aynı grupta yer aldıkları, atlamalı yapılarda ise Tencel LF ve soya kumaşların aynı grupta yer aldıkları görülmektedir. Her iki örgü tipi için de sıralamanın değişmeyerek, soya, poliester ve pamuk/Coolmax kumaşların yüksek değerlere sahip olmaları dikkat çekmektedir.

Kumaşların su buharı direnci ölçüm sonuçları Tablo 3.22 ve Şekil 3.17’de gösterilmiştir. Şekil 3.17’de görüldüğü gibi askılı yapıların, atlamalı yapılara göre daha yüksek su buharı direnci değerlerine sahip oldukları ve askılı poliester kumaşların en yüksek su buharı direncine sahip olduğu belirlenmiştir. Sıvı nem transferi açısından öne çıkan poliester ve pamuk/Coolmax kumaşların düşük su buharı geçirgenliğine sahip olmaları dikkat çekmektedir. Her iki örgü tipi için de en düşük su buharı direnci viskon ve Tencel LF kumaşlarda ölçülmüştür. Bu bulgular Cubric ve ark.’nın (2013) sonuçları ile uyumludur.



Şekil 3.17 Seçilen kumaşların su buharı direnci ölçüm sonuçları

Varyans analizi sonuçlarında örgü tipi ve lif tipi faktörlerinin her ikisinin de istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip oldukları görülmektedir ($p < 0,05$). SNK analizi sonuçları Tablo 3.25 ve Tablo 3.26’da gösterilmiştir.

Tablo 3.25 Askılı kumaşların su buharı direnci SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme			
		1	2	3	4
Pamuk	9	3,5315			
Viskon	9	3,4186			
Tencel LF	9	3,4469			
Soya	9		3,8062		
Pamuk/Coolmax	9			4,3420	
Poliester	9				4,8801
Anlamlılık		0,401	1,000	1,000	1,000

Su buharı direnci ölçüm sonuçlarının SNK analizinde askılı yapılarda pamuk ve rejenere selüloz kumaşların aynı grupta düşük değerlere sahip oldukları, atlamalı yapılarda ise sentetik lifler ve karışımlarının ayrılarak yüksek değerler verdikleri görülmektedir.

Tablo 3.26 Atlamalı kumaşların su buharı direnci SNK testi sonuçları

Lif Tipi	N	Alt Küme	
		1	2
Pamuk	9	3,0602	
Viskon	9	2,9557	
Tencel LF	9	3,0304	
Soya	9	3,1651	
Pamuk/Coolmax	9		3,5322
Poliester	9	3,3270	3,3270
Anlamlılık		0,074	0,147

3.4 Seçilen Kumaşlardan Üretilen Giysilerin Giyim Denemeleri Sonuçları

Seçilen ve üretilen kumaşların test sonuçları ve tasarlanan tişört tipleri dikkate alınarak seçilen tasarımlarda tişörtler üretilmiş ve giyim denemeleri ile termofizyolojik konfor özellikleri incelenmiştir. Giyim denemelerinde her bir aktivite düzeyi sonrasında gönüllülerin test kumaşları için yapmış oldukları sıcaklık, ıslaklık ve genel konfor hissi değerlendirmeleri için vermiş oldukları cevaplar beşli Likert Ölçeği yardımı ile kaydedilerek, ölçek üzerindeki terimlerin puanlandırılmasıyla cevaplar sayısal verilere dönüştürülmüştür.

Subjektif değerlendirmeler aynı test kumaşı için farklı zamanlarda 3'er defa tekrar edildiği için, değerlendirmeleri yapan deneklerin farklı zamanlarda vermiş oldukları cevapların birbiri ile uyumu Friedmann testi ile belirlenmiştir. Bu test sonucuna göre, deneklerin giyim denemeleri sırasında kullanılan test kumaşları için vermiş oldukları cevapların sıcaklık, ıslaklık ve genel konfor algısı için uyumlu olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Farklı aktivite düzeyleri için, giyim denemelerinde kullanılan farklı tiplerdeki tişörtler arasındaki sıcaklık, ıslaklık ve genel konfor algıları arasındaki farkların anlamlı olup olmadığını görmek için, deneklerin vermiş oldukları cevaplara tek yönlü varyans analizinin parametrik olmayan karşılığı olan Kruskal-Wallis (K-W) testi uygulanmıştır. Bu test sonuçları incelendiğinde, tüm aktivite düzeyleri için deneklerin farklı kumaşlardan üretilen tişörtler için yapmış olduğu genel konfor algısı değerlendirmeleri ve tişörtleri ilk giydiklerinde yapmış oldukları sıcaklık değerlendirme sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark ortaya çıkmıştır ($p<0,05$).

Tablo 3.27 Giyim denemelerinde farklı aktivite düzeylerindeki fizyolojik ölçüm sonuçları

	KAST	KASPC	KATT	KATPC	FTPC	FVP
Nabız Değerleri						
Hafif Aktivite	84,73 (7,78)	82,60 (9,32)	81,20 (5,39)	84,87 (9,55)	80,47 (5,40)	81,73 (4,73)
Orta Aktivite	114,00 (8,08)	112,87 (9,33)	111,87 (6,71)	113,93 (9,41)	109,87 (6,20)	111,73 (4,56)
Yüksek Aktivite	163,20 (8,29)	161,60 (11,70)	162,33 (8,94)	163,07 (10,40)	162,00 (7,80)	161,40 (7,13)
Aktivite Sonu	105,13 (10,18)	106,20 (9,06)	102,93 (5,75)	106,20 (6,03)	102,47 (6,31)	104,00 (5,78)
Göğüs Sıcaklık						
Başlangıç	30,62 (0,46)	30,62 (0,43)	30,52 (0,55)	30,37 (0,55)	30,54 (0,44)	30,51 (0,44)
Hafif Aktivite	32,48 (0,50)	32,35 (0,66)	31,94 (0,74)	32,39 (0,95)	32,37 (0,52)	32,29 (0,77)
Orta Aktivite	33,19 (0,48)	33,04 (0,49)	32,75 (0,71)	32,96 (0,76)	32,76 (0,46)	33,09 (0,53)
Yüksek Aktivite	33,92 (0,80)	33,85 (0,70)	33,61 (0,79)	33,59 (0,82)	33,45 (0,63)	33,90 (0,63)
Aktivite Sonu	33,90 (0,84)	34,05 (0,58)	33,75 (1,24)	33,72 (0,98)	33,44 (0,70)	33,91 (0,58)
Sırt Sıcaklık						
Başlangıç	30,87 (0,50)	30,76 (0,57)	30,74 (0,44)	30,55 (0,58)	30,57 (0,61)	30,60 (0,49)
Hafif Aktivite	32,89 (0,61)	32,83 (0,77)	32,55 (0,88)	32,74 (0,99)	32,96 (0,69)	32,70 (0,84)
Orta Aktivite	33,71 (0,58)	33,57 (0,72)	33,38 (0,87)	33,44 (1,04)	33,89 (0,79)	33,75 (0,82)
Yüksek Aktivite	34,24 (0,79)	33,99 (0,83)	33,77 (1,15)	33,87 (1,26)	34,10 (1,12)	34,03 (0,91)
Aktivite Sonu	34,20 (1,19)	34,04 (1,05)	34,30 (0,92)	33,95 (1,31)	34,29 (1,07)	34,22 (0,76)
Göğüs Bağlı Nem						
Başlangıç	62,98 (3,95)	63,33 (3,91)	60,99 (2,08)	61,19 (3,53)	61,80 (2,74)	60,57 (2,79)
Hafif Aktivite	66,78 (5,11)	63,47 (4,44)	60,60 (3,96)	64,25 (4,65)	63,46 (4,27)	61,77 (6,53)
Orta Aktivite	75,18 (9,12)	72,57 (8,17)	74,17 (6,70)	72,33 (6,73)	73,99 (6,40)	72,20 (7,48)
Yüksek Aktivite	84,76 (3,37)	85,31 (3,70)	86,48 (2,25)	85,79 (3,74)	84,97 (2,51)	85,71 (1,61)
Aktivite Sonu	86,44 (2,02)	88,32 (1,22)	87,60 (1,47)	86,97 (2,28)	83,01 (7,70)	87,54 (1,45)
Sırt Bağlı Nem						
Başlangıç	61,64 (2,96)	60,82 (3,18)	60,45 (3,28)	61,86 (3,16)	62,14 (3,20)	62,33 (3,50)
Hafif Aktivite	66,12 (4,87)	62,37 (3,73)	60,03 (4,25)	64,30 (4,63)	63,29 (6,51)	64,24 (7,12)
Orta Aktivite	78,73 (7,99)	72,31 (8,63)	75,98 (6,67)	76,19 (8,11)	76,47 (8,35)	75,99 (5,42)
Yüksek Aktivite	85,70 (2,34)	82,37 (8,28)	86,73 (1,06)	86,20 (2,27)	86,46 (1,60)	86,42 (1,80)
Aktivite Sonu	86,88 (1,91)	84,68 (8,48)	85,92 (3,20)	86,54 (2,58)	85,78 (3,57)	87,12 (1,83)

KAST: Klasik askılı tasarıma sahip Tencel LF tişörtler

KASPC: Klasik askılı tasarıma sahip pamuk/Coolmax tişörtler

KATT: Klasik atlamalı tasarıma sahip Tencel LF tişörtler

KATPC: Klasik atlamalı tasarıma sahip pamuk/Coolmax tişörtler

FTPC: Fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax kumaşlarının kullanıldığı tişörtler

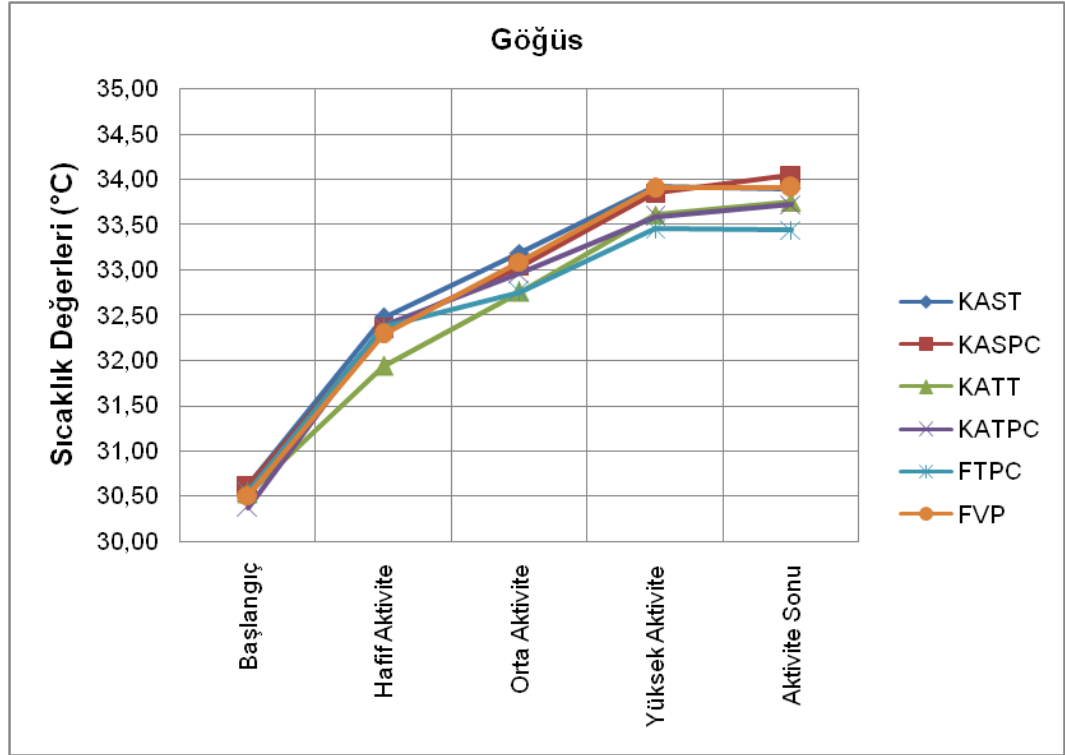
FVP: Fonksiyonel tasarıma sahip viskon ve poliester kumaşlarının kullanıldığı tişörtler

Deney prosedüründe belirtilen farklı aktivite seviyeleri süresince ortalama nabız değerleri, vücut yüzey sıcaklıkları (göğüs, sırt) ve mikro klima bağıl nem değerleri (göğüs, sırt) farklı sensörler ve polar saat sistemi yardımıyla objektif olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu objektif değerlerin kumaş tiplerine göre genel ortalamaları Tablo 3.27’de verilmiştir.

