

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİKİŞSİZ YUVARLAK ÖRME MAKİNELERİNDE ÜRETİLEN İÇLİK
KUMAŞLARIN KONFOR ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pınar ÇAVDAROĞLU

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİKİŞSİZ YUVARLAK ÖRME MAKİNELERİNDE ÜRETİLEN İÇLİK
KUMAŞLARIN KONFOR ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Pınar ÇAVDAROĞLU
503101811**

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatma KALAOĞLU

NİSAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503101811 numaralı Yüksek LisansÖğrencisi **Pınar ÇAVDAROĞLU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**DİKİŞSİZ YUVARLAK ÖRME MAKİNELERİNDE ÜRETİLEN İÇLİK KUMAŞLARIN KONFOR ÖZELLİKLERİ** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Fatma KALAOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof.Dr. Binnaz MERİÇ KAPLANGİRAY**
Uludağ Üniversitesi

Prof. Dr. Bülent ÖZİPEK.....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **19 Nisan 2013**
Savunma Tarihi : **04 Haziran 2013**

Canim anneme,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında değerli yardımlarını ve manevi desteklerini benden esirgemeyen sevgili mesai arkadaşlarım Şebnem SÜRÜCÜ, Mehpare BEKÇİ, Beysun SÖNMEZÖZ, Veysel CANDIROĞLU, Vedat ETEMOĞLU, Gonca ÖĞÜR, Mehmet CANFES ‘e, devrem Gülsüm ÇAKICI ‘ya, meslekteki ustam Yavuz UYSAL’a, anlayışlı patronum Kenan KOÇ’a, istatistik hocam Göker AKSOY’a, saygıdeğer danışman hocam Fatma KALAOĞLU ‘na ve canım annem Hatice ÇAVDAROĞLU ‘na desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Nisan 2013

Pınar ÇAVDAROĞLU
Tekstil Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür Araştırması	2
2. KONFOR	13
2.1 İnsan Vücudunun Termal Konforu	13
2.2 Vücudun Termoregülasyonu	14
2.2.1 Vücut-çevre ısı değişimi	15
2.2.1.1 Vücuda alınan ısı.....	15
2.2.1.2 Isı kayıpları.....	16
2.2.1.3 Vücut-çevre ısı değişiminde etkili faktörler.....	16
2.2.2 Deri yüzeyinde nem değişimi	18
2.2.3 İnsan derisi	19
2.2.3.1 Derinin yapısı	19
2.2.3.2 Termoreseptörler	20
2.2.3.3 Vasküler sistem	20
2.2.3.4 Titreme	21
2.2.3.5 Termal stres	21
2.3 Tekstil Malzemelerinin Termal Özellikleri.....	22
2.3.1 Giysi boyunca ısı değişimi	23
2.3.2 Geçici ısı akısı.....	23
2.3.3 Isıl iletkenlik	24
2.3.4 Isıl yalıtım	25
2.3.5 Termal özelliklerle ilgili parametreler	26
2.3.5.1 Kullanılan birimler	26
2.3.5.2 Geçirgenlik indeksi	26
2.3.6 Kumaşların termal iletim özellikleri	27
2.3.7 Birleşik ısı ve kütle transferi	28
2.4 Tekstil Malzemelerinin Nem İletim Özellikleri	29
2.4.1 Kılcallık teorisi.....	30
2.4.2 Sıvı nem transferi	31
2.4.2.1 Islanma	31
2.4.2.2 Sıvı transferi	32
2.4.2.3 Temas açısı.....	35

2.4.2.4 Emicilik	36
2.4.3 Su buharı transferi	36
2.4.4 Birleşik buhar ve sıvı transferi	40
2.5 Tekstil Malzemelerinin Hava Geçirgenlik Özellikleri	41
2.6 Isı ve Kütle Transferi ile İlgili Çalışmalar.....	43
3. DİKİŞSİZ (SEAMLESS) KUMAŞLAR.....	47
3.1 Dikişsiz (Body-Size) Ürünlerin Tanımlanması Ve Özellikleri	47
3.2 Dikişsiz (Body-Size) Giysi Üretiminde Kullanılan Örmek Makineleri	49
3.2.1 Santoni firması	49
3.3 Dikişsiz Giysi Üretimi	51
3.3.1 Örmek makinesinin özellikleri	51
3.3.1.1 Genel bilgi	52
3.3.1.2 Makine tüketimi	54
3.3.1.3 Makine boyutları ve ağırlığı	54
3.3.1.4 Makinenin güvenlik donanımı	55
3.3.1.5 Genel makine parçaları ve yerleşimi	56
3.3.2 Örmek işlemi	59
3.3.2.1 Dgraph 3+ yazılımı.....	59
3.3.2.2 Örmek mekaniği	60
3.3.2.3 Kullanılan hammadde	65
3.3.3 Boyama işlemi.....	67
3.3.3.1 Örnek bir boyama reçetesinin uygulanması	67
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	69
4.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler	69
4.2 Metod.....	69
4.2.1 Analizlerin yapılışı	69
4.2.1.1 Gramaj ölçümü.....	69
4.2.1.2 Su buharlaşma hızının belirlenmesi	70
4.2.1.3 Dikey ıslanma.....	70
4.2.1.4 Transfer ıslanma	71
4.2.1.5 Su buharı geçirgenliği	72
4.2.1.6 Isıl iletkenlik, ısı direnç ve kalınlık ölçümü.....	72
4.2.1.7 Temas açısı	74
4.3 Deneysel Sonuçlar	74
4.3.1 Kumaş gramaj ölçümleri	74
4.3.2 Kumaş su buharlaşma oranının belirlenmesi	76
4.3.3 Dikey ıslanma.....	80
4.3.4 Transfer ıslanma	88
4.3.5 Su buharı geçirgenliği	92
4.3.6 Isıl iletkenlik, ısı direnç ve kalınlık.....	94
4.3.7 Temas açısı	99
4.4 İstatistiksel Değerlendirme.....	100
4.4.1 Isıl direnç & kalınlık	102
4.4.2 Isıl direnç & gramaj.....	102
4.4.3 Isıl direnç & transfer ıslanma	103
4.4.4 Isıl iletkenlik & kalınlık	104
4.4.5 Isıl direnç & ısı iletkenlik.....	105
4.4.6 Isıl soğurganlık & ısı iletkenlik.....	106
4.4.7 Isıl iletkenlik & su buharlaşma oranı	106
4.4.8 Isıl soğurganlık & su buharlaşma oranı.....	107

4.4.9 Transfer ıslanma & kalınlık ve gramaj	107
4.4.10 Dikey ıslanma sıra & may yönü.....	110
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	111
6. KAYNAKLAR	115
EKLER.....	121
ÖZGEÇMİŞ.....	129

KISALTMALAR

ISO : International Organization for Standardization

PMV:Estimated Medium Vote

PPD:Percentage of Dissatisfied People

PES: Polyester

MMT: Moisture Management Tester

PP: Polipropilen

PA: Poliamide

FDU: Floppy Disk Unit

BTSR: Best Technologies Study and Research

IRO: Isac Rosén (Positive Yarn Feeding System)

IBM: International Business Machines

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

BS : British Standards

ASTM : American Society for Testing and Materials

WER: Water Evaporation Rate

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Hava geçirgenliği standartları.....	42
Çizelge 3.1: COLORCOMBI HT'nin teknik özellikleri(Anonim,2001).....	67
Çizelge 4.1: Lif içeriği, kumaş gramajları, iplik besleme değerleri ve makine parametreleri.....	75
Çizelge 4.2: Kumaş numunelerinin ortalama su buharlaşma oranları.....	77-78
Çizelge 4.3: Kumaşların ortalama su buharı geçirgenlik indeks değerleri.....	93
Çizelge 4.4: Kumaş ısı direnç, ısı iletkenlik,ısı soğurganlık ve kalınlık değerleri..	95
Çizelge 4.5: Kumaş kalınlığının azalan sırada ısı direnç ile ilişkisi.....	98
Çizelge 4.6: Yapılan testler arasındaki bağımsız değişkenlerin ilişkisi.....	101

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Kılcal yapıda su yükselmesi [41].....	30
Şekil 2.2: Tekstil malzemelerinde sıvı transferinin ilüstrasyonu [44]	35
Şekil 2.3: Temas açısı [45].....	35
Şekil 2.4: Nemin transfer edildiği kumaş tabakaları [33].....	37
Şekil 3.1: Santoni firması dikişsiz yuvarlak örme makinesi [58].....	50
Şekil 3.2: Dikişsiz giysi üretimi işlem akış şeması [59].....	51
Şekil 3.3: İğne seçici jakar kutusu [60].....	52
Şekil 3.4: İğne seçicinin çalışması [60].....	53
Şekil 3.5: İplik mekiği [60].....	53
Şekil 3.6: Hava üfleme mandalı [60].....	53
Şekil 3.7: IRO iplik besleyici [60].....	54
Şekil 3.8: Makinenin boyutlandırılması [60].....	55
Şekil 3.9: Makinenin komple görünümü [60].....	56
Şekil 3.10: Elektronik kart yerleşimi [60].....	56
Şekil 3.11: Kovan yerleşimi [60].....	57
Şekil 3.12: a- Hava emiş kanalı b- mamül çıkışı [60].....	57
Şekil 3.13: A:İğne, B,C: platin, D:uncini, E:seçici [60].....	58
Şekil 3.14: İğne yerleşimi [60].....	58
Şekil 3.15: Uncini yerleşimi [60].....	59
Şekil 3.16: Dgraph 3+ yazılımı ekran görüntüsü.....	59
Şekil 3.17: Örgü başlangıcında uncini, iğne ve iplik pozisyonu.....	60
Şekil 3.18: Düz iğne pozisyonu.....	61
Şekil 3.19: 1X1 iğne pozisyonu.....	61
Şekil 3.20: 3X1 örgü 8 sıra hav ipliği besleme (tüm sıralarda)	62
Şekil 3.21: 3X1 örgü 4 sıra hav ipliği besleme (1 sıra atlamalı).....	62
Şekil 3.22: Zemin ve hav ipliklerinin örgü yapısı içindeki konumları.....	63
Şekil 3.23: Selektör, ara jack ve iğnelerin 1X1 örgüde izledikleri kam yolu.....	64
Şekil 3.24: Polyester lifinin mikroskop altında görünüşü [62].....	65
Şekil 3.25: Pamuk lifinin mikroskop altında görünüşü [63].....	65
Şekil 3.26: Viskon lifinin mikroskop altında görünüşü [64].....	66
Şekil 3.27: Naylon lifinin mikroskop altında görünüşü [65].....	66
Şekil 3.28: Polipropilen lifinin mikroskop altındaki görünüşü [65].....	66
Şekil 3.29: Yün lifinin mikroskop altındaki görünüşü [65].....	66
Şekil 4.1: Kumaş gramaj kesim aleti [67].....	69
Şekil 4.2: Dikey ıslanma test düzeneği [68].....	71
Şekil 4.3: Transfer ıslanma test düzeneği.....	71
Şekil 4.4: Döner platform metoduna göre su buharı geçirgenliği test düzeneği [70].	72
Şekil 4.5: ALAMBETA test cihazı [71].....	72
Şekil 4.6: ALAMBETA cihazının bölümleri [71].....	73
Şekil 4.7: Su buharlaşma hızı.....	76

Şekil 4.8: 4 sıra hav iplik beslemeli kumaşların su buharlaşma hızı.....	77
Şekil 4.9: 8 sıra hav iplik beslemeli kumaşların su buharlaşma hızı.....	77
Şekil 4.10: Suyu batırıldıktan sonraki lif görüntüleri.....	80
Şekil 4.11: Suyu batırıldıktan sonraki COOLMAX lif görüntüsü.....	81
Şekil 4.12: Kapılar teorisinin doğal bakış açıdan açıklaması.....	82
Şekil 4.13: COOLMAX ipliğinin lif kesiti [30].....	83
Şekil 4.14: DRY TOUCH® kumaşlarının pamuğa göre emicilik sonuçları	83
Şekil 4.15: DRY TOUCH® kumaşlarının pamuğa göre dikey emicilik sonuçları....	84
Şekil 4.16: Dikey ıslanma (sıra yönünde).....	85
Şekil 4.17: Dikey ıslanma (may yönünde).....	85
Şekil 4.18: Dikey ıslanma (sıra yönünde 4 besleme hav).....	86
Şekil 4.19: Dikey ıslanma (sıra yönünde 8 besleme hav).....	86
Şekil 4.20: Dikey ıslanma (may yönünde 4 besleme hav).....	86
Şekil 4.21: Dikey ıslanma (may yönünde 8 besleme hav).....	87
Şekil 4.22: Sıra yönü dikey ıslanma sonucu kumaşta görülen sıvı emilimi.....	87
Şekil 4.23: May yönü dikey ıslanma sonucu kumaşta görülen sıvı emilimi.....	88
Şekil 4.24: Transfer ıslanma (yüz yüze) kumaş ağırlıkları değişimi.....	88
Şekil 4.25: Kumaşların sıvı transfer oranları.....	89
Şekil 4.26: Transfer ıslanma (yüz yüze- 4 sıra hav iplik besleme) kumaş ağırlıkları değişimi.....	89
Şekil 4.27: Transfer ıslanma (yüz yüze- 8 sıra hav iplik besleme) kumaş ağırlıkları değişimi.....	90
Şekil 4.28: Transfer ıslanma (4 hav iplik beslemeli) ağırlık farkı (%).....	90
Şekil 4.29: Transfer ıslanma (8 hav iplik beslemeli) ağırlık farkı (%).....	91
Şekil 4.30: Su buharı geçirgenliği WVP değerleri.....	93
Şekil 4.31: Kumaşların ısı iletkenlik değerleri.....	95
Şekil 4.32: Kumaşların ısı direnç değerleri.....	96
Şekil 4.33: Kumaşların ısı soğurganlık değerleri.....	96
Şekil 4.34: Kumaş kalınlığı ile ısı direnç arasındaki ilişki.....	98
Şekil 4.35: Temas açısının mikroskopik görüntüsü.....	99
Şekil 4.36: Isı direnç-kumaş kalınlığı arasındaki ilişki.....	102
Şekil 4.37: Isı direnç-kumaş gramajı arasındaki ilişki.....	103
Şekil 4.38: Isı direnç-transfer ıslanma (ıslanan) arasındaki ilişki.....	103
Şekil 4.39: Isı direnç-transfer ıslanma (ıslatan) arasındaki ilişki.....	104
Şekil 4.40: Isı iletkenlik-kumaş kalınlığı arasındaki ilişki.....	104
Şekil 4.41: Isı iletkenlik-ısı direnç arasındaki ilişki.....	105
Şekil 4.42: Isı soğurganlık-ısı iletkenlik arasındaki ilişki.....	106
Şekil 4.43: Isı iletkenlik-su buharlaşma oranı arasındaki ilişki.....	106
Şekil 4.44: Isı soğurganlık-su buharlaşma oranı arasındaki ilişki.....	107
Şekil 4.45: Transfer ıslanma (ıslanan)-kumaş kalınlığı arasındaki ilişki.....	108
Şekil 4.46: Transfer ıslanma (ıslanan)-kumaş kalınlığı arasındaki ilişki.....	108
Şekil 4.47: Transfer ıslanma (ıslanan)-gramaj arasındaki ilişki.....	109
Şekil 4.48: Transfer ıslanma (ıslatan)-gramaj arasındaki ilişki.....	109
Şekil 4.49: Dikey ıslanma sıra ve may yönü arasındaki ilişki.....	110

DİKİŞSİZ YUVARLAK ÖRME MAKİNELERİNDE ÜRETİLEN İÇLİK KUMAŞLARIN KONFOR ÖZELLİKLERİ

ÖZET

Soğuk hava koşullarında yüksek efor sarf edilen durumlarda (spor yapmak; arama kurtarma faaliyetleri, askeri faaliyetler, vb.) ya çok fazla üşüme gerçekleşmekte; ya da önce fırın etkisi gibi ısınılmakta, sonrasında terlenmekte ve sonuçta tekrar üşümeye başlanılmaktadır. Bu durum, vücut termal dengesizliğinden ve dış ortam ile yeterli ısı yalıtımının sağlanamamasından kaynaklanmaktadır. Nefes alabilen ve ısı yalıtımı iyi olan bir içlik, su ve rüzgar geçirmeyen bir koruyucu giysi ile kombine olarak kullanıldığında; zorlu hava koşullarında istenen faaliyeti gösterebilecek gerekli sıcaklık şartlarını ve konforu sağlayacaktır.

İçlik kumaşlardan beklenen performans özelliklerinin başında; terden ıslanmadan, kuru bir şekilde, üşümeden, hafif bir biçimde giyinerek; hareket kabiliyetleri kısıtlanmadan kullanım faaliyetinin gerçekleştirilmesi gelmektedir.

İdeal bir içlik kumaş terlemeye izin vererek teri hızlıca bir üst katmana transfer etmeli; tene temas eden yüzeyin kuru kalmasını sağlamalıdır. Yani ‘nefes alan’ bir kumaş olmalıdır. Ayrıca vücudun termal dengesi için ısı transfer özellikleri de çok önemlidir. İç yüzeyinin temas ettiği vücut ısını dışarı transfer etmemeli; dış ortam ısını da vücut içine kolayca almamalıdır. Bunun yanında terleme ve yağmur gibi koşullarda meydana gelen ıslanmanın ardından kolayca kuruyabilmelidir.

Kullanılan koruyucu kıyafetin kumaş yapısıyla beraber üretimde kullanılan diğer malzeme ve aksesuarların da koruyucu etkiyi destekleyici özellikleri olmalıdır. Koruyucu kıyafetler,izolasyonlu dikişleile birleştirilmeli, kullanılan fermuar gibi aksesuarlar da hava ve su geçirmez olmalıdır.

Soğuk ve zorlu hava koşullarında kullanılacak koruyucu kıyafetlerin konfor özellikleri hareket kabiliyeti ve rahatlık hissi açısından çok önemlidir. Bu özelliklerin sağlanmasında en önemli katman tene temas eden içliklerdir. İçlik kumaşları konfor özellikleri zorlu hava koşullarına uyum sağlamada çok önemli rol oynar.

Konfor; memnuniyet ve rahatlık hissi veya fiziksel ya da ruhsal olarak iyi durumu ifade eden bir terimdir. “İnsan ve çevre arasındaki fizyolojik uyum” bu tanımlardan en yaygınlarıdır. Termal konfor ise vücudun termal dengesi ve çevre ile giysiye olan dinamik etkileşimi ile ilgilidir. Isı ve nem termal konfor üzerinde büyük rol oynamaktadır [1].

Bu çalışmada kayak kıyafetleri ve askeri kıyafetler gibi alanlarda kullanılan içlik kumaşların termal konfor analizleri yapılmış, termal konfor özellikleri en iyi performans veren kumaş özellikleri ve kullanılabilecek lif çeşitleri araştırılmıştır.

Yaygın olarak kullanılan içlik kumaşların üretildiği dikişsiz örme makineleri ile ilgili teknolojik bilgi verilmiştir.

Termal konfor koşullarının değerlendirilmesi amacıyla temin edilen kumaşların gramaj ölçümü, dikey ıslanma ve transfer ıslanma analizleri, buhar geçirgenliği, su buharlaşma hızı, ısı iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık, kalınlık ve ıslanma temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen sonuçların istatistiksel analizleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Değerlendirme sonucunda zorlu hava koşullarında faaliyet gösteren kişilerin ve sportif faaliyetlerde bulunan kişilerin termal konfor durumunu etkileyen önemli bileşenlerden biri olan içlik kumaşların özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Nihai kullanım alanına göre içlik kumaş tasarımında lif tercihleri değerlendirilmiştir ve farklı kullanım amaçları için öneriler yapılmıştır.

COMFORT PROPERTIES OF UNDERGARMENT FABRICS WHICH PRODUCED IN SEAMLESS MACHINES

SUMMARY

In cases of high exertion in cold weather conditions (sports, search and rescue activities, military activities .. etc.), it takes too much chills, or takes heated as the effect of the oven, then again sweats and feel cold in the start and end. This thermal imbalance between the body and the external environment caused by the lack of adequate thermal insulation. Underwear with good thermal insulation and a breathable, water-and wind-proof when used in combination with protective clothing, extreme weather conditions, the terms of the required temperature will show the desired activity.

At the beginning of the expected performance characteristics of undergarment fabrics, dressed in a format slightly without getting wet (as feeling dry) from sweating, in a way realization of user activity is unrestricted mobility.

In this study, underwear fabrics are used in areas such as ski clothing, military clothing and sports wear were analyzed in thermal comfort, thermal comfort properties of fabrics which can be used providing the best performance characteristics of fiber types were investigated.

Technological information is given on seamless knitting machines, which widely used in production of undergarment fabrics.

The fabrics are provided in order to evaluate the thermal comfort conditions in the weight measurement, the vertical wetting and transfer wetting analysis, vapour permeability, water evaporation rate, heat conductivity, heat resistance, thickness, and deionized water contact angle measurements.

The statistical analysis of the results obtained from the measurements and the results were evaluated.

Result of the evaluation, the status of persons operating in extreme weather conditions affecting thermal comfort properties of undergarment fabrics tried to determine which one of the important components.

To adapt to environmental conditions, the first man to this day has been a requirement for the continuation of life. Developing technology and science, even in the most demanding conditions may be adapted to human beings enabled. Developed in the first ages, covering the need for protection from the cold and feeling of the external dangers, over time, turned into the urge to dress today's fashion has become a technology and scientific and technical developments.

Use as a field of underwear worn under ski clothes and military clothing fabrics, comfort and ease of the activity to interact with active, however, determines the person's health and comfort. At -50 C temperatures, walking, thinking, and even the

only way to survive the current challenging environment that is affected by the condition in at least is to be protected to the maximum extent.

Skiing an athlete who can move without restriction or a soldier in combat attire must be flexible. At the same time the clothes from the occupied space should maintain body temperature. Customer must remain dry by transferring sweat. Body temperature with thermal insulation shall be protected to ensure healthy living conditions. Sweat transfer will be provided user comfort with a feeling of dryness.

In this thesis examined the effect of different fiber types on comfort features of the undergarment fabrics. For this purpose, used as underwear fabrics with different characteristics to the person operating the process at low ambient temperatures with high effort assessed the impact on thermal comfort. In this context, underwear fabrics are manufactured using different materials to comfort analysis, the results of the impact on thermal comfort will be determined by the properties of fabric used.

Materials and Methods:

Materials: Twenty different fabrics are tested for analysing the comfort properties. All fabric's ground yarn is 78/68/2 polyamide and the terry yarns are polyester, polyamide, polypropylene, viscon, cotton and wool which are vary in 134 denier to 40 denier. There are two basic groups in fabrics: 4 feed terry and 8 feed terry knitting.

Methods: In this study thermal comfort analysis of undergarment fabrics are made and fabric properties of thermally comfortable undergarment fabrics are investigated. Common undergarment fabrics are presented and latest technologies applied by manufacturers are surveyed. In order to evaluate the thermal comfort conditions of supplied fabrics, fabric weight measurement, vertical wicking and transfer wicking analysis, water vapor permeability, water evaporation rate, thermal conductivity, thermal resistance, fabric thickness and air permeability measurements are made. Measurement results are statistically evaluated by IBM SPSS 20.

In vertical wicking analysis fabric samples are immersed into distilled water for 10 minutes and water height is recorded.

Vertical wicking is governed by capillary pressure. Fibers with small and smooth pores have high capillarity.

In transfer wicking test liquid transfer between wet and dry fabric samples that are put in rubber discs is measured. Pressure applied by discs simulate the pressure applied to textile materials during use.

In transfer wicking test liquid transfer characteristics of fabrics under pressure are analyzed.

Water evaporation rate is a measure of drying rate of a fabric. The most important parameter for water evaporation rate is the fiber regain.

Water vapour permeability is important for determination of fabric comfort features because perspiration is excreted from body in vapour form. Fabrics touching the skin should be water vapour permeable. In water vapour permeability the most important parameter is the pores between fibers.

Thermal conductivity, thermal resistance and fabric thickness measurements are other tests performed for thermal comfort analysis of a fabric. Thermal conductivity and thermal resistance properties of fabrics used in contact with skin are very

important for thermal comfort and thermal insulation. Thickness is also critical for thermal comfort and insulation. Thickness has negative effect on thermal conductivity while it has positive effect on thermal resistance. Also weight has positive effect on thermal resistance.

1. GİRİŞ

Çevre koşullarına uyum sağlama; ilk insandan bu güne yaşamın devam edebilmesi için bir mecburiyet olmuştur. Gelişen teknoloji ve bilim en zorlu koşullara dahi insanoğlunun adapte olabilmesine olanak sağlamıştır. İlk çağlarda soğuktan ve dış tehlikelerden korunma ihtiyacı olarak gelişen örtünme hissi; zamanla giyinme dürtüsüne dönüşmüş ve günümüzde moda ve teknik gelişmelerle beraber bilimsel bir teknoloji haline gelmiştir.

Kullanım alanı olarak kayak kıyafetleri, askeri kıyafetler ve sportif kıyafetlerin içine giyilen içlik kumaşlar yapılan faaliyetin rahatlığı ve kolaylığını etkilemekte; bununla beraber faaliyet gösteren kişinin sağlığı ve konforunu da belirlemektedir. -50 C sıcaklıklarda yürüme, düşünme ve hatta hayatta kalabilmenin tek yolu bulunulan ortamdan en az şekilde etkilenmek yani zorlu koşuldan azami ölçüde korunmaktır.

Kayak yapan bir sporcunun ya da çatışmada bulunan bir askerin kısıtlama olmaksızın hareket edebileceği esneklikte kıyafetleri olması gerekir. Aynı zamanda bu kıyafetlerin bulunulan ortamın düşük sıcaklığından vücudu koruması ve ter transferi yaparak kuru kalması gerekmektedir. Isıl yalıtım ile sağlıklı yaşam koşullarını sağlayacak vücut sıcaklığı korunmuş olacak; ter transferi ve kuruluk hissi ile kullanıcı konforlu sağlanmış olacaktır.

Spor yapan bir sporcunun ise harcadığı efor sonucu oluşan terlemeden etkilenmeden terin tenden hızla emilip uzaklaşması ve kumaşın en hızlı şekilde kurumaması gerekir. Aynı zamanda sportif kıyafetlerin fiziksel hareketlerini kısıtlamayacak ölçüde esnek ve hafif kumaş yapıları olması gerekir.

Bu tez kapsamında içlik kumaşlarda kullanılan farklı elyaf tiplerinin konfor özelliklerine etkisi incelenecektir. Bu amaçla içlik olarak kullanılan farklı özelliklere sahip kumaşların kişinin düşük ortam sıcaklıklarında yüksek efor ile bulunduğu faaliyet sürecindeki ve yüksek eforlu sportif faaliyetler esnasındaki termal konforu üzerindeki etkisi değerlendirilecektir. Bu kapsamda farklı malzemeler kullanılarak

Üretilmiş içlik kumaşlarının konfor analizleri yapılacak, elde edilen sonuçlara göre kullanılan kumaş özelliklerinin termal konfor üzerindeki etkisi belirlenecektir.

1.1 Tezin Amacı

İçlik olarak kullan kumaşlar üzerinde yapılan bu çalışmanın amacı; özel havlu örme tekniğinde üretilen kumaşlarda farklı lif yapılarındaki ipliklerin kumaş konfor özellikleri üzerine etkisini incelemektir.

1.2 Literatür Araştırması

Son yıllarda dünyada meydana gelen iklim değişiklikleri iklim ve insan davranışları üzerinde çeşitli çalışmaların ve araştırmaların yapılmasına yol açmıştır.

Fabris ve ark. ağırlıklı olarak kullanıcının i ortamda ısıl konforunu incelemişlerdir. Fabris ve ark. araştırmalarında tekstil sektöründe çalışan bir işçinin günlük rutin faaliyetleri esnasında termal duyularını incelemişlerdir. Uygulanan yöntem ISO (7730 /94) ısıl standartlarına göre uygulanmıştır. Çevresel ve kişisel değişkenlerin ölçümleri duyular ve termal tercihler, fiziksel özellikler, pratik faaliyetler ve işçiler tarafından kullanılan giysilerin sorgulanması ile yapılmıştır. Elde edilen verilerle işçinin en iyi şartlarda aktivitesini gerçekleştirdiği termal duyuları temsil etmek için bir denklem oluştırmaya çalışmışlardır. Araştırmacılar ısıl konforu iki ayrı açıdan analiz etmişlerdir [2].

1-Kişisel bakış açısı

2-Çevresel bakış açısı

Yapılan analizler ışığında her bir işçinin duyduğu hisler ve termal tercihleri klimalı olmayan ortamda çevresel değişkenler toplanarak belirlenmeye çalışılmıştır.

PMV/PPD ($R= 0,72$) modeli termal memnuniyetin belirlenmesinde tatmin edici değildir.

PMV/PPD ($r^2= 0,70$) modeli termal memnuniyeti ve işçilerin hissiyatını en iyi ifade eden modeldir.

Bu araştırma ışığında Fabris ve ark. Isıl konfor hissine dayalı çalışan performansına etkisine dikkat çekerek yapılan binaların projelendirilmesinin önemine vurgu yapılmıştır.

Weder, Rossi ve ark. farklı bağıl nem (% 30, 50, 80 ve 95 RH) ve sabit ortam sıcaklığında (30°C) 7 farklı iç çamaşırı kumaşının (1- %85 klorolif / %25 akrilik, 2- %100 pamuk, 3- %100 PES, 4- %40 akrilik / %43 TEK / % 8 modal / % 3 PA, 5- % 85 PES / % 15 modal, 6- % 85 modakrilik / % 15 modal, 7- % 82 PES / % 18 Vinal) terleme esnasında su buharı kısmi basıncının nem transfer özelliklerine etkisini incelemişler. Ölçümler dört farklı terleme oranında (50, 75, 100 ve 150 g/h) yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda kısmi basınç farklarının evaporatif soğutma ile doğrudan bağıntılı olmadığı görülmüştür. Genel olarak daha yüksek buharlaşma oranları kuru iklim koşullarında görülmüştür. Düşük terleme oranlarında evaporatif soğutma yüksek bağıl nemde (%95) düşük bağıl neme (%30) göre daha fazla görülmüştür. Bu araştırma sonucunda PES/Vinal karışımli kumaşın dört bağıl nem oranında ve tüm terleme oranlarında en iyi evaporatif soğutma sergilediği görülmüştür [3].

Çalışmanın sonucunda Weder, Rossi ve ark. nin bulgularına göre yüksek bağıl nemde ve düşük terleme oranında nem tamamen buharlaşamaz ve kumaşta depolanır. Böylelikle ıslak termal iletkenlikten dolayı yüksek ısı kayıpları meydana gelir. Düşük bağıl nemde ise ıslak ısı kayıpları terlemeyle orantılı olarak artar. Şayet ortamın bağıl nemi yükselirse ıslak ısı kayıpları, terleme oranına daha az bağımlı olarak artar [3].

Isıl konfor özellikleri ile ilgili askeri alanda da birçok araştırma yapılmıştır. Jussila ve ark. kumaşın ağırlık, kalınlık, sertlik ve giysinin birbiri arasındaki sürtünmesinin fiziksel performansı etkilediğini öne sürmüşlerdir. Bu bağlamda 3 farklı askeri koruyucu kıyafeti (M05,M91 ve geleneksel) karşılaştırmalı olarak analiz edilmişler, 319 asker üzerinde giysilerle ilgili anket ve araştırmalar yapmışlar [4].

Yapılan araştırmaların sonucunda psikolojik ve subjektif değerlendirmeler M05 in diğer giysi takımlarından daha üstün olduğunu göstermiştir.

M05 giysi sistemi aşırı soğuk koşullarda vücudun termal dengesi için yeterli korumayı sağlamıştır. M05 in toplam ağırlığı kullanıcının fiziksel performansını diğer giysi sistemlerinden daha iyi sağlamaktadır[4].

Yu ve Qian un çalışmasında giysinin üretildiği hammaddenin performansının ve parametrelerinin giyim konforuna etkileri incelenmiştir. Bu yazıda lif – iplik – kumaş – giysi araştırma sistemi kullanılarak termal – ıslak giysi konforu araştırılmıştır. Bu çalışmada değişen parametreler lif hammaddesi, iplik inceliği ve kumaş oluşum

şeklidir. Yu ve Qian yaptıkları deneyler ve analizlere dayanarak lif ve iplik özellikleri ile kumaş performansı, giyim termal – ıslak konforunu etkiler. Test sonuçlarının karşılaştırmalı analizine dayanarak istenen giyim konforunu bu üç değişkenin kontrolü ile elde edebiliriz [5] .

Yu ve Qian' ın araştırmasına göre ısı yalıtım üzerinde iplik inceliğinin etkisi diğer değişkenlere göre daha büyük olduğunu savunmuşlardır. [5].

Yapılan testlerin sonuçlarına göre aynı koşullarda 14,6 dtex düz örme kumaşlar için pamuk ipliği kullanılan kumaşın giyim rahatlığı en iyidir. Yine aynı şartlarda pamuk ipliği ve düz örme şekli için 14,6 dtex iplik inceliği en iyi konforu sağlar. Ve son olarak aynı şartlarda 18,2 tex pamuk ipliği kullanılan kumaşlarda jakar dokuma olduğunda en iyi giyim konforunu verir [5].

Cubric ve arkadaşları ısı transferini etkileyen önemli kumaş parametrelerini gözenekli yapıyı göz önünde tutarak incelemişlerdir. Üretilen örme kumaşların birincil ve ikincil parametreleri saptanmaya çalışılmıştır. Ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında ısı direnç ile kalınlık, gramaj, örtme faktörü ve gözeneklilik arasında bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Test sonuçlarının istatistiksel incelemesinde lif iletkenliği ve direncinin ısı transferine etkisinin düşük ($R=0,32$) olduğu görülmektedir. Aynı zamanda örme kumaş yapısı içindeki havanın, kumaşın termal direnç değerinde büyük rol oynadığı saptanmıştır [6].

Mijovic ve ark.'nın araştırmaları göstermiştir ki yapısında zemin ipliği ile birlikte elastan beslenen örme kumaşlar elastansız olanlara göre ısı ve su buharı geçirgenliğine daha yüksek direnç gösterirler [7].

Test için 33 süprem kumaş örülmüş ve heated-plate cihazında terleme testleri yapılmıştır. Isıl transfer ve su buharı (ter) transfer özellikleri incelenmiştir. Test edilen örme kumaşların termal direnç değerleri 0,0120 ile 0,0275 $m^2\text{°C}W^{-1}$ aralığındadır. Test edilen numunelerde gramaj ve kalınlık azaldıkça termal direncin de azaldığı gözlemlenmiştir[7].

Önceki çalışmalarda Fanworth ve Dolhan pamuk ve polipropilen malzemeler arasında ısı kaybını karşılaştırmışlardı. Bulgular sonucunda numuneler arasında görülen farklılıkların bireyin ısı konfor algısını etkileyecek kadar büyük olmadığını savunmaktadırlar [8].

Benzer araştırmalar Schneider ve ark. tarafından da yapılmıştır[9]. Holcombe ve Hoschke ısı transferinin lif iletkenliğine bağlı olduğunu savundular [10]. Woo ve ark. yaptıkları incelemede dokusuz yüzey kumaşların termal özelliklerini analiz etmişlerdir [11].

Tzanov ve ark. göre materyale uygulanan bitim işlemlerinin termal direnç üzerine etkisi yoktur; bu işlemeler sadece su buharı geçirgenliğini etkiler [12].

Yasuda ve ark. bitim işlemlerinin türünün tekstil yapısı içinden malzeme difüzyonuna önemli bir etkisinin olmadığını bildirdi [13].

Çift yüzöl kumaşlar spor giysilerde giyim konforunu son derece iyi sağlamaktadır. Süpüren ve ark. pamuk /pamuk, pamuk/polipropilen, polipropilen/pamuk ve polipropilen/polipropilen hammaddelerini kullanarak çift yüzöl kumaşlar üzerinde yaptığı çalışmada nem transfer özelliklerini ve termal emicilik değerlerini kuru ve ıslak şartlar altında ölçmüşler. Elde ettikleri sonuçlarda en iyi nem yönetimini PP(iç)/pamuk(dış) kumaş sağlamış ve en yüksek konfor seviyesinde olduğu saptanmıştır. Materyal olarak 30/1 ring büküm ($\alpha=3,7$) pamuk ve 167 dtex PP iplikler kullanılmıştır. Kumaşın sıvı ve nem transfer kapasitesi MMT (Moisture Management Tester) cihazında ölçölmüştür. Termal emiciliği Alambeta Test cihazında ölçömüşler, sonuçları ANOVA istatistik yazılımı ile yorumlamışlardır [14].

PP(iç)/pamuk(dış) olan kumaşın genel nem yönetimi kapasitesi en iyisidir. Çünkü PP nemi dış tabakaya hemen transfer eder ve dış tabakadaki pamuk bölge nemi hapseder. Bu durum cildin kuru kalmasını ve daha sıcak ve konforlu bir his algılanmasını sağlar. Pamuk(iç)/PP(dış), Pamuk(iç)/Pamuk(dış) olan kumaş nem yönetimi açasından rahatsızlık hissi vermektedir. Çünkü nemi absorbe eden pamuk yüzey cilt ile temas halindedir ve aynı zamanda ıslaklık ve soğuk bir his duyulmasına neden olur. PP(iç)/PP(dış) olan kumaşta ise PP nem absorbe etmez ancak nem kapiler boşluklarda hızla yayılır ve kumaşın geniş bir bölümüne ıslaklık yayılır. Bu da serin ve ıslak hissetmeye neden olur[14].

Dünyada yapılan araştırmalar vücuda giyilen iç çamaşının kullanıcının ısı konforu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir [15-16].

Hermetik koruyucu giysi içinde çalışan kullanıcının organizması için ısı yükü önemlidir. Organizmanın durumu sadece dış koruyucu giysiden ziyade bedene temas eden iç giysiden daha çok etkilenir [17].

Bartkowiak fiziksel aktivite esnasında yalıtımlı koruyucu giysi altındaki hidrotermik koşulları analiz etmiş, teri kullanıcı cildinden uzaklaştıracak iki katmanlı bir kumaş modeli geliştirmiştir. Mikroklimatik bir odada genç erkekler üzerinde pamuk kumaştan yapılan geleneksel içlikler ile geliştirilen çift katmalı kumaştan yapılan içlikler test edilip kıyaslanmıştır [17].

Elde ettiği sonuçlar hava geçirmez koruyucu bir giysi içinde çalışan birinin, teri tenden uzaklaştıran bir kumaştan yapılan içlik sayesinde konforunun sağlandığını; yalıtımlı giysinin rahatsızlığının hafifletildiğini göstermiştir.

İç çamaşırının tene mekanik olarak teması sıcak-soğuk hissine neden olur. Hes ve arkadaşları dış giysi ile birlikte iç çamaşırı giyen insanların sıcak-soğuk algılarını teorik ve deneysel olarak incelemişler. Alambeta cihazında simülasyon yaparak incelemişler [18]. Hes ve ark. Alambeta cihazında kuru insan derisini modelleyen seçilmiş bir iç çamaşırını giyen insan vücudunun sıcaklığını, çalışır durumda ve spor yaparken ki insan vücudunun simülasyonunu yaparak test etmişler ve yorumlamışlar [18].

Elde edilen sonuçlarda görülmüş ki;

- Düz ince örülmüş iç giysiler kalın dış giysilerin başlangıç termal etkisini % 43 düşürürler.
- Özel rib örgüler veya PP takviyeli örgüler termal direnci yükseltir ve dış giysinin termal absorpsiyonunu % 11 düşürür.
- Tipik rib örgüdeki iç çamaşırının yüksek termal direnci dış giysinin termal absorpsiyonunu düşürür.
- İç çamaşırın düşük termal direnci dış giysinin termal absorpsiyonunu yükseltir.

Kişi giysiye dokunduğunda vücudu ve kumaş arasında ısı geçişi olur ve bu da ilk sıcak-soğuk hissini doğurur. Bu ısı geçişi ve dinamik termal temas özellikleri kişinin satın alma eğilimlerini yönlendirir [19].

Hes 'e göre kumaşın mekanik özellikleri kadar tuşesi de önemlidir. Sıcak-soğuk hissi de tuşe ile ilgilidir ve bu satın alma eğilimlerini belirler [20].

İnsan derisi kısa bir süre için bir nesneye dokunduğunda termal temas özelliklerini algılar. İnsan derisi ile tekstil materyali arasında ani mekanik temas sebebiyle insan

derisinden daha düşük sıcaklıkta olan kumaşa doğru ısı akışı olur ve bu durum sıcak ya da serinlik hissi olarak algılanır [21-22].

Pac 'a göre belli bir sıcaklık dağılımında malzemenin termal iletkenliği ile ısı akışı artar. Malzeme daha çok termal enerji emer, daha iyi bir iletken gibi davranır ve sıcak vücut ile temasında serin hissedilir [23] .

Güneşoğlu ve ark. 2-iplik polar örme kumaşların termal temas özelliklerini incelemişler. Çalışmalarında 4 farklı çeşit kumaş kullanmışlar:

- CC-----% 100 pamuk(300 dtex zemin) / % 100 pamuk (600 dtex hav)
- PC-----% 87 PET/%13 pamuk (300 dtex zemin) / % 100 pamuk (600 dtex hav)
- PP-----% 87 PET/%13 pamuk (300 dtex zemin) / % 87 PET/%13 pamuk (600 dtex hav)
- CP-----% 100 pamuk(300 dtex zemin) / % 87 PET/%13 pamuk (600 dtex hav)

Ölçümler kuru ve yaş koşullarda yapılmış.

Yapılan araştırmada CC kumaşın termal emiciliği en yüksek değerde olduğu görülmüştür ve bu durumun soğuk his algılanmasına neden olduğu yorumu yapılmıştır [19].

Özdil ve ark. çeşitli iplikler kullanılarak örülen 1X1 rib kumaşların termal özelliklerini incelemişler. Araştırmada bahsedilen iplik özelliği değişenleri: iplik numarası, iplik bükümü ve penye sürecidir. Kumaşların ısı direnç, ısı soğurganlık, termal iletkenlik ve su buharı geçirgenliği değerleri ölçülmüştür [24].

Ölçüm sonuçları incelendiğinde 1X1 rib örme kumaşın termal konfor özellikleri üzerinde iplik numarası, iplik bükümü ve pamuk penye işlemi etkilidir. İplik numarası ve bükümü artarken termal direnç değerleri düşer ve su buharı geçirgenliği artar[24].

Araştırmada kullanılan materyaller:

(a) Aynı büküm katsayısında ($\alpha=3,7$) farklı iplik numaralarında (Ne 20, Ne 30 ve Ne 40) % 100 pamuk penye

(b) Ne 30/1 incelikte %100 pamuk farklı büküm katsayılarında ($\alpha=3,5$, $\alpha=3,63$ ve $\alpha=4,13$)

(c) Ne 20/1 %100 pamuk, aynı büküm katsayısında ($\alpha=3,8$) penye ve kadre olarak iki tip

Yapılan testler sonucunda iplik numarası, incelik ile termal direnç ve iletkenliğin düştüğü gözlemlenmiştir. Sonuçların istatistiksel değerlendirmesinde kumaş gerginliğinin termal direnç ve termal iletkenliğe önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.

İplik numarası inceldikçe termal soğurganlık değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Ne 40/1 iplik ile örülen kumaş incelendiğinde kumaş gerginliğinin termal soğurganlık üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.

İplik numarası arttıkça (Ne cinsinden) bağıl su buharı geçirgenlik değerinin yükseldiği görülmüştür. Bu durum şu şekilde açıklanmıştır: ince iplikler kullanılarak örülen kumaşlar daha fazla gözenekli bir yapıya sahiptir ve gözenekliliğin artışı su buharı geçirgenliğini de artırır [25].

Özdil ve ark. istatistiksel incelemeleri gösteriyor ki; farklı büküm katsayıları arasında termal direnç anlamlı bir fark gösterir. İplik büküm katsayısındaki artışın termal dirençte düşüşe neden olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni iplik büküm katsayısı arttıkça iplik daha ince hale gelir, böylelikle kumaş kalınlığı düşer [24].

Ayrıca inceleme sonucunda görülmüştür ki iplik büküm katsayısı arttıkça su buharı geçirgenliği artar [24].

Özdil ve ark. test sonuçları gösteriyor ki; karde iplik ile örülmüş kumaşların termal direnç değerleri penye iplik kullanılan kumaşlardan daha yüksektir. Karde iplik ile örülmüş kumaşların ısı iletkenlikleri düşüktür. Penye iplik ile örülen kumaşların ısı soğurganlık değerleri yüksektir ve serin bir his verir [24].

Penye iplik ile örülen kumaşların su buharı geçirgenliği karde iplik olana göre yüksektir. Bunun nedeni karde ipliğin daha tüylü olmasıdır. Kumaş gözenekleri tüylülükten dolayı kapandığı için su buharı geçişi düşük olur.

Özdil ve ark. araştırmasının sonucunda ince ipliklerden örülen 1X1 rib kumaşlar düşük termal iletkenlik ve yüksek su buharı geçirgenlik değerlerine sahiptirler. Aynı zamanda bu kumaşlar düşük ısı soğurganlık değerleri ile sıcak his verirler. Kullanılan ipliğin bükümü arttığında ısı soğurganlık ve su buharı geçirgenliği artar,

ve bu tip kumaşlar serin his verirler. İpliğin büküm katsayısı arttıkça kumaşın termal direnç değeri düşer [24].

Penye pamuk ipliği ile örülen kumaşların ısı direnç değerleri karde pamuk ile örülenden daha düşüktür.

Penye pamuk ipliği ile örülen kumaşların ısı iletkenlik, ısı soğurganlık ve su buharı geçirgenliği değerleri yüksektir.

ABD ordusu için tasarlanan kimyasal ve biyolojik koruyucu giysilerin çok katmanlı ve düşük geçirgenlikli olması dolayısıyla bir kapsülleme etkisi yaratırlar. Bu kapsülleme etkisi sonucu giysi, insan konforunu ve sağlığını kötü etkileyen ve kişinin toleransları dışında olan bir giysi konumuna gelir [26]. Endrusick ve ark. bu tip giysilerin ısı ve su buharı dirençlerini heated-plate aparatında insan tenini temsil eden ıslak pamuk tabakası ile donatılmış termal mankenler ile test etmişler. Hafif, nefes alabilen askeri kumaşların üretim teknolojisi yapılan bu testler sonucunda geliştirilmiş. Bu sayede evaporatif soğutma özelliğine sahip, daha hafif ve ısı direnci yüksek, yüksek konfor özelliklerine sahip koruyucu giysiler üretilmiş [26] .

Endrusick ve ark. yaptığı testlerde su buharı transferini ve bu değerlerin askerin performansına etkisini incelemişler. Bu araştırma ABD ordusunun yeteneklerini geliştirecek termal konforu yüksek giysi üretim teknolojisinin gelişimini sağlamıştır.

İçlik giysilerin dışında çoraplar üzerinde de birçok çalışma yapılmıştır.

Çorap, farklı renk ve desenleri ile bir aksesuar malzemesi olmanın yanında, insanların temel ihtiyaç malzemelerinden birisi olup, sağlık açısından da oldukça önemli bir giysidir [26] .

Özdil çalışmasında piyasada sıklıkla karşılaşılan yün, akrilik, pamuk, PA içeren çorapların ısı konfor özellikleri hakkında deneysel çalışmalar yapmış ve sonuçları yorumlamıştır. Yapılan deneysel çalışmada ısı direnç, ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerleri Alambeta, bağıl su buharı geçirgenliği değerleri Permetest, hava geçirgenliği değeri FX3300 cihazında ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlarda yün çorapların ısı iletkenlik değerlerinin akrilik çoraplardan daha düşük olduğu görülmüştür. Yün-akrilik karışımı çorapların ısı direnç değerleri %100 akrilik çoraplardan daha yüksektir ve ısı soğurganlık açısından ilk temasta daha sıcak his vermektedir. PA içeren çoraplar pamuklu çoraplara göre yüksek ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerleri vermektedir [27].

Geçirgenlik özellikleri değerlendirildiğinde bağıl su buharı geçirgenlikleri arasındaki fark önemsiz bulunurken, gözenekliliği fazla olan %100 yün ve yün içeren çorapların hava geçirgenlikleri %100 akrilik çoraplardan daha yüksek değer vermiştir.

%100 pamuk çoraplar yüksek gözeneklilik, düşük kalınlık nedeniyle en düşük ısı iletkenlik ve en yüksek hava geçirgenlik değerlerini vermişler.

%50 pamuk- %50 PA içeren çoraplar en yüksek kalınlık değerine sahip olup en yüksek ısı direnç değeri ve en düşük hava geçirgenliği göstermişlerdir.

Ayrıca çoraptaki PA oranı arttıkça ısı soğurganlık değeri artmakta yani çoraplar ilk temasta daha soğuk his vermektedir.

%100 PA ve elastan içeren PA çoraplar kıyaslandığında düşük gözenekliliğe sahip elastan içeren çoraplar elastan içermeyenlere göre yüksek ısı iletkenlik, düşük ısı direnç göstermişlerdir[27].

Çorap diğer kıyafetlere göre daha iyi konfor performansı sergilemelidir çünkü çoraptaki hava sirkülasyonu ayakkabı içinde olduğu için diğer kıyafetlere göre daha azdır[28].

Cimilli ve ark. farklı iplikler kullanılarak örülen çoraplar üzerinde konfor özelliklerini karşılaştırmalı olarak araştırmışlar ve yorumlamışlar. Modal, mikromodal, bambu, soya ve çitosan ipliklerden örülmüş çoraplara su buharı transferi, hava geçirgenliği, ıslanma ve ısı transferi testleri yapmışlar. Termal geçirgenliği ölçmek için ISO 8302 sıcak levha metoduna uygun bir test cihazı tasarlamışlar. Ayrıca yapılan testlerde kumaş kalınlığı da göz önünde bulundurulmuştur [28].

Kullanılan iplik farklılıkları göz ardı edilmemesi ve daha net anlaşılması için çoraplarda naylon ve elastan kullanılmamış çünkü elastanın kumaşın doku sıklığını artırdığı göz önüne alınmıştır.

Test sonuçları değerlendirildiğinde pamuk çorabın termal direncinin en düşük, ısı iletiminin en iyi olduğu saptanmış. Bunun sonucu olarak ısıyı deriden uzaklaştırdığı için vücudu serin ve konforlu tutacağı yönünde yorumlanmış.

Test sonuçlarında genel olarak mikro lifler ile üretilen çorapların düşük ısı iletimine sahip, izolasyon özelliği yüksek çoraplar olduğu görülmüştür. Bambu ve soya liflerinden örülen çorapların diğerlerinden daha yüksek ısı dirence sahip olduğu

saptanmıştır. Çitosan ipliğinden örülen çorapların en yüksek ısı direnç ve yalıtıma sahip olduğu görülmüştür.

Hava geçirgenliği açısından test sonuçları değerlendirildiğinde; mikro modal iplikten örülen çorap en yüksek hava geçirgenliği değerine sahiptir. Bu ipliği takiben sırasıyla hava geçirgenlik değerleri: modal, soya, bambu, viskoz, çitosan ve pamuktur. Kumaş kalınlığı ile hava geçirgenliği ters orantılı olarak değişmektedir.

Su buharı geçirgenliği açısından test sonuçları değerlendirildiğinde; çitosan iplik ile örülen çorabın su buharı geçirgenliği en yüksek bulunmuş ve bu lifi takiben diğer lifler şu şekilde sıralanmış: bambu, soya, modal, viskoz, mikromodal ve pamuk[28].

Su buharı transfer oranı ile ilgili Prahsarn ve ark.de yaptıkları çalışmada kumaş kalınlığı, lif özellikleri (kesit alanı) ile bağıntılı olduğunu; lifin nem alma özelliğinin önemli rol oynamadığını savunmuşlardır [29].

Transfer ıslanma değerleri açısından test sonuçları değerlendirildiğinde elde edilen veriler sırasıyla: mikromodal, çitosan, soya, modal, bambu, viskoz ve pamuk olarak yer alır.

Kuruma hızı açısından çoraplar değerlendirildiğinde yüksek kuruma oranına (g/cm²/h) pamuk çorap sahiptir. Diğer çorapların sıralanışı: viskoz, çitosan, bambu, soya, modal ve mikromodal olarak gelir .

Yapılan tüm test sonuçları değerlendirildiğinde çitosan, modal ve viskoz iplikler ile üretilmiş çorapların en iyi konfor performansı sergilediği sonucuna ulaşılmıştır[28].

İyi bir içlik kumaş nemi (teri) cilt yüzeyinden emip cildi terden uzak ve kuru tutmalıdır. Aynı zamanda emdiği nemi geniş alana yaymalı böylelikle nemin kumaştan daha kolay buharlaşmasını sağlamalı, yani kumaşın daha çabuk kurmasını sağlamalıdır. Çabuk kuruyan lifte nem lif çekirdeğine inemez ve rutubet lif yüzeyinde kalır böylece kurma hızlı olur. Ayrıca konforlu bir içlik kumaşın hava geçirgenliği de yüksek olmalı, vücudun nefes almasına izin vermelidir [30].

2. KONFOR

Konfor, memnuniyet ve rahatlık hissi veya fiziksel ya da ruhsal olarak iyi durumu ifade eden bir terimdir. Literatürde çok çeşitli konfor tanımları yapılmıştır. “Acı ve konforsuzluktan bağımsız nötr durum”, “İnsan ve çevre arasındaki fizyolojik uyum” ve “İnsan vücudu ile çevresi arasında fizyolojik ve psikolojik uyumun memnuniyet verici durumda olması” bunlardan bazılarıdır. Giysi konforu psikolojik, termofizyolojik ve duysal konfor olarak üç ana bölüme ayrılır. Psikolojik konforun diğer bir adı da estetik konfordur ve insan psikolojisini etkileyen giyim malzemesi özelliklerinin duysal olarak algılanan bölümü olarak tanımlanır. Tuşe ve dokunsal özellikler ise ciltle doğrudan temas eden kumaşlar için çok önemlidir. Bu kumaşlarda dokunsal parametreler konforu etkiler, çünkü giyim malzemelerinin oluşturduğu duysal his basınç ve sürtünme kuvvetlerinden doğan uyaranlara bağlıdır. Termal konforise vücudun termal dengesi ve çevre ile giysiye olan dinamik etkileşimi ile ilgilidir. Isı ve nem termal konfor üzerinde büyük rol oynamaktadır [31, 32, 33].

2.1 İnsan Vücudunun Termal Konforu

Termal konfor genel olarak termal ortamdan memnuniyeti ifade eden zihin durumu olarak tanımlanır. Vücudun tümünün veya bir bölümünün fazla ısınması ya da soğuması ise termal ortamdan rahatsızlığa yol açar. Kişinin termal konforunu belirleyen faktörler çevresel ve kişisel faktörler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Çevresel faktörler sıcaklık, termal radyasyon, nem ve hava hızı iken kişisel faktörler kişisel aktivite ve kondisyon ile giysidir [34, 35]. Termal çevre dört ana fiziksel parametre tarafından oluşturulur: hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık, bağıl hava hızı, havadaki buhar basıncı. Bunların dördü de kontrol edilebilir faktörlerdir. Kişinin konforu çevresel faktörler dışında aktivite seviyesi ve giysinin termal direncinden etkilenir [36]. Metabolizma tarafından üretilen enerji kısmen mekanik güce çevrilirken büyük bir kısmı iç vücut sıcaklığına harcanır. Farklı aktivite koşullarında vücut iç sıcaklık üretim hızı farklıdır. İnsan vücudundan ısı kaybının farklı şekilleri vardır. Bunlar difüzyon (E_d), buharlaşma ve salgılama (E_{rsw}), gizli solunum (L), kuru

solunum (iletim C ve ısıma R) ve giysiden iletimdir (K_{clo}). Buna göre vücudun ısı denge şartları aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$H - E_d - E_{rs} - E_{re} - L = K_{clo} = R + C \quad (2.1)$$

İnsanların farkında olmadıkları nem kaybına hissedilmeyen terleme denir. Bu olayda su cildin alt katmanlarından cilt yüzeyine yayılarak buharlaşır. Sıvıyı buhar formuna getirmek için ısı gerektiğinden cilt yüzeyine yayılan suyun buharlaşması vücudu serinletir. Oda sıcaklığında hareketsiz duran bir kişi toplam vücut ısısının %10'unu bu şekilde suyun buharlaşmasıyla kaybeder. Hareketsiz bir kişide toplam nem kaybının üçte ikisi ciltten, üçte biri ise akciğerlerden gerçekleşir. Duyulan terleme ise vücudun iç suyunun buharlaşmasının ve iletim, konveksiyon ve ısımayla gerçekleşen ısı kaybının yetersiz olduğu durumlarda gerçekleşir. Ter miktarı aktivite düzeyinin, hava sıcaklığı ve/veya neminin artışıyla önemli ölçüde artar [37].

2.2 Vücudun Termoregülasyonu

Dinlenme halindeki bir kişinin vücut iç sıcaklığı biyolojik olarak 37°C civarında dar bir aralıkta tutulur. Bu sıcaklık çevre sıcaklığındaki büyük değişimlerde bile sabit kalmaktadır. Ancak vücut içindeki sıcaklık farklı vücut organlarında lokal ısı dengesine bağlı olarak değişir. Bazı organlar kan akışıyla ısınırken diğer organlar kan akışıyla soğutulur. Fiziksel aktivite sırasında vücut iç sıcaklığı fiziksel aktivitenin yoğunluğuna bağlı olarak artar. Sıcaklık artışı kişiden kişiye değişir ve kişinin maksimum oksijen alımına bağlıdır.

Çıplak durumdaki bir kişinin deri yüzey sıcaklığı bölgeden bölgeye değişmektedir. El ve ayak gibi ısı kaynağından en uzakta bulunan bölgeler genel olarak vücudun diğer bölgelerinden daha soğuktur. Isı düzenlemesi ise ısı kaybının ısı üretimine oranına göre otonom sinir sistemi tarafından yapılır. Isı düzenlemesinden sorumlu bölgeler otonom sinir sisteminin yönetiminde büyük önem taşıyan hipotalamusta bulunmaktadır. Beyindeki sıcaklık sensörleri lokal ısı uyaranlara cevap verirler. Hipotalamustaki diğer hücreler ise derideki termoreseptörlerden veya diğer beyin bölgelerinden bilgi alarak ve sensörlerden aldıkları sinyalleri modifiye ederek termal efektörlerin alışmasını kontrol eder. Omurilik ve karın lokal sıcaklığa cevap veren termal sensörlerin bulunduğu diğer bölgelerdir [33].

Termoregülasyon genel olarak dört mekanizmayı ifade eder: terleme, titreme, vazodilatasyon ve vazokonstriksiyon. Terleme terin buharlaşması vasıtasıyla vücuttan ısı kaybını artırır. Titreme ise kasların istemsiz hareketiyle ısı üretilmesini sağlar. Vazodilatasyon ve vazokonstriksiyon ise kan damarlarının çapındaki değişimi ifade eder. Bu değişiklikler kan akımını değiştirerek vücut sıcaklığının değişmesini sağlar. Kan akımının artmasıyla deri yüzeyinin altındaki iletkenlik artar ve bu şekilde vücut içinden deriye ısı transfer edilir. Deriye taşınan ter buharlaşma ve konveksiyonla deri yüzeyinden dış çevreye aktarılır. Soğuk çevrede ise kasların gerilmesi ve titreme ısı üretimini ve vücut sıcaklığını artırır. Kan akımının azalmasıyla azalan iletkenlik ısıyı dış çevreye kaçmasını önler. Isı kaybı ve ısı alım kontrol mekanizmalarının kombinasyonu vücut iç sıcaklığının dar bir sıcaklık aralığında tutulmasını sağlar. Deride yerleşmiş olan ve sıcak ile soğuğa duyarlı sinir uçları sempatik sinir sistemi vasıtasıyla ön hipotalamusa sinyal gönderirler. Ciltte soğuk sensörlerin sayısı sıcak sensörlerinin yaklaşık on katıdır. Ayrıca soğuk sensörler cilt yüzeyine sıcak sensörlerine göre daha yakındır. Eğer vücudun belli bölgeleri ısınır ya da soğursa terleme ve vazokonstriksiyon başlar [37].

2.2.1 Vücut-çevre ısı değişimi

Vücudun sabit ısısının korunması için vücudun aldığı ve kaybettiği ısıyı dengelemesi gerekir.

2.2.1.1 Vücuda alınan ısı

Vücutta ısı üretimi başlıca karaciğer, beyin, kalp ve egzersiz sırasında kaslarda gerçekleşir. Bu ısı dokular ve kan damarları aracılığıyla deriye ve çevreye yayılır. Metabolik ısı üretimi egzersiz seviyesine bağlıdır. Bazal metabolizma oturur durumdaki bir insanın metabolizması olarak belirlenmiştir. Farklı beden ve metabolizmaya sahip kişilerin metabolizmasını tanımlamak üzere “met” kavramı tanımlanmıştır ve “met” bazal metabolizmanın katları olarak ifade edilmektedir. Beyin metabolizması iyonları nöron hücre zarları vasıtasıyla dağıtmak için kullanılır. Özellikle ağır zihinsel aktivitede nöron metabolizması iki katına çıkar. Isı aynı zamanda çevreden deri vasıtasıyla alınır. Çoğu koşul altında konveksiyon ve buharlaşma metabolik ısıyı vücuttan uzaklaştırırken sıcak rüzgarlar deri sıcaklığını yükseltmektedir [37].

2.2.1.2 Isı kayıpları

İletim:

İnsan vücut yüzeyinden çevre ortama ısıнын direkt transferi iletimle gerçekleşir. Bu mekanizma insan vücudundan gerçekleşen toplam ısı kaybının % 5'ini oluşturur ve vücut alanına, vücudun temas ettiği cisim ve havanın sıcaklığına ve bunların termal iletkenliğine bağlıdır. İletimle ısı kaybı en çok batma hipotermisinde önemlidir. Çünkü su ısıyı havadan 30 kat daha hızlı iletir ve suyun spesifik ısı kapasitesi kuru havadan 1000 kat daha fazladır [33, 38].

Konveksiyon:

Isının sıvı ve gazlarda sirkülasyonuyla gerçekleşen ısı kaybıdır. Konveksiyon hava ya da suyun vücut çevresinde blok halinde hareketini ifade eder. Vücuda temas eden hava ya da su ısınır. Hareket ısınan bu hava ya da su kütesini vücuttan ayırır ve yeni bir kütle vücuda temas ederek ısınır.

Konveksiyonla ısı kaybı vücudun toplam ısı kaybının % 15'ini oluşturur ve hava hızının kareköküne bağlıdır [33, 38].

İşıma:

İşıma enerjinin bir ortamdan dalgalarla transfer edilmesidir. İnsan vücudundan gerçekleşen ısı kaybının % 60'ı bu yolla gerçekleşir. Bu şekilde radyant ısı kaybı derideki kan akışı ve vücudun çevreye temas eden yüzeylerine bağlıdır [38].

Buharlaşma bir katı ya da sıvının buhar faza geçmesidir. Vücuttan gerçekleşen ısı kaybının % 20'si buharlaşmayla gerçekleşir. Buharlaşmayla ısı kaybı vücudun çevreye temas eden yüzey alanına ve havanın bağıl nemine bağlıdır [38].

2.2.1.3 Vücut-çevre ısı değişiminde etkili faktörler

Sıcaklık:

Hava sıcaklığı ne kadar yüksek ise vücudun konveksiyon, iletim ve ısıma ile kaybettiği ısı da o kadar az olur. Çevre sıcaklığı kişinin deri sıcaklığı üzerine çıkarsa o zaman vücut ısı kaybetmek yerine ısı alacaktır. Isı değişimi ile ilgili üç farklı sıcaklık kavramı vardır:

Hava sıcaklığı: Konvektif ısı kaybı (ortam havasının cilde temasla ya da akciğerlere girerek ısınması) veya ortam hava sıcaklığının vücut sıcaklığını aştığı durumlarda alınan ısı miktarını belirlemektedir.

Radyan sıcaklık: Bu değer ortamdaki duvarların ve cisimlerin ortalama sıcaklığı olarak kabul edilebilir. Radyan sıcaklık ciltle çevre arasında yer değiştirecek ısı miktarını ifade eder. Sıcak cisimlerle dolu bir ortamda radyan sıcaklık kolaylıkla vücut sıcaklığını geçer ve ortamdaki deriye radyan ısı transferi başlar.

Yüzey sıcaklığı: Vücudun temas ettiği yüzeylerin sıcaklığı iletimle ısı transferi miktarını belirler. Yüzeyin sıcaklığı dışında yüzeyin iletkenliği, özgül ısı ve ısı kapasitesi iletimle ısı transferi miktarını belirleyen diğer faktörlerdir [39].

Hava nemi:

Çevre havanın nem miktarı (nem konsantrasyonu) buhar haldeki nemin (terin) ciltten çevre ortama salınıp salınmayacağını belirler. Genellikle cilt bölgesinin nem içeriği havadan daha fazladır, böylece ciltten buharlaşmayla ısı kaybı mümkün olur. Terin buharlaşması vücuttaki fazla enerjiyi dağıtmak için en önemli yöntemdir. Çevre neminin cildin nem miktarından fazla olması vücut için büyük stres oluşturur. Burada belirleyici faktör bağıl nem değil nem konsantrasyonudur. Bağıl nem oranı % 100 olan hava sıcaklığına bağlı olarak değişik miktarda nem içerebilir. Bağıl nem miktarının eşit olduğu koşullarda hava sıcaklığı ne kadar yüksekse nem içeriği de o kadar yüksektir. Hava sıcaklığının vücut sıcaklığından az olduğu durumlarda ter % 100 bağıl nem oranında bile deri yüzeyinden buharlaşabilir [37].

Rüzgar Hızı:

Hava hareketinin büyüklüğü hem konvektif hem de buharlaşmayla ısı kaybını etkiler. Her ikisinde de ısı değişimi artan rüzgar hızıyla artar. Soğuk ortamda vücut rüzgar varlığında daha çabuk soğur, çok sıcak ve nemli ortamda da daha çabuk ısınır.

Giysi Yalıtımı:

Giysiler ciltle çevre arasında ısı ve nem transferine dirençli bir katman oluşturur. Bu şekilde vücut aşırı sıcak ve soğuktan korunmuş olur. Aynı zamanda fiziksel efor gerektiren işlerdeki gereksiz ısı kaybını da önler. Herhangi bir giysi ve faaliyet değişikliği yapılmadığı durumlarda konforlu çevre aralığı oldukça dardır. Hafif giysi ve düşük aktivite seviyesinde bu aralık 3,5°C'dir. Bu aralığı genişletmek için giysi ve

aktivitede değişiklikler yapmak gerekir. Aktivite seviyesi ve giysi yalıtımındaki artış konfor aralığını daha düşük sıcaklıklara taşır. Örneğin metabolizma hızındaki 20 Wattlık ve giysi yalıtımındaki 0.2 clo'luk artış konfor aralığını yaklaşık 1° C aşağı çekmektedir. Fizyolojik olarak konfor deri sıcaklığı ve nemi ile ilgilidir. 33 °C civarındaki sıcaklıklar termal olarak konforlu olarak nitelendirilmektedir [37].

2.2.2 Deri yüzeyinde nem değişimi

Buharlaşmayla atmosfere kaybedilen ısı (E) buharlaşmayla ısı değişimi katsayısı ve deri ve hava arasındaki su buhar basıncı farkı ile hesaplanır.

$$E = h_c w (P_{\text{deri doymuş}} - P_a) \quad (\text{W/m}^2) \quad (2.2)$$

h_c =buharlaşmayla ısı transfer katsayısı (W/m² kPa)

w =cilt ıslaklığı (birimsiz)

$P_{\text{deri doymuş}}$ =cilt yüzeyindeki su buhar basıncı (kPa)

P_a =havanın buhar basıncı (kPa)

Çıplak insan vücudunun etrafındaki hava tabakasının evaporatif ısı transfer katsayısı h_e konvektif ısı transfer katsayısı h_c üzerinden Lewis oranı kullanılarak elde edilebilir:

$$LR = h_e / h_c \quad (2.3)$$

Lewis oranı bir yüzeyin konvektif ısı transferi ve kütle transferi arasındaki ilişkiyi ifade eder. Tipik iç mekan koşulları için Lewis oranının yaklaşık değeri 16,5 K/kPa'dır. Deri yüzeyinden evaporatif ısı kaybı derinin nem miktarı ile deri ve dış çevre arasındaki su buhar basınç farkına bağlıdır.

Cilt ıslaklığı ise aynı koşullar altında cildin evaporatif ısı kaybının tamamen ıslak cildin ($w=1$) maksimum evaporatif ısı kaybı E_{max} 'a oranı olarak tanımlanır. Buharlaşmayla ısı kaybı terin buharlaşmasıyla suyun ciltten doğal difüzyonunun kombinasyonu ile oluşur. Isıl düzenleme sonucu ortaya çıkan terleme dışında difüzyonla ortaya çıkan cilt ıslaklığı normal koşullarda 0,06'dır. E_{max} 'ın yüksek

değerlerinde ya da düşük rutubete uzun süre maruz kalma sonucunda cilt ıslaklık değeri 0,02'ye kadar düşebilir.

Giysili vücut için cilt ıslaklık oranı w' 'nin 0,2'den büyük olması konforsuzluğa yol açar. Teorik olarak cilt ıslaklık değerinin 1,0'e yaklaşması mümkün olsa da pratikte 0,8'den yüksek olması zordur [37].

2.2.3 İnsan derisi

2.2.3.1 Derinin yapısı

Deri organizma ve çevresi arasındaki ilk bariyeri oluşturur. Kontrolsüz su alımı ya da kaybını düşük seviyede tutar. Vücudun termoregülasyon ihtiyacına göre iletkenliğini değiştiren kompleks vasküler sistemleri ve ter bezlerini içermektedir. Ayrıca derinin sıcaklığını algılayıp bu algıyı beyne ileten ısıya duyarlı dört çeşit sinir ucu içermektedir. Bazı bölgesel farklılıklar gösterse de vücudun pek çok bölgesinde derinin kalınlığı 2 mmdir. Deri epidermis ve dermis olarak iki ana tabakadan oluşmaktadır. Epidermis daha incedir ve daha kalın olduğu ayak tabanı ve avuç içi dışında genel olarak kalınlığı 0,075-0,15 mm arasında değişmektedir. Epidermisin en dış tabakasına stratum corneum adı verilir ve üst üste gelmiş plaka şeklindeki hücrelerden (korneosit) ve aralarındaki hidrofor yağ tabakasından oluşmaktadır. Stratum corneum 0,01 ila 0,1 mm arasında değişen kalınlığa sahiptir ve cildin su difüzyonuna karşı ilk bariyeridir. Korneositler nem transmisyonuna karşı geçirgen olmadığından nem stratum corneumu geçtikten sonra lipidlerin içinden geçer. Korneositler çekirdek ve organellerini kaybettikten sonra yaşayamaz. Altan gelen hücreler yerlerine geçtikçe cilt yüzeyinden düşerler. Korneositler protein hücre duvarı ve yapıyı sertleştiren keratinli fibril matristen oluşur. Suyu daldırıldığında ya da yüksek atmosfer nemine maruz kaldıklarında nemi emerler ve % 25 oranında kalınlaşırlar. Stratum corneumun altında epidermal hücreleri üreten gövde hücreleri bulunur.

Dermis tabakası epidermisten daha kalındır ve kalınlığı vücut bölümüne göre değişir. Dermiste damar sistemleri, ter bezleri, ısı düzenlemesinden sorumlu sinirler bulunur. Ayrıca tırnak ve tüy folikülleri bu tabakada bulunur.

Dermisin altında deri altı yağ tabakası bulunur ve kalınlığı kişiden kişiye değişir. Normal bir kişide kalınlığı dermisin 17 katına ulaşmaktadır. Fonksiyonu vücut için besinlerden alınan enerjiyi depolamak ve altındaki kasları dış deri tabakasına iletimle ısı transferinden korumaktır [37].

2.2.3.2 Termoreseptörler

İnsanlar soğuk ve sıcaklığın farklı seviyelerini algılayabilir. Sinir uçlarının bağıl algısı kişinin termal algısını ve ısı duyu hassasiyetini belirler. Termoreseptörler ağırlıklı olarak deride ve hipotalamusta bulunur, ayrıca omurilik, bağırsaklar, büyük damarların içinde veya etrafında, üst karın ve göğüste de bulunmaktadır. Soğuk reseptörleri dermiste ortalama 0,15 ila 0,17 mm derinlikte bulunurken ılık reseptörleri 0,3 ila 0,6 mm derinlikte yer almaktadır. Buna göre soğuk reseptörleri epidermisin hemen altında yerleşmiş durumdayken ılık reseptörleri dermisin üst tabakasında bulunmaktadır. Soğuk termoreseptörlerin sayısı ılık reseptörlerinden on kat daha fazladır.

Termoreseptörlerin dinamik özellikleri termal duyu ve konforu belirlemektedir. Sıcaklık değişimi anında termoreseptörler uyarılarak yüksek frekansta sinyal gönderirken sıcaklık değişiminin ilk dakikası boyunca uyarı giderek azalarak sonunda sabit bir seviyeye ulaşır. Termoreseptörler sabit sıcaklığa bu seviyeden yanıt verirler [37].

2.2.3.3 Vasküler sistem

Kan sirkülasyonunun temel fonksiyonu besin maddelerini ve oksijeni dokulara ve organlara taşımaktır. Ayrıca kan sirkülasyonu vücut içi termal denge mekanizmalarını destekler. Soğukta deriye doğru kan akışı azalarak ısı vücut içinde tutulur (vazokonstriksiyon) ya da vazodilatasyon ile ısının deriye doğru akışı sağlanır.

Derinin dış bölgelerinde (epidermis ve dermisin dış kısmı) dokuların termal direnci ısı akısını belirler ve derideki küçük kılcal damarlarda kan akışındaki değişkenlik termal olarak önemli değildir. Ancak bunların altındaki deri altı bölgedeki yoğun damar ağı deri sıcaklığını ve deriden dış çevreye ısı akısını belirler. Vasküler kontrol sempatik sinir sistemi vasıtasıyla gerçekleşir. Hipotalamusun arka kısmı ya da deri uyarıldığında sinir uyarılarının çevreye transfer hızı vazokonstriksiyon veya

vazodilatasyona sebep olur. Parmak, el, ayak ve kulak gibi bölgelerde ise sıcaklık ve ısı kaybının geniş bir aralıkta dağılmasına yol açan ek vasküler kontrol mekanizmaları bulunmaktadır [37].

2.2.3.4 Titreme

Soğuk bölgelerde vücut iç sıcaklığını ilk olarak vazokonstriksiyonla korur. Bu mekanizmanın yetersiz kaldığı durumlarda kas tonusuyla başlayıp istemsiz titreme ile devam eden ek bir metabolik ısı kaynağı oluşturur. Titreme ile metabolik ısı üretimi hareketsiz durumun üç katına kadar çıkabilir. Titreme gövdede başlar ve ardından gövdeye bağlı organlara yayılır.

Soğukta vücut sıcaklığının termoregülasyondaki rolü sıcaktakinden daha fazladır. Vücut yağ kütlesi fazla olan insanlarda yağın yalıtım özelliğinden dolayı titreme daha az görülür. Titreme ile üretilen ısı vücut yağ kitlesinin karesi ile ters orantılıdır. Şişman insanlarda titremenin daha az görülmesinin bir sebebi de vücudun daha fazla ağırlık taşımasından dolayı üretilen metabolik ısıya göre daha fazla olmasıdır [37].

2.2.3.5 Termal stres

Kişi ekstrem koşullara maruz kaldığında (aşırı soğuk ya da aşırı sıcak) termoregülasyon sisteminin sınır değerlerine çok çabuk ulaşılır ve termoregülasyon sistemi üzerindeki kontrol kaybolur. Aşırı sıcak çevrelerdeki aktivite sırasında terleme hızı ve terin buharlaşma hızı vücuttan ısı kaybını kontrol eder. Isı kaybı yetersiz ise iç sıcaklık kontrol edilebilir seviye üzerine çıkar (hipertermi). Bu durum hidrasyonla birleştiği zaman ısı yorgunluğuna yol açar. Bu durumda kişi işine devam edemez, kan basıncı düşer ve kişi bayılır. Bu durum terlemenin durduğu ve iç sıcaklığın çok yüksek seviyelere çıktığı ısı felciyle sonuçlanır.

Termal stresin diğer akut etkileri ısı krampı, dehidrasyon ve ısı ödemidir. Ayrıca termal stres deride isilik ve ter bezlerinin iflası gibi sonuçlara da yol açar. Öte yandan aşırı soğuk çevrelerde ısı kaybı üretilen ısıdan daha fazladır ve bu durum vücut iç sıcaklığının düşmesine neden olur. Bu durum hipotermi olarak bilinir ve vücut sıcaklığı düştükçe daha da ciddi sonuçlara yol açar. 35-36°C'lik vücut sıcaklıklarında kişinin kafası karışmaya başlar, titreme durur ve vücut sıcaklığındaki azalma devam eder. Vücut sıcaklığı 30°C'ye düştüğünde kişi bilinçsiz hale gelir. 27°C 'de ise kalp

durur. Ancak kişiler yeniden ısıtmayla çok düşük iç sıcaklıklardan bilinçli hallerine geri döndürülebilirler.

Endüstride kısa süreli soğuk ve sıcaktan kaynaklanan zararlarla karşılaşılabilir. Örneğin çelik işletmelerinde ve cam endüstrisinde çalışanlar ısı stresine maruz kalır. Yiyecek üretim endüstrisinde ise soğuk depolar ve dondurucular soğuk konforsuzluğuna ve hipotermiye sebep olabilir. Hipotermi vakaları kendilerini koruyamayacak kadar güçsüz yaşlı kişilerde normal çevre koşullarında bile görülebilmektedir.

Isı yükü iş sırasında sinirliliğe sebep olur ve kardiyovasküler sistem üzerinde gerilim yaratır. Akut ısı hastalıklarının kronik etkileri arasında ısı toleransının azalması, ter bezlerinin bozukluğu, terleme kapasitesinde düşüş, kas ağrıları ve sertliği, hareketlilikte azalma, kronik ısı bitkinliği, merkezi sinir sistemi, kalp, böbrekler ve karaciğerde hücre hasarı sayılabilir [33].

Uzun kışlar ve soğuğa uzun süre maruz kalma da kardiyovasküler hastalık sebebiyle ölüm riskini artırır. Hem sistolik hem diyastolik kan basınçları oda sıcaklığındaki seviyelerinden daha yüksektir. Akut soğuk sağlıklı ve kondisyonlu insanlarda bile sistolik kan basıncını yükseltmektedir. Soğuğa maruz kalma koroner kalp hastalığı dışında romatoid artrit, astım, kronik bronşit gibi solunum hastalıkları ve cilt hastalığına neden olmaktadır [33].

2.3 Tekstil Malzemelerinin Termal Özellikleri

Literatürde tekstil malzemelerinin termal özellikleri ile ilgili çalışmalar çoğunlukla giyim malzemelerinin termal özellikleri üzerinde yapılmıştır. Giyim malzemeleri dışında vücuda temas eden kumaşların termal konfor özellikleri ile ilgili olarak detaylı çalışma çok fazla bulunmamaktadır. Ancak giyim malzemeleri haricinde vücuda teması olan kumaşların da termal özelliklerinin kişilerin konfor durumu üzerindeki rolü önemlidir. Bu durum özellikle direkt olarak vücuda temas etmeyen ancak ısı ve kütle transferi üzerinde rolü olan döşemelikler ya da yatak kumaşları için geçerlidir. Bu yüzden tekstil malzemelerinin termal özellikleri ile ilgili ağırlıklı olarak bilgiler giyim malzemeleri üzerinden verilecektir.

2.3.1 Giysi boyunca ısı değişimi

İnsan vücut ısısı iletim, konveksiyon, ışıma, buharlaşma ve solunum ile çevreye aktarılır. Vücut yüzeyinde giysi tabakasının varlığı vücuttan iletimle ısı kaybını yavaşlatır. Giysinin yapısı iletimle ısı kaybının miktarını etkiler. Isı değişimi vücut yüzey alanına bağlıdır ve ısı kaybı tipinden bağımsızdır. İnsan vücudundan çevreye konveksiyonla ısı geçişi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$C=f_{cl}.h_c(T_{cl}-T_a) \quad (2.4)$$

f_{cl} : giysi alan faktörü (clo)

h_c : konveksiyonla ısı transfer katsayısı

T_{cl} : Giysi yüzey sıcaklığı (°C)

T_a : Çevre hava sıcaklığı (°C)

Isı transfer katsayısı h_c vücuda değen havanın hızı, kişinin pozisyonu ve hava akımına göre doğrultusuna bağlıdır.

Giyim malzemesinden ışımayla ısı transfer hızı çevreleyen ortamın ortalama sıcaklığı, giysinin sıcaklığı ile ortam ve giysinin özelliklerine bağlıdır. Kumaştan radyasyonla ısı transferi aşağıdaki formülle ifade edilebilir.

$$R= \sigma.\epsilon_{cl}. f_{cl}F_{vf}. [(T_{cl}+273,15)^4+[(T_r+273,15)^4] \quad (2.5)$$

σ : Stefan-Boltzmann sabiti, sayısal değeri $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

ϵ_{cl} : Giysinin emisivitesi, değeri yaklaşık 1'dir.

T_r : radyan sıcaklık

F_{vf} : Vücudun ışıma için efektif alanı toplam yüzey alanının % 75 'i dir. Bu alan vücut ve çevreleyen yüzey arasındaki görünüm faktörü ile belirlenir [33].

2.3.2 Geçici ısı akısı

Cilt bir yüzeye değdiğinde geçici ısı iletiminden dolayı sıcaklık ya da soğukluk hissi ortaya çıkar. Deri kumaş yüzeyine değdiğinde kumaş yüzey sıcaklığının deri sıcaklığından az olması ısıнын deri dışına akmasına sebep olur. Isı kaybı vücut sıcaklığının düşmesine neden olur. Isı akısı miktarı arttıkça termoreseptörlerin

etrafında sıcaklık düşüşü daha hızlı olur ve serinlik hissi yoğunlaşır. Deriden daha düşük sıcaklıktaki kumaşla temas anında oluşan ısı akısı sıcaklıkta değişime sebep olur ve bu değişim de malzemenin termal ataleti tarafından belirlenir. Termal atalet yoğunluk, spesifik ısı ve termal iletkenliğin fonksiyonudur. Isıyı iyi absorbe eden ve ileten malzemeler ısıyı deriden kolayca çekerek soğuk hisse neden olur. Kumaş yapısal özelliklerinin, özellikle de yüzey yapısının sıcak-soğuk his üzerinde etkisi büyüktür.

Yüzey karakteristiği dışında malzeme tipi de kumaşın sıcak ya da soğuk hissettirmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Bir cisme temas eden kişi tarafından hissedilen sıcaklık/soğukluk hissi deriyle cisim arasındaki ısı akısına bağlıdır. Maksimum ısı akısı q_{max} olarak isimlendirilir ve Kawabata ve arkadaşları tarafından kumaşların oluşturduğu sıcak/soğuk hissini tahminleme için ortaya konmuştur. Bütün kumaş tipleri için q_{max} değeri kumaşın nem içeriğinin yükselmesiyle artmaktadır. Bu da nem içeriği yüksek kumaşların soğuk hissettirmesine neden olur.

Kawabata ve Akagi kumaşların sıcak-soğuk hissi ile ilgili aşağıdaki deneysel sonuçları ortaya koymuşlardır:

- Ölçülen q_{max} değeri ile insanlar üzerinde yapılan duyuşal testlerden elde edilen kumaş sıcak/soğuk hissi arasında yüksek korelasyon olduğu belirlenmiştir.
- Yüksek q_{max} değeri soğuk his oluştururken düşük q_{max} değeri sıcak hissine sebep olur.
- q_{max} değeri kumaş yüzey durumuna bağlı olup kumaş tabaka sayısı ve kalınlığına bağlı değildir.
- q_{max} kumaş su içeriği ve yüzey geometrisine duyarlıdır.

Isı iletim özelliği cisimle temastan sonra geçici ısı iletimini yönlendiren önemli bir parametredir. Isı kaynağından materyale ısı akısını yöneten ısı difüzyon hızıdır ve temas alanı, malzemenin yoğunluğu, ısıl iletkenlik, ısıl dağılma ve ısı kapasitesine bağlı olarak değişir [33].

2.3.3 Isıl iletkenlik

Termal iletkenlik konveksiyonun ihmal edilebilir olduğu durumlarda iletim ve ısımanın kombinasyonu sonucu kumaştan ısı akısının termal transfer davranışını

tanımlayan bir özelliktir. İletime ısı kaybı kumaşın kalınlığı ve termal iletkenliğine bağlıdır.

Isıl iletkenlik aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$k=(Q/A)/(\Delta T/\Delta L) \quad (2.6)$$

Q: A kesitinden geçen ve ΔL mesafesinde ΔT sıcaklık farkına yol açan ısı miktar

Q/A: $\Delta T/\Delta L$ ısı gradyanına sebep olan ısı akısı

Tekstil malzemelerinin termal iletkenliğini ölçmek için ISO 8302 standardında belirtilen korumalı sıcak tabaka kullanılır.

2.3.4 Isıl yalıtım

Termal yalıtım giyim konforunu belirleyen en önemli özelliklerden biridir. Yalıtım özelliği sadece kumaşın fiziksel özellikleri değil aynı zamanda örgü ve dökümlülük gibi yapısal özellikleri tarafından da belirlenir.

Kumaşın termal yalıtım özelliğini belirlemek üzere kullanılacak yöntem ISO 9920 standardında belirtilmiştir. Bu standartta termal yalıtım I_{cl} temel giysi yalıtımı olarak ifade edilir.

$$I_{cl} = \frac{\overline{T_{sk}} - \overline{T_{cl}}}{H} \quad (2.7)$$

H: cilt alanının birim metrekaresine düşen kuru ısı kaybı (W/m²)

T_{sk} : ortalama cilt sıcaklığı (°C)

T_{cl} : giyinik bir insan ortalama yüzey sıcaklığı (°C)

Giyinik kişinin ortalama yüzey sıcaklığı sadece giysi yüzey sıcaklığına bağlı değildir aynı zamanda vücudun giyinik olmayan kısımlarının sıcaklığına da bağlıdır. ISO 8302 standardında korumalı sıcak plaka kullanılarak düz numuneden kararlı durumda ısı transferini belirleyen test metodu tanımlanmıştır. Bir ya da iki numune ile ölçüm yapan iki farklı tip cihaz vardır. Cihazın prensibi korumalı sıcak plakanın kararlı koşulda çok yönlü düzgün yoğunluklu ısı akısı oluşturmasıdır. Termal yalıtım kapasitesi numunenin iki yüzü arasındaki sıcaklık farkı ölçülerek hesaplanabilir [40].

2.3.5 Termal özelliklerle ilgili parametreler

2.3.5.1 Kullanılan birimler

İnsan vücudu ile çevre arasındaki ısı alışverişi Met ve Clo birimleriyle ifade edilir. 1 Met (metabolic equivalent=metabolik eşdeğer) oturur pozisyonda ve ısıl olarak konforlu bir insanın metabolizmasını ifade eder ve 50 kcal/m²saat değerine eşittir. "Clo" birimi ise giysi yalıtımını belirtir ve 1 clo birimi normal havalandırılmış bir odada (0,1 m/s hava hızı) 21 °C hava sıcaklığında ve % 50 'den az bağıl nemde oturur-uzanır durumdaki bir erkeği konforlu hissettiren giysi yalıtımı olarak ifade edilir. Metabolik ısı üretiminin % 24 'ü deriden buharlaşmayla kaybedilir. Geriye kalan 38 kcal/m² saat giysiden iletim, konveksiyon ve ışıma ile iletilir. Ortalama konforlu vücut sıcaklığı 33 °C 'dır. Giysi ve havanın toplam yalıtımı

$$I_t = \frac{33 - 21}{38} = 0,32 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{Csaat/kcal} \quad (2.8)$$

olarak verilir. Yukarıdaki özel koşulda hava yalıtımı 0,14 m²°C h / kcal, giysinin yalıtımı ise 0,18 m²°C h / kcal olarak bulunmuştur. 1 clo birimi 0,18 m²°C h / kcal olarak tanımlanır ve 0,155 m²°C/W değerine eşittir. Bu tip giysi yalıtımı efektif yalıtım olarak bilinir.

Tog termal direncin birimidir ve 1 W/m² ısı akısında 0,1°C 'lık sıcaklık gradyanı elde etmek için gereken ısıl direnç olarak tanımlanır. Hafif yazlık giysi 1 tog'luk yalıtım sağlar. Isıl yalıtım tog cinsinden ifade edildiğinde giysi boyunca sıcaklık düşüşü tog değeri ile ısı akısının çarpımının onda biri olarak hesaplanır. Isı akısı da sıcaklık düşüşü tog değerinin onda birine bölünerek bulunur [33].