Elde edilen fizyolojik verilerin genel ortalamaları incelendiğinde, gönüllülerin nabız değerlerinde tişört değişimine bağlı olarak belirgin bir artış ya da azalma olmadığı gözlenmektedir. Bu değerler için istatistiksel analiz yapıldığında da, deneklerin tüm aktivite düzeyleri için ölçülen nabız değerlerinin kumaş tiplerine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir ($p>0,05$). Buna karşın ölçülen vücut yüzey sıcaklıklarının ve mikro klima bağıl neminin farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu sonuç giyim denemeleri için seçilen gönüllü deneklerin fizyolojik özelliklerinin birbirine benzer olduğunu, belirlenen aktivite seviyelerinin tümünün belirli bir nabız aralığına çıkmalarını sağlayacak şekilde kontrollü olarak ayarlandığını, oluşan farkların giysiden kaynaklı olduğunun kabul edilebileceğini göstermesi açısından önemlidir.

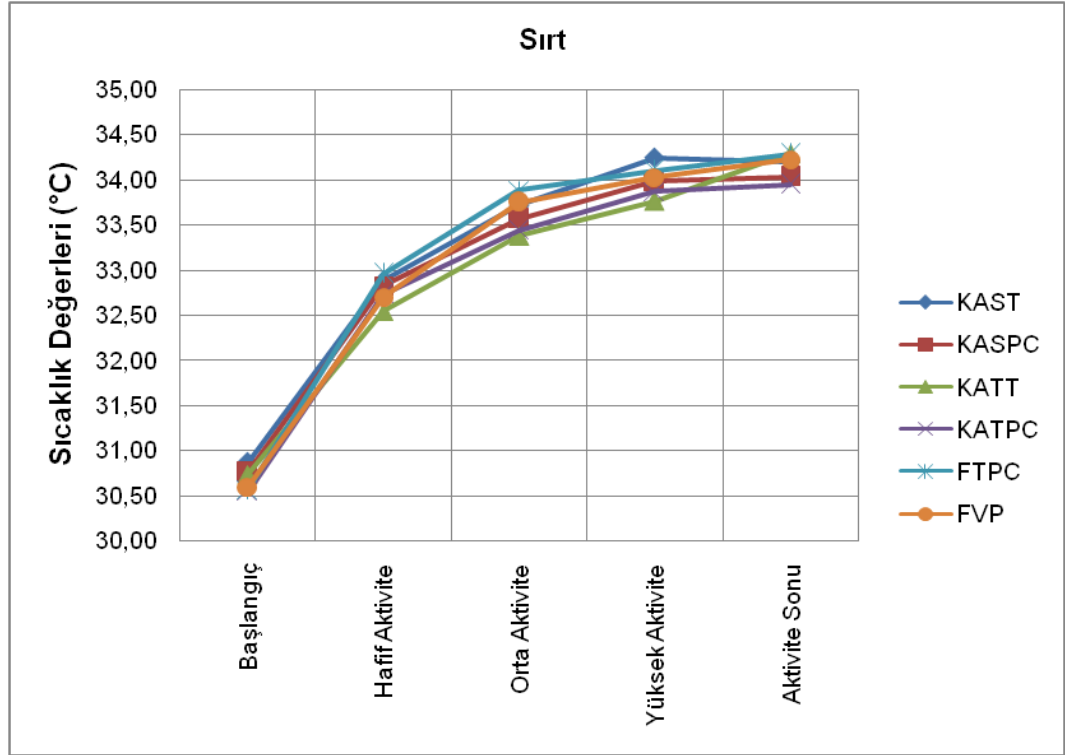
Giyim denemeleri sırasında farklı aktivite düzeyleri için deneklerin sensörler yardımıyla ölçülen göğüs ve sırt sıcaklık değişimleri sırasıyla Şekil 3.18 ve Şekil 3.19’da gösterilmiştir.

Vücut sıcaklık değerleri tüm tişört tipleri için hafif aktivite seviyesinden itibaren aktivite düzeyinin artışına bağlı olarak hızlı bir şekilde yükselmiş ve yüksek aktivite seviyesinin sonunda sıvı ve buhar yoluyla terlemeyle ısı kaybına bağlı olarak ayakta dinlenme sırasında sıcaklık yükselmesi aynı hızla devam etmeyip durağanlaşmıştır. Literatürdeki birçok giyim denemesi çalışmasında aktiviteler süresince benzer vücut yüzey sıcaklık eğrileri elde edilmiştir (Li, Holcombe ve Apar, 1992; Wu ve ark., 2009; Atasagun ve ark., 2014).



Şekil 3.18 Gönüllülerin göğüs yüzey sıcaklıkları

Şekil 3.18 incelendiğinde deneklerin göğüs vücut sıcaklıklarının tişört tipine bağlı olarak başlangıç ve hafif aktivite düzeyi için genel olarak birbirine yakın değerler verdiği, buna karşın orta aktivite düzeyinden itibaren fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax kumaşlarının kullanıldığı tişörtlerde (FTPC) diğer tişörtlerden bir miktar ayrılarak daha düşük göğüs sıcaklık değerleri ölçüldüğü görülmektedir. Yüksek aktivite düzeyinde en yüksek göğüs sıcaklıklarının klasik askılı tasarıma sahip Tencel LF tişörtler (KAST) ile fonksiyonel tasarıma sahip viskon ve poliester kumaşlarının kullanıldığı tişörtlerde (FVP) tespit edilmiştir. Aktivite sonunda göğüs sıcaklığı klasik askılı tasarıma sahip Tencel LF (KAST), fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax (FTPC) ve fonksiyonel tasarıma sahip viskon ve poliester (FVP) tişörtleri için az bir miktar düşme ile birlikte yakın değerlerde ölçülürken, klasik askılı tasarıma sahip pamuk/Coolmax (KASPC), klasik atlamalı tasarıma sahip Tencel LF (KATT) ve klasik atlamalı tasarıma sahip pamuk/Coolmax (KATPC) tişörtlerde yükselmeye devam etmiştir.

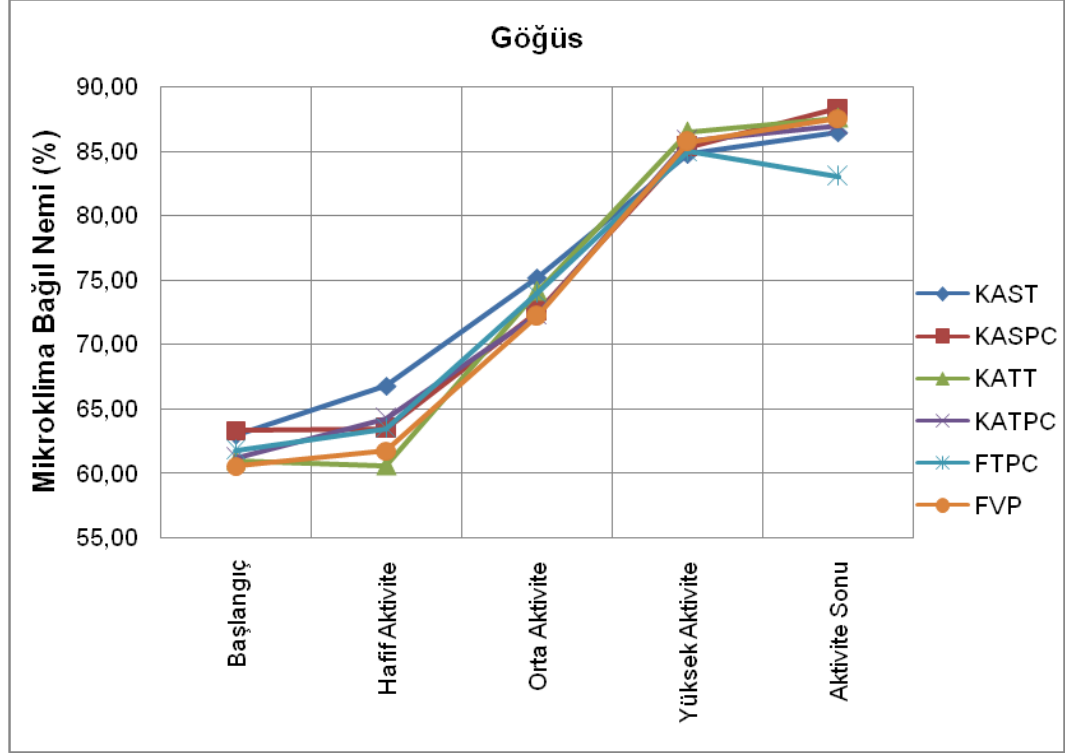


Şekil 3.19 Gönüllülerin sırt yüzey sıcaklıkları

Her bir aktivite seviyesi için genel olarak deneklerin sırt sıcaklık değerlerinin göğüs sıcaklık değerlerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Sırt sıcaklıkları aktiviteler boyunca farklı tişört tipleri için genellikle birbirine yakın değerler vermiştir. Klasik atlamalı tasarıma sahip Tencel LF tişörtlerin (KATT) hafif, orta ve yüksek aktivitelerde en düşük sırt sıcaklığı değerlerine sahipken aktivite sonunda en yüksek değere sahip olması dikkat çekmektedir. Bu sonuca göre bu tişörtlerin aktiviteler sırasında en düşük sıcaklığa sahip olarak diğer tişörtlere nazaran kullanıcıyı daha serin tuttuğu, aktivite sonunda ise üşümeye neden olmayıp daha sıcak tuttuğu yorumu yapılabilir.

Farklı aktivite düzeyleri süresince gönüllülerin göğüs ve sırt bölgelerine yerleştirilen sensörlerle ölçülen göğüs ve sırt mikroklima bağıl nem değerleri sırasıyla Şekil 3.20 ve Şekil 3.21’de gösterilmiştir. Deneklerin göğüs mikroklima bağıl nem değerlerini gösteren Şekil 3.20’de, terlemenin en çok olduğu yüksek aktivite düzeyine geçildiğinde mikroklima bağıl nem değerleri belirgin bir şekilde yükselmektedir. Yüksek aktivite seviyesinden sonra gelen dinlenme (soğuma)

aktivitesinde fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax tişörtlerin (FTPC) kullanıldığı durumda mikroklima bağıl neminin belirgin bir şekilde düşmesi dikkat çekmektedir. Bu gözleme göre bu tişörtlerin diğerlerine nazaran daha hızlı kurudukları yorumu yapılabilir.



Şekil 3.20 Gönüllülerin göğüs mikroklima bağıl nem değeri

Deneklerin sırt bölgelerinin mikroklima bağıl nem değeri incelendiğinde göğüs bölgesindeki değere benzer şekilde yüksek aktivitedeki yoğun terlemeyle birlikte belirgin bir şekilde yükseldikleri görülmektedir. Klasik askılı tasarıma sahip pamuk/Coolmax tişörtlerin (KASPC) orta aktivite seviyesinden itibaren diğer tişörtlerden ayrıldığı ve en düşük sırt mikroklima bağıl nem değeri bu tişörtlerde ölçüldüğü dikkat çekmektedir. Bu açıdan bakıldığında incelenen tişörtler arasında kullanıcıların sırt bölgelerini en kuru tutanlar bu tişörtlerdir. Yüksek aktiviteden aktivite sonuna geçilirken göğüs bölgesi sonuçlarına benzer şekilde sadece fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax liflerinin kullanıldığı tişörtler (FTPC) giyildiğinde nem değeri yüksek aktivitedeki

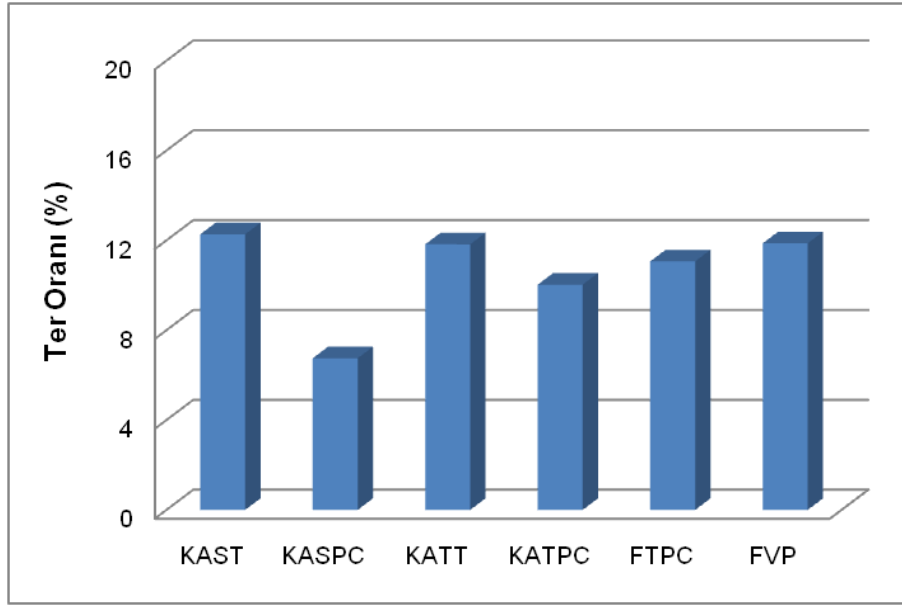
değerlere göre düştüğü gözlenmektedir. Bu bulgu söz konusu tişörtlerin hızlı kurumasının göstergesi olarak kabul edilebilir.