2.3.5.2 Geçirgenlik indeksi

Geçirgenlik indeksi giysinin evaporatif performansının göstergesi olarak Woodcock tarafından geliştirilmiştir. Geçirgenlik indeksi aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$i_m = \frac{R_t}{LR \times R_{et}} \quad (2.9)$$

R_t : giysi ve yüzey hava tabakasının toplam ısı direnci ($m^2\text{°C/W}$)

R_{et} : giysi ve hava tabakasının toplam evaporatif direnci (m^2kPa/W)

R_t/R_{et} oranı iletilen kuru havaya göre evaporatif ısı iletiminin efektifliğini ifade eder.

Lewis ilişkisi (LR) ise evaporatif kütle transfer katsayısı ile konvektif ısı transfer katsayısının bir oranıdır. Tipik uygulamalar için bu oranın $16,65 \text{ °C/kPa}$ olduğu kabul edilir. Teorik olarak geçirgenlik indeks değeri 0 ile 1 arasında değişir [33].

2.3.6 Kumaşların termal iletim özellikleri

Kumaşların termal iletim özellikleri liflerin morfolojik özellikleri, ipliğin iç yapısı ve kumaşın fiziksel ve yapısal karakteristikleri gibi pek çok faktöre bağlıdır. Tekstil liflerinin termal geçirgenlik özellikleri moleküler yapı, yoğunluk, kristalizasyon seviyesi, kristal oryantasyon açısı, amorf bölgelerde moleküler zincirlerin hareketliliği gibi moleküler yapısal parametreye dayanır. Kumaşların termal iletim özellikleri ayrıca iplik içindeki lif yerleşiminden de etkilenmektedir. ştapel liflerin paketlenme yoğunluğu lif yerleşimine bağlı olarak değişmektedir.

Üretim tekniklerinden bağımsız olarak tekstil kumaşları birbirine bağlı boşluklardan oluşan yapılardır ve kumaşların ısı geçirgenliği liflerin gözenekliliğinden dolayı değişmektedir. Buna göre kumaş gözenekliliğini etkileyen her parametre onun ısı geçirgenliğini etkilemektedir. Kumaşın termal davranışını en çok etkileyen parametre ise kumaşın kalınlığıdır. Kumaş kalınlığındaki artış kumaş hacmini artırarak kumaş gözenekliliğini etkiler.

Tekstil yapılarının termal yalıtım özellikleri kumaşın lif yerleşiminin rastgele yapısına bağlıdır. Kumaş kalınlığı gibi kumaştaki liflerin yerleşimi de kumaşın termal yalıtım özelliğini belirler. Lif, iplik ve kumaş özellikleri ve kumaşın vücuda uygulanış şekli kişinin termal, fiziksel ve psikolojik konforunu belirler.

İplik yapısal parametreleri iplik boyunca hava ceplerinin varlığı ile termal transmisyon özelliği üzerinde etkilidir. Bir lif bileşeninin iplik içinde kısalmasıyla oluşan hacimli iplikler diğer ipliklerden sadece yapı yönünden değil aynı zamanda mekanik özellikleri, yüzey ve iplik hacmi yönünden de ayrılır. Bu ipliklerden üretilen kumaşların ipliğin hacimliliği tarafından etkilenir. Hacimli ipliklerden üretilen kumaşlar normal ipliklerden üretilen kumaşlardan her yönüyle farklıdır. Hacimli iplik iyi termal izolasyon özelliğine sahip hacimli tekstil ürünleri üretebilmeyi sağlar.

Kesikli bükümsüz ya da boşluklu ipliklerden yapılmış dokuma kumaşların konforla ilgili hava geçirgenliği, ısı iletkenliği, yüzde su buharı geçirgenliği, sıvı çekme ve su emicilik gibi özelliklerinin etkilendiği görülmüştür. Normal iplikten yapılan kumaşlar maksimum termal iletkenlik özelliği gösterirken boşluklu ipliklerden yapılan kumaşların termal iletkenlik değerleri minimumda kalmıştır. Bükümsüz iplikten üretilen kumaş ise ortalama termal iletkenlik özelliği göstermektedir. Boşluklu iplikten üretilen kumaşın termal iletkenlik özelliğinin minimumda kalmasının sebebi boşluklu liflerin hacimli yapısının izolasyon ortamı oluşturmastır. Boşluklarda hava sıkışır ve iç tabakanın ısısı dışarıya verilmez.

İplik tüylülüğündeki azalma kumaşla cilt arasındaki yüzey alanını artırarak daha serin hissedilmesine neden olur. Karde ipliklerden yapılan kumaşların termal direnci penye ipliklerden yapılan kumaşlara göre daha fazladır. Bu durum da karde ipliklerin daha tüylü olmasından kaynaklanmaktadır. Tüylülük arttıkça ısı geçişini engelleyen statik hava tabakası da artmaktadır [1].

Mikroklima kalınlığındaki artış ile insan vücudundan gerçekleşen toplam ısı akışı azalmaktadır. Bu durum yalıtkan malzeme görevi gören hava tabakasının artışından kaynaklanır. Mikroklima kalınlığındaki artışla ısımanın toplam ısı akısındaki katkısı artar. Işımayla ısı iletimi mikroklima kalınlığından etkilenmemektedir. Mikroklima kalınlığı azaldıkça kumaş kalınlığının etkisi artmaktadır [33].

2.3.7 Birleşik ısı ve kütle transferi

Tekstil materyalinden nem transferinde sadece kütle transferi değil ısı transferi de mutlaka hesaba katılmalıdır. Higroskopik malzemelerde ısı ve nem transferi birbirinden ayrılmaz.

Su moleküllerinin iletimi sırasında bu moleküller kimyasal doğa ve yapılarına göre lif tarafından absorbe edilir. Suyun absorpsiyonu ile absorpsiyon ısısı denilen bir miktar ısı serbest bırakılır. Isı üretimi sırasında malzeme yüzeyindeki sıcaklık arttıkça nem buhar iletim hızı azalır. Nem sorpsiyonu ve difüzyonunun geçici koşullarında ısı transferine nem transferinin dört farklı şekli eşlik eder. Isı ve nem transferi arasındaki bu bağlantı nem sorpsiyon kapasitesi, lif çapı, su buhar difüzyon katsayısı, yoğunluk ve sorpsiyon ısısına bağlıdır. Selülozik liflerin ıslanma ısısı ise nem içeriği ve kristalin yapısına bağlıdır ve liflerin kristalinitesinin artışına orantılı olarak azalır [1].

Lifli yapılardaki iki geçici durum tamponlama ve     tme e  zamanlı ısı ve nem taşınımıyla ilgilidir. Serinletme ya da tamponlama efekti sıcak havada terlemenin,     tme ise soğuk havalarda egzersizle terlemenin sonucudur. Bağıl nemdeki ani yükselme durumunda kumaşlar nem absorbe ederek mikroklima koşullarını korur ve ısı açığa çıkarırlar [41].

2.4 Tekstil Malzemelerinin Nem İletim  zellikleri

Tekstil malzemelerinden nem iletimi insan vücudunun termofizyolojik konforu üzerinde oldukça önemlidir. Difüzyon, absorpsiyon-desorpsiyon, ter buharının konveksiyonu ile birlikte ıslanma ve sıvı terin emilmesi termofizyolojik konforun sağlanması önemli rol oynamaktadır. Belirli bir durumdaki nem transmisyonu kumaşın nem içeriğine, kullanılan malzeme tipine, terleme hızına ve rutubet, sıcaklık ve rüzgar hızı gibi atmosferik koşullara bağlıdır.

Yüksek aktivite seviyesi ve/veya hava sıcaklığında vücut ısı üretimi çok yüksektir ve terbezleri sıvı ter üretimi için uyarılır. Terin buhar formuna hissedilmeyen terleme denir, sıvı ter ise hissedilir terleme olarak adlandırılır. Terin atmosfere transferi sırasında ise vücuttan ısı çekilerek serinleme sağlanır. Bunun için de terin vücuttan dışarıya transferinin kumaş tarafından engellenmemesi gerekir.

Terleme sırasında eğer ter iletim hızı yavaşsa giysi mikroklimasının bağıl ve mutlak nem seviyesi terin buharlaşmasını baskılayarak ısı stresine sebep olur. Tekstil kuma larındaki nem transferi iki ana prensibe ayrılır: nem buhar iletimi ve sıvı ter iletimi. Buhar ve sıvı nem iletiminde etkili olan mekanizmalar birbirinden farklıdır [1].

Tekstil malzemelerinin sıvı nem transfer davranışı yatay sıvı çekme, transvers, transpalanar ve dikey sıvı çekme olarak sınıflandırılır. İplik bükümü, iplik gerginliği, lif kesit şekli, büküm teknolojileri ve tekstüre işleminin sıvı çekme özelliği üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir [33].

2.4.1 Kılcallık teorisi

Kılcal bir yapıda sıvı sıvı-katı ara yüzünde net pozitif ΔP kuvvetine göre yükselir.

$$\Delta P = P - \delta gh \quad (2.10)$$

δ : g/cc cinsinden sıvı yoğunluğu

g : yerçekim ivmesi (980,7 cm/s²)

h : cm cinsinden sıvı yüksekliği

Kılcal basınç P kılcal alandaki (πr_i^2) iç ısıltmakuvveti (F_{wi})olarak tanımlanır:

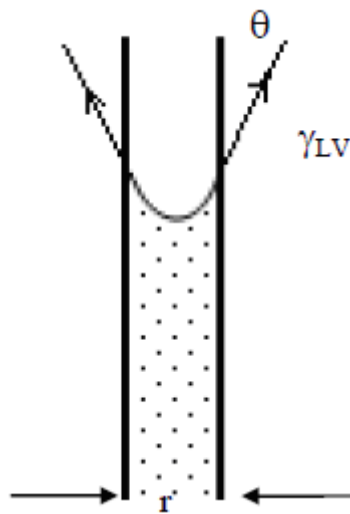
$$P = \frac{F_{wi}}{\pi r_i^2} = \frac{2\pi r_i \gamma \cos \theta}{\pi r_i^2} = \frac{2\gamma \cos \theta}{r_i} \quad (2.11)$$

γ : dyne/cm cinsinden sıvı yüzey gerilimi

r_i : cm cinsinden kılcal yarıçap

θ : sıvı-katı temas açısı

Kılcal basınç P sıvı ağırlığı δgh "dan büyük olduğu zaman pozitif kuvvet sıvıyı yukarı taşır. $P = \delta gh$ olduğu zaman sıvının yükselmesini sağlayan ΔP sıfır olur ve sıvı yükselmesi denge yüksekliğinde durur [42].



Şekil 2.1 : Kılcal yapıda su yükselmesi [41].

2.4.2 Sıvı nem transferi

Tekstil malzemelerinde sıvı nem transmisyonu lif yüzeyinde lif-sıvı moleküler etkileşimi sonucunda oluşur ve yüzey gerilimi ile kılcal gözenek dağılımına bağlıdır. Gözenekli bir yapıda sıvı transferi iki aşamalı bir prosestir: ıslatma ve sıvının iletimi [33].

2.4.2.1 Islanma

Islanma tekstil işlemleri için olağanüstü öneme sahip bir kavramdır. Kissa ıslanmayı katı-hava ara yüzünün katı-sıvı ara yüzüyle değişimi olarak tanımlamaktadır. Islanma dinamik bir prosestir. İhtiyari ıslanma sıvının katı bir yüzey üzerinde termodinamik denge yönüne doğru yer değişimidir. Kuvvet altında ıslanma dış hidrodinamik veya mekanik kuvvetler vasıtasıyla katı-sıvı ara yüzünün artmasıdır [43].

Liflerin ıslanması ise lif-hava ara yüzünün lif-sıvı ara yüzüyle değişimidir. Kumaş gibi liflerden oluşan bir topluluğun ıslanması kompleks bir işlemdir. Böyle bir proseste yayılma, batma, adhezyon, kılcal penetrasyon gibi farklı ıslatma mekanizmaları eş zamanlı olarak işleyebilir.

Katı-sıvı sınırında dengedeki kuvvetler Young-Dupré eşitliğinde aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$\gamma_{KB} - \gamma_{KS} = \gamma_{SB} \cos\theta \quad (2.12)$$

γ : ara yüz gerilimi

S:sıvı

K:katı

B:buhar

θ :temas açısı

$\gamma_{LV} \cos\theta$: adhezyon gerilimi ve spesifik ıslanabilirlik

Young-Dupré eşitliği ıslanma ve sıvı iletim olayını açıklamak üzere kullanılmaktadır. Temas açısı γ_{SV} , γ_{SL} ve γ_{LV} ara yüz gerilimlerine göre değişir. Eğer $\gamma_{SV} > \gamma_{SL}$ „den daha büyükse $\cos \theta$ pozitif olur ve temas açısı 0° ile 90° arasında değer alır. . Eğer $\gamma_{SV} < \gamma_{SL}$ „den daha küçük olursa temas açısı 90° ile 180° arasında olur.

Islanabilirliğin artışıyla temas açısı küçülür $\cos \theta$ ise büyür. Temas açısı sıfıra yaklaştığında ıslanabilirlik maksimum seviyeye çıkar.

Temas açısı terimi sıvı-hava (buhar) ve katı-sıvı ara yüzünün teğetleri arasında kalan açıdır. Temas açısı üç ara yüzün (katı-buhar, katı-sıvı, sıvı-buhar ara yüzleri) kesiştiği temas çizgisinde oluşur. Gerçek temas açısı katı üzerinde temas çizgisinden çok kısa uzaklıktaki açıyı ifade eder. Denge temas açısı ideal bir sistem için Young-Dupré eşitliğinde ifade edilen tek değerli gerçek temas açısını gösterir. Ancak gerçek katı-sıvı sisteminde pek çok farklı sabit temas açısı gözlenir. Deneysel olarak gözlenen temas açısı görünen temas açısıdır ve makroskopik düzeyde ölçülür. Gerçek temas açısını ölçmek çok zor olsa da sert yüzeylerde görünür ve gerçek temas açıları arasında önemli fark görülebilir.

Tekstil yüzeyleri ideal yüzeyler olmadığı için ıslanma özellikleri yüzey pürüzlülüğü, heterojenlik, sıvının adsorpsiyonu veya yüzey enerjisi değişken yüzey aktif maddeler yüzünden karmaşılaşır. Bu tip ideal olmayan yüzeylerde ölçülen temas açısı θ'' da histerezis görülür.

Liflerin ıslanabilirliği lif yüzeyinin kimyasal yapısı, ve lif geometrisi, özellikle yüzey pürüzlülüğünden etkilenmektedir. Liflerin ıslanabilirliği Wilhelmy tekniği, lifi çevreleyen damlanın şekli, yansıyan ışık demetiyle temas açısı ölçümü, sıvı membran metoduyla ıslanma kuvvetlerinin ölçümü, batma-yüzme metodu ve dinamik metodlar kullanılarak değerlendirilir.

Eğer tekstil yapısı ile etkileşime giren sıvı yüzey aktif madde içeriyorsa adsorpsiyon ve lif yüzeyindeki oryantasyon ara yüz gerilimini ve ıslanabilirliği etkiler [43].

2.4.2.2 Sıvı transferi

Sıvı transferi (wicking) sıvının lif yüzeyi boyunca aktarılacak lifin içine absorbe edilmediği durumda gerçekleşmektedir. Sıvı transferi sıvının gözenekli bir yapıda kılcal kuvvetlerin etkisiyle spontan akışıdır. Gözenekli yapıda bu tip bir akış sıvının, sıvı-yapı arasındaki yüzey etkileşiminin ve yapı içindeki gözeneklerin geometrik konfigürasyonunun özellikleri tarafından yönetilir [44]. Sıvının iplik ya da kumaş gibi bir lif topluluğunda transferi dış kuvvetler veya kılcal kuvvetlerden kaynaklanabilir. Gözenekli bir yüzeye verilen sıvının kılcal kuvvetler sayesinde

spontan transferi “sıvı transferi” olarak adlandırılır. Isılanma ile ortaya çıkan kılcal kuvvetler spontan ısılanma sonucunda sıvı transferini sağlar.

Sıvı transferi ve ısılanma farklı olaylardır. Sıvı transferinin ön koşulu ısılanmadır. Lifleri ıslatamayan bir sıvının iletilmesi de sözkonusu olamaz. Sıvının iletilmesi lifleri birleştiren kılcal boşlukların sıvı tarafından ıslatılması ile gerçekleşir. Bu ısılanma sonucunda ortaya çıkan kılcal kuvvetler sıvının kılcal boşluklarda ilerlemesini sağlar.

Kılcal sistemlerde nem transferi katı-hava ara yüzünün katı-sıvı ara yüzüyle kendi kendine yer değiştirmesi olarak gözlenir. Kılcal tüpte sıvı transferi kılcal sistem boyunca sıvı-hava ara yüzü çok küçüktür ve sıvı transferi boyunca değişmez. Bu durumda gözlenen en önemli değişiklik katı-sıvı ara yüzünün artışı ve katı-hava ara yüzünün azalışıdır. İşlemin kendi kendine olması için serbest enerjinin kazanılması ve penetrasyon işinin pozitif olması gerekir. Bu durum buharla (havayla) temas eden lif yüzeyinin ara yüz enerjisi γ_{sv} ‘nin sıvı ve lif yüzeyi arasındaki ara yüz enerjisi γ_{sl} ‘yi geçtiği zaman gerçekleşir:

$$W_p = \gamma_{sv} - \gamma_{sl} \quad (2.13)$$

Penetrasyon işi kılcal penetrasyon için gereken enerjinin bir ölçüsüdür. γ_{sv} ve γ_{sl} ‘nin birbirinden bağımsız olarak ölçümü zor olduğu için yapılan çalışmalarda yüzey enerjisi sıvılarla etkileşim sonucu indirekt olarak hesaplanmaya çalışılmıştır. Young-Dupré eşitliğinde $\gamma_{sv} - \gamma_{sl}$ spontan kılcal penetrasyon için pozitifdir. γ_{lv} her zaman için pozitif olduğundan $\cos\theta$ ‘nın da pozitif ve temas açısının da buna bağlı olarak 0 ile 90° arasında olması gerekir.

Sıvı kılcal yapının duvarlarını ıslattığı zaman bir menisküs oluşur. Sıvının yüzey gerilimi sıvı-hava (buhar) ara yüz eğrisinde ΔP şeklinde bir basınç farkı oluşturur. ΔP , Laplace denkleminde aşağıdaki gibi verilir:

$$\Delta P = \gamma L V (1/R_1 + 1/R_2) \quad (2.14)$$

Dairesel kesite sahip bir kılcal yapıda eğrisel ara yüzün yarıçapları R_1 ve R_2 birbirine eşittir:

$$\Delta P = 2\gamma LV / R \quad (2.15)$$

Kılcal duvar sıvı tarafından tamamen ıslandığında R r'ye (kılcal yarıçapa) eşit olur.

$$\Delta P = 2\gamma LV / r \quad (2.16)$$

Kılcal duvar tamamen ıslanabilir değilse;

$$r / R = \cos\theta \quad (2.17)$$

Bu eşitlik denklem 2.15'de yerine konduğunda

$$\Delta P = 2\gamma LV \cos\theta / r \quad (2.18)$$

elde edilir.

Kılcal basıncın pozitif olması için $\cos \theta$ 'nın pozitif ve θ açısının da 0 ile 90° arasında olması gerekir. Kılcal basınç kılcal yarıçap ile ters orantılıdır. Kumaşta kılcal boşluklar düzgün değildir ve yarıçap r yerine indirekt olarak tanımlanmış olan efektif kılcal yarıçap r'nin kullanılması gerekir.

Sıvı transferi kumaş kısmen ya da tamamen sıvıya daldırıldığında veya sınırlı miktarda sıvıyla temas ettiğinde gerçekleşir. Sıvının kılcal penetrasyonu sonsuz ya da sonlu rezervuardan gerçekleşebilir. Sonsuz rezervuardan sıvı transferi daldırma, transplanar sıvı transferi, dikey sıvı transferi iken sonlu rezervuardan sıvı transferi kumaş yüzeyine damlatılan damla şeklinde örneklendirilebilir.

Bu dört sıvı transfer şekli kendi içinde dört kategoriye ayrılır:

Sıvı transferi: Polyester kumaşta iletilen hidrokarbon yağda olduğu gibi lif yüzeyine önemli derecede difüzyon gerçekleşmez. Kılcal penetrasyon işleyen tek mekanizmadır.

Lif ya da lifin üzerindeki terbiye maddesine sıvı difüzyonuyla transfer: pamuklu kumaşta sıvı transferi ve liflerin içine sıvı difüzyonu. Kılcal penetrasyon ve sıvının liflere difüzyonu şeklinde iki proses eş zamanlı olarak işler.

Life adsorpsiyonla beraber sıvı transferi: polyester kumaşta iletilen sulu yüzey aktif madde solüsyonu. Pek çok proses eş zamanlı olarak işler: lifin kılcal penetrasyonu, yüzey aktif maddenin sıvıda dağılması, yüzey aktif maddenin liflere adsorpsiyonu

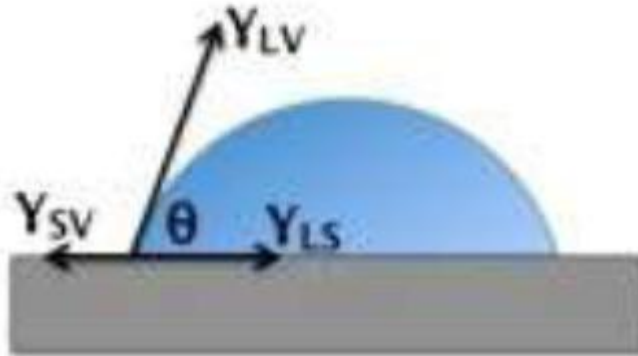
Life adsorpsiyon ve difüzyonu içeren transfer: pamuklu kumaşta iletilen sulu yüzey aktif madde solüsyonu. Kılcal penetrasyon, sıvının liflere difüzyonu, yüzey aktif maddenin sıvıda dağılması, yüzey aktif maddenin liflere adsorpsiyonu [43].



Şekil 2.2 : Tekstil malzemelerde sıvı transferinin ilüstrasyonu [44].

2.4.2.3 Temas açısı

Sıvının pürüzsüz, homojen bir yüzey üzerinde oluşturduğu temas açısı sıvının yüzey enerjisine bağlıdır. 1960'lı yıllardan beri temas açısı ölçüm metodları geliştirilmektedir. Bu çalışmalarda yüksek enerjili yüzeylerin temas açısının küçük olduğu ve daha iyi ıslanabildiği görülmüştür.



Şekil 2.3 : Temas açısı [45].

Katı bir yüzey üzerinde duran bir sıvı damlası yüzeyle bir açı oluşturur. Bu şekilde denge durumunda hakim olan üç kuvvet bulunur: katıyla sıvı arasındaki, katıyla buhar arasındaki ve sıvı ile buhar arasındaki ara yüz gerilimleri. Sıvı faz içindeki açı temas açısı ya da ıslanma açısı olarak adlandırılır. Katının yüzey gerilimi sıvının yayılmasına katkıda bulunurken sıvı yayılımı katı-sıvı ara yüz gerilimleri ve katı yüzey düzlemindeki sıvı yüzey gerilim vektörü tarafından engellenir [40].

2.4.2.4 Emicilik

Emicilik kumaşın nem çekme kapasitesini gösterir. Kumaşın cilt konforu, statik elektriklenme, yıkama sonrası çekme, su iticilik ve kırışıklıkların açılması gibi diğer özelliklerini etkileyen çok önemli bir kavramdır [33].

2.4.3 Su buharı transferi

Tekstil materyalinin su buharı geçirgenlik özelliği malzemenin fizyolojik konfor ve performans karakteristiklerinin değerlendirilmesi açısından önemlidir [40]. Ağır iş sırasında veya sıcaklığın yüksek olduğu koşullarda malzemenin buhar geçirgenliğinin yüksek olması ciltten atmosfere sıvı transferini desteklemektedir. Konforlu bir kumaşın vücudun aktif olarak terlediği süreçte nem buharını iletmesi, terleme durduğunda cilt yüzeyindeki nemi azaltmak için nem buharını atmosfere geçirmesi gerekir [14].

Nem buhar iletimi lifler arası ve iplikler arası boşluklar tarafından yönetilen bir kumaş özelliğidir. Buhar lifler arasındaki boşluklara yayılır. Nispeten açık kumaş yapısı difüzyon prosesini hızlandırır. Nem buharının tekstil malzemesinden geçişi sırasında nem buhar difüzyonuna direnç farklı tabakalarda gözlenir. Bu tabakalar buharlaşan sıvı tabakası, cilt ve kumaş arasındaki sınırlı hava tabakası, sınır hava tabakası, çevre hava tabakasıdır. Nem buhar direnci kumaşın hava geçirgenliğine bağlıdır ve üretilen terin transfer edilebilme kapasitesini belirler. Kumaşın ortaya koyduğu direnç dış sınır tabakasından ve ciltle kumaş arasındaki iç sınırlı hava tabakasından daha azdır.

Buhar formundaki nem tekstil malzemesi içinden aşağıdaki mekanizmalarla geçer:

- Lifler arasındaki hava boşlukları içinden su buharı difüzyonu
- Su buharının lifler tarafından absorpsiyon, desorpsiyon ve iletimi
- Su buharının lif yüzeyine tutunarak yüzey boyunca ilerlemesi

- Zorunlu konveksiyonla su buharının iletimi [33].

Bir tabakadan difüzyon şu mekanizmalarla açıklanabilir: katı içinden moleküler difüzyon (polimerik faz), lif boyunca yüzeye tutunmuş moleküllerin yüzey difüzyonu, kumaşın hava boşlukları içinden moleküler difüzyon. Buhar kumaşın bir yüzünden diğerine basınç gradyanındaki farklılıktan dolayı yayılır. Gözenekli bir yapıda difüzyon prosesi Fick kanununa göre gerçekleşir:

$$J_{AX} = D_{AB} \frac{dC_A}{dx} \text{ g cm}^{-2} \text{ sn}^{-1} \quad (2.19)$$

J_{AX} nem akı hızı, dC_A / dx konsantrasyon gradyanı ve D_{AB} difüzyon katsayısı ya da bir ortamdan diğerine yayılan bir bileşenin yayılma kuvveti olarak bilinir.

Dış hava tabakası
Sınır hava tabakası
Kumaş tabakası
Buharlaşan sıvı tabakası
İnsan cildi

Şekil 2.4 : Nemin transfer edildiği kumaş tabakaları [33].

Su buharı tekstil yapısından lifler ve iplikler arasındaki ve lifin kendi içindeki hava boşluklarından basit difüzyonla geçebilir. Lif boyunca difüzyon durumunda su buharı lifin iç yüzeyinden lif yüzeyine yayılır ve lifin içi ve dış yüzeyi boyunca ilerler.

Belirli bir konsantrasyon gradyanında tekstil malzemesindeki difüzyon hızı malzemenin gözenekliliği ve lifin su buharı yayabilme kapasitesine bağlıdır. Su buharının havada difüzyon katsayısı $0,239 \text{ cm}^2/\text{sn}$, tekstil malzemesinde ise $10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sn}$ 'dir.

Hidrofilik lif yapılarında buhar difüzyonu Fick kanununa uymamaktadır. Bu durumda anormal difüzyon görülür. Bu proses iki aşamalıdır; birinci aşama Fick difüzyonuna uyarken ikinci aşama birinci aşamadan çok daha yavaştır ve konsantrasyon gradyanıyla buhar akısı arasında üstel bir ilişki görülür.

Difüzyon prosesi liflerin şişmesiyle açıklanabilir. Hidrofilik lif moleküllerinin su buharına afinitesinden dolayı lifli yapıya buhar difüzyonu gerçekleştikçe buhar lifler tarafından absorbe edilir, liflerin şişmesine yol açar ve hava boşluklarını küçülterek difüzyonu geciktirir.

Su buharı difüzyonu kumaşın hava geçirgenliği ile çok yakından ilgilidir. Gözeneklilik arttıkça kumaşın hava geçirgenliği artar. Gözenekliliğin artması aynı zamanda kumaşın hava boşluklarından geçen nem miktarı artar. Kumaşa uygulanan terbiye işleminin difüzyon prosesi üzerinde büyük bir etkisi yoktur. Su buharının havada difüzyon katsayısı sıcaklık ve basıncın fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi verilebilir:

$$D = 2,20 \times 10^{-5} \left[\frac{\theta}{\theta_0} \right]^2 \left[\frac{P_0}{P} \right] \quad (2.20)$$

D: su buharının havada yayılma katsayısı (m²/sn)

θ : mutlak sıcaklık (°K)

θ_0 : standart sıcaklık 273,15 °K

P: atmosferik basınç

P_0 : standart basınç

Genelde liflerdeki su konsantrasyonu arttıkça difüzyon katsayısı da artar. Bu durumun istisnası yüksek derecede hidrofob olan polipropilen lifinde görülür. Kumaşlarda su buharı iletimi kumaşın nem içeriğindeki artış ve suyun yoğunlaşmasına bağlıdır.

Absorpsiyon-desorpsiyon prosesinde nem çeken kumaş atmosferde nem kaynağı gibi davranır. Aynı zamanda sabit buhar basıncı sağlayan bir tampon özelliği de gösterir. Buhar basıncı yükselip sıcaklık düştükçe absorbe edilen miktar artar. Buhar

basıncındaki yükselme kimyasal potansiyelde dengesizliğe yol açar ve dengeyi sağlamak için daha çok buhar transfer edilir.

Kumaşlar tarafından absorbe edilebilen su buharı miktarı lif nem içeriği ve atmosfer nemine bağlıdır. Pamuk, rayon gibi emici liflerde nem sorpsiyon özelliği sadece lif nemi ve atmosfer nemine bağlı değildir, aynı zamanda sorpsiyon histerezi, ısı etkisi, boyutsal değişiklikler ve elastik geri toplamaya da bağlıdır. Şişme sırasında lif makromolekülleri veya mikrofibriller emilen su tarafından birbirinden ayrılır. Bu da lifler ve iplikler arasındaki gözenek boyutunu küçültür ve kumaştan su buharı iletimini azaltır. Lifler arasındaki kılcal kanallar bloke olduğundan sıvı iletimi de azalır. Şişme ile ortaya çıkan bozulma nem emilimini etkileyen iç gerilimlere sebep olur.

Liflerdeki mekanik histerezis absorpsiyon histerezisini artırır. Absorpsiyon histerezi de lif hidrofilitesindeki artış ile artar.

Konveksiyon nem tabakası üzerinden hava akımı olduğunda gerçekleşen nem transfer prosesidir. Bu prosesteki kütle transferi atmosfer ve nem kaynağı arasındaki konsantrasyon farkı tarafından kontrol edilir. Proses aşağıdaki denkleme göre gerçekleşir:

$$Q_m = -Ah_m(C_a - C_\alpha) \quad (2.21)$$

Q_m : konveksiyonla gerçekleşen kütle akışı

A: alan

C_a : kumaş yüzeyi üzerindeki buhar konsantrasyonu

C_α : havadaki buhar konsantrasyonu

Akış konsantrasyon farkı ($C_a - C_\alpha$) ve konvektif kütle transfer katsayısı h_m tarafından kontrol edilir. h_m sıvı özellikleri ve hıza bağlıdır. Rüzgarlı bir ortamda ciltten atmosfere nem iletiminde konveksiyon önemli rol oynar.

Buharlaşma ve yoğunlaşmanın da nem iletiminde önemli etkisi vardır. Bu prosesler gözenekli tekstil yağlarında sıcaklık ve nem dağılımına bağlıdır. Sıvı terin buharlaşmasında vücuttan alınan ısı soğumayı sağlar. Atmosfer sıcaklığındaki artış termal denge üzerinde buharlaşmayla ısı transferinin rolünü daha da önemli hale getirir.

Böyle durumlarda ciltle çevre arasındaki sıcaklık gradyanı düşük olduğu için iletim ve konveksiyonla ısı transferi azdır. Ciltle çevre arasındaki negatif sıcaklık gradyanı oluştuğunda buharlaşmayla ısı transferi vücut sıcaklığını düşürmenin tek yolu olur. Rüzgar buharlaşmayla ısı transferini artırır ve ilave serinleme sağlar. Kararlı koşulda buharlaşmayla kaybedilen ısı suya atmosferden gelen ısıya eşittir. Bu durumda hava-su ara yüzünde enerji denge denklemi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$q_{conv} = q_{evap} \quad (2.22)$$

q_{conv} : çevreden suya konvektif ısı transferi

q_{evap} : buharlaşmayla sudan alınan ısı [41].

Nem buharının yoğunlaşması kumaşın sıvı tere doymasının sonucudur ve lokal buhar basıncı doymuş buhar basıncı seviyesine çıktığında oluşur. Yoğunlaşma atmosferik basınç çok düşük olduğu zaman ortaya çıkar. Vücuttan çıkan nispeten sıcak ve nemli hava daha soğuk olan kumaş yüzeyiyle temas ettiği zaman kumaş yüzeyi soğuk duvar gibi davranır ve nem yoğunlaşır. Yoğunlaşmanın 10 °C ‘nin altındaki çevre sıcaklığında oluştuğu gözlenmiştir.

Kuru lifli yapılarda nem yoğunlaşması üç safhada gerçekleşir. İlk safhada malzemede yoğunlaşma başlar. İkinci safhada sıvı içeriği yavaş yavaş artar ancak miktarı azdır, sıvı miktarı eşik değeri geçince damlalar birleşir ve yüzey gerilimi ve yerçekimi etkisi altında hareket etmeye başlar. kumaşın her iki yüzündeki buhar konsantrasyonu doyma seviyesine geldiğinde tüm kumaş kalınlığı boyunca nem yoğunlaşır. Eğer belirli bir sıcaklıkta her iki yüzdeki buhar konsantrasyonu doyma seviyesinin altındaysa yoğunlaşma kumaşın sadece belirli bir bölgesinde gerçekleşir. Bu durumda yoğunlaşma iki kuru bölge tarafından ayrılan ıslak bölge şeklinde olur. Islak bölgenin oranı nem buharının yoğunlaşmasıyla artar [33].

2.4.4 Birleşik buhar ve sıvı transferi

Nemli geçici koşulda tekstil malzemelerinden nem hem sıvı hem de buhar formunda geçer. Li ve arkadaşları nemli geçici koşullarda sıvı iletiminin üç safhada gerçekleştiğini belirtmiştir. İlk safhada lifler arası boşlukları dolduran havaya sıvı su ve su buharı difüzyonu gerçekleşir. Bu süreç boyunca iki yüzey arasındaki konsantrasyon farkından dolayı su buharı kumaşa yayılır. bu arada yüzey gerilimi nedeniyle sıvı su da sıvı içeriği çok olan bölgelerden kuru bölgelere doğru akar.

İkinci süreç boyunca liflerin nem sorpsiyonu ilk safhadan çok daha yavaştır ve ısı transfer prosesine göre tamamlanması birkaç dakikadan birkaç saate kadar sürebilir. Sıvı su kumaşa yayıldıktan sonra lif yüzeyleri üzerlerindeki su filminden dolayı suya doyar. Üçüncü safhada nem ve ısı transferi kararlı koşullara ulaşır. Bu durumda sıcaklık dağılımı, su buharı konsantrasyonu, lif su içeriği, sıvı hakim fraksiyonu ve buharlaşma hızı zamandan bağımsız hale gelir. Sıvı su buharlaşması ile sıvı su kılcal kanallardan yüzeye itilir. Terleme durumunda birleşik sıvı su ve su buharı iletimi çok önemlidir. Düşük nem içeriğinde sıvı taşınımı buhar difüzyonuyla karşılaştırıldığında çok küçükken, saturasyon ve kılcal sıvı transferi nem iletiminin başlıca mekanizmalarıdır [37].

2.5 Tekstil Malzemelerinin Hava Geçirgenlik Özellikleri

ASTM hava geçirgenliğini bilinen bir alanda malzemenin yüzleri arasında öngörölmüş hava basınç farklılığı altında dik olarak geçen hava akım oranı olarak tanımlamıştır. $\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}^2$ veya $\text{ft}^3/\text{min}/\text{ft}^2$ birimleriyle ifade edilir. Hava geçirgenliği kavramı özellikle yağmurluk, çadır ve üniforma gibi son kullanım alanları için çeşitli kumaşların “nefes alabilirlik” özelliklerinin karşılaştırılması için kullanılır [40].

Bir kumaşın hava geçirgenliği konfor özelliklerini de pek çok açıdan etkiler. İlk olarak hava geçirgen bir malzeme buhar ya da sıvı fazdaki su için de geçirgendir. Nem buharı transferi ve sıvı nem transferi hava geçirgenliği ile yakından ilgili kavramlardır. Ayrıca kumaşın termal direnci kapalı durgun havaya bağlıdır ve bu da kumaş yapısı ve dolayısıyla hava geçirgenliğinden etkilenir. Çok açık yapıdaki kumaş soğuk rüzgarlı havada ciddi yaşamsal problemlere yol açan rüzgar üşütmesine neden olur. Son olarak giysiler için hava geçirgenliği yüksek olan kumaş şeffaf ya da çok açık yapıda olabilir, bu da psikolojik ve fiziksel açıdan konforsuzluğa yol açar [46].

Çizelge 2.1 : Hava geçirgenliği standartları.

Standart	Tanım
ASTM D 737-96	Tekstil Kumaşlarının Hava Geçirgenliği için Standart Test metodu
ASTM F 2298-03	Dinamik nem geçirgenlik hücresi kullanılarak giyim malzemelerinin su buharı difüzyon direnci ve hava akım direnci için standart test metodu
BS EN ISO 9237	Tekstil- Kumaşların hava geçirgenliğinin belirlenmesi
ASTM D 6476	Hava yastığı kumaşlarının dinamik hava geçirgenliğinin belirlenmesi için standart test metodu
BS 3424-16: 1995	Kaplama kumaş testleri-Bölüm 16 Metod 18. Hava geçirgenliğinin belirlenmesi

Hava geçirgenliğinin ölçümü için kullanılan cihazlar ikiye ayrılmaktadır. Bir sistemde numune kumaşın farklı yüzleri arasındaki basınç farkı sabit tutulur ve malzeme içinden geçen hava akımı ölçülür. Diğer sistemde ise malzeme içinden geçen havanın hızı sabit tutulur ve basınç farkı ölçülür.

Tekstil endüstrisinde kumaş hava geçirgenliği ölçümünde kullanılan ölçüm prensibi kumaşın belirli bir alanına havanın gönderilmesidir. Hava akımının hızı kumaşın ön ve arka yüzleri arasındaki basınç farkının belirlenen değerine göre ayarlanır. Hava akımı ölçülerek kumaşın hava geçirgenliği hesaplanır [33].

Gibson ve ark. tekstil malzemelerinde rutubetli ortamlarda lif şişmesinin hava geçirgenliği değerinde yaptığı değişikliği incelemişlerdir. Çalışmalarında higroskopik dokuma kumaşların hava geçirgenliğinin bağıl neme bağlılığını değerlendirmişlerdir. Özellikle koruyucu giysilerde buhar ya da aerosol formdaki zehirli maddelerin kumaştan geçmemesi gerektiği için hava geçirgenliğinin rutubet karşısındaki davranışı önemlidir.. Çalışma kapsamında dokuma kumaş, nonwoven votka ve electrospun nonwoven kullanarak bu kumaşların bağıl rutubet değişimiyle

geçirgenliklerinin nasıl değiştiği değerlendirilmiş, ayrıca geçici koşullar altında hava geçirgenliğini ölçen bir test metodu geliştirilmiştir [47].

Çift yüzlü örme kumaşların hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği gibi özellikleri Halgas ve arkadaşlarının çalışmasında incelenmiştir. Farklı hammaddelerde düz ve kanallı astarlı örme kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşların yüzey gözenekliliği, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği ölçülmüştür [48].Zupin ve ark. tek katlı dokuma kumaşlarda kumaş konstrüksiyonundaki ve kumaş yapısal parametrelerindeki değişikliğin kumaşın gözenekliliği ve dolayısıyla hava geçirgenliği değerlerine nasıl yansıdığını incelemişlerdir. Çalışmalarında aynı kumaş yoğunluğunda dimi dokuma kumaşların bezayağına göre % 25 daha fazla hava geçirgenlik özelliğine sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca atkı ve çözgü yoğunluğunun gözenek boyutu ve şeklindeki etkisi dolayısıyla hava geçirgenliği üzerinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir [49].

2.6 Isı ve Kütle Transferi ile İlgili Çalışmalar

Hsieh lif yüzey özellikleri ve gözenek yapısının lifin sıvı iletimi ve sıvı tutma kapasitesi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Gerekli kılcal basıncı, sıvı iletimi için gerekli bağlantılar ve suyu tutmak için gerekli toplam gözenekliliğin elde edilmesi için lifler arası gözeneklerin uygun boyutta olması gerekir. Gözeneklerin küçülmesi kılcal basıncı ve lifin yayılma mesafesini artırmaktadır. Lifin gözenek boyutu küçültülerek sıvının yayılma mesafesi artırılabilirken, su tutma kapasitesi toplam gözenekliliğe bağlıdır. Küçük gözeneklerde sıvı ilerlemesi daha fazlayken sıvı tutulumu daha azdır. Büyük gözeneklerde tutulan sıvı miktarı daha fazladır ancak burada da sıvı ilerlemesi sınırlıdır. Bundan dolayı hızlı sıvı ilerlemesi küçük, düzgün dağılmış ve birbirine bağlı yapılarda ortaya çıkarken tutulan sıvı miktarı bu gözeneklerin sayısının ve toplam gözenek hacminin artışıyla artmaktadır [42].

Fan ve ark. gözenekli yapılarda sorpsiyon ve kondensasyon ile ısı ve nem transferi için dinamik bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde gözenekli lifli yapılarda su içeriğinin efektif termal iletkenlik ve sınır sıcaklıklarda önemli fark olduğu zaman önemli bir ısı transfer mekanizması haline gelen ışımayla ısı transferi üzerindeki etkisi ilk defa dikkate alınmıştır. Modelin sayısal sonuçları lifin higroskopikliği arttıkça yoğunlaşmanın daha az olduğunu göstermiştir. İç kumaşın su buharı direnci

artırılarak, dış kumaşınki ise azaltılarak vatkanın gözenek dağılımı değiştirilerek yoğunlaşma azaltılabilir [50].

Fohr ve ark. çalışmalarında lamine, yapıştırılmış ya da dikimli kumaşlar gibi çok tabakalı tekstil yapılarında dinamik ısı ve sıvı transferi üzerinde çalışarak matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelde sıvı difüzyonu ve sorpsiyonu ile çok tabakalı kumaşın hangi kısımlarında suyun biriktiği belirlenmektedir [51].

Fukazawa ve ark. yüksek bölgelerde giyilen giysilerde buhar yoğunlaşmasını inceleyerek yoğunlaşma miktarını belirlemek üzere analitik bir ifade geliştirmişlerdir. Ayrıca buhar konsantrasyon farklılığı gösteren kumaşlarda birleşik ısı ve buhar transfer deneyleri yapmışlardır [52].

Hong ve Kim pamuk polyester karışimli kumaşların konfor özelliklerini araştırmışlardır. Bu kapsamda farklı kumaş yapısındaki örme kumaşlarda akış hızı, dikey sıvı transferi ve kılcal basınç karakteristikleri test edilmiştir. 100 % pamuk kumaşların yüksek yüzey gerilimi kumaşın kılcal basıncını artırarak sıvı transferinde kumaş tarafından emilen sıvı miktarını artırmıştır. Kumaş yapısındaki polyester oranı arttıkça kılcal basınç düşerek geçirgenlik artmaktadır. % 100 polyester kumaşta yüzey gerilimi en düşük, geçirgenlik ise en yüksektir. Dikey sıvı transfer testinde kumaşın ilk ilerleyişi oldukça hızlıdır ancak yerçekimi kuvvetinin etkisiyle ilerleme yavaşlar [53].

Wu ve Fan sıfır derecenin altındaki çevresel koşullarda kullanılan ve içinde çift katlı lif tabakası barındıran kışlık giysilerde biriken nem miktarını, transfer edilen nem miktarını ve bunlar üzerinde lif tipi ve tabakadaki lif yerleşiminin etkisi üzerinde çalışmışlardır. Bunun için terleyen korumalı sıcak plaka test cihazını sıfır derecenin altındaki atmosfer koşullarını canlandıracak şekilde modifiye etmişlerdir.

Lif tabakalarında yün, polyester ve kaz tüyü kullanılmış, ölçüm sonuçlarına göre çok soğuk iklim koşullarında kullanılacak giysilerde yün lifinin lif tabakasının vücuda yakın olan iç kısmında kullanımının tabaka üzerinde biriken nem miktarını azaltıp dışarıya transfer edilen nem miktarını azaltacağı tespit edilmiştir [54].

Ding ve ark. tek tabakalı kumaş ve hava boşluğundan oluşan kumaş sisteminde birleşik ısı ve kütle transferini inceleyerek matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri model deneysel sonuçlarla uyum göstererek belirli bir kumaş tip için

termal direnç ve evaporative direncin tahminlenerek termal konfor koşullarının belirlenmesini sağlamaktadır [55].

Ding ve ark. çalışmalarının ikinci bölümünde ilk çalışmada geliştirdikleri modeli kullanarak çevresel koşulların, hava tabakası ve malzeme özelliklerinin kumaşın termal ve evaporatif direnci üzerindeki etkilerini araştırmışlardır [56].

Malikarjunan ve ark. hastane yataklarından kaynaklanan yatak yaralarının önlenmesi için yatak kaplama kumaşı olarak kullanılabilecek çok katlı kumaşların konfor ve termofizyolojik özelliklerini incelemişlerdir. Farklı malzeme ve konstrüksiyonla örme ve dokuma kumalar üreterek bu kumaşların hava geçirgenlik, ısı iletkenlik, düzlemsel sıvı iletimi, su emicilik ve sıkıştırılabilirlik özelliklerini ölçmüşlerdir. Analiz sonuçlarına göre Lyocell havlı ve dimi konstrüksiyondaki kumaşlar hastane yatakları için en uygun özelliklere sahip olduğu gözlenmiştir [57].

3. DİKİŞSİZ (SEAMLESS) KUMAŞLAR

Dikişsiz örgü giysilerin üretimi , yükselen popüliteleri ile giderek artmaktadır. Dünyada çok yeni olan ve ülkemize de yeni giren bu teknoloji giysilerin yan dikişsiz ve kendinden bel lastikli şekilde üretilmesine olanak sağlar.

Dikişsiz üretilen örgü ürünlerin iç giyimde, plaj kıyafetlerinde, spor giysilerde, dış giyimde, tıbbi giysilerde ve ev kıyafetlerinde kullanım alanı çok geniştir. Bu alanlarda yoğunlukla tercih edilen dikişsiz giysilerin birçok avantajı vardır. Dikişsiz giysiler vücudu ikinci bir ten gibi kaplamakta, aynı zamanda özgürlük ve rahatlık duygusu uyandırmaktadır. Kullanılan özel iplikler sayesinde, kumaş vücut hareketine uyum göstermekte, hareket kabiliyetini kısıtlamamaktadır. Dikişsiz olmaları dolayısıyla kullanım esnasında sık olarak görülen dikiş atma problemi bu tür mamüllerde yoktur. Yine dikişsiz oldukları için tende tahriş yaratmamakta, kan dolaşımına yardımcı olmaktadırlar. Bu mamüller hafiftir, terletmez ve kolay taşınırlar.

Bu kadar avantajlı ve kullanışlı bir mamüle duyulan talebin artması nedeniyle bu sektöre yönelen yatırımlar da artmıştır. Nitekim Türkiye’de 2002 yılında mevcut makine sayısı 130 iken 2013 yılı Ocak ayında 1200’ü bulmuştur.

Bu sektörde talep ve arzın birlikte artışı istihdamı ve milli geliri de arttırmaktadır. Ülkemizin lokomotif sektörü olan tekstilin herhangi bir dalındaki böyle bir gelişmenin, yüksek teknolojinin de kullanılmasıyla, ülkemiz ekonomisine katkıları daha da artacaktır.

3.1 Dikişsiz (Body-Size) Ürünlerin Tanımlanması Ve Özellikleri

Dikişsiz body-size ürünler; çorap örme makinelerine son derece benzeyen yuvarlak örme makinelerinde üretilen, yan dikişleri olmayan ve bel lastikleri örme işlemi esnasında tamamlanarak mamülden konfeksiyon yükünün çoğunun kaldırıldığı ürünlerdir. Dikişsiz giysiler başta iç giyim olmak üzere plaj kıyafetleri, spor giysiler,

dış giyim, tıbbi giysiler ve ev kıyafetleri üretiminde büyük önem kazanmıştır. Dikişsiz body-size ürünlerin kullanım alanlarını kısaca açıklamak gerekirse:

İç giyim: İç giyimde body-size'ın anlamı kullanımında konfor, sağlık ve güven demektir. Dikişsiz iç giyim ürünleri çok yönlülükleriyle tüm gereksinimleri karşılamaktadır.

Plaj kıyafetleri: yüzme giysilerindeki spesifik gereklilikler gibi birçok talebi dikişsiz mamüller karşılayabilmektedir. Bağlantı noktalarının konforunun mükemmel oluşu kadar elastik ipliklerle örülmüş olması, limitsiz renk ve desen seçeneği ile dikişsiz mamüller tartışmasız bir üstünlük sağlamışlardır.

Spor giysiler: Hem amatör hem profesyoneller için fitness veya diğer özel sporları yaparken dikişsiz giyim gereken güveni fazlasıyla sağlamaktadır. Her spor dalında, spor yapmanın özelliği gereği yüksek performans özelliklerini yıpranmış giysilerin dahi sağlaması gerekir. Dikişsiz giyim teknolojisi tüm bu sıkıntıları karşılar, spor giyimde maksimum güven, konfor ve elastikiyet sağlar.

Dış giyim: Modern yaşamın dinamizmi moda üreticilerinden seçkinlik ve pratiklik talep eder. Bu karakteristiklere alternatif olarak dikişsiz giyim, maksimum rahatlık, iyi giyim ve yeni trendleri yakalamayı arz eder. Bu da şık görünüş için mutlak bir gerekliliktir.

Tıbbi giysiler: vücudun daha fazla dikkat gerektirdiği tıbbi giysilerde dikişsiz giyim çizgisi kolaylıkla kanıtlanabilen birçok avantaja sahiptir. Gerçekten pratik ve tüm vücudu ve kas yapısını saran hafif yapılarıyla dikişsiz mamüller tıbbi alandaki tüm gereksinimleri karşılar.

Ev kıyafetleri: dikişsiz body-size giysiler dinlenme zamanlarında konforlu yapısı, giyimi kolay olması ve hareket kolaylığı sağlaması ile kullanıcıya özgürlük verir. Dikişlerin eksikliği ve çok sıkı olmayan esnek yapı sayesinde giyim kolaylığı ve konfor maksimum düzeydedir.

Dikişsiz body-size mamüllerin kullanım alanları göze alınarak tercih nedenleri incelendiğinde rahatlıkları, esneklikleri, dikişsiz oluşları, sağlıklı oluşları ve konforları ön plana çıkmaktadır. Bu özellikleri açıklamak gerekirse:

Rahatlık: Vücudu ikinci bir ten gibi kaplamakta, aynı zamanda özgürlük ve rahatlık duygusunu arttırmaktadır.

Esneklik: Kullanılan özel iplikler sayesinde, kumaş vücut hareketlerine uyum göstermekte, hareket kabiliyetini kısıtlamamaktadır.

Dikişsiz olması: Kullanım esnasında sık olarak görülen dikiş atma problemi bu tür mamüllerde yoktur.

Sağlık: Dikişsiz olduğu için tende tahriş yapmamakta, kan dolaşımına yardımcı olmaktadır.

Konfor: Hafiftir ve rahat taşınabilir. Terletmemesi diğer bir avantajıdır.

Dikişsiz mamüllere bu karakteristiklerin kazandırılması için bu mamülleri üreten makinelerin belli başlı bazı özellikleri olması gerekir. Çorap makinesi sistemi ile üretilmiş yuvarlak örgü makinelerinin bu özellikleri aşağıda belirtilmiştir:

Dikişsiz: Makine ürettiği mamülü tüp halinde çıkartarak, istenilen bedene göre dikişsiz giysi üretir.

Jakarlı: Jakarlı desenlendirme konusunda en ufak limit yoktur.

Bel lastiği: Makine bel lastiğini kendisi imal etmektedir.

Beden: Her makine çapına göre 2 beden imal edilebilir.

İplik: Her türlü iplik kullanılabilir. (Pamuk, Viskon, Yün, polipropilen, Nylon, Tactel, Lycra-çıplak veya gipe-, Modal, Lyocell, Microfiber,...)

3.2 Dikişsiz (Body-Size) Giysi Üretiminde Kullanılan Örmek Makineleri

Dikişsiz body-size sektöründe makine üreticisi firmalar arasında Santoni ve Sangiacomo firmaları Türkiye’de en yaygın bulunmaktadır. Bu markalardan Santoni çok daha fazla tercih edildiğinden daha detaylı incelenmiştir.

Analiz yapılan kumaşlar Santoni marka, SM8-TOP2S model,28 fine, 14“ pus makinede üretilmiş olduğu için bu marka makine teknik olarak anlatılacaktır.

3.2.1 Santoni firması

1919 Yılında çorap makineleri imalatı yapmak için kurulmuş ve 1988 yılında Lonati grubu tarafından satın alınmış olan SANTONI firması, 20 yılı aşkın bir süredir geliştirdiği dikişsiz üretim yapan makinelerle sektörde lider firmadır. Türkiye

geneline bakıldığında da dikişsiz üretim yapan işletmelerin hemen hepsinde Santoni marka makineler bulunmaktadır [58].

8 beslemeli tek yataklı yuvarlak örme makinesinde iç giyim, plaj kıyafetleri, spor giysiler, dış giyim, tıbbi giysiler ve ev kıyafetleri üretimi için; çift şeritli olarak, elastik örgü, pamuklu örgü, lycra+pamuk, nylon+pamuk kullanılmaktadır.

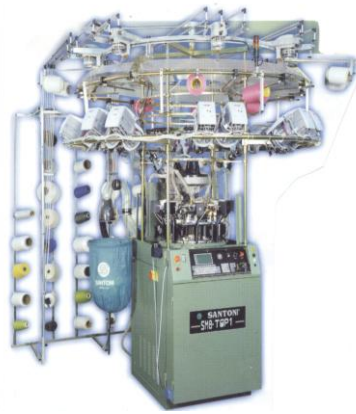
Makine hızı düz kumaşlarda 150 rpm , desenli üretimde 120 rpm civarındadır.

Kontrol tamburu elemine edilerek motordan silindire direkt tahrik (direct drive) verilir.

Model, desen ve beden değişimlerini hafızada tutabilen elektronik kontrol paneli mevcuttur.

Limitsiz desen çeşidi sağlayan tek iğne seçimli jakar 16 ayrı elektronik desen ünitesiyle bağlantı yerleri ve farklı beden şekilleri örülebilir.

Elektronik besleyicilerde her 6 besleme mekiğine ilave bir elastik mekiği mevcuttur.



Şekil 3.1 : Santoni firması dikişsiz yuvarlak örme makinesi [58].

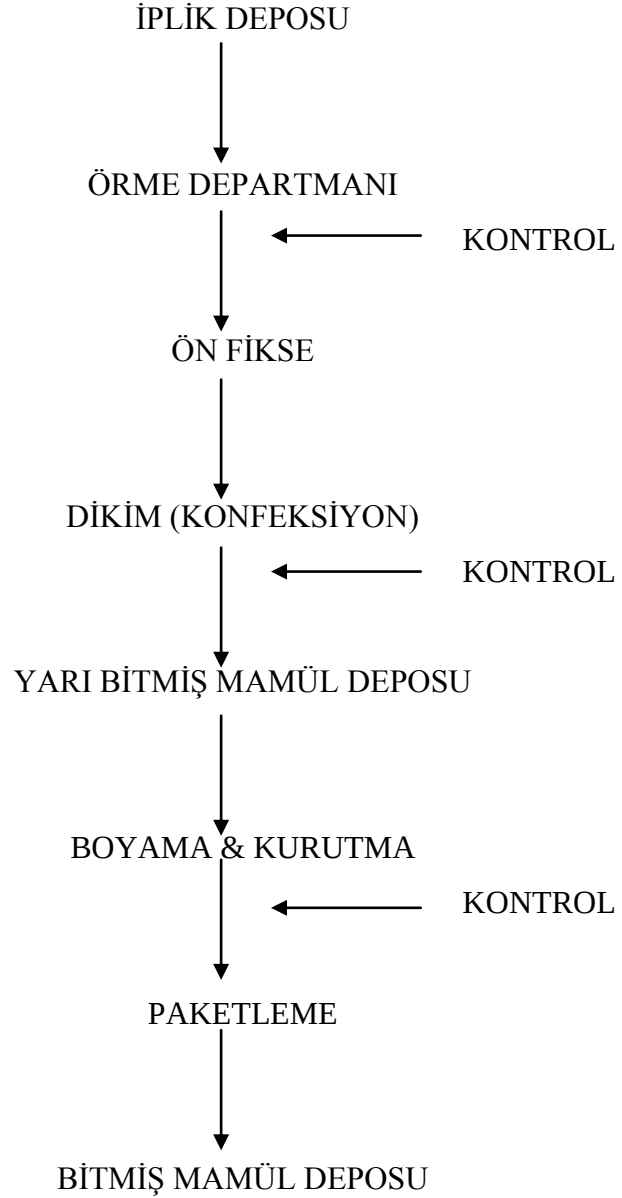
Bağımsız iğne kontrolü, adım motorlarıyla tahrik edilen 8 adet ilmek kamıyla (örgü çeliği) sağlanır.

Desen hazırlama ve programlama sisteminde Dicotex ve Digraph gibi desen programlarının direkt makineye ve ya floppy diskette FDU okuyucusuyla makineye transferi gerçekleştirilir.

Standart donanım olarak; B TSR merkez ünitesiyle donatılmış 48 iplik sensörü, 16 IRO iplik besleyicisi, 2 emme fanı mevcuttur.

Cağlıkla birlikte yaklaşık 180cm. X 180cm. yer ihtiyacı vardır. Toplam uzunluğu yaklaşık 250cm.'dir. hacmi yaklaşık 110cm. X 115cm. X 200cm.'dir. Net/Bürüt ağırlığı yaklaşık 660/810 kg.'dır. Bir makinenin güç tüketimi emme fanları olmaksızın 1 kw, emme fanları ile 4 kw kadardır.

3.3 Dikişsiz Giysi Üretimi



Şekil 3.2 : Dikişsiz giysi üretimi işlem akış şeması [59].

3.3.1 Örme makinesinin özellikleri

Makinenin genel özellikleri piyasada daha çok tercih edilen Santoni firmasının SM8-TOP2S modeli üzerinde anlatılacaktır.

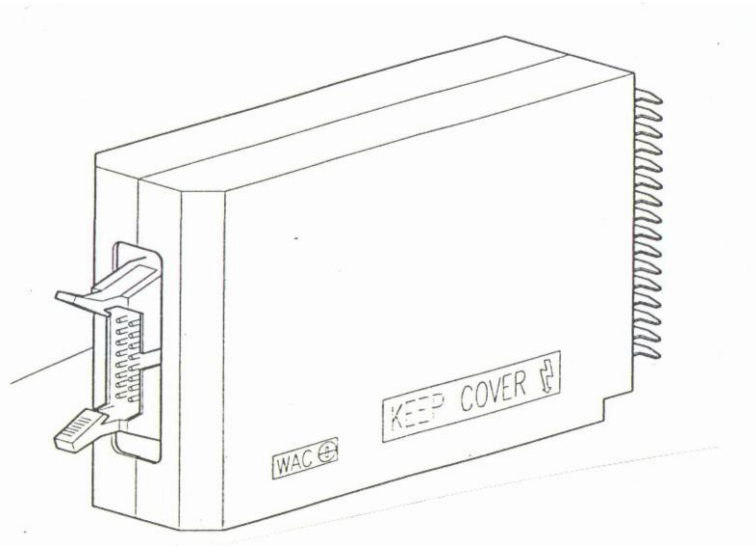
3.3.1.1 Genel bilgi

Tam otomatik 8 beslemeli tek silindirli yuvarlak örme makinesi farklı çaplarda, geniş bir beden-ölçü dağılımına uygun üretim yapabilmektedir.

Son dizayn edilmiş elektronik sistem ve mikroprosesör ünitesi ile donatılan makine, fırçasız bir motordan güç almaktadır.

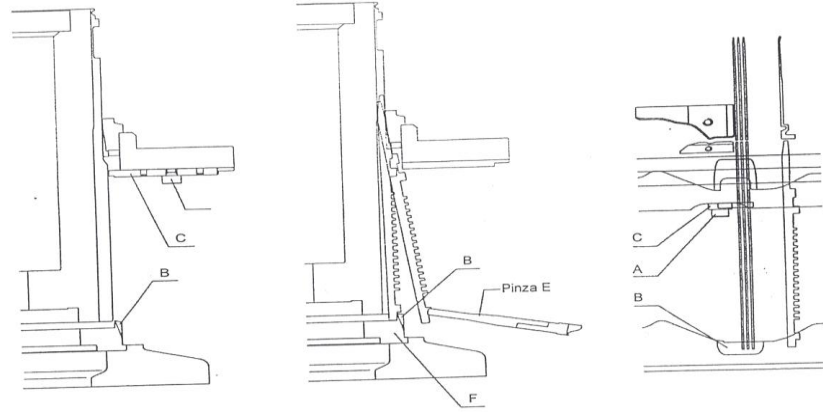
Makine 16 okuma hatlı LSD tip ekrana sahiptir. Bu ekranda aşağıdaki bilgiler görülebilir:

- ✓ Makine duruş nedeni, programlanan ve gerçek hız, programlanan ve üretilen parça sayısı, programın gelişimi ve fazı görüntülenebilir.
- ✓ Hız ve bedene göre değişen sıra sayısı seçimi yapılır.
- ✓ FDU okuyucuyla Digraph 2, Digraph 3 veya Graphitron 5 yazılımlarında oluşturulan programlar makineye aktarılabilir.
- ✓ Otomatik test sistemiyle elektronik işlev çıkışları ayarlanabilir ve kontrol edilebilir.
- ✓ Örme işleminin her evresi fotosel ile kontrol edilebilir.



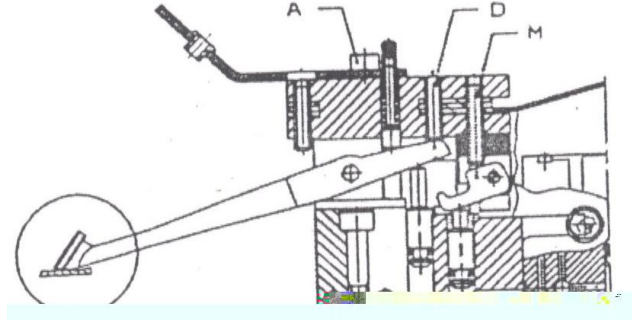
Şekil 3.3 : İğne seçici jakar kutusu [60].

- ✓ 16 seçim kademeli olan 8 ayrı iğne seçim ünitesi mevcuttur.



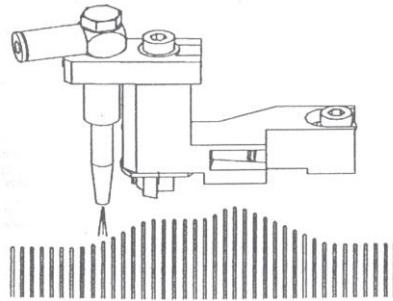
Şekil 3.4 : İğne seçicinin çalışması [60].

- ✓ Her besleme için mevcut olan elektronik kontrollü 7 iplik mekiğinin hareketi farklı pozisyonlarda programlanabilir.



Şekil 3.5 : İplik mekiği [60].

- ✓ Kesilen iplik uçlarını emen ve uçuntuları emerek temizleyen 4 hava borusu kontrol edilebilir. Bu hava emişine ek olarak 2 adet hava üfleme mandalı da mevcuttur.

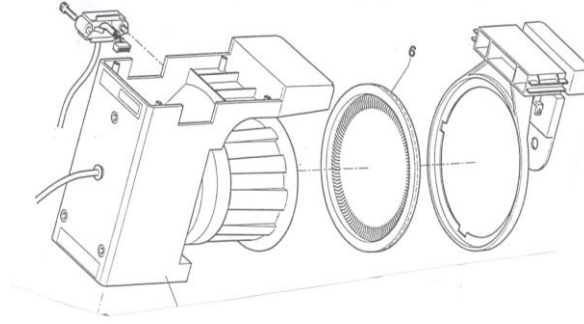


Şekil 3.6 : Hava üfleme mandalı [60].

- ✓ Silindir dönüşünü sağlayan fırçasız motor ve parçalı elektronik valf programlanabilir.

✓ Programlanabilir integral yağlama sistemiyle kullanılan yağ, geri dönüşümlü olarak kullanılabilir. Yağlamanın kaç parçada bir olacağı programlanabilmektedir.

✓ Programlanabilir iplik besleyiciler mevcuttur.



Şekil 3.7 : IRO iplik besleyici [60].

3.3.1.2 Makine tüketimi

İplik emiş aparatında çekim, iç çapı 10mm. olan 800mm. boyundaki gırtlak borularla, parça çekimi de iç çapı 10mm. olan 800mm.'lik kolonlardan gerçekleşir. İplik emiş aparatında harcanan hava 6m³/dak., silindir içine çekilen hava ise $\cong 50$ lt/dak.'dır.

Tesis edilen toplam güç motor için 2,2 kw, fanlar için 3,9 kw'tır.

3.3.1.3 Makine boyutları ve ağırlığı

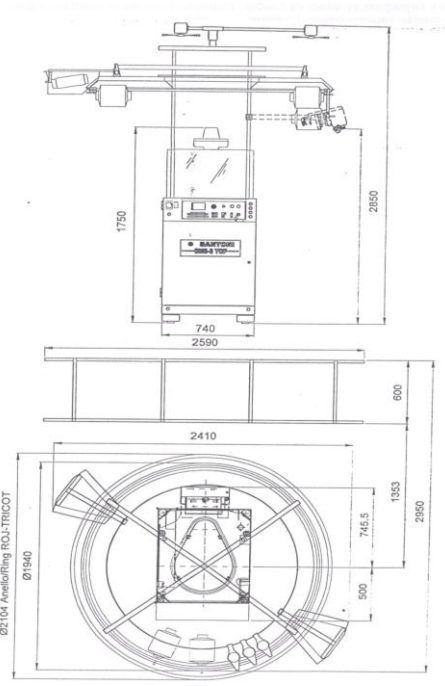
Cağlıkla birlikte maksimum boyutları 2600 X 3000 X 2850 mm.'dir. makine çerçevesinin maksimum boyutları 1150 X 1300 X 2080 mm.'dir.

Makinenin net ağırlığı 600kg., brüt ağırlığı 750kg.'dır. Emme fanlarının ağırlığı 50kg.'dır.

Cağlık çerçeve boyutları 2590 X890 X600 mm.'dir.

Cağlık net ağırlığı 64kg. , IRO besleyicileriyle birlikte brüt ağırlığı 170kg.'dır.

4 adet PYF'nin ağırlığı 10kg. , 8 adet PYF'nin ağırlığı 20 kg.'dır.



Şekil 3.8 : Makinenin boyutlandırılması [60].

3.3.1.4 Makinenin güvenlik donanımı

Hareketli iplik ünitelerinin yanına mobil güvenlik kılavuzları yerleştirilmiştir.

Elektronik donanım ve hareketli parçaların korunması için kapaklar vidalar veya özel aletlerle kapatılmıştır.

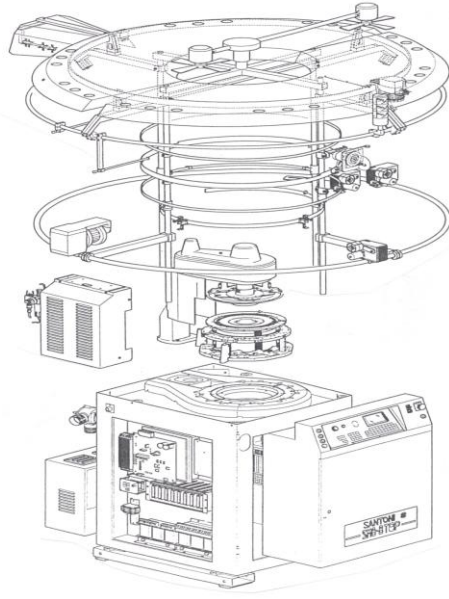
İntegral besleme bölümlerinin hareketli parçalarını korumak için sıkıştırılmış polikarbonat güvenlik kılavuzları vidalanmıştır. Elektrik donanım kabini açık olduğunda hareketli parçalar ve nakil parçaları sıkıştırılmış polikarbonat kılavuzlarla korunur. Polikarbonat güvenlik kılavuzlarının yer değiştirmesiyle makine durur.

Emme sisteminde yağ sisi emilirken yağın beraberindeki kesilmiş iplik ve uçuntular filtrelendir.

Platin ve iplik kesicilerin kontrolü için makinenin yatay kapağının kaldırılması makine üzerindeki elektronik kontrolle gerçekleşir. Manuel komutlar sadece makine boşken kabul edilir.

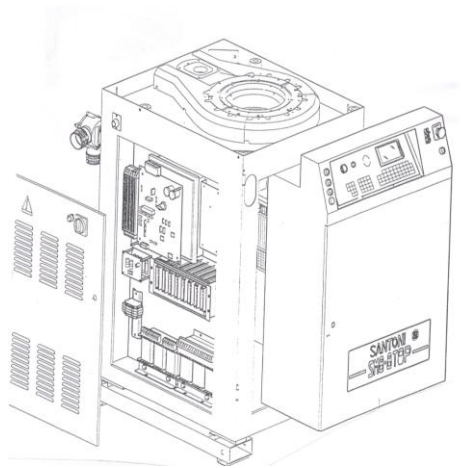
Makineye güç veren asıl elektronik donanımı gövdenin sol tarafına yerleştirilmiştir. Vidalarla bağlanmış kapaklarla korunur.

3.3.1.5 Genel makine parçaları ve yerleşimi



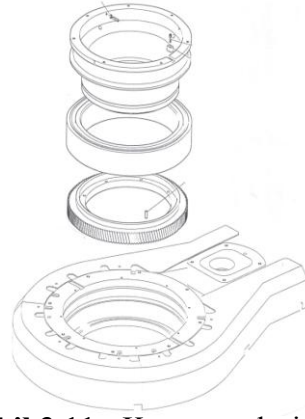
Şekil 3.9 : Makinenin komple görünümü [60].

Dikişsiz yuvarlak örme makinesi boyutlandırma ve yerleşim açısından cağlık ve iplik sevk sistemleriyle birlikte düşünülmelidir. Şekil 3.7 'de IRO ve bobin çerçevesi dahil makine gövdesi görülmektedir. Şekildeki gibi üst çerçeve bölgesine bobin ve lycra besleyiciler monte edilecektir.



Şekil 3.10 : Elektronik kart yerleşimi [60].

Makinenin açık kapak kısmında Şekil 3.10 'de ayrıntılı olarak görülen elektronik kartlar (jakar kutuları) yer almaktadır.

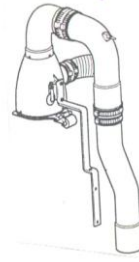


Şekil 3.11 : Kovan yerleşimi [60].

Şekil 3.10 'de boş bırakılan kovan kısmına Şekil 3.11 'de görülen iğne yatağı, yatak dişlisi, kovan mafsalı ve destek tertibatları yerleştirilecektir.



A



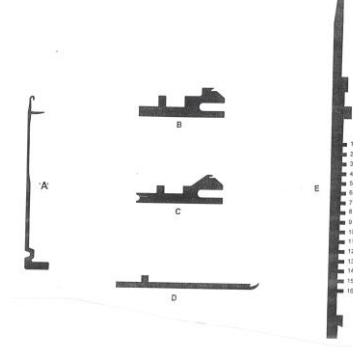
B

Şekil 3.12 : a- Hava emiş kanalı b- mamül çıkışı [60].

Örülen parça tamamlandıktan sonra iplikler kesilir ve parça hava emme kanalından geçerek biriktirme kovasına atılır. Hava emme kanalı Şekil 3.12 A'da mamül çıkış hunisi de Şekil 3.12 B'de görülmektedir.

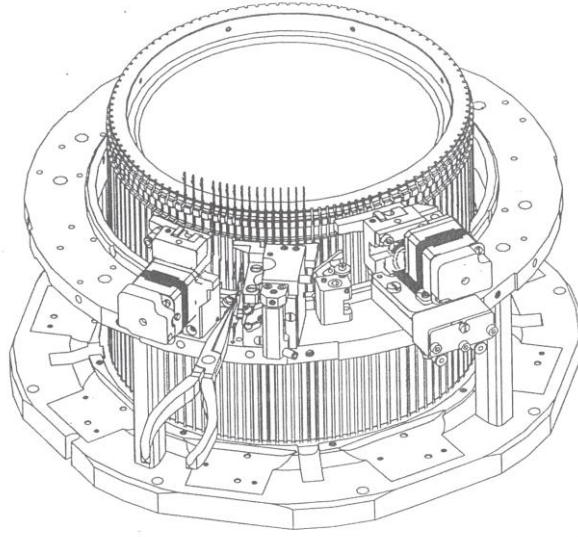
Kovan üzerinde görev yapan iğne seçici jakar ve iğne seçilimi (Şekil 3.3 ve Şekil3.4), iplik mekikleri (Şekil 3.5), hava üfleme tüpü (Şekil 3.6), iplik besleme tertibatı (Şekil 3.7) daha önceki ilgili bölümlerde açıklanmıştır. Bu bölümde makinenin bu parçalarına değinilmeyecektir.

Örme işlemi gerçekleşmesinde en önemli makine elemanları iğne, platin, uncini ve selektördür.



Şekil 3.13 : A:İğne, B,C: platin, D:uncini, E:seçici [60].

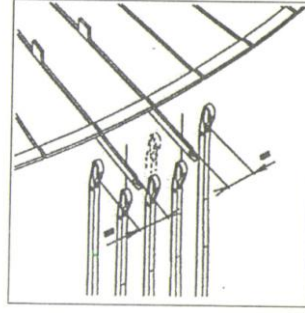
İğne: Şekil 3.13 A’da iğne ilmek oluşumu esnasında gördüğü işlevde normal yuvarlak örme makinelerinde olduğu gibi görev yapar ve iğne baş kısmı, iğne dili farklılık göstermez. Yalnız iğne gövdesi ve ayak kısmı farklıdır. Düz bir gövde ve seçiciye uygun tek tip bir ayak mevcuttur.



Şekil 3.14 : İğne yerleşimi [60].

Platin: Şekil 3.13 B ve C’de görülen platinler standart görevlerinin dışında katlanan lastiğin uncini ile dikimi (bel bandının birleşmesi) esnasında dikiş ilmek boyunu ayarlar.

Uncını: İngilizce’de “dial jack-needle” çevirisiyle kullanılan, aslı İtalyanca olan bir terimdir. Sektörde “unçini” olarak sıkça kullanılmaktadır.



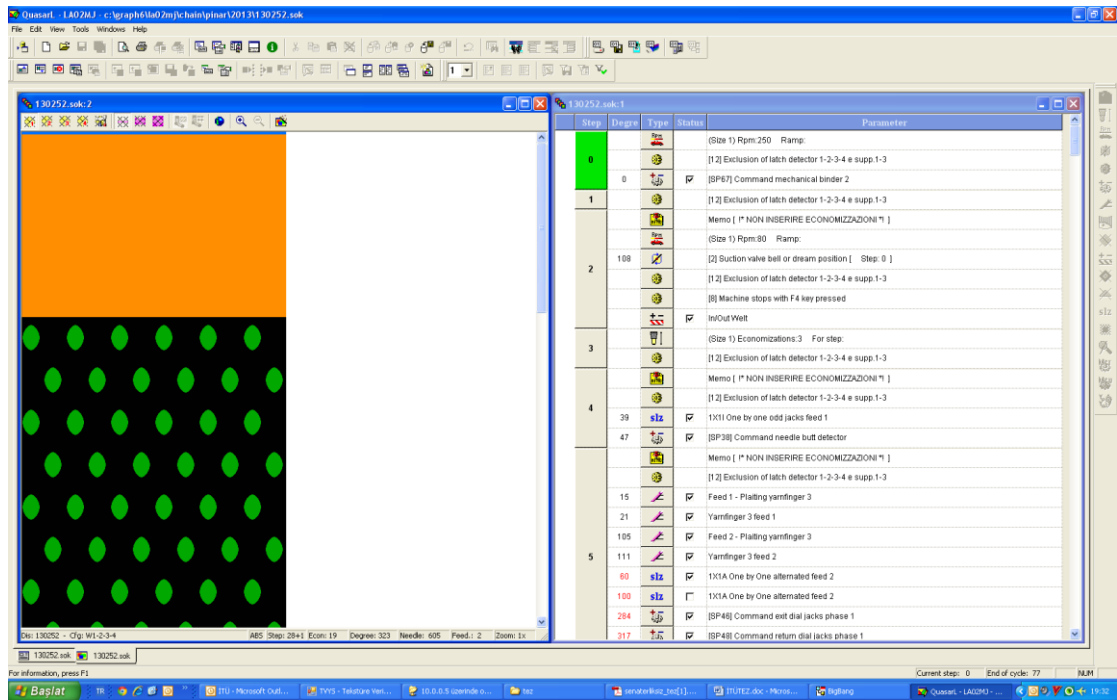
Şekil 3.15 : Uncını yerleşimi [60].

Uncınının iğnelerle konumlanması ve makinenin kapağına yerleşim düzeni Şekil 3.15 'da görülmektedir. Uncınının görevi mamülün örülmeye başlangıcı anında ilk sıra ipliği tutmak ve katlanan lastiğin dikilmesini sağlamaktır. Bu nedenle iğnelerle konumlandırılması karşılıklı gelmeyecek şekilde, çapraz sağlanır.

3.3.2 Örme işlemi

3.3.2.1 Dgraph 3+ yazılımı

Dgraph 3+ Windows yazılımı düzenindedir.



Şekil 3.16 : Dgraph 3+ yazılımı ekran görüntüsü [61].

Çizim ekranındaki her bir kare ilmek bölgesini simgeler. Karenin siyah renkte boyalı oluşu iğnenin alt konumda, yeşil renkte oluşu iğnenin üst konumda olduğunu belirtir. Açılan bu pencere DIS (DINEMA) uzantılı bir dosyadır. Bilgisayar programı

sadece bu dosyadaki komutları algılar. Kullanıcı mamül üzerindeki tasarımlarını diğer bir pencerede görülebilen PAT (PATTERN) uzantılı dosyada gerçekleştirir. Bu pencerede mamül bilgilerinin farklı renklerle belirtilmesi ve bu renklere farklı örgü yapıları atanmasıyla desenlendirme gerçekleşir.

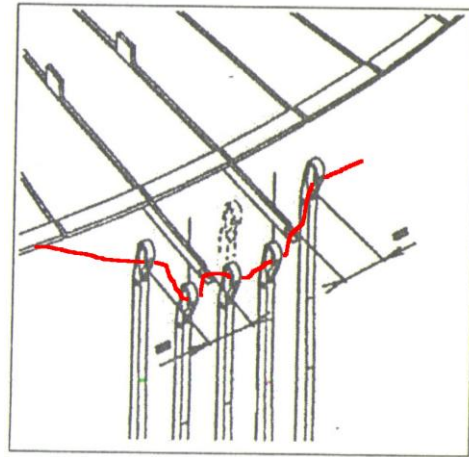
Ekranda gösterilen farklı renklerin kullanılmasıyla farklı örgü yapıları oluşturulabilir.

3.3.2.2 Örme mekaniği

Dikişsiz örme makinelerinde parça üretim yapılır. Her bir giysi bölümü kesim çizgileri üzerinde belirlenmiş olarak makineden ayrı parçalar halinde ardışık olarak çıkar. Giysi bölümleri beden, kol, yaka gibi bölümleri ayrı ayrı örülür ve sonra konfeksiyon departmanında birleştirilir.

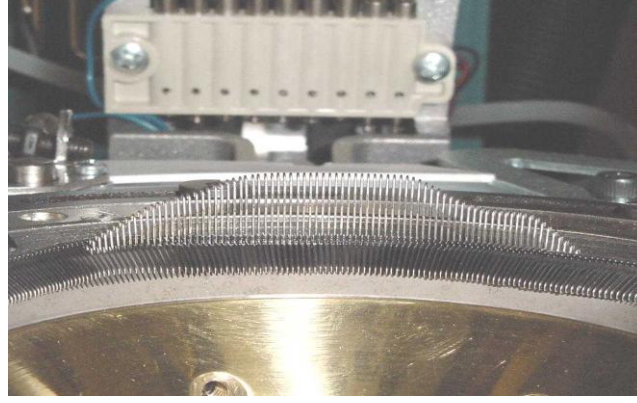
Dikişsiz örme makinesinde ilk olarak bel bandı örülür, lastik kıvrıması tamamlandıktan sonra kumaşın gövde bölümü örülür ve parça üretim tamamlanmış olur.

Örgü başlangıcı uncinilerin dışarı çıktığı beslemeden yani 5. beslemeden olur. Şekil 3.17 de görüldüğü gibi iğneler 1X3 seçim ile uncinilerin arasına girer. Bu noktaya uncinilerin önündeki beslemeden (5. besleme) iplik beslenir.



Şekil 3.17 : Örgü başlangıcında uncini, iğne ve iplik pozisyonu [60].

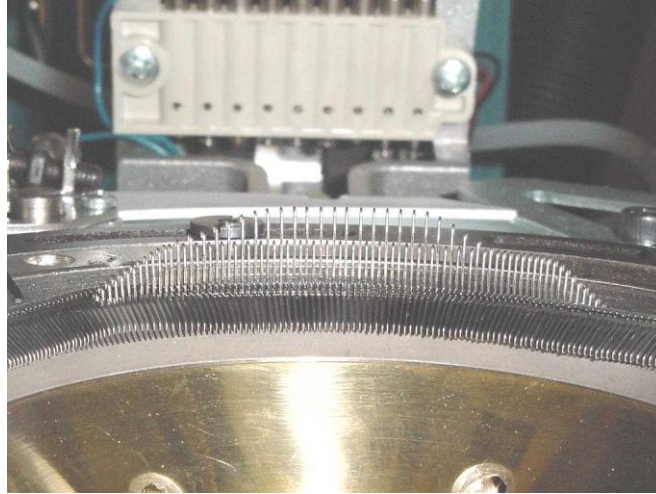
İlk 1,5 tur sadece unciniler ile 1X3 iğneler arasına beslenen iplik ile örgü yapılır. İlk iplik sırası kovan çevresi boyunca serildikten sonra unciniler yarım geri konuma çekilir ve iğneler düz pozisyona geçer (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 : Düz iğne pozisyonu.

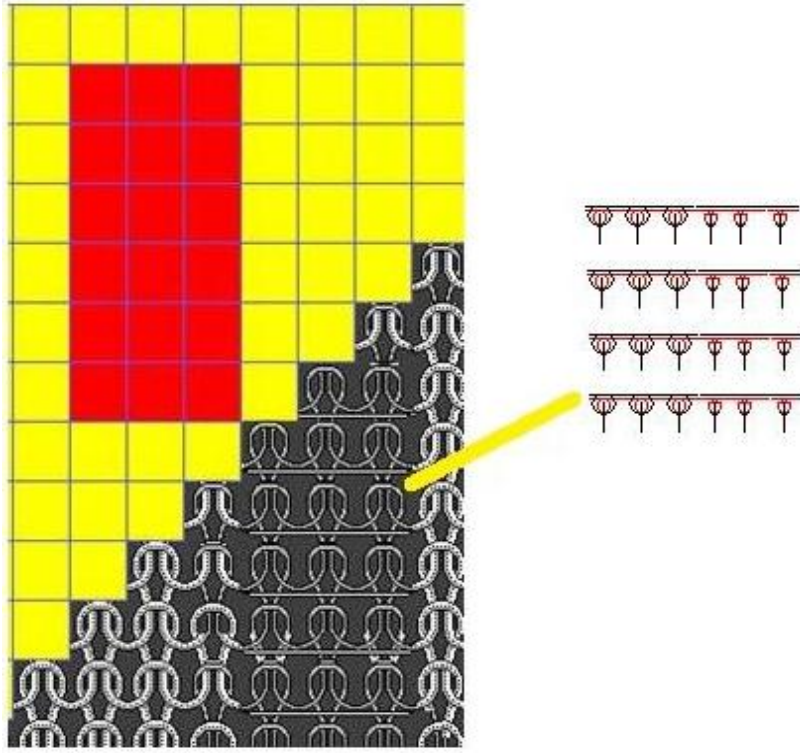
Bu işlemler gerçekleştikten sonra kumaş örgüsüne başlanmış olur. Bel bandı istenen örgü sisteminde örülmeye devam ederken unciniler yarım geri pozisyonda ilk başlangıç sırası ipliğini halen tutar konumdadır.

Bel bandı kıvrımının tamamlanması için unciniler dışarı çıkar ve iğneler Şekil 3.19 deki gibi 1X1 pozisyona geçerler. Makinenin 1,5 tur dönüşü ile bel bandı kıvrıması tamamlanmış olur ve kumaşın gövde bölümü örülmeye başlanır.

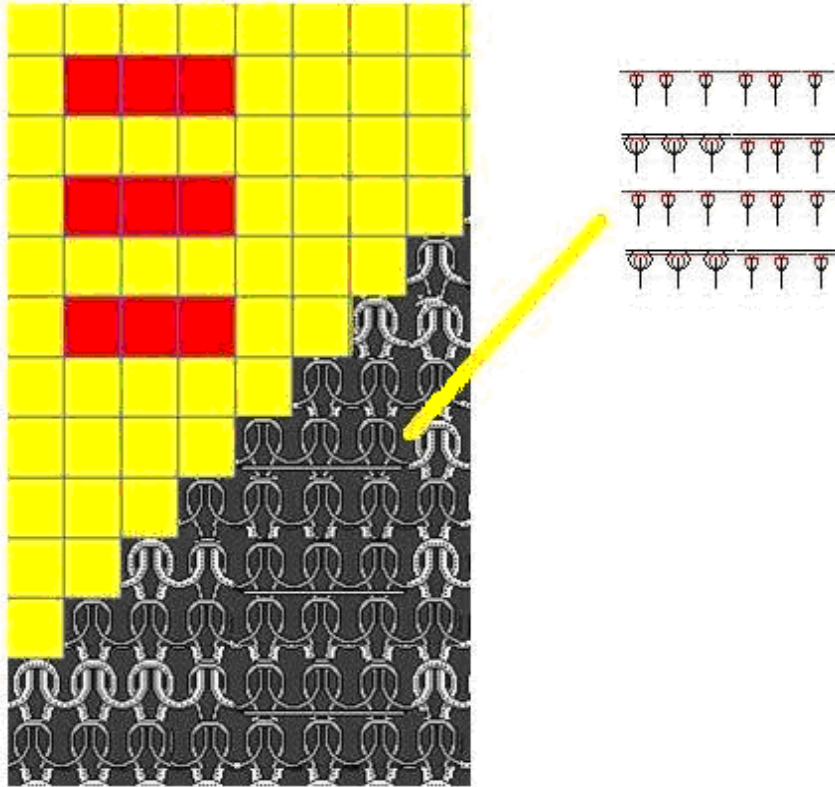


Şekil 3.19 : 1X1 iğne pozisyonu.

Test edilen kumaşlar iki iplik 3X1 hav besleme ile örülmüştür. Zemin ipliği olarak kullanılan 78/68/2 tekstüre naylon ipliği düz örgü yapmaktadır. Hav ipliği olarak kullanılan farklı iplikler 3X1 iğne iptal yapılarak tuck pozisyonunda örgüye beslenmiştir.

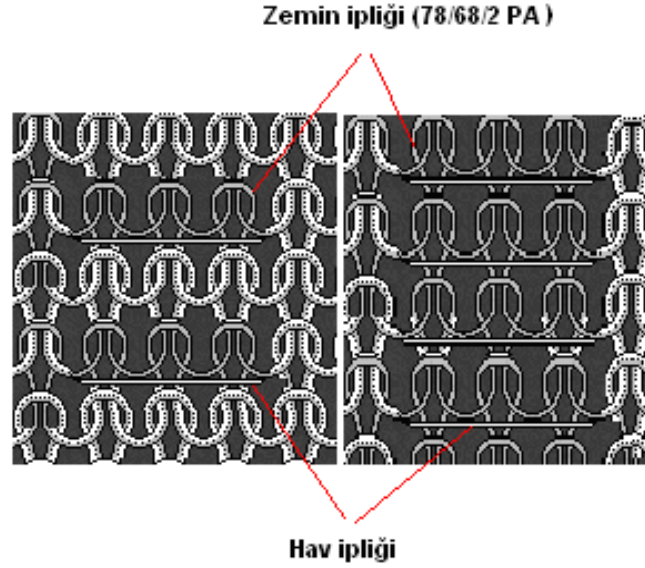


Şekil 3.20 : 3X1 örgü 8 sıra hav ipliği besleme (tüm sıralarda).