Şekil 3.21 Gönüllülerin sırt mikroklima bağlı nem değerleri

Giyim denemeleri öncesi ve sonrasında tişörtlerin kuru ve yaş ağırlıkları ölçülerek bünyelerinde bulundurdıkları ter oranları hesaplanmıştır. Şekil 3.22’de bu oranlar verilmektedir. Şekil 3.22 incelendiğinde, genel olarak tişörtlerin tümünün %6,75 ile %12,27 arasında ter oranı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Benzer aktivite koşullarında Atasagun ve ark. (2014) farklı lif tiplerinin tek başına ve Viloft lifleriyle karışımlarından elde edilmiş örme kumaşlardan üretilmiş kısa kollu tişörtler için yaptıkları giyim denemeleri çalışması sonucunda %20 ile %63 arasında ter oranları elde ederken, Kaplan ve Okur (2012) pamuk, poliester ve karışımlarından elde edilmiş farklı örgü tiplerine sahip örme kumaşlardan üretilmiş uzun kollu tişörtler için yaptıkları giyim denemeleri sonucunda jakarlı örgüye sahip poliester tişörtlerin çift yüzlü poliester ve pamuk tişörtlere göre daha düşük ter oranlarına sahip olduğunu belirlemiştir. 0°C’nin altındaki soğuk hava koşullarında gerçekleştirilen giyim denemelerinde Yoo ve Kim (2012) poliester kumaşlardan üretilen katlı giysi

sistemleri için yaptıkları çalışmada 7 km/sa hızla yapılan koşu aktivitesini de içeren deney prosedürü sonrasında terleme oranlarını %13 ile %39 arasında tespit ederken, Meinander ve Hellsten (2004) farklı hammaddelere sahip soğuktan koruyucu katlı giysi sistemleri ile yaptıkları çalışmada %12 ile %60 arasında terleme oranları tespit etmiştir.



Şekil 3.22 Giyim denemeleri sonunda tiştirlerin bulundurduğu ter oranları

Bu değerlere göre tiştirlerin her biri yapısında düşük miktarda ter biriktirmiş ve aktiviteler sırasında oluşan terin çoğunu uzaklaştırmıştır. Klasik askılı tasarıma sahip pamuk/Coolmax tiştirler (KASPC) dışında diğer tiştirlerin birbirine yakın değerlere sahip oldukları gözlenmektedir. Klasik askılı tasarıma sahip pamuk/Coolmax tiştirlerin (KASPC) en düşük ter oranı değeriyle bünyesindeki teri hızla uzaklaştırarak kullanıcıyı kuru hissettirdiği söylenebilir. Bir diğer dikkat çeken nokta ise bu tiştirleri klasik atlamalı tasarıma sahip pamuk/Coolmax (KATPC) ve fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax (FTPC) tiştirlerinin takip etmesidir. Buna göre pamuk/Coolmax liflerinin yapıda bulunmasının teri uzaklaştırmada etkili oldukları sonucuna varılabilir.

Tablo 3.28’de giyim denemeleri sonucunda deneklerin farklı tiştir tipleri için yapmış oldukları sıcaklık, ıslaklık ve genel konfor hissi değerlendirmelerine ait sonuçlar görülmektedir.

Tablo 3.28 Giyim denemelerinde farklı aktivite düzeylerine ait subjektif değerlendirme sonuçları

	KAST	KASPC	KATT	KATPC	FTPC	FVP
Sıcaklık						
Başlangıç	2,73 (0,70)	2,73 (0,46)	2,67 (0,62)	2,93 (0,59)	2,80 (0,56)	2,73 (0,46)
Hafif Aktivite	2,73 (0,59)	2,73 (0,80)	2,53 (0,52)	2,60 (0,51)	2,47 (0,52)	2,67 (0,62)
Orta Aktivite	4,00 (0,76)	3,80 (0,56)	3,87 (0,83)	3,93 (0,80)	3,87 (0,64)	3,93 (0,70)
Yüksek Aktivite	4,73 (0,46)	4,87 (0,35)	4,73 (0,59)	4,87 (0,52)	4,73 (0,46)	4,80 (0,56)
Aktivite Sonu	2,67 (0,50)	2,87 (0,62)	2,40 (0,74)	2,67 (0,82)	2,47 (0,83)	2,60 (0,82)
Islaklık						
Başlangıç	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)
Hafif Aktivite	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)
Orta Aktivite	1,47 (0,52)	1,73 (0,80)	1,60 (0,51)	1,73 (0,70)	1,47 (0,52)	1,67 (0,62)
Yüksek Aktivite	3,13 (0,59)	2,93 (0,70)	2,80 (0,68)	2,67 (0,72)	2,47 (0,64)	2,80 (0,77)
Aktivite Sonu	2,13 (0,64)	2,07 (0,46)	2,33 (0,50)	2,00 (0,32)	1,93 (0,26)	2,07 (0,59)
Genel Konfor						
Başlangıç	4,60 (0,51)	4,47 (0,52)	4,40 (0,51)	4,13 (0,74)	4,33 (0,72)	4,47 (0,64)
Hafif Aktivite	4,47 (0,52)	4,33 (0,49)	4,47 (0,52)	4,27 (0,46)	4,33 (0,72)	4,53 (0,52)
Orta Aktivite	4,13 (0,74)	3,93 (0,59)	4,13 (0,64)	3,93 (0,70)	4,20 (0,77)	4,20 (0,77)
Yüksek Aktivite	3,73 (0,59)	3,80 (0,56)	3,87 (0,74)	3,53 (0,64)	3,93 (0,80)	3,60 (0,59)
Aktivite Sonu	4,13 (0,72)	3,87 (0,64)	4,13 (0,74)	4,20 (0,56)	4,20 (0,68)	4,07 (0,70)

KAST: Klasik askılı tasarıma sahip Tencel LF tişörtler

KASPC: Klasik askılı tasarıma sahip pamuk/Coolmax tişörtler

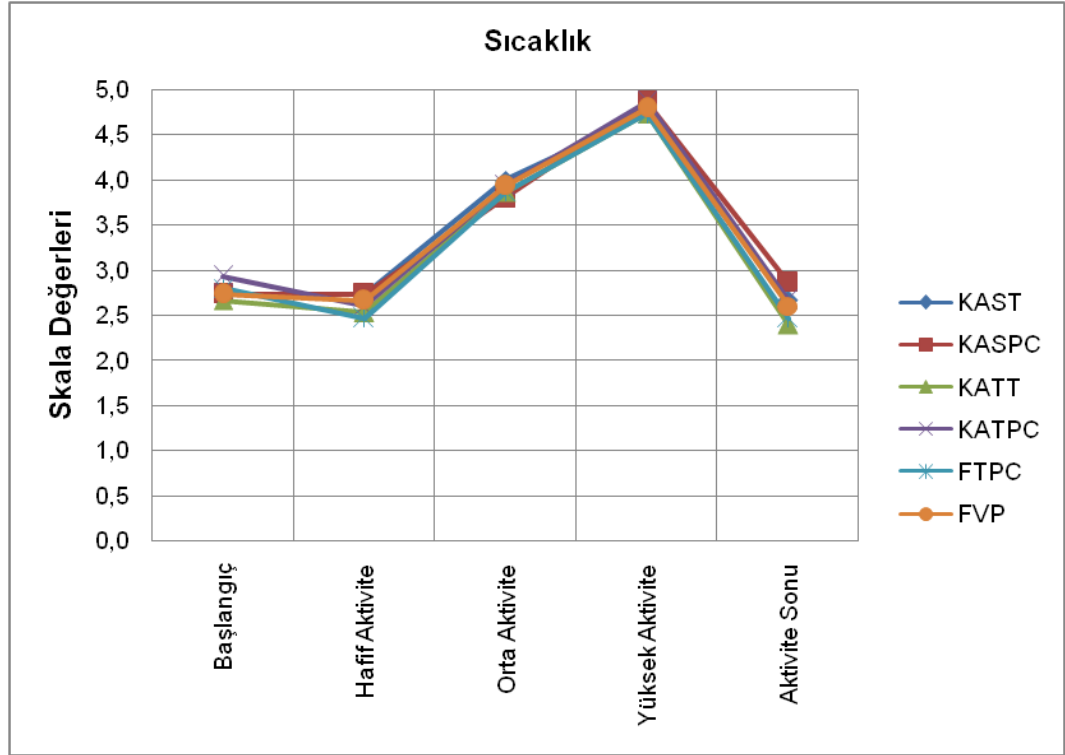
KATT: Klasik atlamalı tasarıma sahip Tencel LF tişörtler

KATPC: Klasik atlamalı tasarıma sahip pamuk/Coolmax tişörtler

FTPC: Fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax kumaşlarının kullanıldığı tişörtler

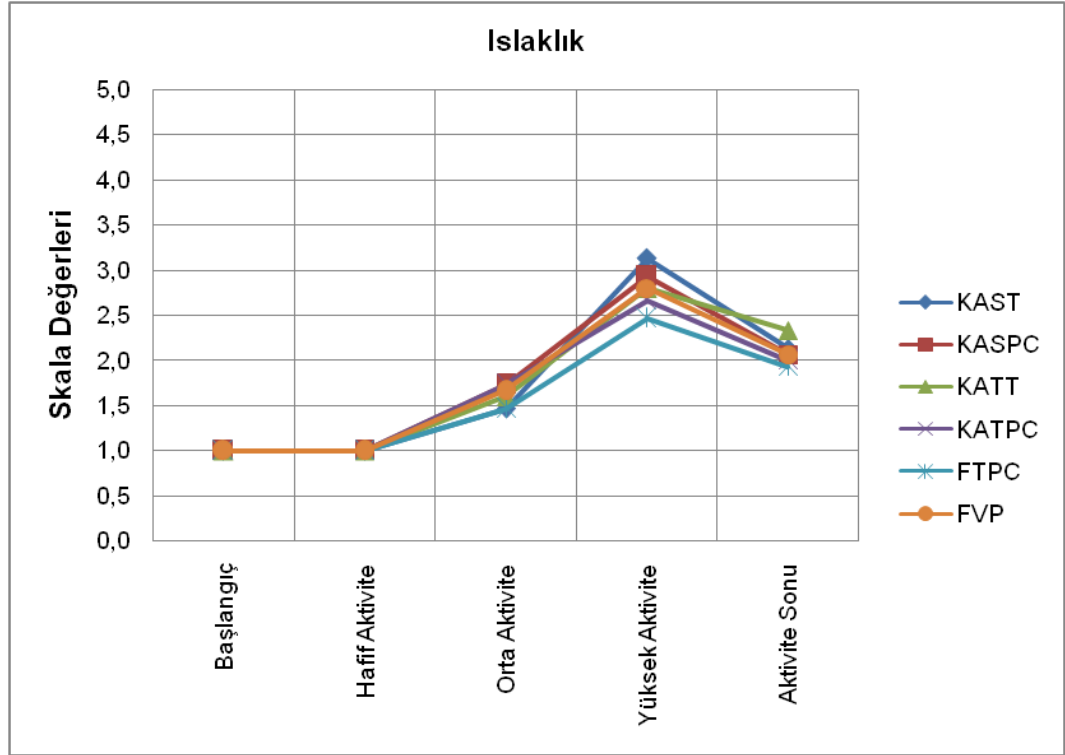
FVP: Fonksiyonel tasarıma sahip viskon ve poliester kumaşlarının kullanıldığı tişörtler

Giyim denemeleri sırasında her bir farklı aktivite düzeyi için deneklerin yapmış oldukları sıcaklık hissi değerlendirme sonuçları Şekil 3.23’de gösterilmektedir. Sıcaklık hissi değerlendirmeleri incelendiğinde, deneklerin test giysisini giydiği başlangıç aşamasından hafif aktivite aşamasına geçişte klasik askılı tasarıma sahip Tencel LF tişörtler (KAST) ve pamuk/Coolmax tişörtleri (KASPC) dışındaki tişörtlerde bir miktar düşüş gözlenmesine rağmen genel olarak sıcaklık değerlerinin birbirlerine yakın oldukları görülmektedir. Orta aktivite ile birlikte sıcaklık değerlendirmeleri yükselirken, yüksek aktivitede en yüksek ölçek değerleri tespit edilmiştir.