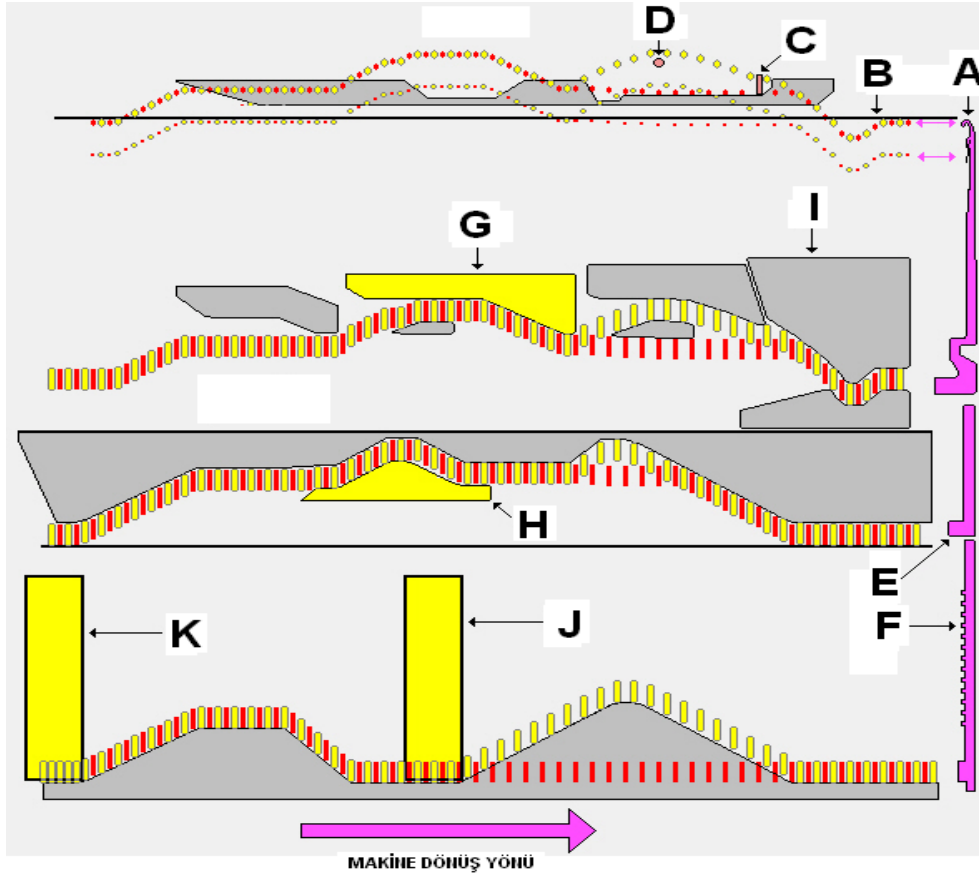
Şekil 3.21 : 3X1 örgü 4 sıra hav ipliği besleme (1 sıra atlamalı).

Şekil 3.20 ve 3.21 de hav ipliklerinin desen programındaki çizim şekli, kumaştaki görüntüleri ve teknik çizim şekli mevcuttur. Yakınlaştırılmış ilmek yapısında görülen örgü oluşturmuş ipliklerin arkasında yüzen iplikler hav iplikleridir. Yüzen hav ipliklerinin oluşturduğu yüzey kumaşın tene tams ettiği iç yüzüdür. Bu konstrüksiyonda hav ipliği olarak kullanılan ipliklerin ten ile teması daha yoğun sağlanmış; iplik parametrelerinin konfor özelliklerine etkisi kıyaslanabilmektedir. Şekil 3.22 da zemin ve hav iplikleri daha yakından görülmektedir.



Şekil 3.22 : Zemin ve hav ipliklerinin örgü yapısı içindeki konumları.

Yukarıda anlatılan örgü yapısını oluşturmak için selektörler, ara jack'ler ve iğneler Şekil 3.23 ' deki kam yolunu izler. Şekil 3.23 de kırmızı ve sarı renk ile gösterilen iğne ayakları 1X1 örgü oluşumu esnasında iğnenin izlediği kam yolunu göstermektedir. Şekil 3.20 ve Şekil 3.21 de desen programında kırmızı kareler tuck pozisyonunda örgüye katılan iğneleri temsil eder. Desende kırmızı görülen kareler Şekil 3.23 deki kırmızı ayaklı iğneleri temsil etmektedir. K piyanosundan seçilen iğneler H tuck kam yolunu izleyerek yükselir. G indirici (clear cam) kamından sonra J piyanosu 1X1 iğne seçimini yapar. Kırmızı ile gösterilen iğnelerin ayakları aşağı pozisyondan gider ve hav ipliğini D mekiğinden almadan örgüye katılır. Sarı ile gösterilen iğne ayakları tam yukarı çıkar ve iki ipliği de alarak tam örgü yapar. İpliğin iğne dilinden düşüp ilmek oluşturmasını I örgü çeliği sağlar.



Şekil 3.23 : Selektör, ara jack ve iğnelerin 1X1 örgüde izledikleri kam yolu.

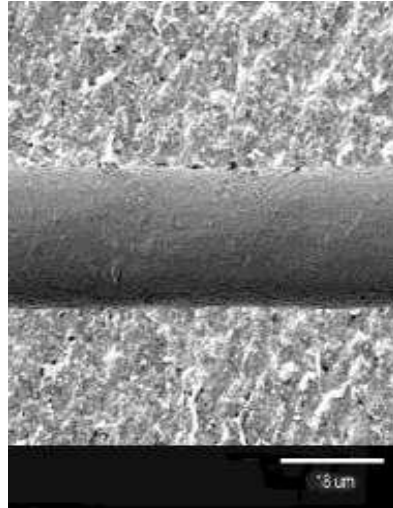
- A: İğne
- B: Platin kapağı seviyesi
- C: Zemin iplik mekiği
- D: Hav iplik mekiği
- E: ara jack
- F: Selektör (iğne seçici)
- G: Clear kam
- H: Tuck kam
- I: örgü çeliği (stitch cam)
- J,K: Desen piyanoları (actuator)

3.3.2.3 Kullanılan hammadde

Dikişsiz body-size üretimde pamuk , naylon , yün, viskon ve elastomer iplikler kullanılır. En çok karşılaşılan iplik cinsleri de (özellikle iç giyimde) nylon6.6, ve polyesterdir.

Bu çalışmada içlik kumaş üretiminde ticari olarak yaygın kullanılan bütün iplikler hav ipliği olarak kullanılmaya çalışılmıştır. Zemin ipliği olarak yine yaygın olarak kullanılan 78/68/2 tekstürel polyester ipliği kullanılmıştır.

Kullanılan her bir hav ipliği iki farklı sıra sıklığında beslenmiştir. Her sırada bir ve iki sırada bir hav ipliği örgüye dahil edilerek incelenen ipliklerin sıklık değişimi ile konfor özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Örgünün hav kısmında kullanılan ipliklerin mikroskop altındaki görüntüleri Şekil 3.24 ile Şekil 3.29 arasında verilmiştir.



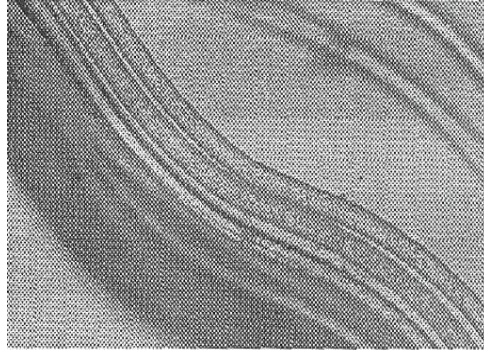
Şekil 3.24 : Polyester lifinin mikroskop altında görünüşü [62].



Şekil 3.25 : Pamuk lifinin mikroskop altında görünüşü [63].



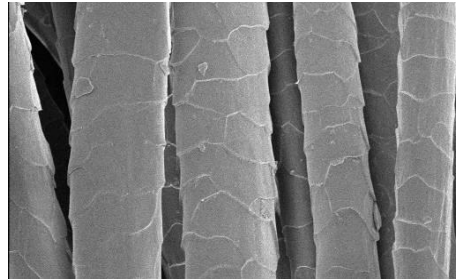
Şekil 3.26 : Viskon lifinin mikroskop altında görünüşü [64].



Şekil 3.27 : Nylon lifinin mikroskop altında görünüşü [65].



Şekil 3.28 : Polipropilen lifinin mikroskop altındaki görünüşü [65].



Şekil 3.29 : Yün lifinin mikroskop altındaki görünüşü [65].

3.3.3 Boyama işlemi

Dikişsiz giyimde parça boyama prosesi uygulanmaktadır. Seçilmiş olan makinenin özel ipliklerle üretilen hassas kumaşları boyayabilmesi için makine kazanının mutlaka ELECTRO-POLISHED yapıda olması gerekmektedir. Elektro-polishing işlemi elektron bombardımanı yoluyla metal yüzeye pürüzsüz ve parlak bir yapı kazandırılması işlemidir. Bu işlem yapılmamış boya kazanları, mamülün serbest dolaşımı sağlanamadığından dolayı, mamül üzerinde izler, kırıklar meydana gelmektedir.

Bu çalışmada tamburlu boyama makineleri alanında öncü kuruluş olan Proll & Lohmann firmasının bu konuda son geliştirdiği model COLORCOMBI parça boya makinesi kullanılmıştır. Uygulanan santrifüj ve boyama hızı kumaşa göre ayarlanır.

Çizelge 3.1 : COLORCOMBI HT'nin teknik özellikleri [66].

İşlem parametresi		300	800	1600
Kaliteye bağlı olarak her dolum için boyama performansı (kg.)		10-30	40-90	80-180
Boyama kalitesine bağlı sıvı Oranı		Değişken ayarlanabilir		
Maksimum boyama sıcaklığı		142°C		
İşlem basıncı		3 bar		
Hız (rpm)	Boyama:değiştirilebilir	1-70		
	Su ekstraksiyonu:max.	100	750	60
Gereken güç (kw)	DC motor	20	16,5	34
	Pompa	4,0	7,5	7,5
S2igorta (220/380V(A))		35	63	125
Tüketim	Buhar	R1''	R1''	R1 ½''
	Su soğutma	R1''	R1''	R1 ½''
	Kondanse	R1''	R1''	R1 ½''
	Alınan su	3 X R1''	3 X R1''	3 X R1 ½''
	Su değişimi	DN 65	DN 100	DN 150
	Sıkıştırılmış hava	R ½''	R ½''	R ½''

3.3.3.1 Örnek bir boyama reçetesinin uygulanması

Bu çalışmada test edilen numuneler polyester, viskon, pamuk, naylon, yün ve polipropilen iplikler açısından sınıflandırılarak optimum şartlarda boyanmıştır. Aşağıda kullanılan iplik cinslerine göre uygulanan ortak bitim işlemleri açıklanmıştır.

Poyester, polipropilen ve naylon hav iplikli kumaşlara uygulanan bitim işlemi:

- 50 °C de 20 dk. % 2 Rucofin WO (Rudolf Draner) pH:5 (asetik asit)

Pamuk ve viskon hav iplikli kumaşlara uygulanan bitim işlemi:

- 50 °C de 20 dk. % 4 Densoft Ultra (Denge Kimya) pH:5 (asetik asit)

Y n hav iplikli kumaşlara uygulanan bitim işlemi:

- 40 °C de 20 dk. % 3 Solusoft ACN (Clariant) pH:4,5 (asetik asit)

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada konvansiyonel olarak üretimi yapılan içlik olarak kullanılan dikişsiz içlik kumaşlar kullanılmıştır. Temin edilen kumaşlarda zemin ipliği olarak (dış yüzey) 78/68/2 polyester ipliği, hav ipliği olarak (iç yüzey) polyester, naylon, viskon, polipropilen, pamuk, yün iplikleri kullanılmıştır.

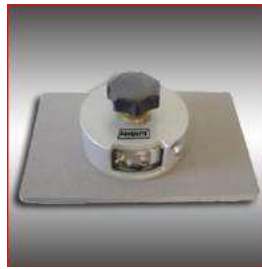
4.2 Metod

Çalışma kapsamında temin edilen kumaşların gramaj ölçümü, kılcal ıslanma ve transfer ıslanma analizleri, buhar geçirgenliği, su buharlaşma hızı, ısı iletkenlik, ısı direnç, kalınlık ve su ile temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçların istatistiksel analizi için IBM SPSS 20 kullanılmıştır.

4.2.1 Analizlerin yapılışı

4.2.1.1 Gramaj ölçümü

Kumaş gramaj ölçümü için gramaj kesim aletiyle 100 cm²lik daire numuneler kesilerek elde edilen parçaların ağırlıkları korunaklı hassas terazide ölçülür. Elde edilen parçalar 100 cm²=1 dm²olduğu için kumaşın gr/m²cinsinden gramajını elde etmek için numune ağırlıkları 100 ile çarpılır.



Şekil 4.1 : Kumaş gramaj kesim aleti [67].

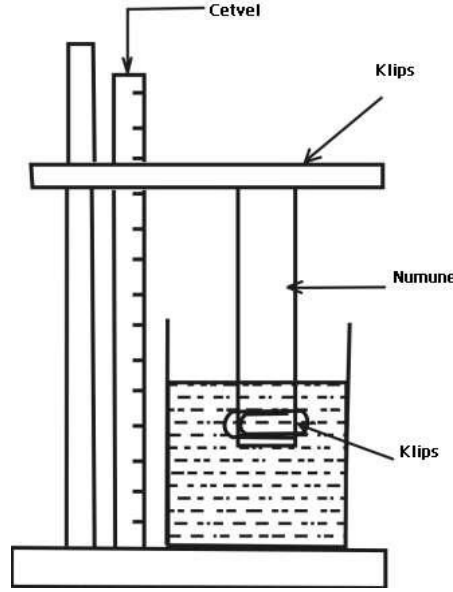
4.2.1.2 Su buharlaşma hızının belirlenmesi

Su buharlaşma hızının tayini Fanguiero ve ark. tarafından yapılan çalışmada kullandıkları prensibe göre yapılmıştır. Kumaşlardan su buharlaşma hızının belirlenmesi için her kumaştan üçer adet 80 mm x 80 mm 'lık kare numuneler kesilir. Bu numunelerin kuru ağırlıkları ölçülerek w_f olarak kaydedilir. Kuru numune ağırlığının % 30'u kadar su numunelere eklenerek numune ıslatılır. Bunun sonucunda kumaş ağırlığı tekrar ölçülerek bu değer de w_0 olarak kaydedilir. Test numuneleri ızgara üzerinde kurumaya bırakılır. 120 dakikalık test süresi boyunca numuneler her 5 dakikada bir hassas terazide tartılarak ağırlıkları w_i olarak kaydedilir. Her ölçüm sonunda suyun buharlaşma hızı aşağıdaki formüle göre hesaplanır [68].

$$WER (\%) = [(w_0 - w_i) / (w_0 - w_f)] * 100 \% \quad (4.1)$$

4.2.1.3 Dikey ıslanma

Kumaşların dikey ıslanma analizleri yine Fanguiero ve ark. tarafından yapılan çalışmada kullandıkları metoda göre yapılmıştır. Buna göre her kumaş tipinden üçer adet may enine, üçer adet de may boyuna olmak üzere 120 mm x 25 mm'lik numuneler kesilir. Kesilen numunelerin alttan 3 mm'lik bölümü ölçülerek işaretlenir ve numuneler bu işaret hizasına kadar saf suya batırılır. Suyun seviyesini sabitlemek amacıyla kumaşın alt ucuna küçük bir klips takılır. On dakika boyunca suyun yükselmesi izlenerek dakikada bir suyun kumaştaki yükselmesi kaydedilir[68]. Dikey ıslanma test düzeneği şematik olarak Şekil 4.2 'de gösterilmiştir.

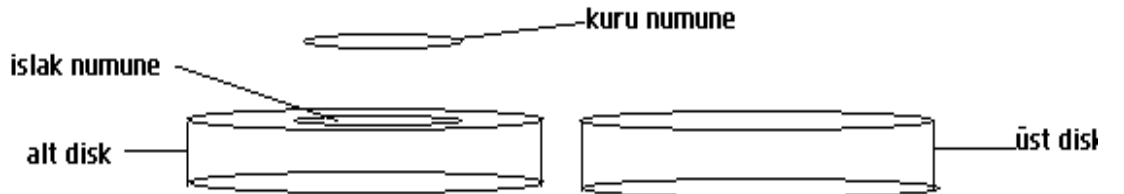


Şekil 4.2 : Dikey ıslanma test düzeneği [68].

4.2.1.4 Transfer ıslanma

Transfer ıslanma analizinde 74,5 mm çapında 6 çift dairesel numune kesilir. Her numunenin ağırlığı ıslanma öncesinde ölçülür. Her numune çiftinden birer numune saf su ile tamamen ıslatılır. Numune çiftindeki diğer kumaş ise kuru bırakılır.

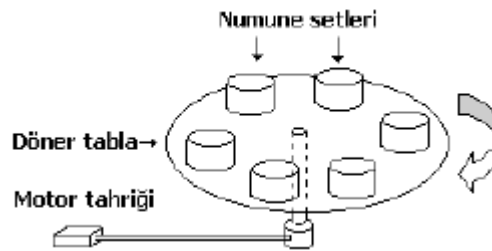
Islatılan numuneler ızgara üzerine konarak her bir yüzü 2’şer dakika süre ile kurutulur. Ardından ıslak numune ön yüzü üstte kalacak şekilde kauçuk disk üzerine yerleştirilir. Kuru numuneler ıslak numuneler üzerine yerleştirilir. Bir numune çifti kuru numunenin yüz kısmı ile ıslak numunenin yüz kısmı temas edecek şekilde hazırlanır. Numune çiftleri bu şekilde hazırlandıktan sonra üzerlerine 154 gr lık ikinci kauçuk disk kapatılarak sandviç benzeri bir yapı oluşturulur. 30 dakikalık test süresi boyunca her 5 dakikada bir numune ağırlıkları hassas terazide ölçülerek ıslak numuneden kuru numuneye sıvı transferi incelenir.



Şekil 4.3 : Transfer ıslanma test düzeneği.

4.2.1.5 Su buharı geçirgenliği

Su buharı geçirgenliği testi BS 7209:1990 standardına göre Döner Platform metoduna göre yapılmıştır. Her kumaştan üçer adet numune kesilerek ağırlıkları ölçülür. Test süresince kumaşların yerleştirileceği test kaplarının ağırlıkları da ölçülür. Deney kapları standart su seviyesine kadar saf su ile doldurularak tekrar tartılır. Kumaş numuneleri ön yüzleri üstte kalacak şekilde deney kaplarına yerleştirilerek deney bilezikleriyle sabitlenir. Deney kapları döner platform üzerine konur. 5 saatlik deney süresi sonunda numuneler deney kaplarından çıkarılarak tartılır. Deney kapları da içlerindeki su ile beraber tartılır [69].



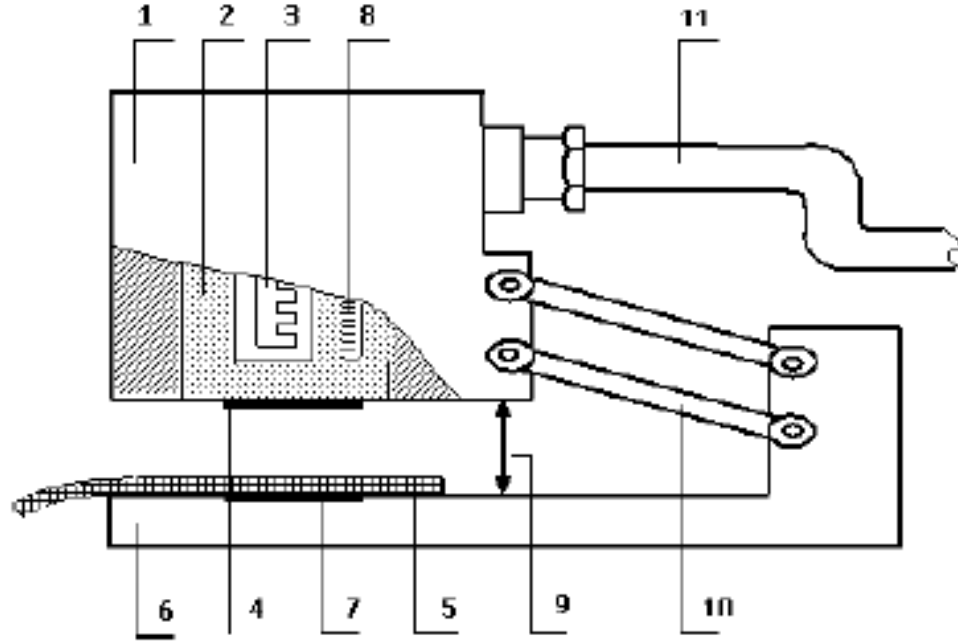
Şekil 4.4 : Döner platform metoduna göre su buharı geçirgenliği test düzeneği [70].

4.2.1.6 Isıl iletkenlik, ısıl direnç ve kalınlık ölçümü

Bu çalışmadaki ısı iletkenlik, ısıl direnç ve kalınlık ölçümleri ALAMBETA cihazında ISO 11092 standardına göre yapılmıştır. Hes tarafından geliştirilen bu cihazın geliştirilme amacı ısı absorpsiyonun ölçülmesidir. Cihaz ölçüm kafası ve numunelerin yerleştirildiği bir tabandan oluşur. Testin başlamasıyla üzerinde ısı akış sensörü bulunan ölçüm kafası aşağı inerek alt tabandaki numuneye temas eder. Aynı anda numune yüzeyindeki sıcaklık değişir ve ısı akış değerleri kaydedilir. Fotoelektrik sensör tarafından da numune kalınlığı ölçülür [71].



Şekil 4.5 : ALAMBETA test cihazı [71].



Şekil 4.6 : ALAMBETA cihazının bölümleri [71].

- 1.Ölçüm kafası
- 2.Metal blok
- 3.Elektrikli ısıtıcı
- 4.İsı akış sensörü
- 5.Tekstil malzemesi
- 6.Metal taban
- 7.Plaka
- 8.Termometre
- 9.Ter akışının simüle edildiği ıslak kumaş arayüzeyi
- 10.Kafa kaldırma mekanizması
- 11.Bağlantı borusu [53]

4.2.1.7 Temas açısı

Bu çalışmada bir temas açısı ölçer (Teta Optik Tansiyometre) kullanılarak deiyonize su temas açısı ölçümü yapılmıştır.

İlk olarak numune kumaş ölçüm bölmesine yerleştirilir. Daha sonra kumaş yüzeyine bir damla su damlası damlatılır. Damlanın kumaş yüzeyine çökelmiş durumunun görüntüsü özel bir yazılım (One Attension Software) ile kaydedilir ve değerlendirilir. Ölçümler her bir numune için üç kez tekrarlanır.

Test esnasında su damlası kumaş yüzeye damlatıldığında damla bazı kumaş yüzeylerinde stabil kalmamış bazılarında ise ölçülemeyecek hızda emilmiştir. Test sonucunda mantıklı ölçümler alınamamıştır. Ölçümler değerlendirilerek ıslanabilirlik ve katı-sıvı temas geometrisi hakkında bilgi elde edilmiştir.

4.3 Deneysel Sonuçlar

4.3.1 Kumaş gramaj ölçümleri

Gramaj kesim aletiyle kesilen numuneler hassas terazide tartılarak gramaj değerleri elde edilmiştir. Ölçümler sonucunda elde edilen gr/m²cinsinden ortalama gramaj değerleri makineye iplik besleme değerleri ve makine parametreleri ile Çizelge 4.1 'de verilmektedir.

Test kumaşlarının hepsinde zemin iplikleri 4 g. gerilim ile beslenmiştir.

Makine tüm kumaşların üretimi esnasında 90 rpm hızda çalıştırılmıştır.

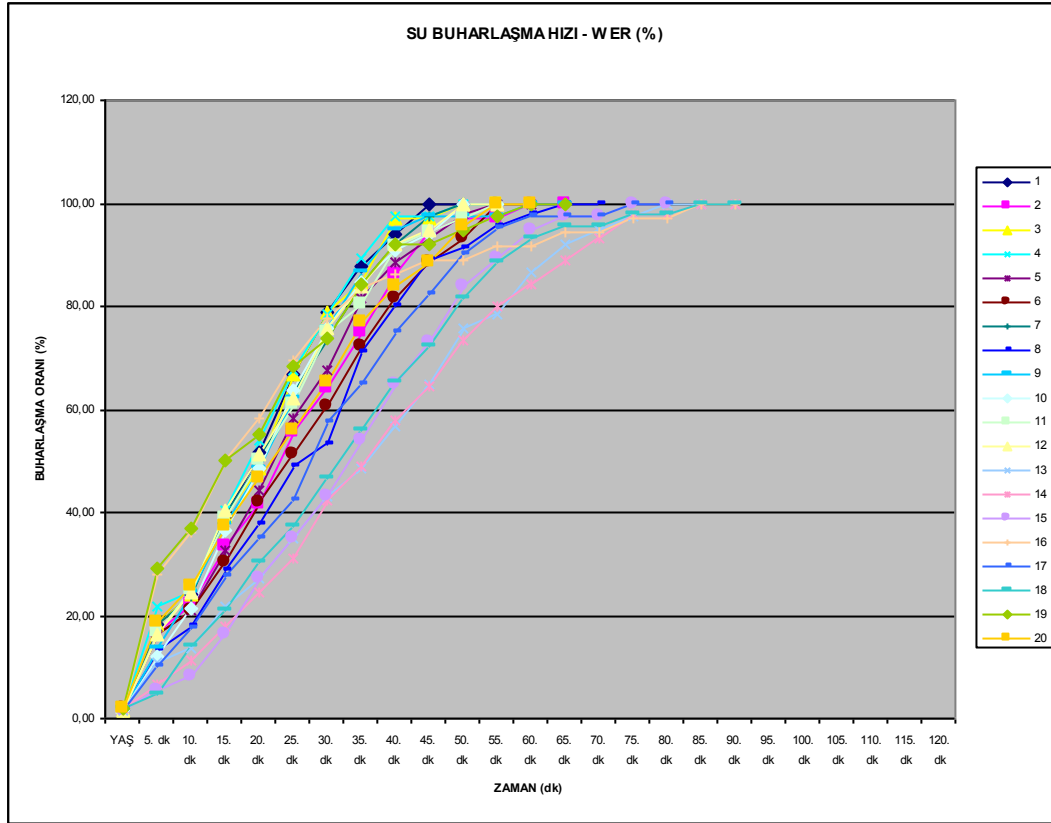
Hav ipliklerinin ise besleme gramajı yün dışındakilerin 3 gr. dır. Yn ipliğinin besleme gramajı 2,5 gr. dır.

Çizelge 4.1 : Lif içeriği, kumaş gramajları, iplik besleme değerleri ve makine parametreleri

KUMAŞ NO.	KULLANILAN İPLİKLER	İPLİK BESLEME GRAMAJI (GR.)	İPLİK BESLEME METRAJİ (M/DK.)	MAKİNE HIZI (RPM)	HAM KUMAŞ GRAMAJI (GR./M ²)	İŞLEM GÖRMÜŞ KUMAŞ GRAMAJI (GR./M ²)	GRAMAJ ARTIŞI (%)
1	78/68/2 X 8	4	289	90	143,73	176,49	22,79
	PES DRY TUCH X 4	3	290				
2	78/68/2 X 8	4	289	90	160,33	181,62	13,28
	PES DRY TUCH X 8	3	290				
3	78/68/2 X 8	4	289	90	144,03	175,99	22,19
	78/24/1 PES X 4	3	289				
4	78/68/2 X 8	4	289	90	156,95	189,25	20,58
	78/24/1 PES X 8	3	289				
5	78/68/2 X 8	4	289	90	151,01	205,78	36,27
	78/68/1 PA X 4	3	289				
6	78/68/2 X 8	4	289	90	170,23	236,37	38,85
	78/68/1 PA X 8	3	289				
7	78/68/2 X 8	4	289	90	146,09	200,24	37,07
	44/34/1 PA X 4	3	289				
8	78/68/2 X 8	4	289	90	155,38	226,52	45,78
	44/34/1 PA X 8	3	289				
9	78/68/2 X 8	4	289	90	144,43	183,22	26,86
	56/16/1 PP X 4	3	289				
10	78/68/2 X 8	4	289	90	157,37	202,44	28,64
	56/16/1 PP X 8	3	289				
11	78/68/2 X 8	4	289	90	143,43	184,67	28,75
	78/25/1 PP X 4	3	289				
12	78/68/2 X 8	4	289	90	155,59	188,69	21,27
	78/25/1 PP X 8	3	289				
13	78/68/2 X 8	4	289	90	152,71	198,01	29,66
	40/1 Ne COTTON X 4	3	290				
14	78/68/2 X 8	4	289	90	172,98	216,14	24,95
	40/1 Ne COTTON X 8	3	290				
15	78/68/2 X 8	4	289	90	154,68	199,66	29,08
	60/1 Ne COTTON X 4	3	289				
16	78/68/2 X 8	4	289	90	161,99	206,24	27,32
	60/1 Ne COTTON X 8	3	289				
17	78/68/2 X 8	4	289	90	148,38	201,34	35,67
	60/1 Ne VISCON X 4	3	295				
18	78/68/2 X 8	4	289	90	159,04	215,87	35,73
	60/1 Ne VISCON X 8	3	295				
19	78/68/2 X 8	4	289	90	166,73	219,69	31,76
	Nm 50/1 WOOL X 4	2,5	300				
20	78/68/2 X 8	4	289	90	193,28	258,17	33,57
	Nm 50/1 WOOL X 8	2,5	300				

4.3.2 Kumaş su buharlaşma oranının belirlenmesi

Su buharlaşma oranı deneyinde ölçümleri yapılan üçer adet numunenin 120 dakika sonunda Denklem 4.1 'de göre hesaplanan ortalama su buharlaşma oranı (Water Evaporation Rate-WER) Çizelge 4.2 'de ve Şekil 4.7 verilmiştir. 4 sıra hav iplik besleme ve 8 sıra hav iplik besleme olarak olarak Şekil 4.8 'de ve Şekil 4.9 'da verilmektedir.

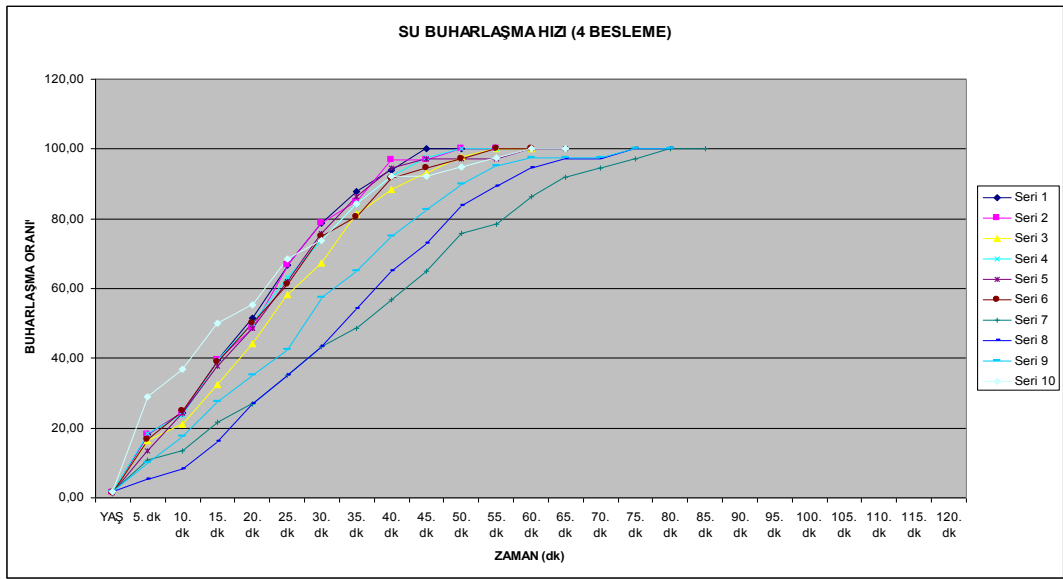


Şekil 4.7 : Su buharlaşma hızı.

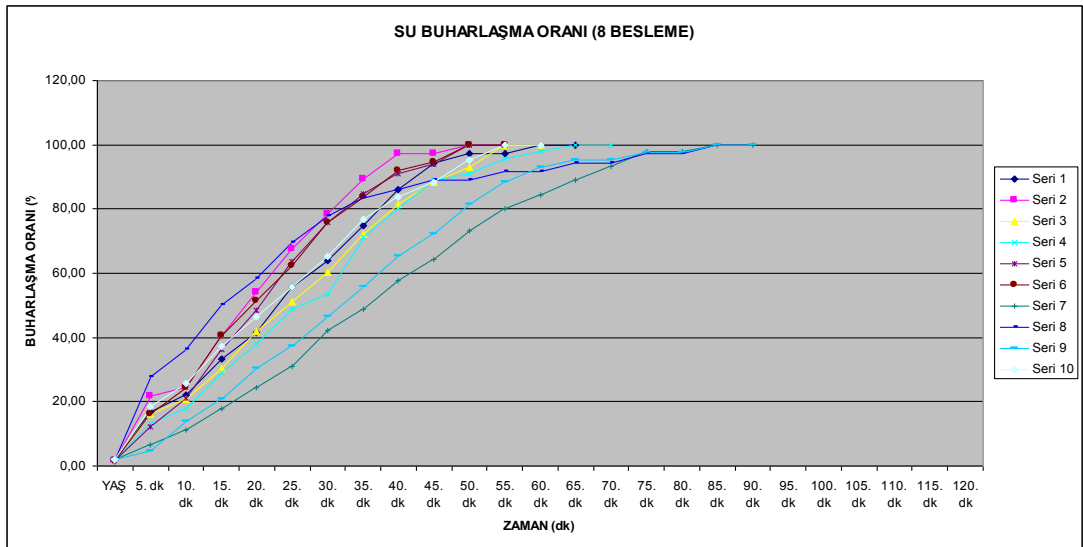
Fanguiero ve ark. kumaşın sıvı transfer yeteneği ve lifin barındırdığı nem miktarının su buharlaşma oranı üzerinde önemli rol oynadığını gözlemlemişlerdir. Buna göre düşük nem içerikli liflerde sıvı iletim özelliği daha iyi olan lifleri içeren kumaşlarda su buharlaşma oranı daha yüksek çıkmaktadır [68].

Deney sonuçları incelendiğinde en yüksek su buharlaşma oranlarını; 1 numaralı kumaş başta olmak üzere sentetik polimer esaslı hav ipliklerinin kullanıldığı kumaşların gerçekleştiği görülmüştür. Bu sonuç Fanguiero ve diğerlerinin çalışmalarında elde ettiği bulgularla uyumludur.

Benzer oranda düşük nem barındırma özelliğine sahip liflerden oluşan 2-12 numaraları arasındaki kumaşların da su buharlaşma hızı son derece yüksektir. Dikkat edilmesi gereken bir husus da hav sıklığı arttıkça buharlaşma hızının düşmesidir. Şekil 4.8 4 sıra hav iplik besleme ile Şekil 4.9 8 sıra hav iplik besleme verileri kıyaslandığında 8 sıra hav iplik beslemeli kumaşların (kumaş no.:2,4,6,8,10,12) su buharlaşma hızının daha yavaş olduğu görülür. Bu durum kapılar boşlukların daha fazla olmasından kaynaklı sıvı barındırabilme kapasitesinin daha büyük olduğunu kanıtlar. Kumaş yüzeyindeki hav ipliği oranı arttıkça sıvı tutma kapasitesi de artmış; artan sıvı miktarının buharlaşma süresi de uzamıştır.



Şekil 4.8 : 4 sıra hav iplik beslemeli kumaşların su buharlaşma hızı.



Şekil 4.9 : 8 sıra hav iplik beslemeli kumaşların su buharlaşma hızı.

Hong ve ark. çalışmalarında polyester lifinin şişmemesinden dolayı suyun lifin moleküler yapısı içerisine nüfuz edemediğini belirtmişlerdir. Oysa ki pamuk ve viskon lifleri gibi doğal lifler şiştiği için moleküler yapısı içine sıvıyı emer. Life emilen sıvı hidrofilik moleküler bölgelere bağlanarak lif içinde tutulmaktadır. Bu durum da doğal liflerin sentetik liflere göre daha uzun sürede kurumasına sebep olmaktadır [53].

Çizelge 4.2 : Kumaş numunelerinin ortalama su buharlaşma oranları.

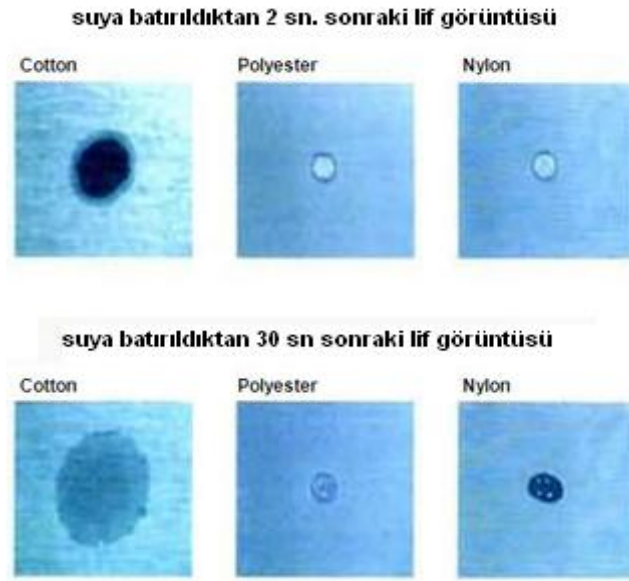
SU BUHARLAŞMA HIZI

	eklenen su	0.36	0.36	0.36	0.39	0.42	0.49	0.41	0.45	0.37	0.41	0.37	0.38	0.41	0.45	0.41	0.41	0.40	0.44	4.29	0.50
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	KURU	1.19	1.21	1.16	1.29	1.42	1.62	1.34	1.50	1.22	1.35	1.22	1.26	1.36	1.50	1.36	1.37	1.32	1.46	1.43	1.70
17:30	YAŞ	1.52	1.57	1.49	1.66	1.85	2.05	1.72	1.95	1.59	1.68	1.58	1.63	1.73	1.95	1.73	1.73	1.72	1.89	1.81	2.13
17:35	5. dk	1.46	1.51	1.43	1.58	1.78	1.98	1.65	1.89	1.54	1.64	1.52	1.57	1.69	1.92	1.71	1.63	1.68	1.87	1.70	2.05
17:40	10. dk	1.44	1.49	1.41	1.57	1.76	1.96	1.63	1.87	1.50	1.61	1.49	1.54	1.68	1.90	1.70	1.60	1.65	1.83	1.67	2.02
17:45	15. dk	1.39	1.45	1.36	1.51	1.71	1.92	1.57	1.82	1.45	1.56	1.44	1.48	1.65	1.87	1.67	1.55	1.61	1.80	1.62	1.97
17:50	20. dk	1.35	1.42	1.33	1.46	1.66	1.87	1.53	1.78	1.41	1.52	1.40	1.44	1.63	1.84	1.63	1.52	1.58	1.76	1.60	1.93
17:55	25. dk	1.30	1.37	1.27	1.41	1.60	1.83	1.48	1.73	1.36	1.47	1.36	1.40	1.60	1.81	1.60	1.48	1.55	1.73	1.55	1.89
18:00	30. dk	1.26	1.34	1.23	1.37	1.56	1.79	1.44	1.71	1.31	1.43	1.31	1.35	1.57	1.76	1.57	1.45	1.49	1.69	1.53	1.85
18:05	35. dk	1.23	1.30	1.21	1.33	1.50	1.74	1.40	1.63	1.27	1.40	1.29	1.32	1.55	1.73	1.53	1.43	1.46	1.65	1.49	1.80
18:10	40. dk	1.21	1.26	1.17	1.30	1.47	1.70	1.37	1.59	1.24	1.38	1.25	1.29	1.52	1.69	1.49	1.42	1.42	1.61	1.46	1.77
18:15	45. dk	1.19	1.23	1.17	1.30	1.45	1.67	1.35	1.55	1.23	1.37	1.24	1.28	1.49	1.66	1.46	1.41	1.39	1.58	1.46	1.75
18:20	50. dk	1.19	1.22	1.16	1.29	1.43	1.65	1.34	1.54	1.23	1.35	1.23	1.26	1.45	1.62	1.42	1.41	1.36	1.54	1.45	1.72
18:25	55. dk		1.22	1.16	1.29	1.42	1.62	1.34	1.52	1.23	1.35	1.22	1.26	1.44	1.59	1.40	1.40	1.34	1.51	1.44	1.70
18:30	60. dk		1.21			1.42	1.62		1.51	1.22		1.22		1.41	1.57	1.38	1.40	1.33	1.49	1.43	1.70

Çizelge 4.2 (devam): Kumaş numunelerinin ortalama su buharlaşma oranları.

18:35	65. dk		1.21						1.50	1.22				1.39	1.55	1.37	1.39	1.33	1.48	1.43	
18:40	70. dk								1.50					1.38	1.53	1.37	1.39	1.33	1.48		
18:45	75. dk													1.37	1.51	1.36	1.38	1.32	1.47		
18:50	80. dk													1.36	1.51	1.36	1.38	1.32	1.47		
18:55	85. dk													1.36	1.50		1.37		1.46		
19:00	90. dk														1.50		1.37		1.46		
19:05	95. dk																				
19:10	100. dk																				
19:15	105. dk																				
19:20	110. dk																				
19:25	115. dk																				
19:30	120. dk																				

Suyun life nüfuz edip şişmesi olayı Hes' in çalışmalarında da Şekil 4.10 'da olduğu gibi görülebilmektedir [30].



Şekil 4.10 : Suyu batırıldıktan sonraki lif görüntüleri [30].

Hong ve arkadaşlarının savı yapılan deneylerde açıkça görülmüştür. Hav ipliği olarak pamuk kullanılan kumaşları 13,14,15 ve 16 da buharlaşma süresinde diğer sentetik hav ipliği kullanılan kumaşlardan ortalama 30-40 dk. lık gecikme görülmüştür. Bu durum pamuk ve viskon liflerinden oluşan hav iplik kullanılmış kumaşlar su moleküllerini daha fazla bünyelerine alırlar ve buharlaşma daha zor ve uzun sürede gerçekleşir.

4.3.3 Dikey ıslanma

Kumaş numunelerinin dikey ıslanma testi sonuçları Ekler bölümünde Çizelge A.1 ve A.2'de verilmektedir. 10 dakikalık test süresi boyunca may boyuna ve may enine ortalama dikey ıslanma sonuçları ise grafik olarak Şekil 4.16 ve 4.17 'de verilmektedir. Şekil 4.18 ile 4.23 arasındaki grafiklerde ise 4 sıra hav iplik beslemeli ve 8 sıra hav iplik beslemeli kumaşların sıralanmış sonuçları verilmektedir.

Dikey ıslanmada sıvı yükselmesi kılcal basınç tarafından yönetilir. Kılcal basınç farkı ise gözenek boyutuna bağlıdır. Küçük gözeneklerde sıvı yükselmesi büyük gözeneklerde sıvı yükselmesinden daha fazladır. Gözeneğin geometrisi ve devamlılığı da aynı şekilde sıvı yükselmesini etkileyen faktörlerdir. Özellikle doğal liflerde kesikli lif yapısından, lif yüzeyinin pürüzlülüğü ve kesit şeklinden dolayı

gözenekler düzensiz yapı gösterir. Tekstüre filamentlerde ise gelişigüzel filament yerleşimi kılcallığı azalttığı için sıvı yükselmesini azaltır [33]. Doğal liflerin yüksek nem içeriği de dikey ıslanmayı azaltır.

Hes [30] in teorisine göre kılcal basınç ΔP su ve lif arasındaki temas açısıyla doğru, gözenek çapı r ve R ile ters orantılıdır.

$$\Delta P = 2\gamma [(\cos \Theta_r)/r - (\cos \Theta_R)/R] \quad (4.2)$$

Hes in sunumunda bahsettiği gibi selülozik kumaşlar yüksek adhezyon kuvvetleri dolayısıyla çok iyi nem emme özelliğine sahiptirler. Ancak nem absorpsiyonu çok geniş bir alana yayılır [30].

Yuvarlak kesitli polyester elyafından yapılan içlik kumaşların düşük ve orta deracede nem absorpsiyonu vardır ve yüzeyde kötü bir dağılım gösterir [30].