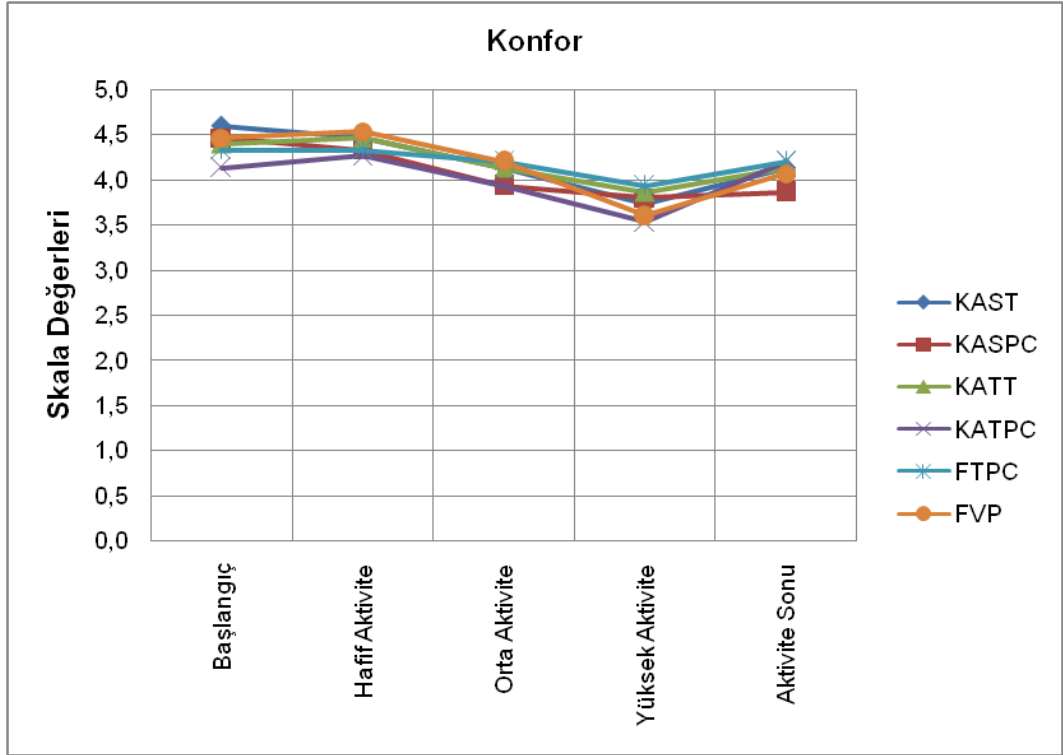
Şekil 3.23 Farklı aktivite düzeyleri için sıcaklık hissi değerlendirme sonuçları

Deneklerin başlangıçtan aktivite sonuna kadar her bir aktivite seviyesi için değerlendirdikleri ıslaklık hissi puanlarının ortalamaları Şekil 3.24’de gösterilmektedir. Deneklerin subjektif ıslaklık hissi değerlendirme sonuçları incelendiğinde, başlangıç ve hafif aktivite düzeylerinde beklenildiği gibi tişörtlerin kuru olarak değerlendirildiği görülmüştür. Aktivite düzeyinin artışı ile birlikte denekler terlediğinden ıslaklık hissi değerlendirme puanları da artmıştır. Orta aktivite düzeyinden aktivite sonuna kadar tüm aktivite düzeylerinde, en düşük değerlendirme puanına sahip olan tişörtlerin fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ile pamuk/Coolmax kumaşlarını içeren (FTPC) tişörtler olduğu ve aktivite sonunda kuru ile hafif ıslak arasında bir değerlendirme puanına (1,93) sahip olması dikkat çekmektedir. Fizyolojik ölçüm sonuçlarında düşük mikroklima bağlı nem değerleri gözlenen fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ile pamuk/Coolmax (FTPC) tişörtlerin subjektif değerlendirmelerde de düşük ıslaklık değerlendirme puanları alması, bu tişörtlerin sıvı terin olduğu sıcak havalardaki aktiviteler için avantajlı olacaklarını göstermektedir.



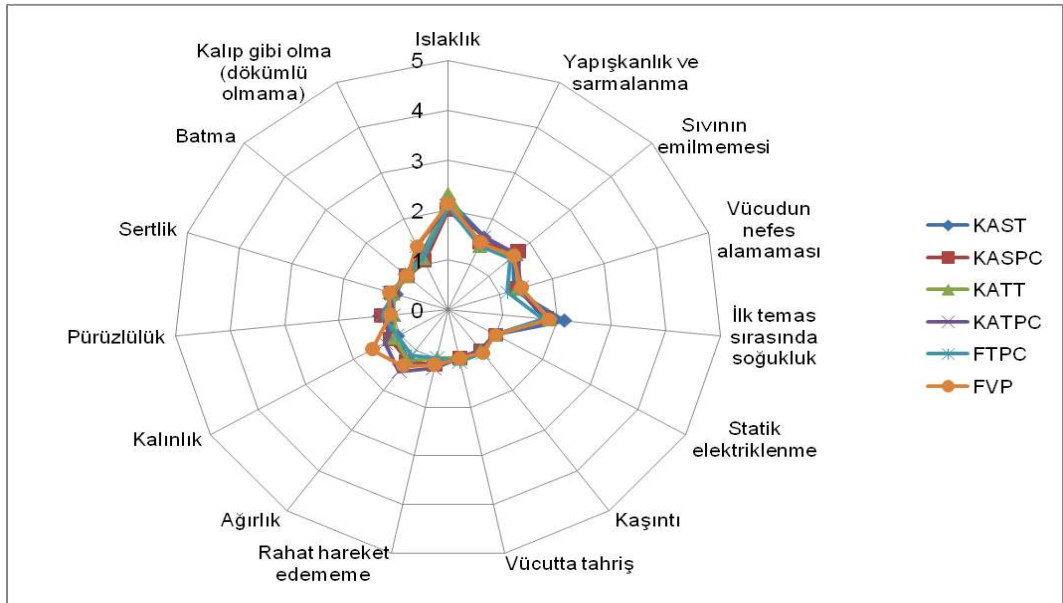
Şekil 3.24 Farklı aktivite düzeyleri için ıslaklık hissi değerlendirme sonuçları

Giyim denemeleri sırasında farklı aktiviteler sonunda deneklerin tişörtler için verdiği genel konfor hissi puanlarının ortalamaları Şekil 3.25’de gösterilmektedir. Deneklerin giyim denemeleri sırasında yapmış oldukları genel konfor hissi değerlendirme sonuçları incelendiğinde aktiviteler boyunca tüm tişörtlerin 3,73 ile 4,53 arasında yüksek konfor puanlarına sahip oldukları görülmektedir. Vücutta ıslaklığın oluşmadığı başlangıç ve hafif aktivite seviyelerinde klasik askılı tasarıma sahip Tencel LF (KAST) tişörtler üstün görülürken, sıvı terin meydana geldiği orta aktivite seviyesinden itibaren en yüksek konfor puanlarına fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax liflerinin kullanıldığı tişörtlerin (FTPC) sahip oldukları belirlenmiştir. Birbirinin alternatifi olarak düşünülen fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax (FTPC) ve fonksiyonel tasarıma sahip viskon ve poliester (FVP) tişörtler incelendiğinde ise başlangıç ve hafif aktivite seviyelerinde fonksiyonel tasarıma sahip viskon ve poliester tişörtler (FVP) daha yüksek puanlar alırken, orta aktivite seviyesinden itibaren fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax (FTPC) tişörtlerin yüksek puanlar aldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.25 Farklı aktivite düzeyleri için konfor hissi değerlendirme sonuçları

Giyim denemelerinde aktiviteler bittikten sonra, deneklerin farklı açılardan giymiş oldukları tişört kumaşlarını konfor tanımlayıcıları ile 5 noktalı ölçekte değerlendirmeleri istenmiştir. Bu değerlendirme sonuçları Şekil 3.26'da verilmiştir.



Şekil 3.26 Konfor tanımlayıcıları için subjektif değerlendirme sonuçları

Şekil 3.26’da da görüldüğü gibi tişörtlerin düşük puanlar alması ile (1,00 – 2,33 arasında) tutum açısından olumsuz sayılabilecek bu özellikleri taşımadıkları anlaşılmaktadır. Ölçek değerlendirme puanlarından “2” puanın üzerine sadece “Islaklık” ve “İlk temas sırasında soğukluk” tanımlayıcılarında çıkmış ve genellikle tüm olumsuz özellikler için “hiç hissetmiyorum” değerlendirmesi elde edilmiştir. Bu değerlendirmeler doktora tezinin son aşamasında termal konfor açısından belirli avantajlara sahip oldukları için seçilen kumaşlardan üretilen tişörtlerin dokunsal konfor veya tutum açısından da iyi özelliklere sahip olduklarını göstermektedir.

Giyim denemeleri sırasında ölçülen fizyolojik veriler ile subjektif değerlendirmeler arasındaki ilişkileri belirlemek için Pearson ve Spearman korelasyon katsayıları incelenmiştir. Korelasyon analizi sonuçları aşağıdaki Tablo 3.29’deki gibidir.

Tablo 3.29 Giyim denemelerinde ölçülen ve değerlendirilen veriler arasındaki korelasyon

	Göğüs Sıcaklık	Göğüs Nem	Sırt Sıcaklık	Sırt Nem	Sıcaklık Ölçek	Islaklık Ölçek	Konfor Ölçek
Göğüs Sıcaklık	1	0,940**	0,933**	0,902**	0,452*	0,906**	-0,772**
Göğüs Nem	0,940**	1	0,892**	0,926**	0,241	0,866**	-0,749**
Sırt Sıcaklık	0,933**	0,892**	1	0,889**	0,430*	0,860**	-0,667**
Sırt Nem	0,902**	0,926**	0,889**	1	0,268	0,871**	-0,726**
Sıcaklık Ölçek	0,452*	0,241	0,430*	0,268	1	0,498**	-0,643**
Islaklık Ölçek	0,906**	0,866**	0,860**	0,871**	0,498**	1	-0,881**
Konfor Ölçek	-0,772**	-0,749**	-0,667**	-0,726**	-0,643**	-0,881**	1

* ve **: Sırasıyla korelasyonun %95 ve %99 güven seviyelerinde anlamlı olduğunu gösterir.

Buna göre göğüs mikroklima sıcaklığı sıcaklık ölçeği ile aynı yönlü, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye ($R=0,452$), ıslaklık ölçeği ile aynı yönlü güçlü bir ilişkiye ($R=0,906$), konfor ölçeği ile ters yönlü güçlü bir ilişkiye sahiptir ($R=-0,772$). Sırt mikroklima sıcaklığı, sıcaklık ölçeği ile aynı yönlü istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye ($R=0,430$), ıslaklık ölçeği ile aynı yönlü güçlü bir ilişkiye ($R=0,860$), konfor ölçeği ile ters yönlü güçlü bir ilişkiye ($R=-0,667$) sahiptir. Göğüs mikroklima bağlı

nemi, ıslaklık ölçeği ile aynı yönlü güçlü bir ilişkiye ($R=0,866$), konfor ölçeği ile ters yönlü güçlü bir ilişkiye ($R=-0,779$) sahiptir. Sırt mikroklima bağıl nemi, ıslaklık ölçeği ile aynı yönlü güçlü bir ilişkiye ($R=0,871$), konfor ölçeği ile ters yönlü güçlü bir ilişkiye ($R=-0,726$) sahiptir.

BÖLÜM DÖRT

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu doktora tezi çalışmasında, termal konforu etkileyebilecek üretim parametrelerini dikkate alarak geliştirilen kumaş örneklerinin objektif ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, farklı aktivite seviyelerinde ve çeşitli çevre koşullarında aktif spor yapan kişilerin kullanabileceği termofizyolojik konforu mevcutlara göre iyileştirilmiş spor giysisi olarak kullanılacak tişörtlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için beş aşamada kumaş ve tişörtlerin termal konfor özelliklerinin değerlendirilip konfor açısından avantajlı tişört tiplerinin geliştirilmesi planlanmıştır. Öncelikle aynı lif tipinden elde edilen iplikler ile farklı örme tipinde kumaşlar üretilerek uygun/avantajlı konstrüksiyon tipinin belirlenmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Daha sonra farklı lif tiplerinden elde edilen iplikler ile aynı yapısal özelliklerde kumaşlar üretilerek uygun/avantajlı hammadde tipinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu iki aşamada belirlenmiş olan uygun/avantajlı konstrüksiyon ve lif tipinde kumaşlar üretilerek termal konfor özellikleri objektif ölçümlerle incelenmiştir. İnsan vücudunun termofizyolojik yapısı ile ilgili bilgiler de dikkate alınarak farklı özelliklerdeki çeşitli kumaş tiplerinin birlikte kullanıldığı fonksiyonel tişört tasarımları geliştirilmiştir. Bu tişört tasarımları içerisinde seçilen bir fonksiyonel tasarım ve tek bir örgü tipine sahip klasik tasarımlar farklı lif tipinden elde edilen kumaşlardan üretilmiştir. Son aşamada ise seçilen giysilerin termofizyolojik konfor özellikleri giyim denemeleri ile değerlendirilmiş ve objektif kumaş ölçüm sonuçları ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çalışmanın birinci aşamasında, örme kumaşların termal konforuna yapısal özelliklerin etkisinin belirlenebilmesi amacıyla farklı örgü tiplerinde ve farklı sıklıklarda geliştirilen pamuklu örme kumaşların transfer özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla hammadde sabit tutularak sistematik olarak örgü tipi ve makine sıklığının değiştirilmesiyle elde edilen örme kumaşların hava geçirgenliği, kılcal emme, sıvı nem yönetimi, termal direnç ve su buharı direnci özellikleri ölçülmüştür.

Birinci aşamaya ait termal konfor ölçümlerinin sonuçları ele alındığında farklı ölçümler için farklı kumaş yapılarının ön plana çıktığı görülmüştür. Bu anlamda kumaşın kullanım şartlarına göre seçimi daha önemli olmaktadır. Esasında hava şartlarına ve yapılan aktiviteye göre farklı kumaş yapıları önerilmelidir. Eğer kullanıcı ılıman hava şartlarında hafif aktivite yapıyorsa vücudu çok ıslak olmayacaktır. Bu şartlarda ter, buhar olarak kumaşı oluşturan iplikler arasındaki boşluklardan geçip uzaklaştığı için kişi tarafından hissedilmeyecektir. Bu durumda kişinin konforunu belirlemede kumaşın hava geçirgenliği ve su buharı direnci daha önemli olacaktır. Çalışmada kullanılan yüksek hava geçirgenliğine ve düşük su buharı direncine sahip, düşük sıklık seviyesindeki askılı yapıya sahip kumaşlar (Askılı yapı – 2) bu şartlardaki konfor gereksinimlerini sağlayabilecektir. Öte yandan eğer kullanıcı sıcak havalarda yüksek fiziksel aktivite yapıyorsa, vücut sıcaklığı hızlıca yükselerek terlemeyle birlikte ıslaklık oluşacaktır. Bu havalarda kullanılan kumaşların fazla ısıнын atılabilmesi için ısı transfer yeteneğinin yüksek olması, sıvıyı yapısında tutmadan dışarıya iletmesi için yüksek kılcal emme yeteneği ve iyi nem yönetimi özellikleri göstermesi gerekmektedir. Bu gereksinimler düşünüldüğünde atlamalı yapılar (Atlamalı yapı – 2) daha uygun olacaktır. Daha soğuk havalarda yapılacak aktivitelerde ise giysinin kullanıcıyı üşütmeden belli bir sıcaklıkta koruması, su buharı transferine belirli oranda izin vererek buhar yoluyla terlemeye izin vermesi gerekmektedir. Bu şartlar için daha uygun olan futter kumaşlar içerisinde ise, 8. Grup futter yapılar (Futter yapı – 2) yüksek termal direnç, orta seviyede su buharı direnci değerleri ile öne çıkmaktadır.

İkinci aşama olan hammadde tipi belirleme çalışmalarında referans çalışma kapsamında 20 farklı lif tipinden elde edilen Ne 30/1 ipliklerden sabit makine ayarlarında ve aynı örgü tipinde (1x1 rib) kumaşlar üretilmiş, sıvı nem iletim ve termal konfor özellikleri ölçülmüştür.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre rejenere selüloz lifli kumaşların düşük termal direnç ve su buharı direnci, düşük sıvı nem yönetimi ve yüksek hava geçirgenliği değerleri ile fazla terlemenin olmadığı ılıman koşullardaki aktiviteler için uygun oldukları belirlenmiştir. Polipropilen kumaşların yüksek termal ve su buharı direnci,

oldukça düşük sıvı nem yönetimi değerleri ile kötü transfer özelliklerine sahip oldukları görülmüştür. Poliester, Coolmax ve Thermolite kumaşların yüksek sıvı nem yönetimi özellikleri ile terlemenin gerçekleştiği yüksek aktivite seviyelerinde avantajlı olacakları saptanmıştır. Doğal liflerin tek başlarına kullanımları yerine, fonksiyonel lifler ile karışım olarak kullanılmalarının sıvı nem ve termal konfor açısından avantaj sağladığı anlaşılmıştır. Viloft karışımlarının ise polipropilen ve yünlü karışımlar dışındaki karışımlarda sıvı nem konforu özelliklerini iyileştirmedikleri görülmüştür. Tek tek lifler ele alındığında ise, Tencel LF, viskon, poliester ve Coolmax kumaşların diğerlerine nazaran sıcak havalarda kullanılacak spor giysilerinin konforu açısından ön plana çıktıkları tespit edilmiştir (Öner ve ark., 2013).

Üçüncü aşamada, tez çalışmasının ilk iki aşamasında elde edilen sonuçlar ve kumaş üretim imkânları dikkate alınarak sıcak havalardaki yoğun aktivite koşulları için uygun kumaş tipleri belirlenmiştir. Buna göre yüksek nefes alabilirlik özellikleri ile “Askılı Yapı-2”, düşük termal direnç ve su buharı direnci, yüksek nem iletimi özellikleri ile “Atlamalı Yapı-2” konstrüksiyonları örme yapısı olarak seçilmiştir. Bu yapıların orta sıklıktaki kumaş tiplerine uygun yapısal parametrelerde farklı liflerden kumaşlar üretilmiştir. Termal konfor açısından avantajlı özelliklere sahip rejenere selüloz liflerinden viskon ve Tencel LF, rejenere protein lifi olan soya, sıvı nem konforu açısından oldukça iyi sonuçlar elde edilen poliester ve Coolmax lifleri ve dokunsal konfor da dikkate alındığında deneme kapsamına alınmasının uygun olacağı düşünülen pamuk/Coolmax karışımı liflerden üretilmiş iplikler fonksiyonel giysi tasarım çalışmaları için seçilmiştir.

Avantajlı kumaş konstrüksiyonları ile lif tiplerinin birlikte değerlendirildiği deney grubuna ait termal konfor ölçümlerinin sonuçları incelendiğinde, poliester ve pamuk/Coolmax kumaşların iyi sıvı nem iletimi özelliklerine ve yüksek kılcal emme özelliklerine sahip oldukları dikkate alındığında ve buna ek olarak özellikle içerdiği pamuğun verdiği daha doğal yumuşak tutum düşünüldüğünde pamuk/Coolmax kumaşların sıvı terin vücuttan uzaklaştırılmasında avantajlı olacakları düşünülmektedir. Rejenere lifli kumaşların kıyaslanması durumunda rejenere protein

soya kumaşların yüksek termal direnç ve iyi kılcal emme yetenekleri ile soğuk hava şartlarında kullanışlı olabileceği ancak sıcak havada kullanılacak spor giysileri için önemli bir üstünlüğe sahip olmadıkları belirlenmiştir. Viskon ve Tencel LF lifli kumaşların yüksek hava geçirgenliği ve düşük su buharı direnci değerleri göz önüne alındığında nefes alabilir kumaş tasarımı için belirli avantajlar sağlayacağı düşünülmüştür. Tencel liflerinden daha pürüzsüz yüzeye sahip olması amacıyla geliştirilen Tencel LF lifli kumaşların incelenen diğer rejenere lifli kumaşlara göre fonksiyonel tasarıma sahip tişörtler için daha avantajlı olacakları öngörülmüştür.

Çalışmanın dördüncü aşaması olan fonksiyonel tişört tasarımı çalışmalarında öncelikle insan vücudunun termofizyolojik yapısı dikkate alınarak vücutta terlemenin fazla olduğu ve hava akımı oluşturulabilecek bölgeler belirlenmiştir. İnsan vücudunun termofizyolojik yapısı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde (Kim ve Spivak, 1994; Ruckman ve ark., 1999; Wu ve ark., 2009; Smith ve Havenith 2010; Fournet ve ark., 2013) göğüs ve sırt orta bölgelerinde terlemenin yoğunlaşarak aşağı doğru bir ter akışı olduğu belirlenmiştir. Bu durum dikkate alınarak tişörtte boyuna yakın bölgeler ve koltuk altı bölgelerinde hava kanalları oluşturularak hareket sırasında havalandırma efekti sağlanması, göğüs, sırt, karın ve bel bölgelerinde teri emip uzaklaştırabilecek iyi sıvı nem yönetimi özelliklerine sahip kumaşlar kullanılması uygun görülmüştür.

Yapılan kumaş testlerinin bulguları ve insan termofizyolojisine ilişkin çalışmalardan sağlanan bilgiler birlikte değerlendirilerek askılı ve atlamalı kumaşların birlikte kullanıldığı dört kadın, beş erkek tişörtü tasarlanmıştır. Tişörtlerin ön ve arka yüzünde kullanılacak atlamalı yapılarda sıvı terin oluşması durumunda teri hızlıca emip uzaklaştırması için pamuk/Coolmax kumaşların, havalandırma kanalları olarak kullanılan askılı yapılarda ise yüksek hava geçirgenliği ve düşük su buharı direnci sonuçları ile Tencel LF kumaşların kullanılması planlanmıştır. Bunların yanında sıvı nem yönetim özellikleri pamuk/Coolmax kumaşlara yakın olan poliester kumaşlar, nefes alabilirlik özellikleri Tencel LF kumaşlara yakın olan viskon kumaşlar üretim kolaylığı ve ekonomik ürün elde edilmesi göz önünde bulundurularak alternatif olarak üretim planına dahil edilmiştir.

Önerilen fonksiyonel tasarımlar arasından “9” numaralı erkek tişört tasarımı seçilerek üretilmesine karar verilmiştir. Ayrıca avantajlı bulunan askılı ve atlamalı kumaş yapılarının ayrı ayrı etkisinin görülmesi açısından sadece bu yapılardan oluşan klasik tasarımdaki tişörtlerin de üretilmesi düşünülmüştür. Tez çalışmasının üçüncü aşamasında üretimi gerçekleştirilen avantajlı hammadde ve kumaş yapısına sahip kumaşlar kullanılarak istenen özelliklerde tişörtler üretilmiştir.

Çalışmanın son aşamasında geliştirilen tişörtlerin termofizyolojik konfor özelliklerinin incelenmesi için giyim denemeleri yapılmıştır. Objektif ölçüm yöntemleri ile termal konfor özellikleri ölçülerek avantajlı olduğu görülen kumaş tiplerinin termal konforuna ilişkin bulgular ile yapılan tasarımların kullanım sırasındaki performansı karşılaştırılmış, sinama çalışmaları yapılmıştır.

Belirlenen test prosedürüne göre şartları kontrol altında tutulan ortamda gerçekleştirilen giyim denemelerinin sonuçları incelendiğinde, tüm tişörtlerin genel olarak iyi konfor seviyesinde olmaları dikkat çekmiştir. Bu durumun önceki aşamalarda avantajlı olarak tespit edilen kumaş tipleri arasından seçilerek üretilen tişörtlerin kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tişört tipleri kendi aralarında değerlendirildiğinde sensörler yardımıyla ölçülen göğüs sıcaklığı değerlerinde orta aktivite düzeyinden itibaren fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax kumaşlarının kullanıldığı tişörtlerin (FTPC) giyildiği durumlarda diğer tişörtlerden daha düşük göğüs yüzey sıcaklık değerleri ölçüldüğü görülmüştür. Sırt sıcaklığı değerlerinde ise tişörtler birbirlerine oldukça yakın değerler vermiş, belirgin bir fark ortaya çıkmamıştır. Gönüllülerin vermiş oldukları sıcaklık ölçek puanlarında da benzer eğilim gözlenmiştir.