COOLMAX ipliklerden yapılmış içlik kumaşların cilt ile kumaş arasında orta deracede nem transferi mevcuttur ve nem kumaş yüzeyinde etkin bir şekilde dağılım gösterir [30].

suya batırıldıktan 2 sn. sonraki lif görüntüsü

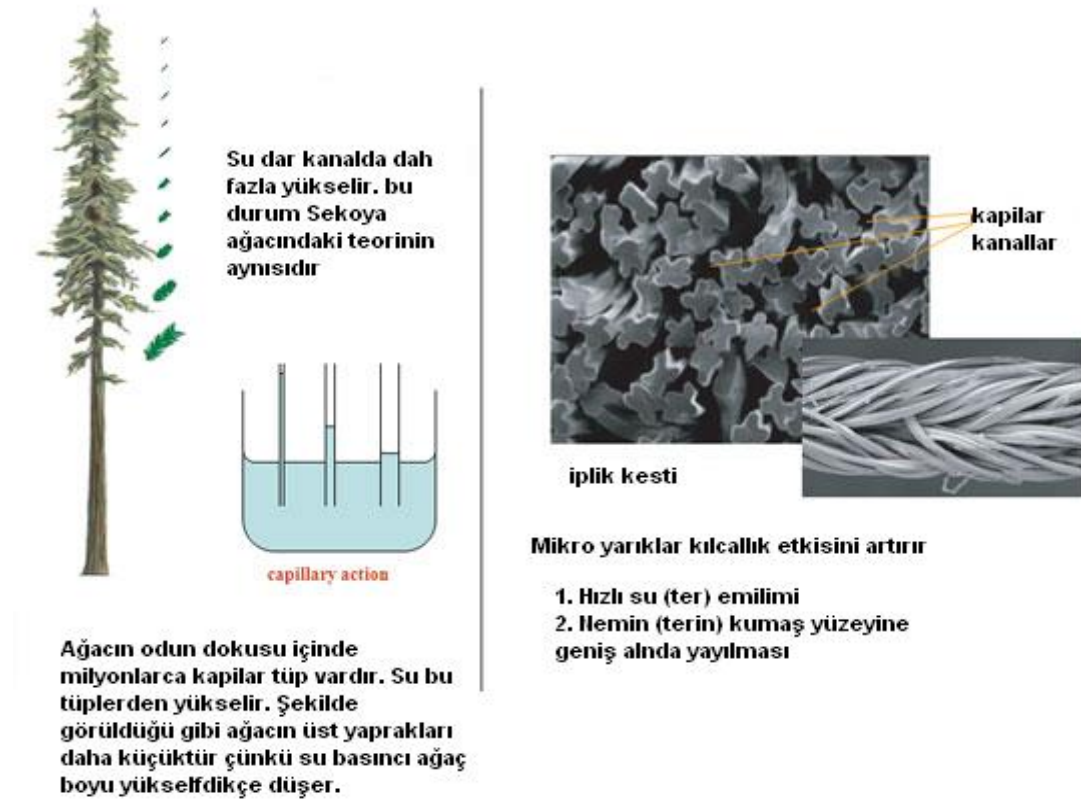


suya batırıldıktan 30 sn sonraki lif görüntüsü



Şekil 4.11 : Suya batırıldıktan sonraki COOLMAX lif görüntüsü [30].

Kapiler teori doğadan alıntı yapılarak da açıklanabilmektedir (Şekil 4.12).



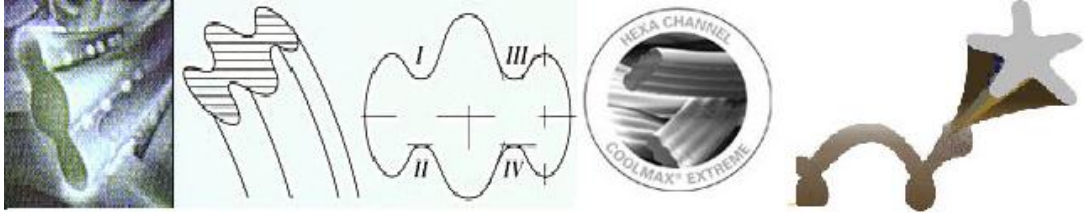
Şekil 4.12 : Kapilar teorisinin doğal bakış açıdan açıklaması [30].

Test sonuçlarına bakıldığında hav ipliği sentetik lif olan yüzeylerin dikey ıslanma özelliği de çok iyidir. Bu durum sentetik liflerin düzgün gözenek yapısından dolayı kılcallığının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek kılcallık sıvı yükselmesini artırmaktadır.

Söz konusu durum 5 ile 7 numaralı kumaşlar kıyaslandığında açıkça ortaya çıkmaktadır. 5 numaralı kumaş 78 dtexs naylon 7 numaralı kumaş 44 dtex nylandur. Aynı polimerik yapıdaki liflerin ince olanı daha fazla kılcal basınca sahiptir ve daha hızlı dikey ıslanma sonuçları göstermektedir.

Dikey ıslanmanın hızlı gerçekleşmesi içlik olarak kullanılacak bir kumaş yapısında terleme sonucu oluşan nemin giyside daha hızlı yayılacağı anlamına gelmektedir. Bu sonuç istenmeyen bir durum olmasına rağmen su buharlaşma oranları ile birlikte değerlendirilmelidir. Hızlı ıslanıp hızlı kuruyan bir kumaş kullanım konforlu açısından daha üstün performans sağlayacaktır.

Hızlı nem taşıma için iplik çekimi esnasında mikro-kılcal oluşturularak lif kanallı bir yapı haline getirilir.



Şekil 4.13 : COOLMAX ipliğinin lif kesiti [30].

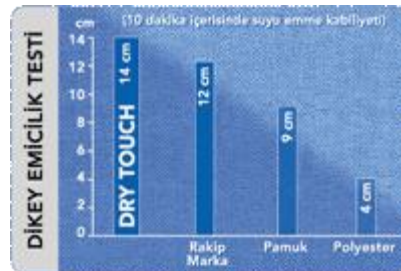
Kullanılan sentetik liflerin arasında 1 ve 2 numaralı kumaşların hav ipliği olarak kullanılan polyester DRY TOUCH ipliği sektörde kullanılan ve sportif içlikler için özel üretilen bir iplik türüdür.

DRY TOUCH® MICROMUSS

İleri teknoloji ürünü mikromus, yüksek elastikiyet ve streç özelliği ile iplikte esnekliğin arzu edildiği durumlar için en doğru seçenektir. Esnekliğin önemli olduğu ürünlerde poliamid iplikler yerine ya da bu ipliklerle beraber mikromus iplikler kullanılabilir. Bu özellikleri ile DRY TOUCH® Mikromus kumaşlar her türlü çorap, iç çamaşırı ve mayo üretimine uygundur. Doğal elyaflar nemi emerek vücudun dışına ve kumaşın üzerine çekerler, ancak çok fazla nem emip birikme yaparlar. Kuruma sürelerinin uzunluğu nemin ürün ile cilt arasında sıkışıp kalmasına neden olur ve bu da vücut ısısında dengesizliğe yol açar [73].

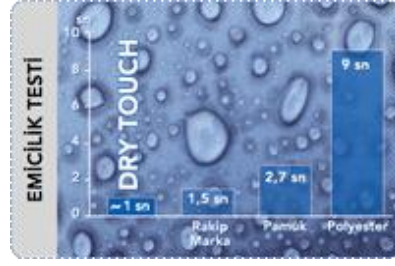
DRY TOUCH® özel teknikler kullanılarak üretilen ileri teknoloji ürünü fonksiyonel kanal kesitli ipliklerden oluşmaktadır. Bu ileri teknoloji ve fonksiyonellik bir araya gelerek üstün performanslı aynı zamanda doğal görünümlü, yumuşak tutumlu ve daha örtücü olan DRY TOUCH® kumaşı yaratmıştır [73].

Kanallı lifleri ile nem ve hava transferini kolaylaştıran DRY TOUCH®, havanın dışarıdan içeriye, nemin ise içeriden dışarıya kolayca atılmasını sağlar [73].



Şekil 4.14 : DRY TOUCH® kumaşlarının pamuğa göre emicilik sonuçları.

Yapılan testlerde DRY TOUCH® kumaşlarının pamuğa göre nemi 10 kat daha hızlı emdiği gözlenmiştir [73].



Şekil 4.15 : DRY TOUCH® kumaşlarının pamuğa göre dikey emicilik sonuçları.

Suya dikey daldırarak yapılan ölçümlerde DRY TOUCH® kumaşlarının pamuğa göre daha fazla miktarda su emdiği gözlemlenmiştir [73].

Deney sonuçları incelendiğinde 1 ve 2 numaralı kumaşlarda su buharlaşma hızının en yüksek olduğu ve dikey ıslanmanın çok düşük olduğu görülmektedir. Bu analiz sonuçları 1 ve 2 numaralı kumaşların terleme esnasında daha zor ıslandığını ve çok daha çabuk kurduğunu göstermektedir. Bu durum yukarıda anlatılan özel kanallı kesitin bir sonucudur.

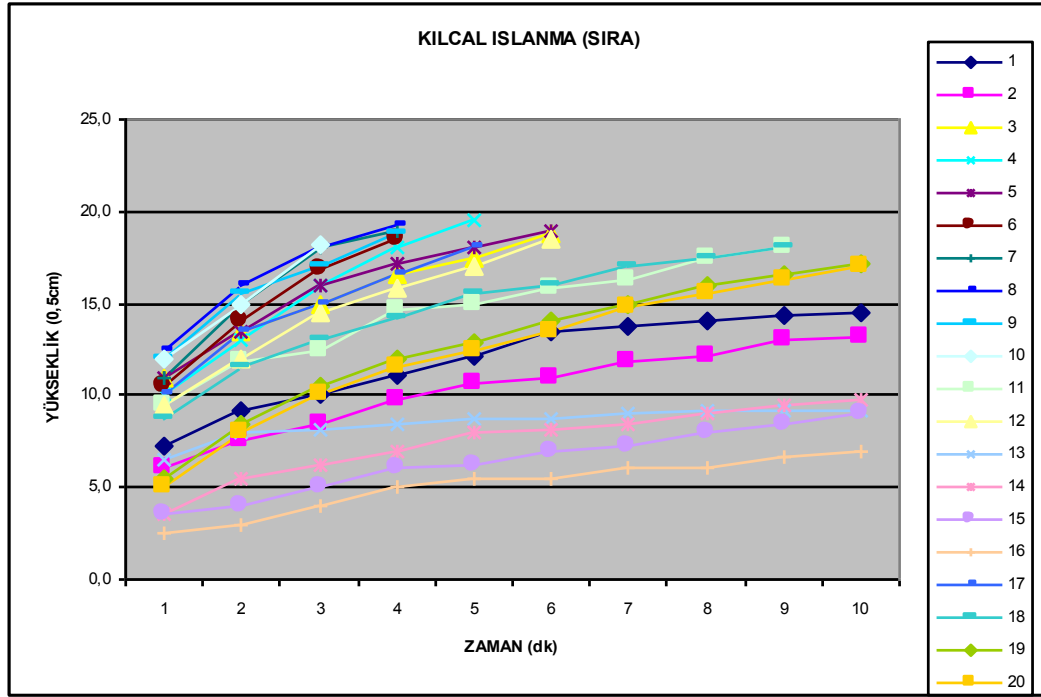
Kanallı kesite sahip liflerin fonksiyonları:

- 1- Terleme sonrasında cildi kuru tutmak için ciltten nemi uzaklaştırır
- 2- Kumaş üzerine alınan nemi daha geniş alana yayar ve kurumayı hızlandırır
- 3- Lif çekirdeğinin içine nemi emmez, rutubet lif yüzeyinde kalır ve çabuk kurur
- 4- Daha yüksek hava geçirgenlik değerlerine sahiptir [73].

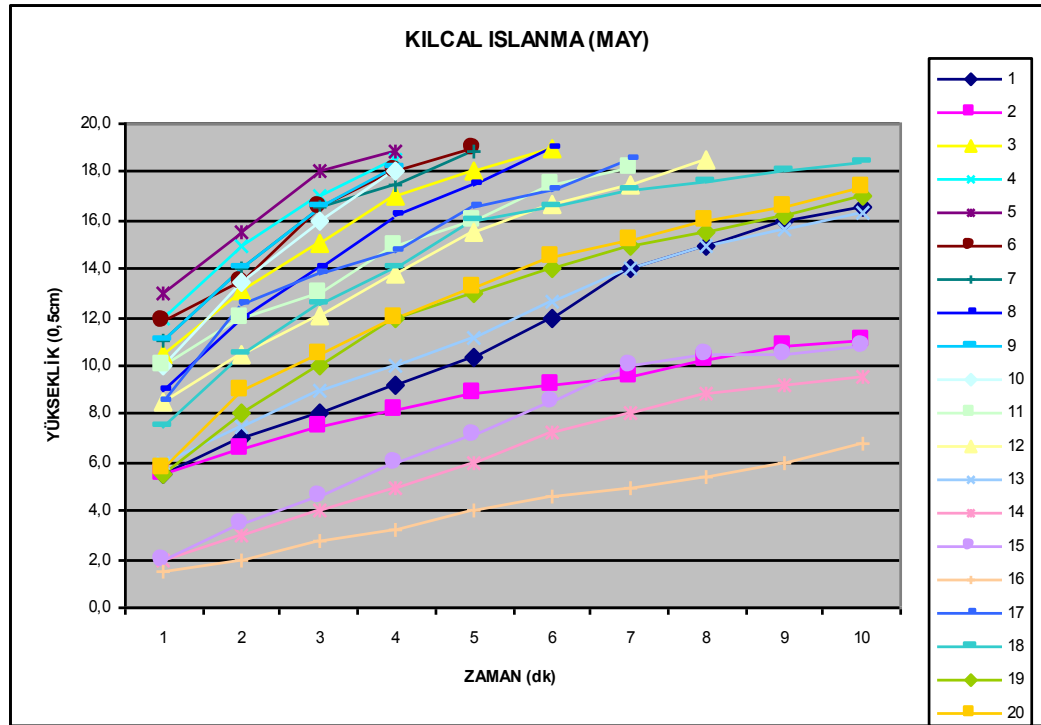
Test sonuçlarında doğal liflere bakıldığında durum sentetik liflerle arasındaki farkı göz önüne koymaktadır.

Normalde pamuk lifinin yüksek nem içeriği ve düzensiz gözenek yapısı nedeniyle dikey ıslanma özelliği zayıftır. Bu kumaşların gevşek ve az desenli yapılarının dikey ıslanmalarını iyileştirdiği düşünülmektedir. 4 sıra hav iplik beslemeli kumaşlar ile (13,15,17) 8 sıra hav iplik beslemeli kumaşlar (14,16,18) arasındaki dikey ıslanma farkı hav yoğunluğundan kaynaklanır.

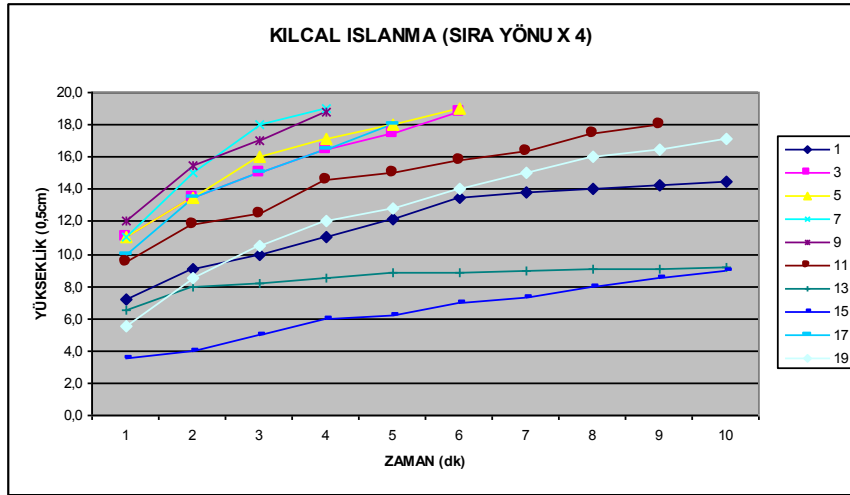
Deneylerde may enine dikey ıslanma ve may boyuna dikey ıslanma arasında belirgin fark görülmemiştir.



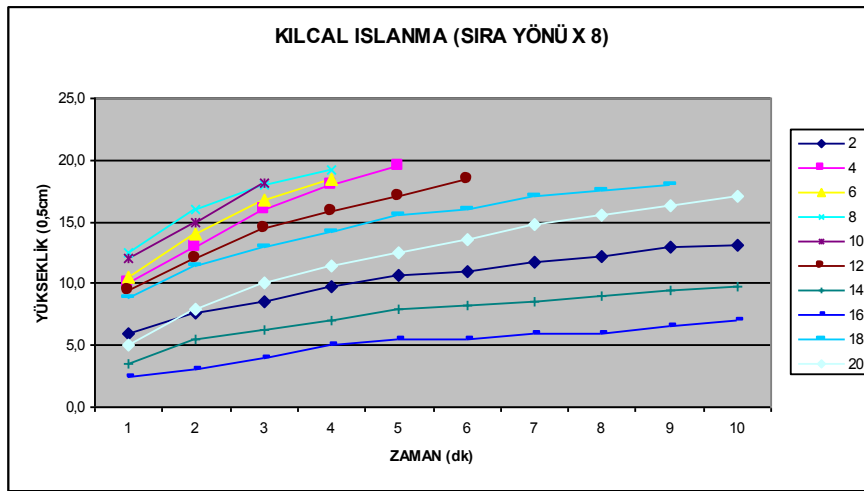
Şekil 4.16 : Dikey ıslanma (sıra yönünde).



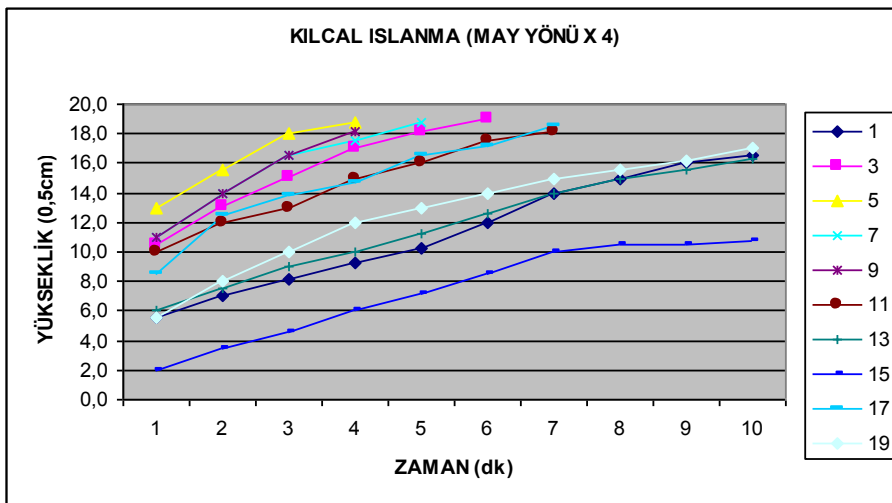
Şekil 4.17 : Dikey ıslanma (may yönünde).



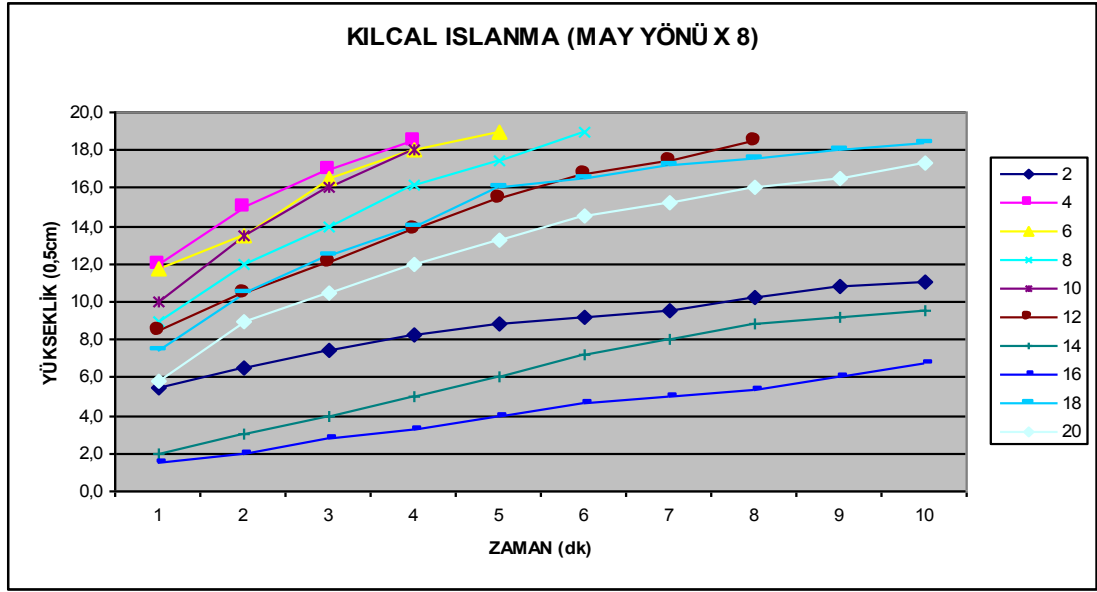
Şekil 4.18 : Dikey ıslanma (sıra yönünde 4 besleme hav).



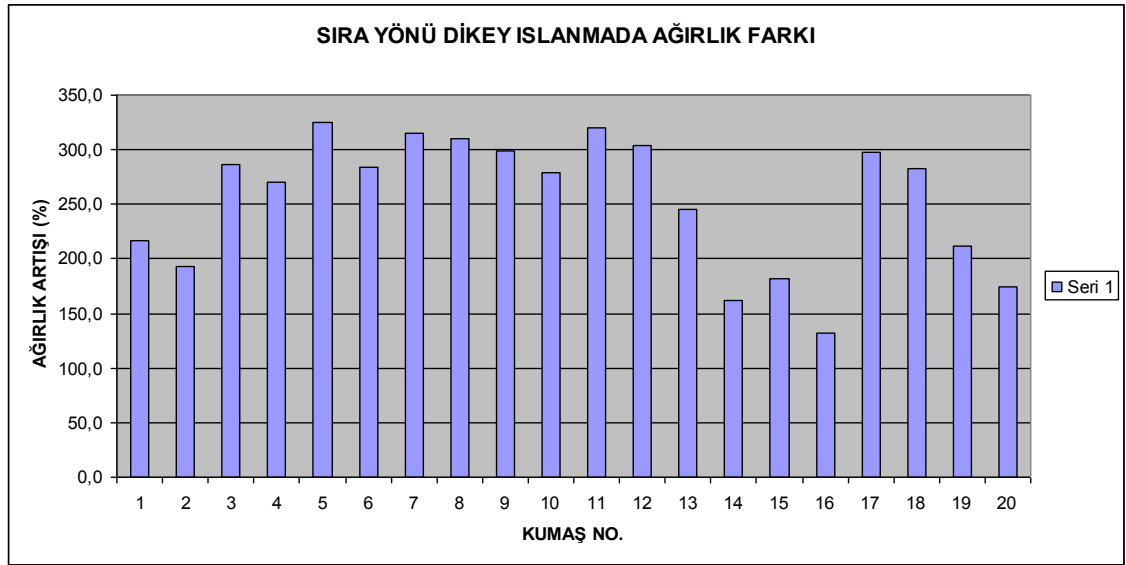
Şekil 4.19 : Dikey ıslanma (sıra yönünde 8 besleme hav).



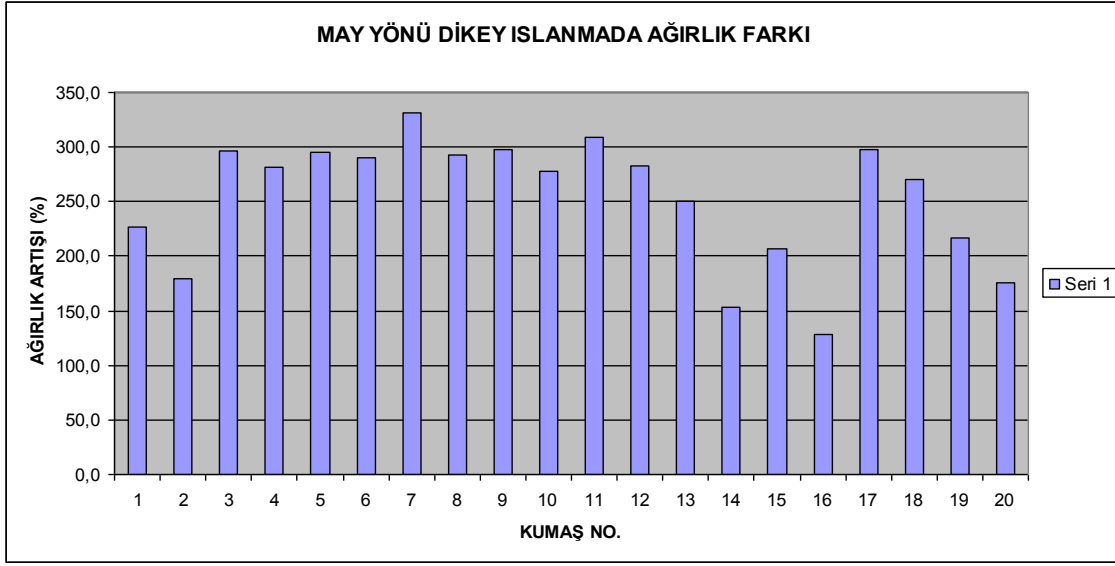
Şekil 4.20 : Dikey ıslanma (may yönünde 4 besleme hav).



Şekil 4.21 : Dikey ıslanma (may yönünde 8 besleme hav).



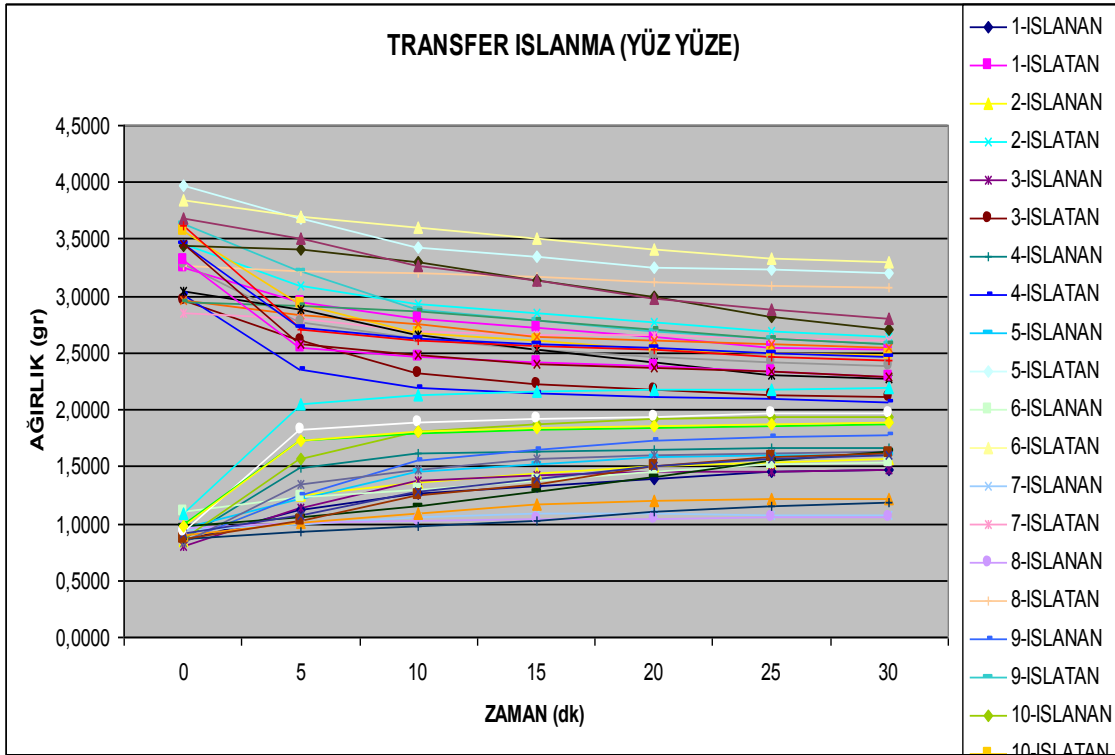
Şekil 4.22 : Sıra yönü dikey ıslanma sonucu kumaşta görülen sıvı emilimi.



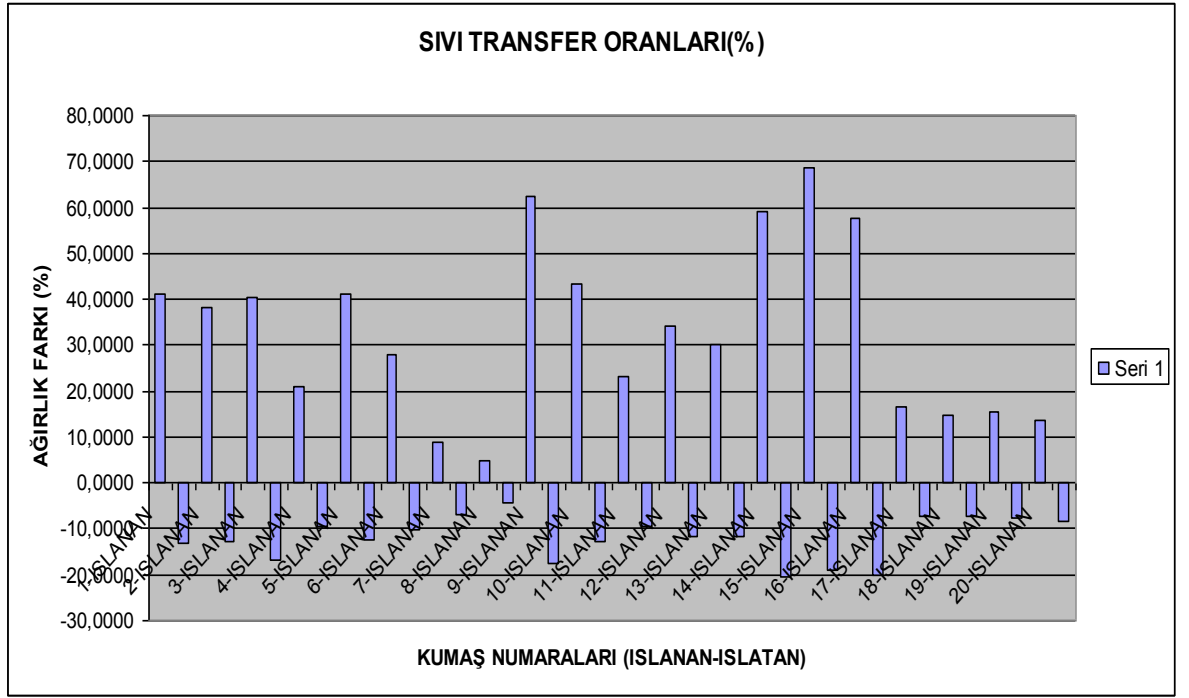
Şekil 4.23 : May yönü dikey ıslanma sonucu kumaşta görülen sıvı emilimi.

4.3.4 Transfer ıslanma

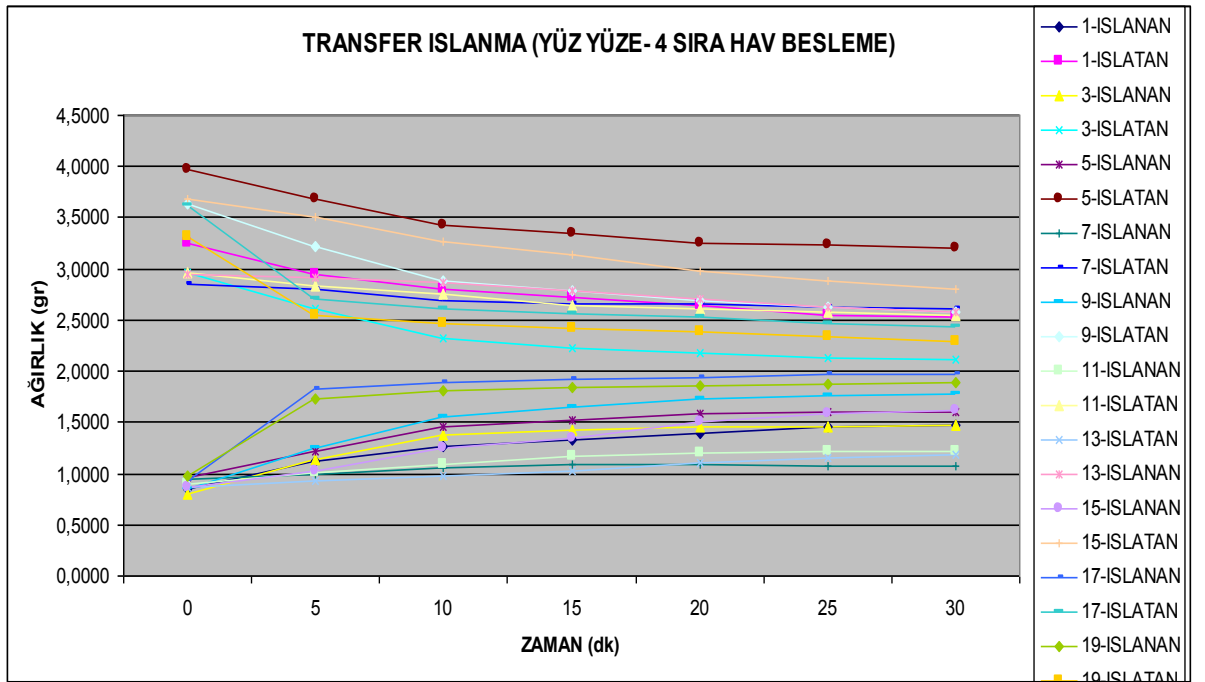
Her kumaş tipi için kumaş yüzünden kumaş yüzüne sıvı iletimi incelenmiştir. Aşağıda verilen grafiklerde her kumaş tipi için sıvı transferinden kaynaklanan ağırlık değişimi gösterilmektedir. Transfer ıslanma numune ağırlık değişimleri de Ekler bölümünde Çizelge A.5 'te gösterilmektedir.



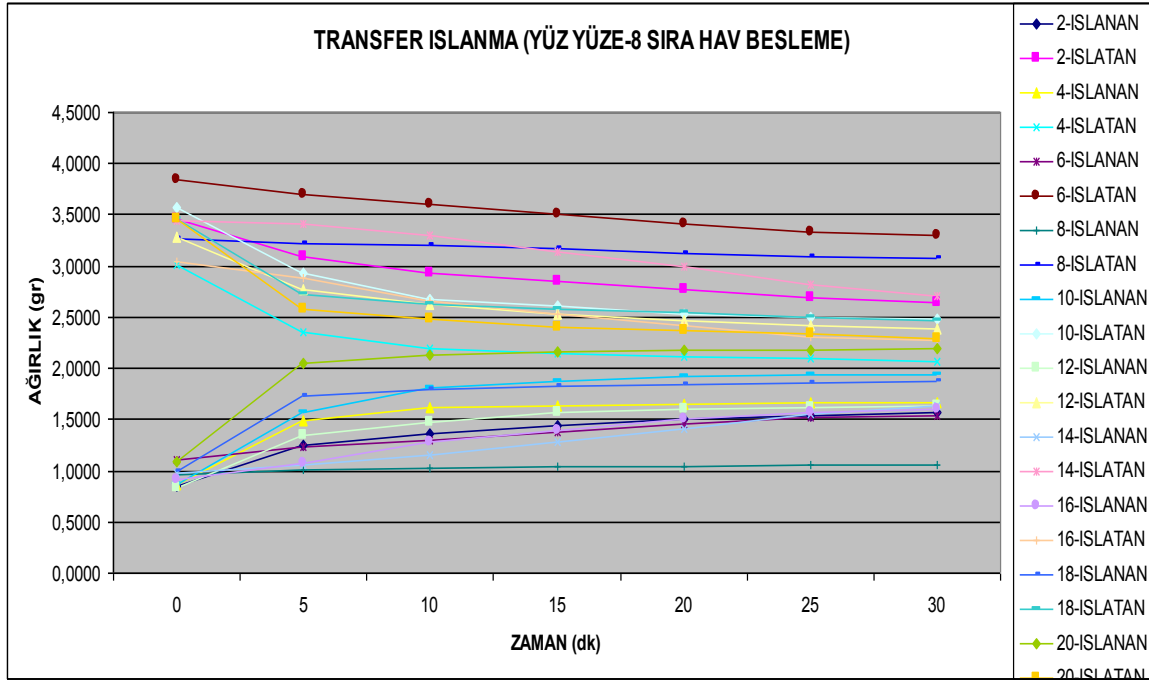
Şekil 4.24 : Transfer ıslanma (yüz yüze) kumaş ağırlıkları değişimi.



Şekil 4.25 : Kumaşların sıvı transfer oranları.

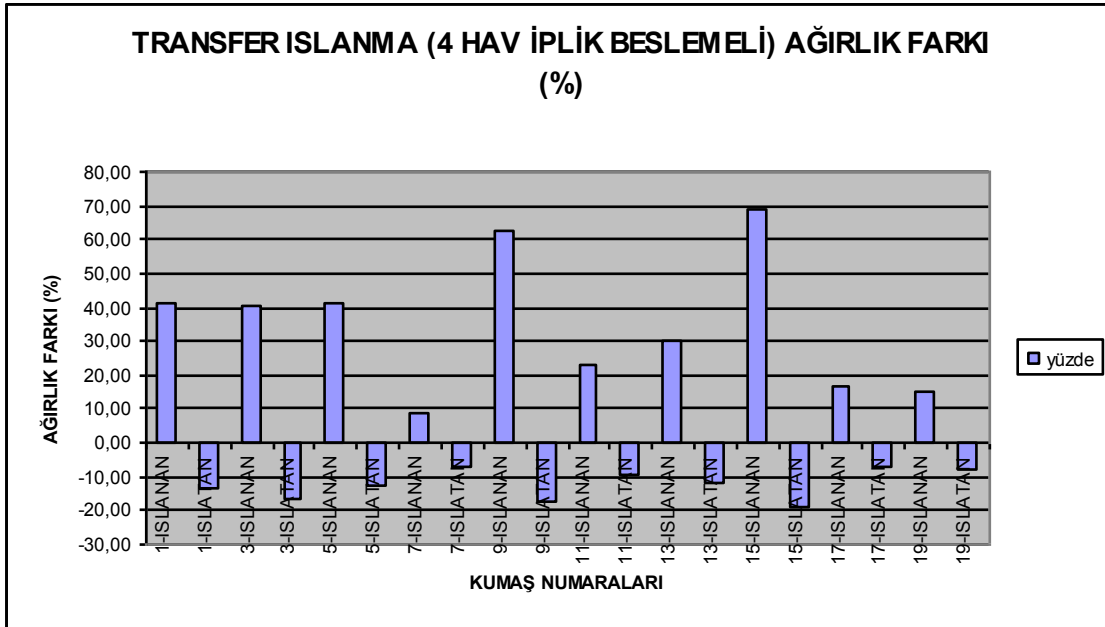


Şekil 4.26 : Transfer ıslanma (yüz yüze- 4 sıra hav iplik besleme) kumaş ağırlıkları değişimi.

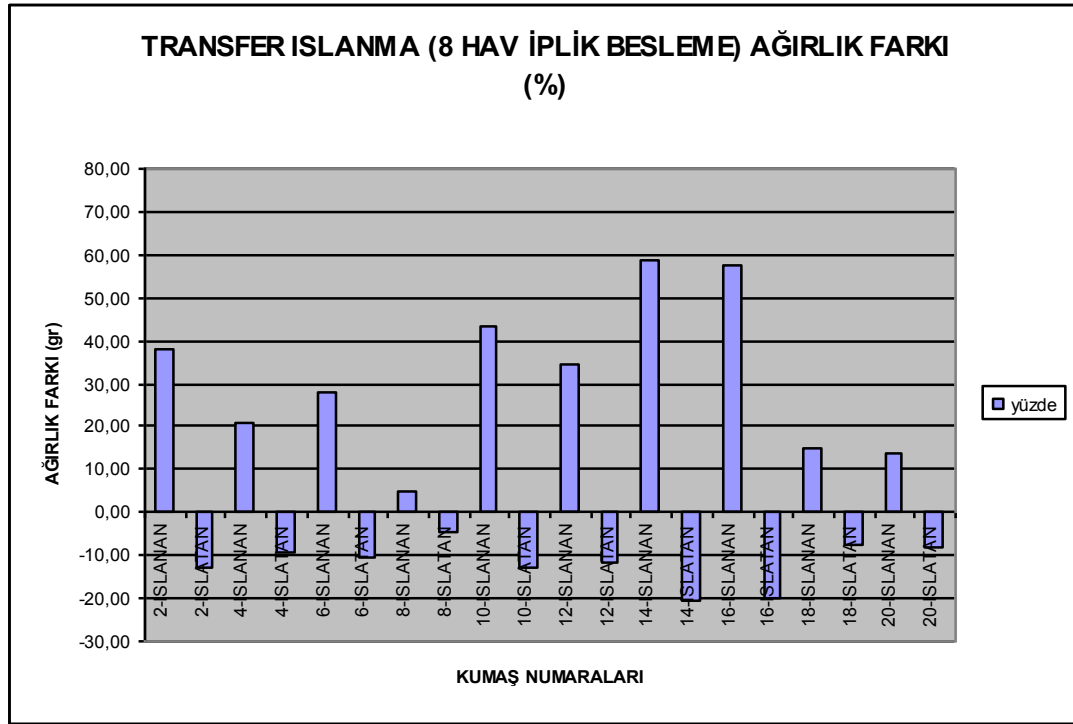


Şekil 4.27 : Transfer ıslanma (yüz yüze- 8 sıra hav iplik besleme) kumaş ağırlıkları değişimi.

Şekil 4.24 ile Şekil 4.27 arasındaki grafiklerde numunelerin transfer ıslanma sonucunda ağırlık değişimi gösterilmiştir. Şekil 4.28 ve Şekil 4.29 'da ise kumaşların beslenen hav sıklığına göre transfer ıslanma oranları verilmiştir.



Şekil 4.28 : Transfer ıslanma (4 hav iplik beslemeli) ağırlık farkı (%).



Şekil 4.29 : Transfer ıslanma (8 hav iplik beslemeli) ağırlık farkı (%).

Şekil 4.25 incelendiğinde yüzyüze transfer için ıslak kumaştaki ağırlık kaybı ile kuru kumaşın su alım oranının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Yani basınç altında ıslak kumaştan kaybedilen su kaybı oranı ile kuru kumaşın suyu alım oranı birbirine yakındır.

Şekil 4.25 ‘ de görüldüğü gibi transfer ıslanma oranları en düşük olan kumaşlar 17, 18, 19 ve 20 numaralı kumaşlardır.

Özellikle transfer ıslanmada basınç çok önemli bir parametredir. Bu deney sonuçlarında kumaş yüzeyleri arasındaki transferi gösteren eğrilerdeki farklılıklar basınç altında sıvı transferinin özelliklerini ifade eder.

Grafiklerin tamamı incelendiğinde tüm kumaşlarda da ıslak numuneden sıvı kayıp oranı ile kuru numuneye bu sıvının geçiş oranı arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Yani ıslak kumaştan basınç altında kaybedilen sıvı kuru numuneye aynı oranda alınamamaktadır.

30 dakika boyunca transfer ıslanma oranını gösteren Şekil 4.24 incelendiğinde kumaşların ilk 5 dakika sonundaki transfer ıslanma oranlarının geniş bir aralıkta seyrettiği görülmektedir. Yani ıslak numunedeki su oranına bağlı olarak transfer ıslanma özelliği iyi olan numuneler ilk ölçüm sonunda kendi ağırlıklarına yakın

oranda su çekmişlerdir. Bu durum sonraki ölçümlerde azalarak devam etmiştir. Bu durum kumaştaki hava boşluklarının ilk ölçüm sonucunda büyük oranda suyla dolmasından kaynaklanır.

Transfer ıslanma oranı en yüksek olan kumaşlar 9, 10, 14, 15, 16 ‘dır. Pamuklu kumaşların transfer ıslanma sonuçlarındaki bu yükseklik pamuğun higroskopik bir lif oluşu dolayısıyla suyu absorbe etmeye ve absorbe ettiği suyu bünyesinde tutmaya meyilli oluşuyla açıklanır.

Transfer ıslanma oranları istatistiksel olarak analiz edildiğinde yüzyüze transfer ıslanma sonuçlarının gramaj ve kumaş kalınlığına göre korelasyonu yoktur. Yani kalınlık ve gramaj artışının transfer ıslanmaya etkisi bulunmamaktadır.

4.3.5 Su buharı geçirgenliği

Su buharı geçirgenliği testinde kumaşta ve deney kabında meydana gelen ağırlık değişimleri aşağıdaki Çizelge 4.3 ‘te verilmiştir. Su buharı geçirgenliği indeks değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanır [62].

$$WVP = 24 * (M / A) * t \quad (g / m^2 / gün) \quad (4.3)$$

WVP: su buharı geçirgenliği

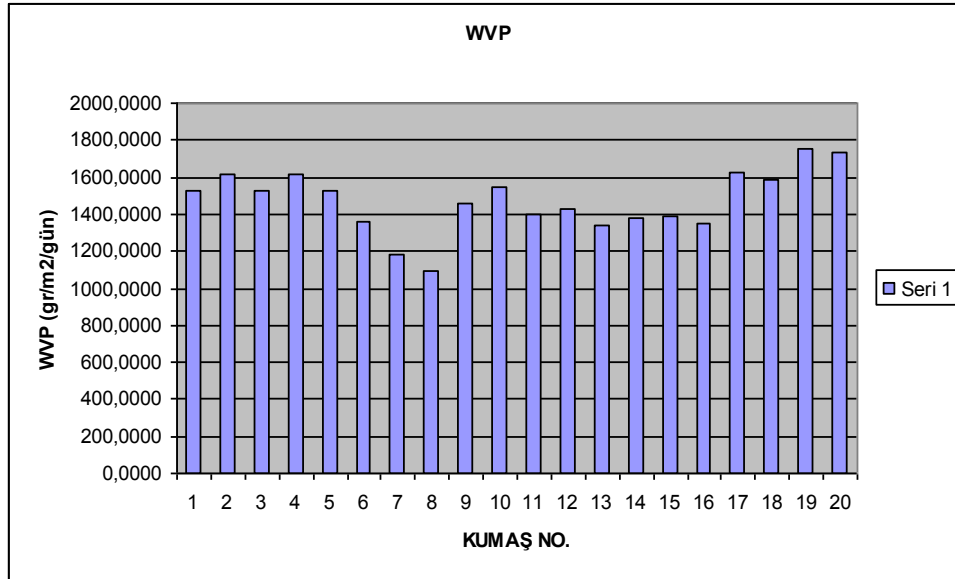
M: T (saat) suresinde deney kabında meydana gelen ağırlık kaybı,

A: Teste tabi tutulan kumaş alanı (m²)

Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlarda en yüksek su buharı geçirgenlik değeri 19-20 kumaş çiftinde görülmüştür. Hav ipliği yün hammaddesinden olan bu kumaş çiftinin subuharını en yüksek oranda transfer ettiği saptanmıştır. Bu sonucun yanında hav ipliği olarak sentetik lif kullanılan kumaşların su buharı geçirgenliği de son derece yüksektir. Özellikle drytouch iplik ile örülen 1-2 kumaş çiftinin diğer veriler ile birlikte değerlendirildiğinde su buharı geçirgenliği iyi seviyede görülmüştür.

Çizelge 4.3 : Kumaşların ortalama su buharı geçirgenlik indeks değeri.

KUMAŞ NO.	Test kabında meydana gelen ağırlık kaybı (gr)	WVP
1	0,6880	1528,8889
2	0,7250	1611,1111
3	0,6860	1524,4444
4	0,7250	1611,1111
5	0,6880	1528,8889
6	0,6100	1355,5556
7	0,5330	1184,4444
8	0,4900	1088,8889
9	0,6540	1453,3333
10	0,6940	1542,2222
11	0,6280	1395,5556
12	0,6440	1431,1111
13	0,6030	1340,0000
14	0,6220	1382,2222
15	0,6240	1386,6667
16	0,6060	1346,6667
17	0,7300	1622,2222
18	0,7150	1588,8889
19	0,7910	1757,7778
20	0,7820	1737,7778



Şekil 4.30 : Su buharı geçirgenliği WVP değeri.

Das ve ark. su buharı geçirgenliğini etkileyen ana faktörün lifler arası ve iplikler arası boşluklar olduğunu belirtmektedir [33]. Kumaşın daha açık yapıda olması su buharı geçirgenliğini artırmaktadır. Bu teze uygun olarak kumaş çiftlerinden 4 hav beslemeli kumaşların 8 hav beslemeli olanlara göre daha yüksek su buharı geçirgenliğine sahip olduğu görülmüştür.

4.3.6 Isıl iletkenlik, ısı direnç ve kalınlık

Isıl iletkenlik ısı transferinin sadece sıcaklığa bağılı olduğu durumlarda ve kararlı koşullar altında malzeme yüzeyine dik olarak birim kalınlıktan geçen ısı miktarı olarak tanımlanır ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot \frac{\Delta t}{h}}, \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (4.4)$$

λ : ısı iletkenlik

Q: ısı transferi

Δt : sıcaklık farkı

h: kumaş kalınlığı

A: alan

Isıl direnç ise birim kalınlıktaki malzemenin birim alanından birim zamanda geçen birim ısı akısının yarattığı sıcaklık farkıdır. Aşağıdaki formülle hesaplanır [74]:

$$r = \frac{h}{\lambda}, \text{ K m}^2 \text{ W}^{-1} \quad (4.5)$$

r: ısı direnç

h: numune kalınlığı

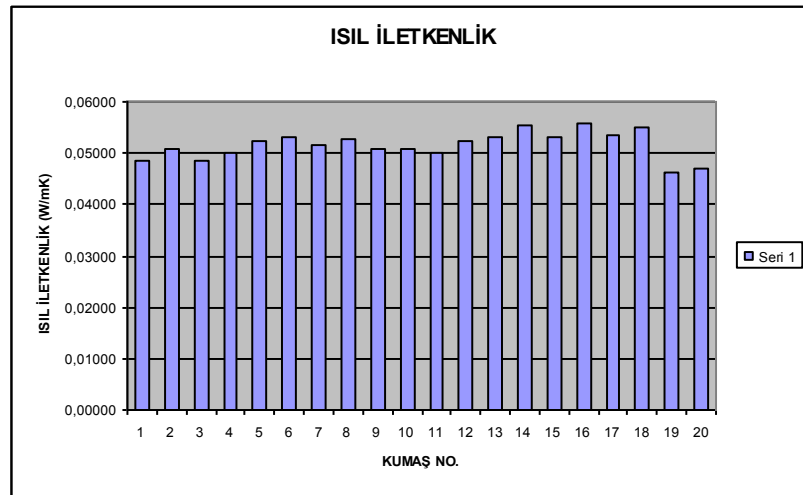
λ : ısı iletkenlik

Alambeta test cihazında elde edilen ortalama kumaş ısı iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık ve kalınlık değeri Çizelge 4.4 'de verilmektedir. Şekil 4.31, 4.32 ve 4.33'de ısı iletkenlik, ısı soğurganlık ve ısı direnç sonuçları kumaş numaralarına göre sıralanmış olarak verilmektedir.

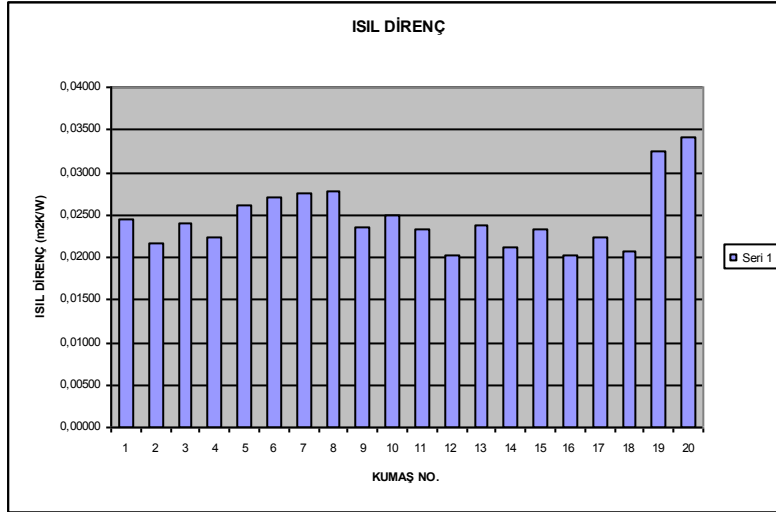
Sonuçlar incelendiğinde en yüksek ısı iletkenlik değerinin 15 ve 16 numaralı kumaşlar olduğu görülmektedir. Hav ipliği Ne 60/1 pamuk olan bu kumaşlar pamuk lifinin karakteristiğini yansıtarak ıslığı en fazla ileten kumaş olmuştur. İplik inceliği olarak bakıldığında 13 ve 14 numaralı kumaşlardaki Ne 40/1 pamuktan daha ince bir hammadde kullanıldığı ısı iletkenlik sonuçlarında da ispatlanmıştır.

Çizelge 4.4 : Kumaş ısı direnç, ısı iletkenlik,ısı soğurganlık ve kalınlık değerleri.

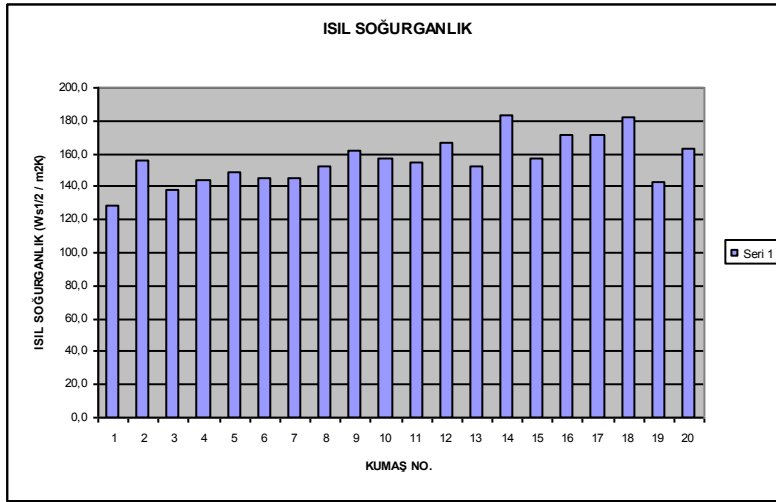
Kumaş No.	Isıl İletkenlik W/mK	Isıl Direnç (m ² K/W)	Isıl Soğurganlık (Ws ^{1/2} / m ² K)	Kalınlık (mm)
1	0,04846	0,02439	128,7	1,182
2	0,05095	0,02153	156,4	1,096
3	0,04842	0,02393	138,6	1,159
4	0,05017	0,02241	144,1	1,124
5	0,05253	0,02619	148,6	1,376
6	0,05319	0,02708	145,7	1,440
7	0,05176	0,02760	145,1	1,429
8	0,05258	0,02775	152,4	1,459
9	0,05076	0,02351	161,8	1,193
10	0,05092	0,02485	156,6	1,265
11	0,05024	0,02320	154,9	1,166
12	0,05233	0,02020	166,9	1,057
13	0,05295	0,02376	152,1	1,256
14	0,05533	0,02120	183,5	1,172
15	0,05294	0,02328	157,7	1,230
16	0,05584	0,02026	171,4	1,131
17	0,05339	0,02245	171,7	1,198
18	0,05492	0,02063	182,7	1,134
19	0,04618	0,03241	142,7	1,496
20	0,04691	0,03407	162,9	1,592



Şekil 4.31 : Kumaşların ısı iletkenlik değerleri.



Şekil 4.32 : Kumaşların ısı direnç değerleri.



Şekil 4.33 : Kumaşların ısı soğurganlık değerleri.

Yapılan ısı iletkenlik testlerinde en yüksek sonuçlar sırasıyla 16, 14, 18, 17, 6, 13, 15, 8, 5 numaralı kumaşlardır. Bu kumaşların ortak noktası 5 ve 6 dışındakiler selülozik esaslı liflerden olan pamuk ve viskon ipliklerle örülmüş olmalarıdır. Bu yüksek ısı iletkenlik seviyesine yakın olan 5 ve 6 numaralı kumaşlar sentetik iplik olan naylon ile örülmüştür. Test sonuçlarına göre bu seviyede yüksek ısı iletkenlikleri olan bu kumaşlar dış ortam ısını vücuda kolaylıkla iletecek, aynı zamanda vücut ısını da dışarı kolayca atacaktır. Isı iletkenlik değerleri açısından en düşük bulgular 19. ve 20. kumaşların değerleridir. Bu kumaşlar ısıyı en zor iletmekte yani dış ortam sıcaklığını vücuttan uzak tutmaktadır. Aynı zamanda vücutta oluşan ısıyı dış ortama transfer etmeyecektir.

Yapılan testlerde kumaşların ısı direnç değerleri karşılaştırıldığında en yüksek ısı direnç değerlerine 19 ve 20 numaralı kumaşların sahip olduğu görülür. Bu durum yün lifinin ısı direncinin diğer bütün liflere göre daha yüksek olduğunu ve bunun kumaşa etkisini gösterir. 19 ve 20 numaralı kumaşların yalıtım özelliği daha yüksektir, vücut ile çevre arasındaki ısı akışının en az olduğu ve kullanıcının daha sıcak hissettiği kumaşlardır. 19 ile 20 numaralı kumaşlar kendi arasında kıyaslandığında hav besleme oranı daha yüksek (8 besleme) olan 20 numaralı kumaşın ısı direncinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç da ısı direnç karakteristiğini sağlayan yün iplik oranının artışıyla ısı direnç değerinin de arttığını kanıtlar.

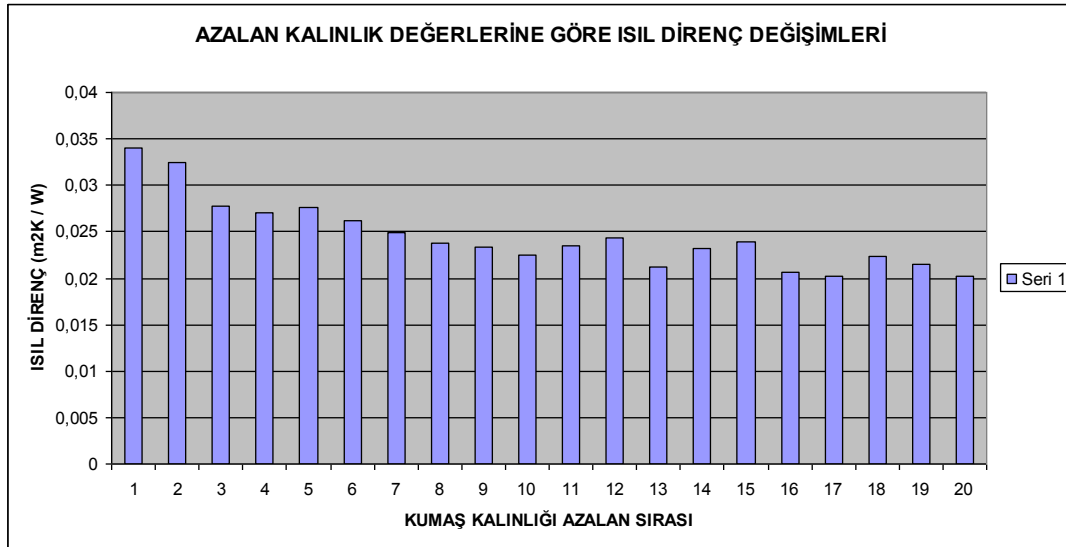
Yün lifinden sonra gelen ve nispeten diğer doğal lif hammaddeli kumaşlara oranla ısı direnç değerleri yüksek olan kumaşlar sırasıyla 8-7 ve 6-5 dir. Bu kumaş çiftlerinin herbiri naylon lifi hammaddeli kumaşlardır. Bu kumaşlar da hav ipliklerine bağlı özelliklerle ısı direnç gösterirler. Yine bu kumaş çiftleri de genel bir değerlendirme ile hav yoğunluğu yüksek olan kumaşın ısı direnci de daha yüksek çıkmıştır. Yani daha fazla (sık) hav sırası ile örülen kumaş daha yüksek yalıtımlı yani daha sıcak tutan bir kumaştır. İplik numarası daha düşük olan 8-7 kumaş çiftinin daha yüksek ısı direnç değerine sahip olması ipliği oluşturan ince lif toplulukları arasında daha fazla hava boşluklarının olmasındandır.

Sentetik lif hammaddeli kumaşlardan yukarıdaki seriye en yakın olan 10 numaralı kumaştır. Bu kumaş PP lifinin ısı direnç özelliğini kumaşa yansıtmıştır. 10 numaralı kumaşta hem ince (56 dtex) iplik kullanılmış hem de 8 sıra hav iplik besleme ile örülmüştür. Böylelikle ısı direnci en iyi bilinen liflere yakın bir ısı direnç değeri elde edilmiştir. Soğuk hava koşullarından korunmak ve sıcak hissedilmesi için uygun olan kumaşlar bu grup kumaşlardır.

Isıl soğurganlık test sonuçları incelendiğinde ise en yüksek değerlere sahip olan kumaşların 14, 18, 17, 16, 12, 20, 9, 15 10 numaralı kumaşlar olduğu görülmektedir. Soğurganlık değerinin yüksek olması cilde temas ettiğinde soğuk hissin algılanması anlamındadır. Yukarıda sıralanmış kumaşlar tene temas ettiğinde (yani giyildiğinde) daha serin bir algı doğuracaktır. Bu durum kullanım alanına göre giyim konforu için çok önemlidir. Soğurganlık değerinin düşük olması ise cilde temas ettiğinde sıcak hissin algılanması anlamındadır. Soğurganlık değeri en düşük olan 1 ve 3 numaralı kumaşların tene temasta sıcak his uyandırması beklenen bir sonuç olacaktır.

Çizelge 4.5 : Kumaş kalınlığının azalan sırada ısıl direnç ile ilişkisi.

KUMAŞ NO.	Kalınlık (mm)	Isıl Direnç (m ² K/W)
20	1,592	0,03407
19	1,496	0,03241
8	1,459	0,02775
6	1,440	0,02708
7	1,429	0,02760
5	1,376	0,02619
10	1,265	0,02485
13	1,256	0,02376
15	1,230	0,02328
17	1,198	0,02245
9	1,193	0,02351
1	1,182	0,02439
14	1,172	0,02120
11	1,166	0,02320
3	1,159	0,02393
18	1,134	0,02063
16	1,131	0,02026
4	1,124	0,02241
2	1,096	0,02153
12	1,057	0,02020



Şekil 4.34 : Kumaş kalınlığı ile ısıl direnç arasındaki ilişki.

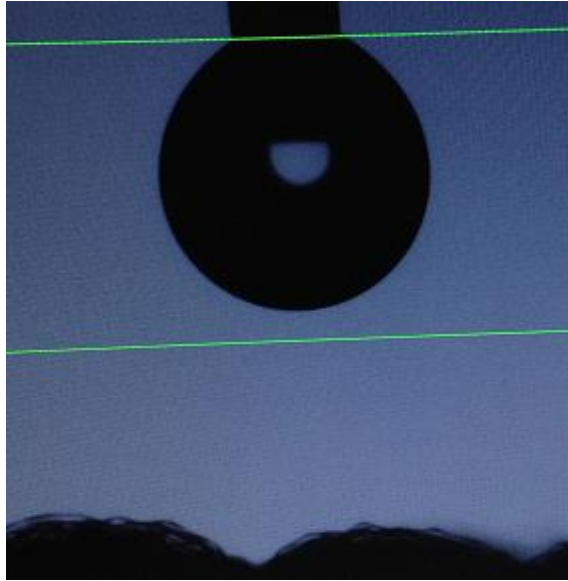
Kumaş kalınlığı ile ısıl direnç karşılaştırmalı incelendiğinde ısıl direncin kumaş kalınlığı azaldıkça azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Isıl iletkenlik formülünde kullanılan transfer edilen ısı miktarı, ön yüz ile arka yüz arasındaki ısı miktarı, alan ve kumaş kalınlığı ısıl iletkenliğe direkt olarak etki eden parametrelerdir. Kalınlığın ısıl iletkenliğe etkisi ise kalınlık arttıkça kumaşın içerdiği

hava miktarının artmasından kaynaklanır. Hava yalıtkan olduğu için kumaşta bulunan hava miktarının artışı ısı iletkenliğe negatif yönde etki etmektedir [75].

4.3.7 Temas açısı

Yapılan temas açısı ölçümlerinde elde edilen temas açısının mikroskopik görüntüde fotoğrafları Şekil 4.35 de görölmektedir.

Kumaş yüzeyi ve su molekülleri arasında görölen temas açısı katı-sıvı temas geometrisini açıklamaktadır. Temas açısı katı bir malzemenin ıslanabilirlik analizleri için kullanılır. Ara yüzey gerilimi, düz ve homojen yüzeyler ile farklı yüzey gerilimindeki sıvılar temas ettiğinde görölür. Tekstil kumaşları gibi heterojen yüzeylerde ise temas açısı ara yüzey gerilimi, yüzey pürüzlölüğü, kimyasal heterojenlik, polar gruplar, emilim katmanları, emme, gözeneklilik, lif şişmesi, moleküler oryantasyon ve iplik gerilimlerine göre şekillenir. Temas açısı aynı zamanda ıslanabilirliği belirler. Düşük temas açısı yüksek ıslanabilirlik değeerlerine neden olur [79].



Şekil 4.35 : Temas açısının mikroskopik görüntüsü.

Katı bir yüzeyin ıslanma davranışı yüzey gerilimleri ve yüzey pürüzlölüğü tarafından kontrol edilir. Tekstil lifleri ideal yüzeye sahip değildir. Tekstil yüzeylerinin ıslanabilirlik davranışları yüzey pürüzlölüğü, heterojenlik, sıvı emilimi ve yüzey aktif maddelerle yüzey enerjilerinin değışimleri ile karmaşık bir yapıda şekillenir.

Ayrıca, kalınlık, yoğunluk, büküm, iplik tipi, iplik numarası, iç hacim, gözenek boyutu ve dağılımı gibi kumaşın geometrik özellikleri yapıyı ideal olmayan bir hale getirir. Kumaş yapısı ve gerilimi yüzey pürüzlülüğünü etkiler [79].

Bu çalışmadaki kumaşların temas açıları ölçümleri damlacığın yüzeyde sabit durmamasından ve ölçüm yapılamayacak bir sürede kumaşın arka yüzeyine geçmesinden dolayı yapılamamıştır. Test numunelerinin bazılarında ölçüm alınmasına rağmen elde edilen sonuçların değerlendirilmeye konması sağlıklı olmayacağı düşünülmüş istatistiki değerlendirmeye alınmamıştır.

4.4 İstatiksel Değerlendirme

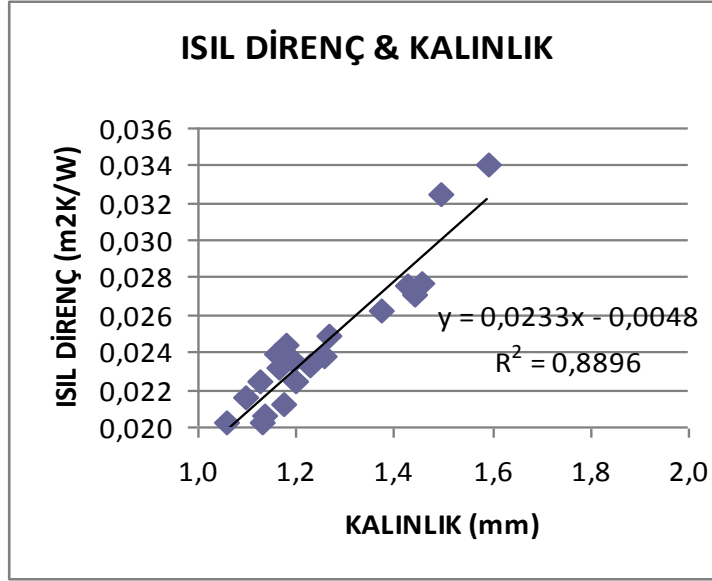
Bu bölümde yapılan tüm testlerin istatistiksel değerlendirmesi SPSS 20 istatistik programında analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.6 da yapılan testlerin sonuçları arasındaki korelasyon katsayıları verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Yapılan testler arasındaki bağımsız değişkenlerin ilişkisi.

		WVP	isil_iletke nlik	isil_direnc	isil_sogurga nlik	Kalinlik	transfer_islana n_kumas	transfer_islatan _kumas	dikey_isla nma_sira	dikey_islan ma_may	su_buharlas ma_oranı	gramaj
WVP	Pearson Correlation	1	-,527*	,192	,006	-,030	-,057	,063	-,227	-,234	,141	,039
	Sig. (2-tailed)		,017	,418	,980	,900	,811	,790	,336	,322	,553	,871
isil_iletkenli k	Pearson Correlation	-,527*	1	-,647**	,641**	-,364	,276	-,271	-,032	-,094	-,572**	,052
	Sig. (2-tailed)	,017		,002	,002	,114	,239	,248	,894	,695	,008	,827
isil_direnc	Pearson Correlation	,192	-,647**	1	-,423	,943**	-,473*	,472*	-,004	,040	,218	,624**
	Sig. (2-tailed)	,418	,002		,063	,000	,035	,036	,988	,866	,356	,003
isil_sogurga nlik	Pearson Correlation	,006	,641**	-,423	1	-,290	,173	-,198	-,232	-,331	-,590**	,278
	Sig. (2-tailed)	,980	,002	,063		,215	,465	,404	,325	,153	,006	,235
Kalinlik	Pearson Correlation	-,030	-,364	,943**	-,290	1	-,466*	,477*	,037	,067	,052	,755**
	Sig. (2-tailed)	,900	,114	,000	,215		,038	,034	,878	,778	,828	,000
transfer_isla nan_kumas	Pearson Correlation	-,057	,276	-,473*	,173	-,466*	1	-,958**	-,426	-,417	-,157	-,372
	Sig. (2-tailed)	,811	,239	,035	,465	,038		,000	,061	,068	,510	,106
transfer_islat an_kumas	Pearson Correlation	,063	-,271	,472*	-,198	,477*	-,958**	1	,527*	,511*	,190	,339
	Sig. (2-tailed)	,790	,248	,036	,404	,034	,000		,017	,021	,423	,144
dikey_islan ma_sira	Pearson Correlation	-,227	-,032	-,004	-,232	,037	-,426	,527*	1	,974**	,349	-,227
	Sig. (2-tailed)	,336	,894	,988	,325	,878	,061	,017		,000	,132	,336
dikey_islan ma_may	Pearson Correlation	-,234	-,094	,040	-,331	,067	-,417	,511*	,974**	1	,352	-,252
	Sig. (2-tailed)	,322	,695	,866	,153	,778	,068	,021	,000		,128	,284
su_buharlas ma_oranı	Pearson Correlation	,141	-,572**	,218	-,590**	,052	-,157	,190	,349	,352	1	-,331
	Sig. (2-tailed)	,553	,008	,356	,006	,828	,510	,423	,132	,128		,154
gramaj	Pearson Correlation	,039	,052	,624**	,278	,755**	-,372	,339	-,227	-,252	-,331	1
	Sig. (2-tailed)	,871	,827	,003	,235	,000	,106	,144	,336	,284	,154	
**. Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed).												
*. Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed).												

4.4.1 Isıl direnç & kalınlık



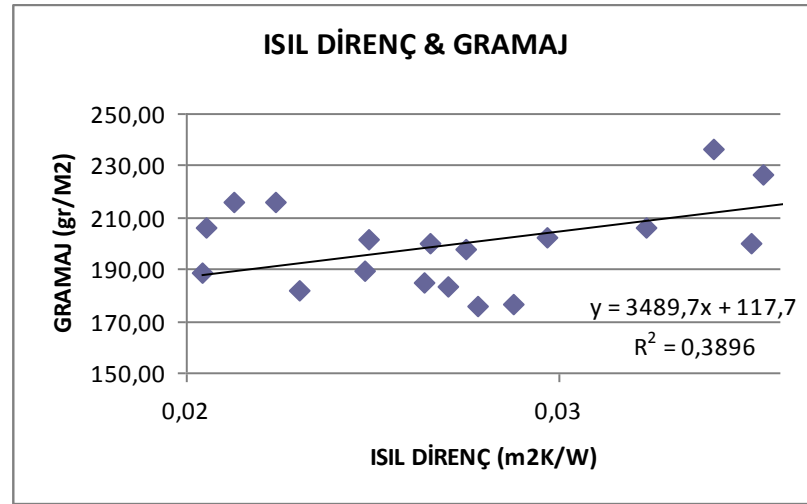
Şekil 4.36 : Isıl direnç-kumaş kalınlığı arasındaki ilişki.

Kumaşların ısı direnç kalınlık korelasyon analizinde elde edilen korelasyon katsayısı 0,943 ($p=0,000$) kalınlık artışı ile ısı dirence arasında önemli bir ilişki olduğunu ve bu ilişkinin pozitif yönde olduğunu ifade etmektedir. Yani kalınlık arttıkça ısı direnç de artmaktadır. Isıl direnç ve kalınlık arasındaki korelasyon Jun ve ark. tarafından yapılan çalışmada da gözlenmiştir [76].

Hesaplatılan regresyon denkleminde pozitif yönlü bir eğilim çizgisi görülmüştür. R^2 korelasyon katsayısının karesini ifade eder. Bu gözlem değerlerine göre elde edilen regresyon bağıntısının hatasını gösterir. 0 ile +1 arasında değerler alır, ve ne kadar 1'e yakınsa tahmin edilen regresyon doğrusunun gözlemleri doğru yansıttığı anlaşılır. Çizelge 4.6'de elde edilen sonuçlara göre %95 güven düzeyinde bu ilişkinin anlamlı olduğu sonucu çıkmaktadır.

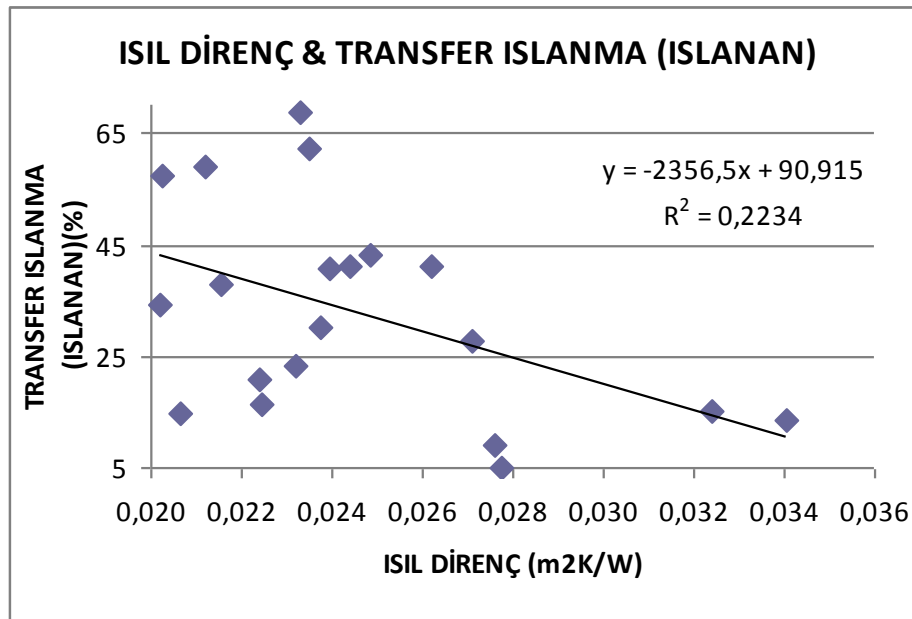
4.4.2 Isıl direnç & gramaj

Isıl direnç ve gramaj arasında da pozitif yönde bir ilişki bulunmaktadır (Pearson korelasyon katsayısı=0,624, $p=0,003$). Oğlakçıoğlu ve Marmaralı çalışmalarında ağırlık artışının birim alana düşen lif miktarını artırdığını belirtmişlerdir. Birim kesite düşen lif miktarının artışı ile hava miktarının azalışı kumaşın ısı geçişine direncini artırmaktadır [77].



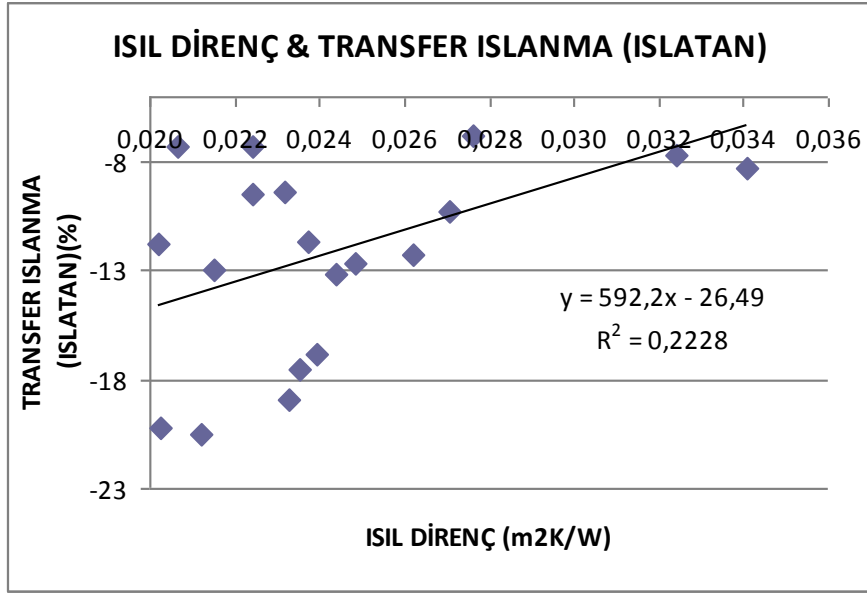
Şekil 4.37 : Isıl direnç-kumaş gramajı arasındaki ilişki.

4.4.3 Isıl direnç & transfer ıslanma



Şekil 4.38 : Isıl direnç-transfer ıslanma (ıslanan) arasındaki ilişki.

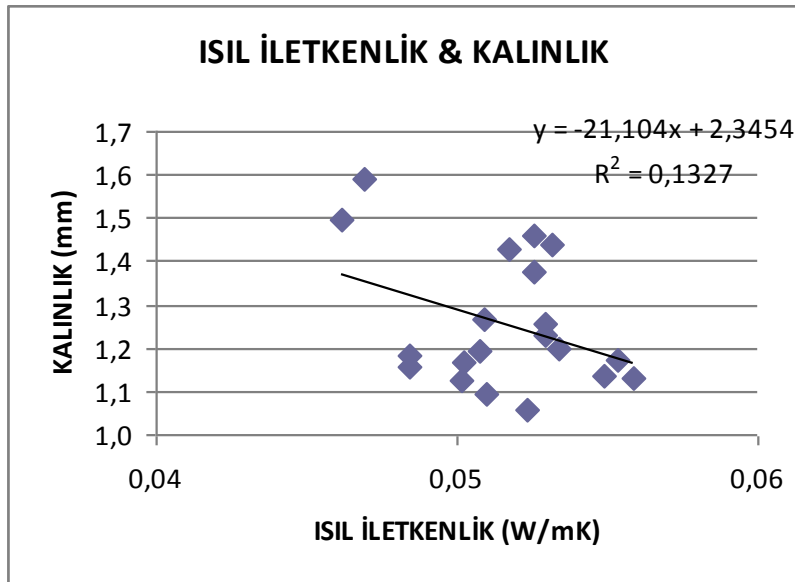
Isıl direnç ve transfer ıslanma test sonuçları istetikselsel olarak incelendiğinde veriler ışığında ıslanan kumaşla negatif ıslatan kumaşla pozitif yönde görülen korelasyon nicelik bakımından birbirine çok yakındır. Şekil 4.38 'de test kumaşlarının transfer ıslanma oranı arttıkça ısı dirençlerinin düştüğü görülmektedir (Pearson katsayısı: - 0,473 p=0,035).



Şekil 4.39 : Isıl direnç-transfer ıslanma (ıslatan) arasındaki ilişki.

Ters yönlü ancak benzer ilişki ıslatan kumaş ıslatma oranı ve ısı direnç değeri arasında da mevcuttur. Şekil 4.38 ve 4.39 birlikte yorumlandığında ıslanma ve ıslatma eğilimi az olan kumaş yani transfer ıslanma değeri düşük olan kumaş daha yüksek ısı dirence sahiptir.

4.4.4 Isıl iletkenlik & kalınlık



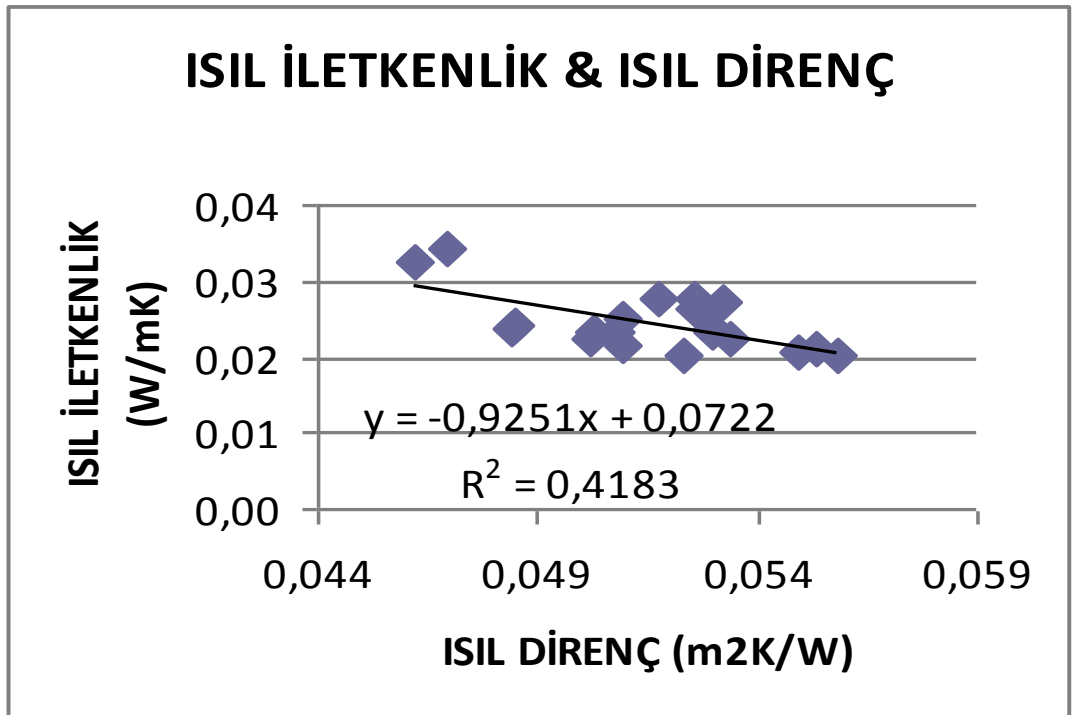
Şekil 4.40 : Isıl iletkenlik-kumaş kalınlığı arasındaki ilişki.

Kumaşların ısı iletkenlik kalınlık korelasyon analizinde elde edilen korelasyon katsayısının -0,364 değeri ($p=0,114$) kalınlık artışının ısı iletkenliğe negatif yönde

etki ettiğini gösterir. Yani kalınlık artışı ısı iletkenliği azaltmaktadır. Denklem 4.4'te verilen ısı iletkenlik formülü incelendiğinde de bu durum net olarak görülebilir. Isı iletkenlik formülünde kullanılan transfer edilen ısı miktarı, ön yüz ile arka yüz arasındaki ısı miktarı, alan ve kumaş kalınlığı ısı iletkenliğe direkt olarak etki eden parametrelerdir. Kalınlığın ısı iletkenliğe etkisi ise kalınlık arttıkça kumaşın içerdiği hava miktarının artmasından kaynaklanır. Hava yalıtkan olduğu için kumaşta bulunan hava miktarının artışı ısı iletkenliğe negatif yönde etki etmektedir [75].

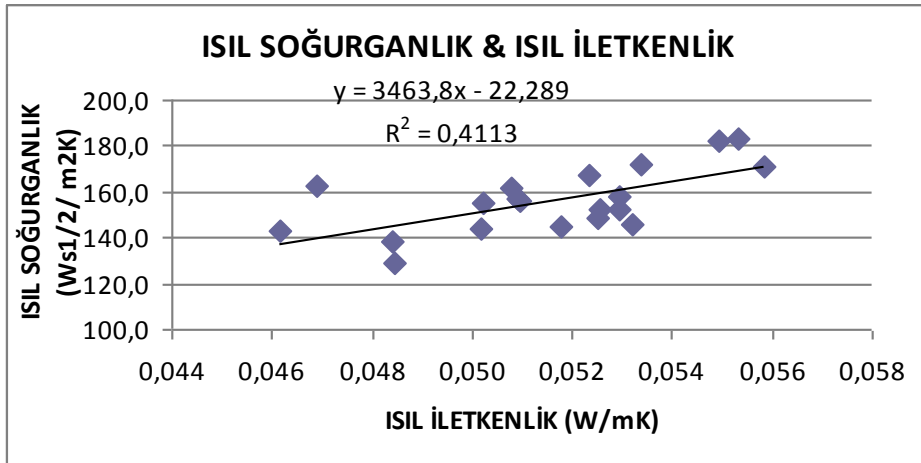
4.4.5 Isı direnç & ısı iletkenlik

Isı iletkenlikle ısı direnç arasındaki -0,647'lük Pearson korelasyon katsayısı ($p=0,002$) kuvvetli negatif korelasyonu gösterir. Nitekim Denklem 4.4 ve 4.5'te verilen ısı direnç ve ısı iletkenlik formüllerinde de ısı iletkenlikle ısı direnç arasındaki ters orantı açıkça görülmektedir. Isı iletkenlik lifin iletkenliği ve kumaş kalınlığından etkilenir, kumaş kalınlığının artışı ise daha önce de belirtildiği gibi ısı iletkenliği azaltmaktadır. Isı direnç ise kumaş kalınlığından pozitif yönde etkilenir.



Şekil 4.41 : Isı iletkenlik-ısı direnç arasındaki ilişki.

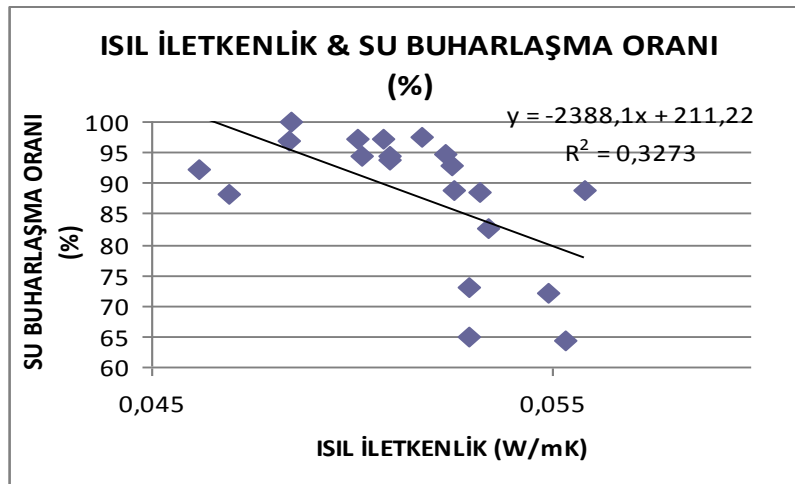
4.4.6 Isıl soğurganlık & ısı iletkenlik



Şekil 4.42 : Isıl soğurganlık-ısı iletkenlik arasındaki ilişki.

Isıl soğurganlık ısı iletkenlik arasındaki 0,641'lük Pearson korelasyon katsayısı ($p=0,002$) pozitif korelasyonu gösterir. Bu bağıntının anlamı ısı iletkenliği yüksek olan kumaşların soğurganlık değerinin de yüksek olduğu anlamına gelir. Yani yüksek ısı iletkenlikteki kumaşlar tenen daha serin bir his verecektir.

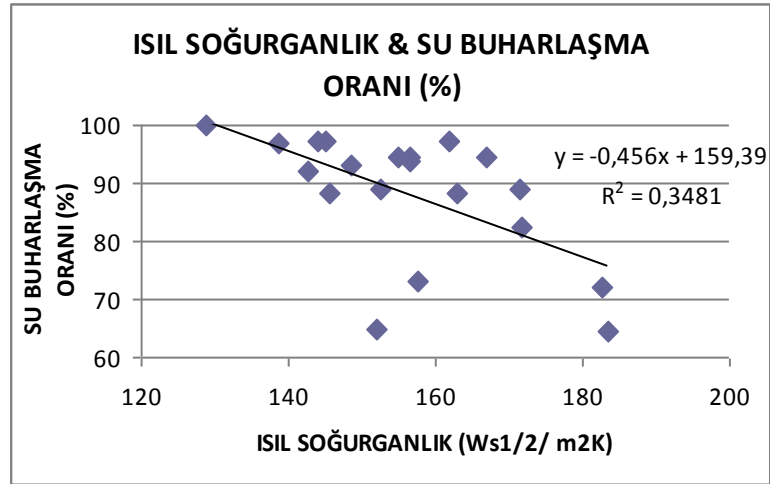
4.4.7 Isıl iletkenlik & su buharlaşma oranı



Şekil 4.43 : Isıl iletkenlik-su buharlaşma oranı arasındaki ilişki.