Ölçülen mikroklima bağıl nem değerleri incelendiğinde hem göğüs bölgesinde hem de sırt bölgesinde fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax kumaşlarının kullanıldığı tişörtlerin (FTPC) giyildiği durumlarda yüksek aktiviteden aktivite sonuna geçerken mikroklima bağıl nem değerinin belirgin bir şekilde düştüğü gözlenmiştir. Gönüllülerin subjektif olarak değerlendirdikleri ıslaklık hissi puanlarında da orta aktivite düzeyinden aktivite sonuna kadar tüm aktivite

düzeylerinde, en düşük değerlendirme puanına sahip olan tişörtlerin fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax kumaşlarının kullanıldığı tişörtler (FTPC) olduğu ve bu tişörtlere aktivite sonunda kuru ile hafif ıslak arasında bir değerlendirme puanı (1,93) verildiği dikkat çekmiştir. Fizyolojik ölçüm sonuçlarında düşük mikroklima bağıl nem değerleri gözlenen fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax kumaşlarının kullanıldığı tişörtlerin (FTPC) subjektif değerlendirmelerde de düşük ıslaklık değerlendirme puanları alması, ıslanma sonrası hızlı kuruma yeteneğine sahip olduklarını ve bu tişörtlerin sıvı terin olduğu sıcak havalardaki aktiviteler için avantajlı olacaklarını göstermektedir. Tişörtlerin giyim denemesinin başında ve sonunda tartılan ağırlıklarının farkıyla hesaplanan ter oranlarına bakıldığında, tişörtlerin tümünün oldukça düşük ter oranı değerlerine sahip olması dikkat çekmektedir. Bu değerler literatürdeki birçok çalışmadaki sonuçlara (Meinander ve Hellsten, 2004; Yoo ve Barker, 2005; Yoo ve Kim, 2012; Atasagun ve ark., 2014) göre daha düşüktür. Bu durum da seçilen tişörtlerin genel olarak hızlı kuruduklarını ve yapılarında teri tutmayıp ıslaklığı uzun süre hissettirmediklerini göstermektedir. Ayrıca sırt mikroklima bağıl nem değerlerinde en düşük değere sahip olan klasik askılı yapıya sahip pamuk/Coolmax tişörtlerin (KASPC) en düşük ter oranı değerlerine sahip olması göze çarpmaktadır. İçeriğinde pamuk/Coolmax lifleri bulunan 3 tip tişörtün de düşük ter oranı değerleri vermesi, Coolmax liflerinin kumaşta kullanılmasının kuruma yeteneğinin geliştirilmesine önemli bir katkısı olduğunu göstermektedir.

Gönüllülerin tişörtler için yaptıkları genel konfor hissi değerlendirmeleri sonunda aktiviteler boyunca tüm tişörtlere yüksek konfor puanları verdikleri görülmüştür. Vücutta ıslaklığın oluşmadığı başlangıç ve hafif aktivite seviyelerinde klasik askılı tasarıma sahip Tencel LF (KAST) tişörtler üstün görülürken, sıvı terin meydana geldiği orta aktivite seviyesinden itibaren en yüksek konfor puanlarını fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax kumaşlarının kullanıldığı tişörtler (FTPC) almıştır. Maliyet farkı nedeniyle birbirinin alternatifi olarak kullanılabileceği düşünülen aynı fonksiyonel tasarıma sahip Tencel LF ve pamuk/Coolmax kumaşlarının kullanıldığı tişörtler (FTPC) ile viskon ve poliester liflerinden üretilen tişörtler (FVP) incelendiğinde ise başlangıç ve hafif aktivite seviyelerinde viskon ve

poliester liflerinden üretilen tişörtler (FVP) daha yüksek puanlar alırken, orta aktivite seviyesinden itibaren Tencel LF ve pamuk/Coolmax kumaşlarının kullanıldığı tişörtlerin (FTPC) yüksek puanlar aldığı görülmüştür.

Çalışmanın tüm bulguları birlikte dikkate alındığında spor giysisi olarak kullanılabilecek tişörtlerin termofizyolojik konforunda vücut fizyolojisini dikkate alan fonksiyonel tasarımın, kumaş üretiminde kullanılan hammaddenin ve kumaş tasarımının birlikte etkili oldukları ve giysi üretim süreçlerinde her üçünün de ele alınarak uygun seçimlerin yapılması gerektiği, içlerinden birinin bile göz ardı edildiğinde beklenen avantajların elde edilmesinin olası olmadığı anlaşılmıştır. Elde edilen bulguların, araştırmacıların ve sektördeki üreticilerin ilgi duyduğu, araştırma ve geliştirmeye açık, yenilikçi bir alan olan spor giysilerinin termofizyolojik konforunun geliştirilmesi çalışmalarına önemli katkılar sağlayacağı beklenmektedir.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda bu deney grubunun çeşitli lif tipi ve yapısal özelliklere sahip farklı iplik ve kumaş üretim tekniklerini ve farklı fonksiyonel giysi tasarımlarını da içerecek şekilde genişletilerek sektörün yararlanabileceği bir veri tabanı oluşturulması ve bu veri tabanının çeşitli kimyasal işlemlerin ve apre uygulamalarının etkilerini ve katlı giysi sistemlerini içerecek şekilde genişletilmesi hedeflenmekte ve bu yöndeki çalışmaların üretici ve tüketicilerin doğru seçimler yapmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AATCC Test Method 195 (2009). *Liquid moisture management properties of textile fabrics*. North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists Committee RA63.
- Adler, M. M. ve Walsh, W. K. (1984). Mechanism of transient moisture transport between fabrics. *Textile Research Journal*, 54 (5), 334-343.
- Advansa (2013a). *Coolmax, fabrics comfort system*. 11 Aralık 2014, <http://www.coolmax-thermolite.com/coolmax.htm>
- Advansa (2013b). *Thermolite comfort*. 11 Aralık 2014, <http://www.coolmaxthermolite.com/thermolite.htm>
- Aksoy, A. ve Kaplan, S. (2011). Tekstil materyallerinde sıvı transfer mekanizmaları ve ölçüm yöntemleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (2), 51-67.
- An, S. K., Gam, H. J. ve Cao, H. (2013). Evaluating thermal and sensorial performance of organic cotton, bamboo-blended, and soybean-blended fabrics. *Clothing and Textiles Research Journal*, 31 (3), 157-166.
- Anandjiwala, R. D., Hunter, L., Kozlowski, R. ve Zaikov, G. (Ed.). (2007). *Textiles for sustainable development*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- ANSI/ASHRAE standard 55–2010 (2010). *Thermal environmental conditions for human occupancy*, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Airconditioning Engineers, Inc,
- Arens, E., Zhang, H. ve Huizenga, C. (2006a), Partial and whole body thermal sensation and comfort - Part I: Uniform environmental conditions. *Journal of Thermal Biology*, 31, 53-59.

- Arens, E., Zhang, H. ve Huizenga, C. (2006b), Partial and whole body thermal sensation and comfort - Part II: Non-uniform environmental conditions. *Journal of Thermal Biology*, 31, 60-66.
- ASTM D1776 (2008). *Standard practice for conditioning and testing textiles*. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D1059-97 (2001). *Standard test method for yarn number based on short-length specimens*. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D1777-96e1 (2011). *Standard test method for thickness of textile materials*. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D3776/D3776M-09a (2013). *Standard test methods for mass per unit area (weight) of fabric*. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D3887-96 (2008). *Standard specification for tolerances for knitted fabrics*. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D737-04 (2012). *Standard test method for air permeability of textile fabrics*. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- Atasagun, H. G., Öner, E., Okur, A. ve Beden A. R. (2013). The assessment of thermophysiological comfort for Viloft blended knitted fabrics in wear trials. *13th Autex World Textile Conference*, 22-24 May 2013, Dresden, Germany.
- Atasagun, H. G., Öner, E., Okur, A. ve Beden, A. R. (2014). A comprehensive study on the general performance properties of Viloft-blended knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, (Online Published 26.06.2014) DOI:10.1080/00405000.2014.929270, 1-13.

- Auliciems, A. ve Szokolay, S. V. (1997). *Thermal comfort*. Brisbane : The University of Queensland Brisbane Publishing.
- 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.
- Barker, R. L. (2002). From fabric hand to thermal comfort: the evolving role of objective measurements in explaining human comfort response to textiles. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 14, 181–200.
- Bartels, V. T. (Ed.). (2005). *Physiological comfort of sportswear*. 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 (6), 792–800.
- Bergquist, K. ve Holmer, I. (1997). A Method for dynamic measurement of the resistance to dry heat exchange by footwear. *Applied Ergonomics*, 28 (5/6), 383-388.
- Bertaux, E., Derler, S., Rossi, R. M., Zeng, X., Koehl, L. ve Ventenat, V., (2010). Textile, physiological, and sensorial parameters in sock comfort. *Textile Research Journal*, 80 (17), 1803-1810.
- Bivainytė, A. ve Mikučionienė, D. (2011). Investigation on the air and water vapour permeability of double-layered weft knitted fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 19 (3), 69-73.

- Bivainytė, A., Mikučionienė, D. ve Milašienė, D. (2012). Influence of the knitting structure of double-layered fabrics on the heat transfer process. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 20 (2), 40-43.
- Branson, D. H. ve Sweeney, M. (1990). Sensorial comfort. Part I: Psychophysical method for assessing moisture sensation in clothing. *Textile Research Journal*, 60 (7), 371-377.
- Caroline, N. L. (1991). *Emergency care in the streets*. (4th ed.). Boston, MA: Little, Brown and Company.
- 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.
- 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.
- Cheng, X. ve Fan, J. (2004). Simulation of heat and moisture transfer with phase change and mobile condensates in fibrous insulation. *International Journal of Thermal Sciences*, 43, 665–676.
- Chidambaram, P., Ramakrishnan G. ve Venkatraman K. C. (2012). Study of thermal comfort properties of cotton / regenerated bamboo knitted fabrics. *African Journal of Basic & Applied Sciences*, 4 (2), 60-66.

- Chung, G., S. ve Lee, D. H. (2005). A Study on comfort of protective clothing for firefighters. *Environmental Ergonomics*, 3, 375-378.
- Cimilli, S., Nergis, B. U., Candan, C. ve Özdemir, M. (2010). A comparative study of some comfort-related properties of socks of different fiber types. *Textile Research Journal*, 80 (10), 948-957.
- Coghill, R. C., Sang, C. N., Maisog, J. M. ve Iadarola, M. J. (1999). Pain intensity processing within the human brain: a bilateral, distributed mechanism. *Journal of Neurophysiology*, 82 (4), 1934-1943.
- Collier, B. J. ve Epps, H. H. (1999). *Textile testing and analysis*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Cubric, I. S., Skenderi, Z. ve Havenith, G. (2013). Impact of raw material, yarn and fabric parameters, and finishing on water vapor resistance. *Textile Research Journal*, 83 (12), 1215-1228.
- Çil, M. G., Nergis, U. B. ve Candan, C., (2009). An experimental study of some comfort-related properties of cotton acrylic knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 79 (10), 917-923.
- De Dear, R. J. ve Brager, G. S. (1998). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *UC Berkeley: Center for the Built Environment*, 98 (7), 1-18. 20 Kasım 2013, <https://escholarship.org/uc/item/4qq2p9c6>.
- Delkumburewatte, G. B. ve Dias, T. (2012). Wearable cooling system to manage heat in protective clothing. *The Journal of The Textile Institute*, 103 (5), 483-489.
- Demiryürek, O. ve Uysaltürk, D. (2013). Thermal comfort properties of Viloft/cotton and Viloft/polyester blended knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 83 (16), 1740–1753.

- DIN 53924 (1997). *Testing of textiles - Velocity of soaking water of textile fabrics (method by determining the rising height)*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.
- Endrusick, T. L., Gonzalez J. A. ve Gonzalez, R. R. (2004). Improved comfort of US military chemical and biological protective clothing. *Environmental Ergonomics*, 3, 369-374.
- Fan, J., Chen, Y. S. ve Zhang, W. (2005). Clothing thermal insulation when sweating and when non-sweating. *Environmental Ergonomics*, 3, 437-443.
- Fan, J. ve Tsang, H. W. K. (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), 1522-1530.
- Farnworth, B. (1983). Mechanisms of heat flow through clothing insulation. *Textile Research Journal*, 53 (12), 717-725.
- Fournet, D., Ross, L., Voelcker, T., Redortier, B. ve Havenith, G. (2013). Body mapping of thermoregulatory and perceptual responses of males and females running in the cold. *Journal of Thermal Biology*, 38, 339-344.
- Geraldes, M. J. (2000). *Experimental analyses of the thermal comfort of functional knits on the wet state*. Doktora Tezi, Minho Üniversitesi, Portekiz.
- Geraldes, M. J., Hes, L., Araujo, M., Belino, N. ve Nunes, M. F. (2008). Engineering design of the thermal properties in smart and adaptive knitting structures. *Autex Research Journal*, 8 (1), 30-34.

- Germanova K., Stoyanova D., Kandzhikova G. D. ve Bochev A. G. (2013). Influence of terry fabrics structure on dynamic sorption. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 25 (4), 243-256.
- Global Sports Manufacturers (2012). *Sportswear*. 01 Aralık 2013, <http://globalbags.co.za/wp-content/uploads/2012/03/sportswear>
- Goldman, R. F. (2005) The four 'Fs' of clothing comfort. *Environmental Ergonomics*, 3, 315-319.
- Gorjanc, D., Dimitrovski, K. ve Bizjak, M. (2012). Thermal and water vapor resistance of the elastic and conventional cotton fabrics. *Textile Research Journal*, 82 (14), 1498-1506.
- Gupta, D., Kothari, V. K. ve Jhanji, Y. (2012). Heat and moisture transport in single jersey plated fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 39, 115-121.
- Güneşoğlu, S. (2005). *Sportif amaçlı giysilerin konfor özelliklerinin araştırılması*. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Güneşoğlu, S., Meriç, B. ve Güneşoğlu, C. (2005) Thermal contact properties of 2-yarn fleece knitted fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 13 (2), 46-50.
- Haghi A. K. (Ed.) (2011). *Heat & Mass transfer in textiles*. (2nd ed.). Montreal: World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS) Press.
- Hartland, S. (Ed.) (2004). *Surface and interfacial tension: measurement, theory, and applications*. New York: CRC Press.
- Hatch, K. L. (1993). Comfort properties. In *Textile Science* (3rd ed.) (27-28). Minneapolis: West Publishing Co.

- Hes, L. (2001). Fundaments of design of fabrics and garments with demanded thermophysiological comfort. *International Textile Congress "Inventica 2001"*, 10-12 June 2001, Iasi, Romania.
- Hes, L. (2008). Non-destructive determination of comfort parameters during marketing of functional garments and clothing. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 33 (3), 239-245.
- Hes, L. (1999). Optimisation of shirt fabrics composition from the point of view of their appearance and thermal comfort. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11 (2/3), 105-115.
- Hes, L. (2000). Imperfections of common nonwoven's thermal resistance test methods. *International Nonwovens Technical Conference*, 26-28 September 2000, Dallas, Texas, USA.
- Hes, L. ve Carvalho, M. (1994). Diagnostic of the composition of fabrics from their thermal permeability in wet state. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 19, 147-147.
- Hes, L. ve De 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.
- Hes, L. (2007) Islak kumaşların ısı konfor özellikleri. *11. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu*, 26-29 Ekim 2007, İzmir, Türkiye.
- Ho, C., Fan, J., Newton, E. ve Au, R. (2011). The effect of added fullness and ventilation holes in T-shirt design on thermal comfort. *Ergonomics*, 54 (4), 403-410.

- Hoge, H. J. ve Fonseca, G. F. (1964). The thermal conductivity of a multilayer sample of underwear material under a variety of experimental conditions. *Textile Research Journal*, 34 (5), 401-410.
- Hollies, N. R. S., Custer, A.G., Morin, C.J. ve Howard, M.E. (1979). A human perception analysis approach to clothing comfort. *Textile Research Journal*, 49, 557-564.
- Holmer, I. (2004). Thermal manikin history and applications. *Europe Journal of Applied Physiology*, 92, 614–618.
- Holmer, I. (Ed.) (2005). *Protection against cold*. Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Hologenix Company (2013). *How holofiber works*. 11 Aralık 2014, <http://www.holofiber.com/howitworks.php>
- Horrocks, A. R. ve Anand, S. C. (2000). *Handbook of technical textiles*. Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Hu, J. Y., Hes, L., Li, Y., Yeung, K. W. ve Yao, B. G. (2006) Fabric touch tester: integrated evaluation of thermal-mechanical sensory properties of polymeric materials. *Polymer Testing*, 25, 1081-1090.
- Hu, J., Li, Y., Yeung, K. W., Wong, A. S. W. ve Xu, W. (2005). Moisture management tester: a method to characterize fabric liquid moisture management properties. *Textile Research Journal*, 75 (1), 57-62.
- Huang, J. (2006). Thermal parameters for assessing thermal properties of clothing. *Journal of Thermal Biology*, 31, 461-466.

- Ibrahim, N. A., Khalifa, T. F., El-Hossamy, M. B. ve Tawfik, T. M. (2010). Effect of knit structure and finishing treatments on functional and comfort properties of cotton knitted fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 40 (1), 49-62.
- Ishtiaque, S. M. (2001). Engineering comfort. *Asian Textile Journal*, November, 36–39.
- Jhanji, Y., Gupta, D. ve Kothari, V. K. (2014). Moisture management properties of plated knit structures with varying fiber types. *The Journal of The Textile Institute*, (Online Published 10.07.2014) DOI:10.1080/00405000.2014.934044, 1-11.
- 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.
- Kaplan, S. ve Okur, A. (2012). Thermal comfort performance of sports garments with objective and subjective measurements. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 37(1), 46-54.
- Kaplan, S. (2009). *Kumaşların mekanik özelliklerinden ve geçirgenlik özelliklerinden yararlanılarak giysi konforunun tahminlenmesi*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Kaplan, S. ve Okur, A. (2010) A new dynamic sweating hotplate system for steady-state and dynamic thermal comfort measurements. *Measurement Science and Technology*, 21 (8), 1-8.
- Kaplan, S. ve Okur, A. (2005). Kumaşların geçirgenlik-iletkenlik özelliklerinin giysi termal konforu üzerindeki etkileri. *Tekstil Maraton*, Mart-Nisan 2005, 56-65.

- Karaca, E., Kahraman, N., Omeroglu, S. ve Becerir, B. (2012). Effects of fiber cross sectional shape and weave pattern on thermal comfort properties of polyester woven fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 20 (3), 67-72.
- Karsu Tekstil (2013). *Modal ve karışımları*. 11 Aralık 2014, <http://www.karsu.com.tr/pxp/tr/ueruenler/iplik/ring-iplik/modal-vekarisimlari.php>
- Kato Tech (2013). *Temas sensörünün (probe) teknik resmi*. 20 Kasım 2013, http://english.keskato.co.jp/products/files/10016_file3.pdf
- Kawabata, S., Niwa, M. ve Sakaguchi, H. (1985). Applications to product design and process control. *The Third Japan/Australia Joint Symposium on Objective Measurement*, 5-7 September 1985, Osaka, Japan, 96-109.
- Ke, Y., Havenith, G., Zhang, X., Li, X. ve Li, J. (2013). Effects of wind and clothing apertures on local clothing ventilation rates and thermal insulation. *Textile Research Journal*, 84 (9), 941-952.
- 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.
- Kelheim Fibres (2013). *Viloft fibers*. 11 Aralık 2014, http://www.kelheim-fibres.com/pdf/tdb_viloft.pdf
- Kılınç, F. S. (2004). *A study of nature of fabric comfort: design-oriented fabric comfort model*. Doktora Tezi, Auburn Üniversitesi, Auburn, Alabama.
- Kim, J. O. ve Spivak, S. M. (1994). Dynamic moisture vapor transfer through textiles part II: Further techniques for microclimate moisture and temperature measurement. *Textile Research Journal*, 64 (2), 112-121.

- Kothari, V. K. (2006) Thermo-physiological comfort characteristics and blended yarn woven fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 31, 177–186.
- Kothari, V. K. ve Sanyal, P. (2003) Fibres and fabrics for active sportswear. *Asian Textile Journal*, 12(3), 55–61.
- Lenzing Fiber Innovation (2013). *Tencel – The universal fiber*. 11 Aralık 2014, <http://www.lenzing.com/en/fibers/tencel/specifications.html>
- Li, Y. (2001). *The Science of Clothing Comfort*. London: Textile Progress, The Textile Institute International, Taylor and Francis Publishing.
- Li, Y., Holcombe, B. V. ve Apcar, F. (1992). Moisture buffering behavior of hygroscopic fabric during wear. *Textile Research Journal*, 62(11), 619-627.
- Li, Y. ve Wong, A. S. W. (2006) *Clothing biosensory engineering*. Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Li, Y. ve Wang, Z. (2005) Thermal sensory engineering design of textile and apparel products. *Environmental Ergonomics*, 3, 473-477.
- Lizák, P., Legerská J. ve Mojumdar S. C. (2013). Influence of knitted structures on heat transfer. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 112 (2), 1089-1094.
- Majumdar, A., Mukhopadhyay, S. ve Yadav, R. (2010). Thermal properties of knitted fabrics made from cotton and regenerated bamboo cellulosic fibres. *International Journal of Thermal Sciences*, 49, 2042-2048.
- Manshahia, M. ve Das, A. (2014). Thermophysiological comfort characteristics of plated knitted fabrics. *Journal of The Textile Institute*, 105 (5), 509-519.

- Marmaralı, A. (2009). *Kompresyon çorapları için basınç ölçüm cihazı geliştirilmesi ve bu çorapların konfor özelliklerinin incelenmesi*. TÜBİTAK Proje No: 108M152
- Marmaralı, A., Kadoğlu, H., Çelik, P., Oğlacioğlu, N., Üte, T. B. ve Ertekin, G. D. (2010). *Yeni tip liflerden üretilen iplikler kullanılarak optimum ısıt özelliklere sahip örme kumaş yapılarının araştırılması*. TÜBİTAK Proje No: 107M417
- Marmaralı, A., Kretschmar, S.D. ve Özdil, N. (2006). *Örme kumaşların ısıt özellikleri üzerine bir araştırma*. TÜBİTAK Proje No: MİSAG-218
- McCullough, E.A., Jones, B. W. ve Tamura, T. (1989). A data base for determining the evaporative resistance of clothing. *ASHRAE Transactions*, 95 (2), 316-328.
- McCullough, E. A., Kwon, M. ve Shim, H. (2003). A comparison of standard methods for measuring water vapour permeability of fabrics. *Measurement Science and Technology*, 14 (8), 1402-1408.
- Meinander, H. ve Hellsten, M. (2004). The influence of sweating on the heat transmission properties of cold protective clothing studied with a sweating thermal manikin. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 10 (3), 263-269.
- 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 diapers. *Textile Research Journal*, 81 (16), 1647-1654.
- Morrissey, M. P. ve Rossi, R. M. (2011). The effect of wind, body movement and garment adjustments on the effective thermal resistance of clothing with low and high air permeability insulation. *Textile Research Journal*, 84 (6), 583-592.

- Morton, W. E. ve Hearle, J. W. S. (2008). *Physical properties of textile fibres*. (4th ed.). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Nilsson, H. O. (2006) Thermal comfort evaluation with virtual manikin methods. *Building and Environment*, 42 (7), 400-405.
- NPTEL (2013). *E-learning courses - Vertical Wicking Test*. 24 Kasım 2013, <http://nptel.iitm.ac.in/courses/116102029/58>.
- Oğlakçioğlu, N. ve Marmaralı, A., (2007). Thermal comfort properties of some knitted structures. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 15 (5), 94-96.
- Onofrei, E., Rocha, A. M. 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.
- Önder, E. ve Sarier, N. (2006). *Sıcaklık Düzenleme İşlevi Olan Akıllı Tekstil Ürünlerinin Tasarımı*. TÜBİTAK Proje No: MİSAG-238
- Öner, E., Atasagun, H. G., Okur A. ve Beden A. R. (2013). The influence of fiber type on transfer properties of knitted fabrics. *13th Autex World Textile Conference*, 22-24 May 2013, Dresden, Germany.
- 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.
- Peirce, F. T. (1947). Geometrical principles applicable to design of functional fabrics. *Textile Research Journal*, 17, 123-134.
- Prakash, C. ve Ramakrishnan, G. (2013). Effect of blend ratio, loop length, and yarn linear density on thermal comfort properties of single jersey knitted fabrics. *International Journal of Thermophysics*, 34 (1), 113-121.

- Punna, T. ve Amsamani, S. (2012). Investigations on moisture transmission characteristics of blended single jersey fabrics. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 7 (4), 1-17.
- Ramasamy, K. A., Nalankili, G. ve Shanmugasundaram, O. L. (2014). Properties of cotton, tencel and cotton/tencel blended ring-spun yarns. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 39, 322-235.
- Rego, J. M., Verdu, P., Nieto, J. ve Blanes, M. (2010). Comfort analysis of woven cotton/polyester fabrics modified with a new elastic fiber, part 2: detailed study of mechanical, thermo-physiological and skin sensorial properties. *Textile Research Journal*, 80 (3), 206-215.
- Rengasamy, R. S. (2006). Wetting phenomena in fibrous materials. In *Thermal and Moisture Transport in Fibrous Materials* (2nd ed.) (165-167). Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Ruckman, J. E., Murray, R. ve Choi, H. S. (1999). Engineering of clothing systems for improved thermophysiological comfort. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11 (1), 37-52.
- Sampath, M. B., Aruputharaj, A., Senthilkumar, M. ve Nalankili, G. (2011). Analysis of thermal comfort characteristics of moisture management finished knitted fabrics made from different yarns. *Journal of Industrial Textiles*, 42 (1), 19-33.
- Sampath, M. B., Senthilkumar, M. 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.
- Sarkar, M., Fan, J. ve Qian, X. (2007). Transplanar water transport tester for fabrics. *Measurement Science and Technology*, 18, 1465-1471.

- Saville, B. P. (1999). *Physical testing of textiles*. Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Schlader, Z. J., Stannard, S. R. ve Mündel, T. (2010). Human thermoregulatory behavior during rest and exercise - a prospective review. *Physiology & Behavior*, 99 (3), 269-275.
- Schuster, K.C., Suchomel, F., Manner, 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*, 244, 149-165.
- SDL Atlas (2013). *M290 MMT genel görünümü*. 27 Kasım 2013, <http://www.sdlatlas.com/product/203/MMT>
- Shabaridharan, M. ve Das, A. (2013). Study on thermal and evaporative resistances of multilayered fabric ensembles. *Journal of The Textile Institute*, 104 (10), 1025-1041.
- Shim, M. H., Park, C. H. ve Shim, H. S. (2009). Effect of ceramics on the physical and thermo-physiological performance of warm-up suit. *Textile Research Journal*, 79 (17), 1557-1564
- Shishoo R. (2005) *Textiles in sport*. Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Smith, C. ve Havenith, G. (2011). Body mapping of sweating patterns in male athletes in mild exercise-induced hyperthermia. *European Journal of Applied Physiology*, 111 (7), 1391-1404.
- Song, G. (Ed.) (2011) *Improving comfort in clothing*. Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.

Soya Silk Ekolojik Tekstil (2013). *Soya protein elyafı*. 11 Aralık 2014, <http://www.soyasilk.com/soyasilk-Sayfalar-soya-silk-24.aspx>

Stankovic, S.B., Popovic, D. ve Poparic, G. B. (2008). Thermal properties of textile fabrics made of natural and regenerated cellulose fibers. *Polymer Testing*, 27/2008, 41-48.

Süpüren, G., Oğlakçıoğlu, N., Özdil, N. ve Marmaralı, A. (2011). Moisture management and thermal absorptivity properties of double-face knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 81 (13), 1320-1330.

Sybilska, W. ve Korycki, R. (2010) Analysis of coupled heat and water vapour transfer in textile laminates with a membrane. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 18 (3), 65-69.

Tausif, M., Ahmad, F., Hussain, U., Basit, A. ve Hussain, T. (2014). A comparative study of mechanical and comfort properties of bamboo viscose as an eco-friendly alternative to conventional cotton fibre in polyester blended knitted fabrics. *Journal of Cleaner Production*, (Online Published 10.11.2014) DOI:10.1016/j.clepro.2014.11.011, 1-6.

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 12863 (2002). *Tekstil- İplikler-Tüylülük tayini-Foto-Elektrik metot*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TS 2394 (1976). *Yün şerit, fitil ve ipliklerde kısa devreli doğrusal yoğunluk düzgünlüklerinin elektronik düzgünlük ölçme cihazı ile saptanması*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TS 244 EN ISO 2060 (1999). *Tekstil-İplikler-Doğrusal yoğunluk (Birim uzunluk başına kütle) tayini - Çile metodu*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TS 247 EN ISO 2061 (1999). *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 ve tekstil mamullerinin kalınlık tayini*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TS EN 12127 (1999). *Tekstil – Kumaşlar - Küçük numuneler kullanarak birim alan başına kütlenin tayini*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TS EN 14970 (2006). *Tekstil - Örülmüş kumaş - Tek iplikli örme kumaşlarda örgü ilmeği ve iplik doğrusal yoğunluğunun tayini*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TS EN 14971 (2006). *Tekstil - Örülmüş kumaşlar - Birim uzunluk ve birim alan başına örgü ilmeği sayısının tayini*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TS EN ISO 139 (2008). *Tekstil - Şartlandırma ve deney için standart ortamlar*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

Turan, R. B. ve Okur, A. (2013). Prediction of the in-plane and through-plane fluid flow behavior of woven fabrics. *Textile Research Journal*, 83 (7), 700-717.

Uçar N ve Yılmaz, T. (2004). Thermal properties of 1x1, 2x2, 3x3 rib knit fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 12 (3/47), 34-38.

Uğur, Ş. S. ve Sivri, Ç. (2008). Tekstil materyallerinde su buharı geçirgenliği ölçüm metotlarının karşılaştırılması. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 13-20.

- Ukponmwan, J. O. (1993). *The thermal-insulation properties of fabrics*. London: Textile Progress, The Textile Institute International, Taylor and Francis Publishing.
- Umbach, K. H. (2007). Thermo-physiological measurement methods. In *Clothing physiological research in the service of wear comfort* (22-24). Boennigheim: Hohenstein Institute.
- Umbach, K. H. (Ed.) (1988). *Physiological test and evaluation model for the optimization of the performance of protective clothing*. Philadelphia: Taylor Francis Publishing.
- Üte, B. T., Oğlakçioğlu, N., Çelik, P., Marmaralı, A. ve Kadoğlu, H. (2008) Doğal renkli pamuk ve angora tavşan lifi karışımından üretilen ipliklerin özellikleri ve örgü kumaşların ısı konforuna etkileri üzerine bir araştırma. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3/2008, 191-197.
- Vafai, K. (Ed.). *Handbook of porous media*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Verdu, P., Rego, J. M., Nieto, J. ve Blanes, M. (2009) Comfort analyses of woven cotton/polyester fabrics modified with a new elastic fiber, part 1 preliminary analyses of comfort and mechanical properties. *Textile Research Journal*, 79 (1), 14-23.
- 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, 791-796.
- Wong, K. K., Tao, X. M., Yuen, C. W. M. ve Yeung, K. W (2001). Wicking properties of linen treated with low temperature plasma. *Textile Research Journal*, 71 (1), 49-56.

- 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, 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 and Textiles in Eastern Europe*, 17 (4), 46-51.
- Xiaoming, T. (Ed.) (2001). *Smart fibres, fabrics and clothing*. Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Yanilmaz, M. ve Kalaoglu, F. (2012). Investigation of wicking, wetting and drying properties of acrylic knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 82 (8), 820-831,
- Yao, B., Li, Y., Hu, J. Y., Kwok, Y. ve Yeung, K. (2006). An improved test method for characterizing the dynamic liquid moisture transfer in porous polymeric materials. *Polymer Testing*, 25, 677-689.
- 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 Engineering and Informatics Society*, 724-730.
- Yoneda, M. ve Kawabata, S. (1983). Analysis of transient heat conduction and its applications. *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 29 (4), 73-83.
- 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, E. A. (2005). 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), 531-541.

- 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, H. N. ve Buckley, A. (1984). Improved comfort polyester part 1: transport properties and thermal comfort of polyester/cotton blend fabrics. *Textile Research Journal*, 54 (5), 289-298.
- Yüksel, H. G. ve Okur, A. (2011). Subjektif konfor değerlendirmeleri ile laboratuvar testleri arasındaki ilişkiler. *Tekstil ve Mühendis*, 18 (84), 38-47.
- Zhuang, Q., Harlock, S. C. ve Brook, D. B. (2002) Transfer wicking mechanisms of knitted fabrics used as undergarments for outdoor activities. *Textile Research Journal*, 72 (8), 727-734.

EKLER

EK-1: Kılcal Emme ve Sıvı Nem Yönetimi Sonuçları Arasındaki Korelasyon

	Islanma Süresi Üst (s)	Islanma Süresi Alt (s)	Üst Emilim Oranı (%/s)	Alt Emilim Oranı (%/s)	Üst Maksimum Islak Daire Yarıçapı (mm)	Alt Maksimum Islak Daire Yarıçapı (mm)	Üst Yayılma Hızı (mm/s)	Alt Yayılma Hızı (mm/s)	AOTI	OMMC	mm/3dk	mm/10dk	mm/30dk	mm/60dk
Islanma Süresi Üst (s)	1	,443*	-,814*	,390*	-,680*	-,629*	-,842*	-,825*	-,286	-,528*	-,732*	-,767*	-,790*	-,803*
Islanma Süresi Alt (s)	,443*	1	-,340	-,161	-,867*	-,932*	-,718*	-,762*	-,886*	-,932*	-,644*	-,649*	-,613*	-,624*
Üst Emilim Oranı (%/s)	-,814*	-,340	1	-,463*	,530*	,488*	,686*	,737*	,103	,393*	,670*	,698*	,695*	,709*
Alt Emilim Oranı (%/s)	,390*	-,161	-,463*	1	-,098	,004	-,314	-,284	,344	,120	-,337	-,379	-,405*	-,397*
Üst Maksimum Islak Daire Yarıçapı (mm)	-,680*	-,867*	,530*	-,098	1	,970*	,930*	,937*	,768*	,926*	,775*	,769*	,753*	,759*
Alt Maksimum Islak Daire Yarıçapı (mm)	-,629*	-,932*	,488*	,004	,970*	1	,883*	,914*	,826*	,951*	,764*	,766*	,758*	,771*
Üst Yayılma Hızı (mm/s)	-,842*	-,718*	,686*	-,314	,930*	,883*	1	,978*	,570*	,813*	,853*	,846*	,834*	,831*
Alt Yayılma Hızı (mm/s)	-,825*	-,762*	,737*	-,284	,937*	,914*	,978*	1	,599*	,840*	,840*	,851*	,848*	,859*
AOTI	-,286	-,886*	,103	,344	,768*	,826*	,570*	,599*	1	,915*	,484*	,478*	,426*	,440*
OMMC	-,528**	-,932*	,393*	,120	,926*	,951*	,813*	,840*	,915*	1	,684*	,690*	,663*	,674*
mm/ 3dk	-,732*	-,644*	,670*	-,337	,775*	,764*	,853*	,840*	,484*	,684*	1	,969*	,904*	,854*
mm/ 10dk	-,767*	-,649*	,698*	-,379	,769*	,766*	,846*	,851*	,478*	,690*	,969*	1	,970*	,936*
mm/ 30dk	-,790*	-,613*	,695*	-,405*	,753*	,758*	,834*	,848*	,426*	,663*	,904*	,970*	1	,982*
mm/ 60dk	-,803*	-,624*	,709*	-,397*	,759*	,771*	,831*	,859*	,440*	,674*	,854*	,936*	,982*	1

* ve **: Sırasıyla korelasyonun %95 ve %99 güven seviyelerinde anlamlı olduğunu gösterir.

EK-2: Yayın Listesi

Bu tezden yayımlanmış/yayımlanmak üzere kabul edilmiş makale ve bildiri listesi aşağıda verilmiştir.

Öner, E. ve Okur, A. (2011). Materyal, Üretim Teknolojisi ve Kumaş Yapısının Termal Konfora Etkileri. *Tekstil ve Mühendis*, 17 (80), 20-29.

Öner, E. ve Okur, A. (2011). The Effect of Different Knitted Fabrics' Structures on the Moisture Transport Properties. *The Journal of The Textile Institute*, 104 (11), 1164-1177.

Öner, E. ve Okur A. (2014). Thermophysiological Comfort Properties of Sportswear Produced from Advantageous Fiber Types and Fabric Structures. *15th Romanian Textiles and Leather Conference*, 4-6 September 2014, Brasov, Romania.

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.