Isıl iletkenlik su buharlaşma oranı arasındaki -0,572'lik Pearson korelasyon katsayısı ($p=0,008$) negatif korelasyonu gösterir. Bu bağıntının anlamı su buharlaşma oranı yüksek olan kumaşların ısı iletkenliği değerinin de yüksek olduğu anlamına gelir. Yani çabuk kuruyan kumaşlar ısıyı daha yüksek oranda iletmektedir.

4.4.8 Isıl soğurganlık & su buharlaşma oranı

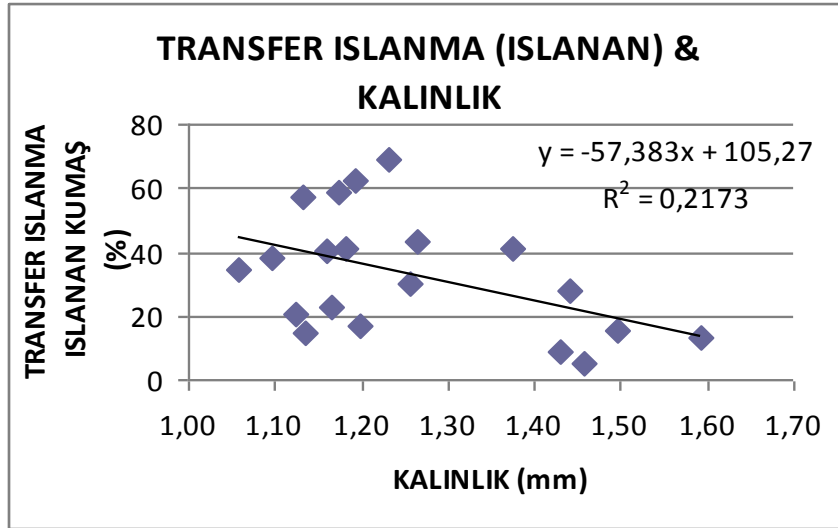


Şekil 4.44 : Isıl soğurganlık-su buharlaşma oranı arasındaki ilişki.

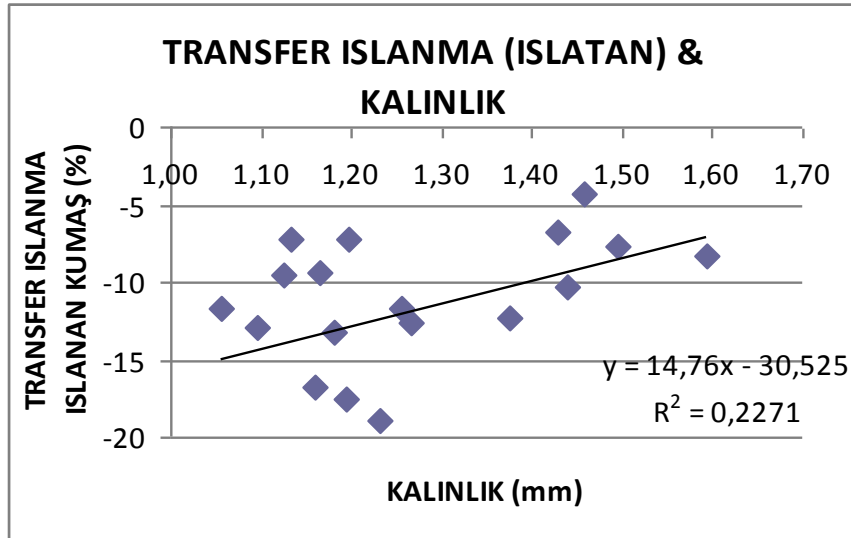
Isıl soğurganlık su buharlaşma oranı arasındaki -0,590'lik korelasyon katsayısı ($p=0,006$) negatif korelasyonu gösterir. Bu bağıntının anlamı su buharlaşma oranı yüksek olan kumaşların ısıl soğurganlık değerinin de yüksek olduğu anlamına gelir. Yani çabuk kuruyan kumaşlar tende daha serin bir his uyandırır.

4.4.9 Transfer ıslanma & kalınlık ve gramaj

Transfer ıslanma ve kalınlık arasındaki ilişki Zhuang ve ark. tarafından kalınlık artışıyla suyun tutulabileceği alanın da artmasıyla açıklanmıştır. Islanmayı başlatmaya yetecek kadar kılcal basınç altında kalınlığın artışı transfer ıslanmayı da artırmaktadır. Aynı zamanda ıslak kumaşta bulunan su miktarı da transfer ıslanmayı etkilemektedir [78].

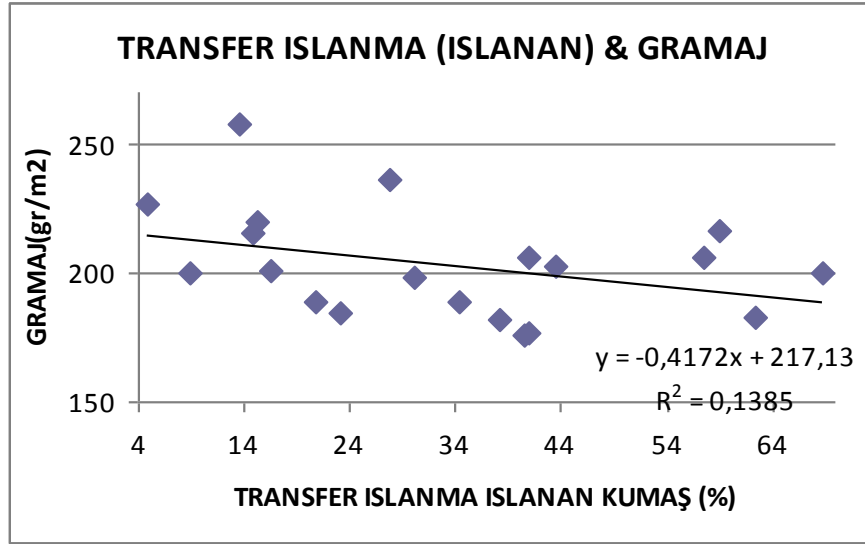


Şekil 4.45 : Transfer ıslanma (ıslanan)-kumaş kalınlığı arasındaki ilişki.

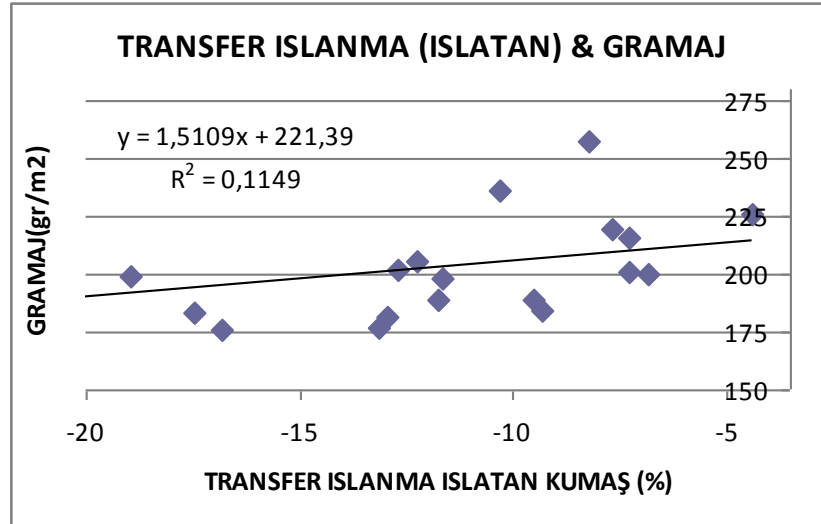


Şekil 4.46 : Transfer ıslanma (ıslanan)-kumaş kalınlığı arasındaki ilişki.

Transfer ıslanma oranları istatistiksel olarak analiz edildiğinde sonuçların gramaj ve kumaş kalınlığına göre korelasyonu pozitifdir (transfer ıslanan kumaş & kalınlık: Pearson katsayısı -0,466 (p=0,038) transfer ıslatan kumaş & kalınlık : Pearson katsayısı 0,477 (p= 0,034)). Yani kalınlık artışının transfer ıslanmaya etkisi pozitif yönde gerçekleşmektedir. Bu durum Şekil 4.45 ve 4.46 daki grafiklerde görülmektedir. Kalınlık artışı temas halindeki kumaşın daha çabuk ve yüksek oranda ıslanmasını beraberinde getirmektedir.



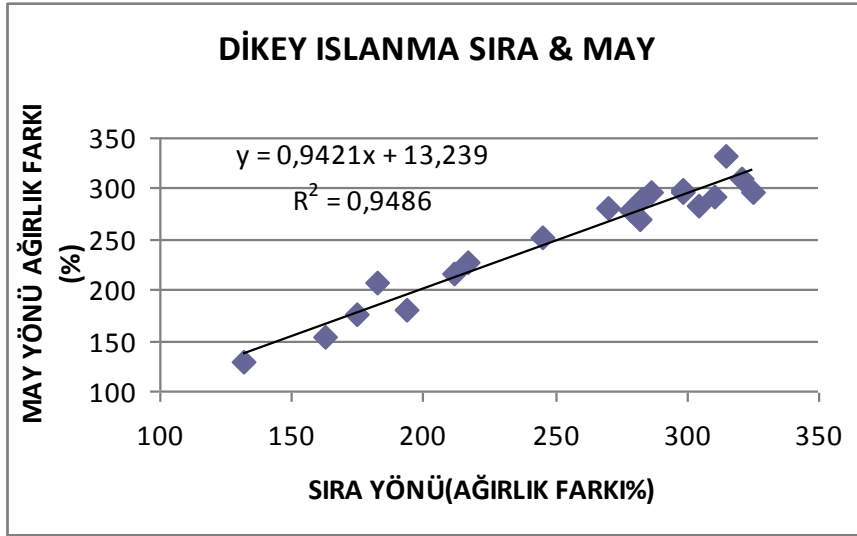
Şekil 4.47 : Transfer ıslanma (ıslanan)-gramaj arasındaki ilişki.



Şekil 4.48 : Transfer ıslanma (ıslatan)-gramaj arasındaki ilişki.

Transfer ıslanma oranlarının istatistiksel analizi gramaj açısından incelendiğinde sonuçların gramaja göre korelasyonu pozitifdir (transfer ıslanan kumaş & gramaj: Pearson katsayısı -0,372 (p=0,106) transfer ıslatan kumaş & kalınlık : Pearson katsayısı 0,339 (p= 0,1444)). Yani gramaj artışının transfer ıslanmada ıslatma oranına etkisi pozitif ıslanma oranına etkisi negatif yönde gerçekleşmektedir. Bu durum Şekil 4.47 ve 4.48 deki grafiklerde görülmektedir.

4.4.10 Dikey ıslanma sıra & may yönü



Şekil 4.49 : Dikey ıslanma sıra ve may yönü arasındaki ilişki.

Dikey ıslanma test sonuçları istatistiksel açıdan incelendiğinde sıra yönündeki ıslanma ile may yönündeki ıslanma arasında pozitif bir korelasyon görülmektedir. Sıra ve may yönlü dikey ıslanmanın arasındaki Pearson katsayısı 0,974 'tür ($p=0,000$). Bu sonuç kumaşın sıra yönünde ve may yönünde yakın hızda ve oranda dikey ıslanma gösterdiğini anlatır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada dikişsiz iç giyim sektöründe halihazırda üretimi yapılan içlik ve sportif kıyafet olarak kullanılan kumaşların termal konfor özellikleri incelenmiştir.

Giysinin nihai kullanım alanına göre spesifik özelliklere sahip olması gerekmektedir. Örneğin sportif bir içliğin serin tutan, teri transfer eden hafif ve esnek bir kumaştan yapılması gerekir. Askeri bir alanda kullanılan bir içlik giysinin ise sıcak tutan, terletmeyen ve esnek bir yapıda olması gerekir. İlgili kumaşların termal konfor analizini yapmak amacıyla kumaşların gramaj, dikey ıslanma, transfer ıslanma, su buharı geçirirnlığı, su buharlaşma hızı, ısı iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık, kalınlık ve su temas açıları ölçülmüştür.

Dikey ıslanma testinde kumaş numuneleri saf suya batırılarak 10 dakika boyunca suyun numunede yükselmesi izlenerek kaydedilmiştir. Bir kumaşın dikey ıslanma özelliği kılcal basınç taraflarından yönetilir. Küçük ve düzgün yüzeyli gözeneklere sahip liflerin kılcallığı yüksektir. Bu durum sentetik liflerin dikey ıslanmasının iyi olması gerektirir. Bu çalışmada sentetik lifler başta olmak üzere 5 ve 7 no'lu kumaşların (nylon 6.6 78/68/1 ve 44/34/1 dört düşüş hav iplik besleme) dikey ıslanmasının iyi olduğu deneysel olarak görülmüştür.

Transfer ıslanma testinde iki adet kauçuk disk arasına yerleştirilen birbiri ile temas halindeki ıslak ve kuru numuneler arasındaki sıvı transfer miktarı ölçülmüştür. Diskler tarafından uygulanan basınç kullanım sırasında tekstil malzemelerinin maruz kaldığı basıncı ifade etmektedir. Transfer ıslanma testinde kumaşların ağırlık değişim eğrileri incelenerek basınç altında sıvı transfer davranışı analiz edilmiştir. Bu çalışmada oransal olarak en iyi dikey ıslanma sonuçlarını polipropilen, pamuk ve viskon hav ipliklibeslemeli kumaşlar göstermiştir. Polipropilen bünyesine sıfıra yakın nem almasına rağmen yüzey özellikleri ve kapiler yapısı sayesinde temas ettiği yüzeyin nemini yüksek oranda kumaşa çekip transfer etme eğilimi gösterir. Aynı zamanda pamuk ve viskon hidrofilik lifler olduğu için suyu çekmeye eğilimleri

fazladır bu da transfer ıslanma özelliklerini iyileştirmektedir. Elde edilen deney sonuçları istatistiksel olarak analiz edildiğinde gramaj ve kalınlığı transfer ıslanmaya pozitif olarak etki ettiği görülmüştür. Literatürde bu durum kalınlık artışıyla suyun kumaş üzerinde tutabileceği alanın artması olarak açıklanmıştır [79]. Aynı zamanda istatistiksel analizlerde transferıslanma ile ısı direnç arasındaki kuvvetli korelasyon (0,05 düzeyinde anlamlı) bulunmaktadır.

Su buharlaşma hızı malzemenin kuruma hızının bir göstergesidir. Su buharlaşma hızına etki eden en önemli parametre lifin nem içeriğidir. Tene temas eden bir giyside kuruma özelliği konforu etkileyen en önemli faktörlerdendir. Bu tip bir giyside çabuk kuruma terleyen vücutla temas sonucu ıslanan kumaşın çabuk kuruması anlamına gelir. Benzer şekilde su buharı geçirgenliği de vücut konforuna büyük etki yapar, çünkü ter vücuttan buhar formunda atılır ve insan tenine temas eden kumaşların buhar geçirgen olması gerekir. Bu çalışma sonuçlarının istatistiksel korelasyonu incelendiğinde ikisi arasındaki pozitif ilişki lif nem içeriğinin su buharı geçirgenliğini etkilediği yorumu çıkarılmıştır. Ayrıca pamuklu ve yünlü kumaşlarda gramaj ve kalınlığın su buharı geçirgenliğine negatif yönde etki ettiği görülmüştür. Su buharı geçirgenliğinde en önemli parametre lifler arası boşluklardır. Pamuklu ve yünlü kumaşlar su buharına maruz kaldıklarında suyu bünyelerine çekerek şiştiklerinden lifler arası boşluklar bu şişme sonucunda daralmaktadır. Boşlukların azalması da malzemenin su buharına karşı geçirgenliğini azaltmaktadır.

Isıl iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık ve kalınlık ölçümleri temel konfor analizi için yapılan diğer testlerdir. İçlik giysilerde kullanılan kumaşların termal özellikleri nihai kullanım açısından değerlendirilir.

Kimi içlik kumaşların son kullanımda sıcak tutması gerekir. Askeri kışlık kıyafetler, kış sporları kıyafetleri gibi vücut sıcaklığının korunması gereken durumlarda ısı dirençleri yüksek kumaşlar kullanılır. Bu kumaşların başında 19 ve 20 nolu kumaşlar yani yün hav iplikli kumaşlar gelir. Aynı zamanda bu tip giysilerde kumaşların ısı soğurganlık değerleri düşük olmalıdır çünkü tende sıcak bir his uyandırmalıdır. Eğer giysi sportif bir alanda kullanılacak ise vücut sıcaklığını dışarı atmalı yani ısı iletkenliği yüksek ve ısı direnci düşük olmalıdır. Aynı zamanda ısı soğurganlık değeri serin bir his vermesi için yüksek olmalıdır.

Bu çalışmada yapılan konfor testleri bir bütün olarak değerlendirildiğinde kumaş kalınlığının diğer ölçüm sonuçları üzerinde önemli etkileri olduğu istatistiksel olarak saptanmıştır. Kumaş kalınlığının ısı direnç ve transfer ıslanmaya pozitif, ısı iletkenlik ve ısı soğurganlığa negatif yönde etki ettiği görülmüştür.

Diğer birçok özelliği etkileyen kalınlık nihai kullanım alanına göre göz önünde bulundurularak giysi tasarımı yapılmalıdır. Çünkü son kullanımda kumaşın kalınlığı ve dolayısıyla gramajı büyük önem arz edebilir. Özellikle spor kıyafetlerinde hız ve hafiflik ön planda olduğu için kumaş gramajı kullanım rahatlığına belirler.

Giysi tasarımı yaparken kullanılacak kumaş iki ana başlıkta değerlendirilmelidir Birinci grup giysiler soğuk dış ortamda kullanılacak ve soğuk dış koşullardan vücudu en az etkileyecek giysilerdir. İkinci grup giysiler ise yüksek efor sarfedildiği durumlarda, terlemenin yüksek olduğu ve fiziksel aktivitenin kumaşın hafif olması dolayısıyla kısıtlanmaması gereken durumlarda kullanılan giysilerdir.

Bahsedilen birinci grup giysiler kayak kıyafetlerindeki içlikler yada askeri kış kıyafetlerinin içlikleri olabilir. Bu tip bir içlik kumaşın ısı direnci yüksek olmalıdır çünkü vücut ısısını içeride tutması gerekir. Aynı zamanda ısı iletkenliği düşük olmalıdır çünkü dış soğuk ortam ısısını vücuda iletmemesi gerekir. Bu bağlamda soğuk hava şartlarında kullanılacak kumaşlarda ısı dayanımı yüksek, soğuk dış ortamda vücudu sıcak tutacak yün, pamuk ve viskon karışımı kumaşlar kullanılabilir. Ancak bu kumaşların sıvı transfer özellikleri ve kuruma hızları konfor gereksinimini karşılamaz. Dolayısıyla su buharlaşma oranı ve su buharı geçirgenliği oranı yüksek olan ve optimum ısı dirence sahip polyester drytouch veya polipropilen iplikler hav ipliği olarak kullanılabilir. Bu tip ipliklerin kullanıldığı kumaşların gramajları da son derece hafiftir ve kullanıcı fiziksel aktivitelerini kısıtlamaz.

İkinci grup giysiler ise koşu, basketbol, voleybol gibi spor alanlarında kullanılan soğuk ve zorlu dış koşulların yüksek oranda önemli olmadığı, nem transferleri ve kurumamanın daha önemli olduğu durumlar için tasarlanır. Bu durumlarda vücut sıcaklığı kolaylıkla dışarı transfer edilmelidir. Yani giysi tasarımında kullanılan kumaşların ısı iletkenlikleri yüksek ısı dirençleri düşük olmalıdır. Aynı zamanda yüksek eforlu fiziksel aktiviteler sonucu oluşan terlemeyi vücuttan emip dışarı atmalı ve çabuk kurumalıdır. Bu tip giysiler için optimum gereksinimleri sağlayacak polyester, naylon ve polipropilen iplikler hav ipliği olarak kullanılabilir.

İplik parametreleri dışında tasarlanan kumaşta nihai kullanım göz önünde bulundurularak hav yoğunluğu ayarlanmalıdır. Unutulmamalıdır ki kullanılan hav ipliği ölçülen parametreyi birinci decede etkileyen faktördür. Hav ipliği yoğunlaştıkça iplik özelliği kumaş üzerinde dahada baskın duruma gelmektedir.

Daha sık hav ipliği olan kumaşlar seyrek hav iplikli kumaşlara göre daha yüksek iletkenlik, ısıl soğurganlık değerlerine ve daha düşük su buharlaşma oranı, dikey ıslanma, transfer ıslanma ve ısıl direnç değerlerine sahiptir.

Yapılan bu deneysel kumaş tasarımının sonucunda içlik kumaşların konfor özelliklerine etki eden parametrele belirlenmiştir. Tasarımı yapılacak içlik giysi için son kullanım alanına göre hav ipliği hammaddesi ve sıklığı belirlenmelidir.

Bu çalışma sonucu elde edilen veriler ışığında ileriki çalışmalarda;

- Aşırı soğuk hava koşullarında ısıl direnci yüksek ve vücut ısısının korunması gereken durumların,
- Sportif faaliyet gibi yüksek efor sarf edilen aktivitelerde vücut ısısı ve ter transferi gerektiren durumların

insan vücudu üzerinde denemeler yapılarak tasarlanan kumaşların performans özelliklerinin test edilmesi önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- [1] **Terliksiz S., Kalaoğlu F. ve Eryürük S.H.**, (2012). Sandviç kumaşların Termal Konfor Özellikleri, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek lisans tezi), 19.
- [2] **Fabris J. P., Camaron M. E., Russo S. L.** (2011). Analysis of Thermal Comfort in the Textil Industry, *European Journal of Scientific Research*, Vol.65(2), 168-174
- [3] **Weder M., Rossi R. M., Chaigneau C., Tillmann B.** (2008). Evaporative Cooling and Heat Transfer in Functional Underwear, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol.20 Iss:2pp., 68-78
- [4] **Jussila K., Vakkala A., Remes J., Anttonen H.**(2010). The Effect of Cold Protective Clothing on Comfort and Perception of Performance, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, Vol.16 (2), 185-197
- [5] **Yu Y. ve Qian X.**(2011). The Effect of Material Performances of Knit Fabric on Clothing Comfort, *Advanced Materials Research*, Vols. 156-157, 717-723.
- [6] **Cubric I. S., Skenderi Z., Mihelic'-Bogdanic' A., Andrassy M.** (2012). Experimental Study of Thermal Resistance of Knitted Fabrics, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 38, 223-228
- [7] **Mijovic B., Salopek I., Skenderi Z.**, (2010). Measurement of thermal parameters of skin fabrics-environment, *Period Biol*, 112, 69-73.
- [8] **Farnworth B., Dolhan P.A.** , (1985) Heat and water transport through cotton and polypropylene underwear, *Textile Research Journal*, 55, 627-630.
- [9] **Schneider A.M., Huschke B.N., Goldsmith H.J.**, (1992) Heat transfer through moist fabrics, *Textile Research Journal*, 62, 61-66.
- [10] **Holcomb B.V., Hoschke B.N.**, (1983) Dry heat transfer characteristics of underwear fabrics, *Textile Research Journal*, 53, 368-374
- [11] **Woo S.S, Shalev I., Barker R.L.**, (1994) Heat and moisture transfer through nonwoven fabrics. *J. Text. Ind.* 64, 149-162
- [12] **Tzanov T., Betcheva R., Hardalov I.**, (1999) Thermophysiological comfort of silicone softeners-treated woven textile materials, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11, 189-197.
- [13] **Yasuda T., Miyama M., Yasuda H.**, (1992) Dynamic water vapour and heat transport through layered fabrics, *Textile Research Journal*, 62 , 227-235.

- [14] **Süpüren G., Oğlakçioğlu N., Özdil N. ve Marmarali A.** (2011). Moisture Management and Thermal Absorptivity Properties of Double-face Knitted Fabrics, *Textile Research Journal*, 81 (13), 1320-1330.
- [15] **Umbach K. H.**, (1980). Chemiefasern, *Textil Industrie*, 8, 628-636.
- [16] **Wu H. Y., Zang W. Y., Li J.**, (2009) *Fibres & Textiles in Eastern Europa*, vol.17, Np:4 (75), 46-51
- [17] **Bartkowiak G.** (2010). Influence of Undergarment Structure on the Parameters of the Microclimate under Hermetic Protective Clothing, *Fibres & Textiles in Eastern Europe* , Vol. 18, No. 4 (81) pp. 82-86.
- [18] **Hes I., Offermann P. ve Dvorakova I.** (2001). The Effect of Underwear on Thermal Contact Feeling Caused by Dressing up and Wearing of Garments, *Autex Conference*, Technical University of Liberec, Czech Republic
- [19] **Güneşoğlu S., Meriç B. ve Güneşoğlu C.** (2005). Thermal Contact Properties of 2-Yarn Fleece Knitted Fabrics, *Fibres& Textiles*, Vol.13, No. 2 (46-50).
- [20] **Hes L.**, (2002). Recent Developments in the field of User-Friendly Testing of mechanical and Comfort Properties of Textile Fabrics and Garments, *World Textile Congress of the textile Institute*.
- [21] **Hes L.**, (2000). Imperfections of Common Nonwovens' Thermal Resistance Test Methods. *Intc 2000*, USA
- [22] **Hes L.**, (2002). An Experimental Analysis on Thermal Insulation and Thermal Contact Properties of animal Furs with Biomimetic Objectives, *The Fall Annual Fibre Society Conference* , USA,.
- [23] **Pac M.J., Bueno M., Renner M.**, (2001). Warmcool Feeling Relative to Tribological Properties of Fabrics .*Textile Research Journal*, 71(9), pp. 806-812
- [24] **Özdil N., Marmaralı A., Kretzschmar S. D.** (2007). Effect of Yarn Properties on Thermal Comfort of Knitted Fabrics, *International Journal of Thermal Sciences*, 46, 1318-1322
- [25] **N. Seventekin** (1988) Tekstil mamullerinin insan vücudu ısısını düzenlemedeki rolü, *Tekstil ve Makine*, 11, 246–250.
- [26] **Endrusick T. L., Gonzalez J. A., Gonzalez R. R.** (t.y.). Improved Comfort of US Military Chemical and Biological Protective Clothing, Biophysics and Biomedical Modeling Division, US Army Research Institute of Environmental Medicine Natick, MA USA, *Environmental Ergonomics*, Y. Tochihara and T. Ohnaka, Published by Elsevier Science Ltd., 369-373
- [27] **Özdil N.**, (2008). Çorapların Isıl Konfor Özellikleri Üzerine bir Çalışma, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Yıl:18, Sayı:2, 151-158
- [28] **Cimilli, S., Candan C. ve Özdemir M.** (2010). A Comparative Study of Some Comfort-related Properties of Socks of Different Fiber Types, *Textile Research Journal*, 80, 948-957.

- [29] **Prahsarn C.**, Barker R.I. ve Gupta B.S., (2005) Moisture Vapour Transport Behaviour of Polyester Knits, *Textile Research Journal* , 75(4), 346-351.
- [30] **Hes L.** (2012). The Use of Special Fibres in Functional Underwear and Sport Dresse and New Methods of Testing of Their Increased Thermal Comfort, 5. *Uluslar Arası EKOTEKS Tekstil Sempozyumu* ‘Tekstilde Mükemmelliğe Giden Yol’.
- [31] **Chapells, H. ve Shove, E.** (2004). Comfort: A Review of Philosophies and Paradigms, *University of Lancaster*.
- [32] **Öner, E. ve Okur, A.** (2010). Materyal, Üretim Teknolojisi ve Kumaş Yapısının Termal Konfora Etkileri, *Tekstil ve Mühendis*, 80, 20-29.
- [33] **Das, A. ve Alagirusamy, R.** (2010), Science in Clothing Comfort, *Woodhead India*, New Delhi, India.
- [34] **Hensen, J. L. M.** (1990), Literature Review On Thermal Comfort in Transient Conditions, *Building and Environment*, 25, 309-316.
- [35] **Url-1** <<http://www.sensirion.com>>, alındığı tarih: 02.10.2011.
- [36] **Fanger, P. O.** (1973), Assesment of Man’s Thermal Comfort, *British Journal of Industrial Medicine*, 30, 313-324.
- [37] **Pan, N. ve Gibson, P.** (2006), Thermal and Moisture Transport in Fibrous Materials, *Woodhead Publishing Limited*, Cambridge, UK.
- [38] **Url-2** <<http://www.sld.cu>> alındığı tarih: 12.10.2012.
- [39] **Url-3** <<http://www.lboro.ac.uk>> alındığı tarih: 10.11.2012.
- [40] **Li, Y. ve Wong, A. S. W.** (2006). Clothing Biosensory Engineering, *Woodhead Publishing Limited*, Cambridge, UK.
- [41] **Das, B., Das, A., Kothari, V. K., Fanguiero, R., de Araujo, M.** (2007). Moisture Transmission Through Textiles Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play, *AUTEX Research Journal*, 7, 100-110 .
- [42] **Hsieh, Y. L.** (1995). Liquid Transport in Fabric Structures, *Textile Research Journal*, 65(5), 299-307.
- [43] **Kissa, E.** (1996). Wetting and Wicking, *Textile Research Journal*, 66 (10), 660-668.
- [44] **Simile, C. B.** (2004). Critical Evaluation of Wicking in Performance Fabrics, (Yüksek lisans tezi), *Georgia Institute of Technology*, Georgia, ABD.
- [45] **Url-4** <<http://www.csi.tu-darmstadt.de>> alındığı tarih: 03.11.2011 .
- [46] **Milenkovic, L., Skundric, P., Sokolovic, R., Nikolic, T.** (1999). Comfort Properties of Defense Protective Clothings, *Working and Living Environmental Protection*, 1, 101 – 106.
- [47] **Gibson, P., Rivin, D., Kendrick, C. ve Schreuder-Gibson, H.** (1999), Humidity-Dependent Air Permeability of Textile Materials, *Textile Research Journal*, 69 (5), 311-317.

- [48] **Wilbik-Halgas, B., Danych, R., Wiecek, B., Kowalski, K.** (2006). Air and Water Vapour Permeability in Double-Layered Knitted Fabrics with Different Raw Materials, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14, 77-80.
- [49] **Zupin, Z., Hladnik, A., Dimitrovski, K.** (2011), Prediction of one-layer Woven Fabrics air Permeability Using Porosity Parameters, *Textile Research Journal*, 82 (2), 117-128.
- [50] **Fan, J., Luo, Z., Li, Y.** (2000). Heat and moisture transfer with sorption and condensation in porous clothing assemblies and numerical simulation, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43, 2989-3000.
- [51] **Fohr, J. P., Couton, D. and Treguier, G.** (2002). Dynamic Heat and Water Transfer Through Layered Fabrics, *Textile Research Journal*, 72 (1), 1-12.
- [52] **Fukazawa, T., Kawamura, H., Tochihara, E. ve Tamura, T.** (2003). Experiment and Analysis of Combined Heat and Water Vapor Transfer Through Clothes with Condensation, *Textile Research Journal*, 73 (9), 774-780.
- [53] **Hong, C. J., Kim, J. B.** (2007). A Study of Comfort Performance in Cotton and Polyester Blended Fabrics. I. Vertical Wicking Behavior, *Fibers and Polymers*, 8, 218-224.
- [54] **Wu, H. ve Fan, J.** (2008). Measurements of Moisture Transport within Multilayer Clothing Assemblies Consisting of Different Types of Batting: A Factorial Design Analysis, *Textile Research Journal*, 78 (11), 988-995.
- [55] **Ding, D., Tang, T., Song, G., McDonald, A.** (2011). Characterizing the performance of a single-layer fabric system through a heat and mass transfer model- Part I: Heat and Mass Transfer Model, *Textile Research Journal*, 81 (4), 398-411.
- [56] **Ding, D., Tang, T., Song, G., McDonald, A.** (2011). Characterizing the performance of a single-layer fabric system through a heat and mass transfer model- Part II: Thermal and evaporative resistances, *Textile Research Journal*, 81 (9), 945-958.
- [57] **Mallikarjunan, K., Ramachandran, T., Manohari, B. G.** (2011). Comfort and thermophysiological characteristics of multilayered fabrics for medical textiles, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 7, 1-15.
- [58] **‘Instruction Manuel’**, 2003, Santoni katalogu.
- [59] **‘KNOW-HOW’**, 2003, Santoni katalogu.
- [60] **‘Spare Parts Catalogue’**, 2003, Santoni katalogu.
- [61] **‘Programming Manual For The SM8-8TOP And SM8-8CF Machine’**, 2003, Santoni katalogu.
- [62] **Url-5** <www.swicofil.com/pes.html>, alındığı tarih: 22.01.2013.
- [63] **Url-6** <http://www.alpinemeadowsguild.org/fiber_microscopy.html>, alındığı tarih: 27.01.2013.

- [64] **Url-7** <[http:// en.texsite.info](http://en.texsite.info)>, alındığı tarih: 10.11.2012.
- [65] **Url_8**<http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/542TGD397.pdf>, alındığı tarih: 10.01.2013.
- [66] **‘Dyeing Of Seamless’**, (2001)*REPORT dergisi*, 5-7
- [67] **Url-9** < <http://tekstiltestcihazlari.com>>, alındığı tarih: 31.10.2012.
- [68] **Fanguiero, R., Filgueiras, A., Soutinho, F., Meidi, X.** (2009). Wicking Behavior and Drying Capability of Functional Knitted Fabrics, *Textile Research Journal*, 80 (15), 1522-1530.
- [69] **ISO 9237:1995**. International Standard for Determination of the permeability of fabrics to air, *International Organization for Standardization*, İsviçre
- [70] **Aksoy, A., Kaplan, S..** (2011). Tekstil Materyallerinde Sıvı Transfer Mekanizmaları ve Ölçüm Yöntemleri, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5, 51- 67, alındığı tarih: 11.09.2011, adres: www.teknolojikarastirmalar.com.
- [71] **Güney, F., Üçgül, Ğ.** (2010). Koruyucu Giysiler İçindeki Nefes Alabilir Membranların Termal Yalıtım Özellikleri, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1, 9-16.
- [72] **BS 7209:1990**. British Standard Certification for Water Vapour Permeable Fabrics, *British Standards Institution*, Londra
- [73] **Url-10** <<http://www.korteks.com.tr/drytouch.aspx>>, alındığı tarih: 15.01.2013.
- [74] **Matusiak, M.** (2006). Investigation of thermal insulation properties of multilayer textiles, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14, 98-102.
- [75] **Marmaralı, A., Kretzschmar, S. D., Özdil, N., Oğlakçioğlu, N. G.** (2006). Giysilerde ısı konforu etkileyen parametreler, *Tekstil ve Konfeksiyon*, (4), 241-246.
- [76] **Jun, Y., Park, C. H., Shim, H. ve Kang, T. J.** (2009). Thermal comfort properties of wearing caps from various textiles, *Textile Research Journal*, 79 (2), 179-189.
- [77] **Oğlakçioğlu, N. ve Marmaralı, A.** (2007). Thermal comfort properties of some knitted structures, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 15(5-6), 94-96.
- [78] **Zhuang, Q., Harlock, S. C. and Brook, D. B.** (2002), Transfer wicking mechanisms of knitted fabrics used as undergarments for outdoor activities, *Textile Research Journal*, 72 (8), 727-734.
- [79] **Yanılmaz M. ve Kalaoğlu F.,** (2012). Investigation of Wicking, Wetting and Drying Properties of Acrylic knitted Fabrics, *Textile Research Journal*, 82(8), 820-831.

EKLER

Çizelge A.1: May yününde kılcal ıslanma sonuçları

Çizelge A.2: Sıra yününde kılcal ıslanma sonuçları

Çizelge A.3: May yününde kılcal ıslanma ağırlık farkı sonuçları

Çizelge A.4: Sıra yününde kılcal ıslanma ağırlık farkı sonuçları

Çizelge A.5: Transfer ıslanma yüz yüze numune ağırlık değişimleri

Çizelge A.6: Su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları

Çizelge A.7: Su buharlaşma hızı ölçüm sonuçları

Çizelge A.8: Isıl iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık ve kumaş kalınlığı ölçüm sonuçları

Çizelge A.1: May yönünde kılcal ıslanma sonuçları

KILCAL ISLANMA (SIRA YÖNÜ) YÜKSEKLİK																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	7,2	6,0	11,0	10,0	11,0	10,5	11,0	12,5	12,0	12,0	9,5	9,5	6,5	3,5	3,5	2,5	10,0	8,8	5,5	5,0
2	9,1	7,6	13,5	13,0	13,5	14,0	15,0	16,0	15,5	15,0	11,8	12,0	8,0	5,5	4,0	3,0	13,5	11,5	8,5	8,0
3	10,0	8,5	15,0	16,0	16,0	16,8	18,0	18,0	17,0	18,2	12,5	14,5	8,2	6,2	5,0	4,0	15,0	13,0	10,5	10,0
4	11,1	9,8	16,5	18,0	17,1	18,5	19,0	19,2	18,8		14,6	15,8	8,5	7,0	6,0	5,0	16,5	14,2	12,0	11,5
5	12,2	10,6	17,5	19,5	18,0						15,0	17,0	8,8	8,0	6,2	5,5	18,0	15,5	12,8	12,5
6	13,5	11,0	18,8		19,0						15,8	18,5	8,8	8,2	7,0	5,5		16,0	14,0	13,5
7	13,8	11,8									16,3		9,0	8,5	7,3	6,0		17,0	15,0	14,8
8	14,0	12,2									17,5		9,1	9,0	8,0	6,0		17,5	16,0	15,5
9	14,3	13,0									18,0		9,1	9,5	8,5	6,6		18,0	16,5	16,3
10	14,5	13,1											9,2	9,8	9,0	7,0			17,1	17,0

Çizelge A.2: Sıra yönünde kılcal ıslanma sonuçları

KILCAL ISLANMA (MAY YÖNÜ) YÜKSEKLİK																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	5,5	5,5	10,5	12,0	13,0	11,8	11,0	9,0	11,0	10,0	10,0	8,5	6,0	2,0	2,0	1,5	8,5	7,5	5,5	5,8
2	7,0	6,5	13,1	15,0	15,5	13,5	14,0	12,0	14,0	13,5	12,0	10,5	7,5	3,0	3,5	2,0	12,5	10,5	8,0	9,0
3	8,1	7,5	15,1	17,0	18,0	16,5	16,5	14,0	16,5	16,0	13,0	12,1	9,0	4,0	4,6	2,8	13,8	12,5	10,0	10,5
4	9,2	8,2	17,0	18,5	18,8	18,0	17,5	16,2	18,2	18,0	15,0	13,8	10,0	5,0	6,0	3,2	14,7	14,0	12,0	12,0
5	10,3	8,8	18,1			19,0	18,8	17,5			16,0	15,5	11,2	6,0	7,1	4,0	16,5	16,0	13,0	13,2
6	12,0	9,2	19,0					19,0			17,5	16,7	12,6	7,2	8,5	4,6	17,2	16,5	14,0	14,5
7	14,0	9,5									18,2	17,5	14,0	8,0	10,0	5,0	18,5	17,2	15,0	15,2
8	15,0	10,2										18,5	15,0	8,8	10,5	5,4		17,6	15,5	16,0
9	16,0	10,8											15,6	9,2	10,5	6,0		18,0	16,2	16,5
10	16,5	11,0											16,3	9,5	10,8	6,8		18,4	17,0	17,3

Çizelge A.3: May yününde kılcal ıslanma ağırlık farkı sonuçları

KILCAL ISLANMA (MAYYÖNÜ) AĞIRLIK FARKI(gr)				
KUMAŞ	KURU AĞIRLIK	YAŞ AĞIRLIK	AĞIRLIK FARKI (gr)	AĞIRLIK FARKI (%)
1	0,4910	1,6028	1,1118	226,4
2	0,4900	1,3683	0,8783	179,2
3	0,5250	2,0818	1,5568	296,5
4	0,5544	2,1164	1,5620	281,7
5	0,6116	2,4178	1,8062	295,3
6	0,6515	2,5456	1,8941	290,7
7	0,5800	2,5006	1,9206	331,1
8	0,5818	2,2861	1,7043	292,9
9	0,4858	1,9295	1,4437	297,2
10	0,5580	2,1105	1,5525	278,2
11	0,5236	2,1429	1,6193	309,3
12	0,5126	1,9639	1,4513	283,1
13	0,5339	1,8729	1,3390	250,8
14	0,5841	1,4812	0,8971	153,6
15	0,5416	1,6638	1,1222	207,2
16	0,5926	1,3517	0,7591	128,1
17	0,5516	2,1941	1,6425	297,8
18	0,5918	2,1916	1,5998	270,3
19	0,6138	1,9426	1,3288	216,5
20	0,7239	1,9938	1,2699	175,4

Çizelge A.4: Sıra yününde kılcal ıslanma ağırlık farkı sonuçları

KILCAL ISLANMA (SIRA YÖNÜ) AĞIRLIK FARKI(gr)				
KUMAŞ	KURU AĞIRLIK	YAŞ AĞIRLIK	AĞIRLIK FARKI (gr)	AĞIRLIK FARKI (%)
1	0,5190	1,6452	1,1262	217,0
2	0,5150	1,5115	0,9965	193,5
3	0,5048	1,9501	1,4453	286,3
4	0,5455	2,0207	1,4752	270,4
5	0,5797	2,4650	1,8853	325,2
6	0,6845	2,6242	1,9397	283,4
7	0,5626	2,3332	1,7706	314,7
8	0,6489	2,6633	2,0144	310,4
9	0,5019	2,0001	1,4982	298,5
10	0,5453	2,0646	1,5193	278,6
11	0,5123	2,1542	1,6419	320,5
12	0,5025	2,0323	1,5298	304,4
13	0,5316	1,8344	1,3028	245,1
14	0,5839	1,5326	0,9487	162,5
15	0,5326	1,5026	0,9700	182,1
16	0,5536	1,2829	0,7293	131,7
17	0,5236	2,0843	1,5607	298,1
18	0,5943	2,2721	1,6778	282,3
19	0,6129	1,9123	1,2994	212,0
20	0,7041	1,9342	1,2301	174,7

Çizelge A.5: Transfer ıslanma yüz yüze numune ağırlık değişimleri**TRANSFER ISLANMA YÜZYÜZE**

KUMAŞ	ZAMAN(sn)	KURU	0	5	10	15	20	25	30
1	ISLANAN	0,8566	0,8566	1,1280	1,2580	1,3280	1,3960	1,4510	1,4790
	ISLATAN	0,8391	3,2453	2,9510	2,8080	2,7300	2,6410	2,5500	2,5240
2	ISLANAN	0,8555	0,8555	1,2460	1,3590	1,4410	1,4990	1,5390	1,5720
	ISLATAN	0,8551	3,4597	3,0850	2,9360	2,8440	2,7670	2,6980	2,6380
3	ISLANAN	0,8083	0,8083	1,1390	1,3790	1,4280	1,4580	1,4620	1,4670
	ISLATAN	0,8126	2,9659	2,6060	2,3240	2,2260	2,1720	2,1280	2,1070
4	ISLANAN	0,8690	0,8690	1,4880	1,6200	1,6410	1,6560	1,6620	1,6690
	ISLATAN	0,8600	3,0100	2,3480	2,1960	2,1480	2,1130	2,0900	2,0620
5	ISLANAN	0,9560	0,9560	1,2160	1,4610	1,5140	1,5910	1,5970	1,6080
	ISLATAN	0,9810	3,9690	3,6850	3,4270	3,3510	3,2580	3,2350	3,1990
6	ISLANAN	1,1050	1,1050	1,2300	1,2990	1,3780	1,4560	1,5170	1,5380
	ISLATAN	1,1100	3,8420	3,6930	3,6070	3,5120	3,4090	3,3380	3,2970
7	ISLANAN	0,9410	0,9410	0,9880	1,0640	1,0830	1,0840	1,0760	1,0720
	ISLATAN	0,9190	2,8550	2,8020	2,6930	2,6620	2,6560	2,6270	2,6070
8	ISLANAN	0,9540	0,9540	1,0080	1,0210	1,0390	1,0460	1,0610	1,0550
	ISLATAN	1,0760	3,2700	3,2130	3,2050	3,1640	3,1260	3,0870	3,0700
9	ISLANAN	0,8550	0,8550	1,2480	1,5510	1,6450	1,7220	1,7660	1,7810
	ISLATAN	0,8560	3,6310	3,2210	2,8890	2,7870	2,6890	2,6210	2,5860
10	ISLANAN	0,8600	0,8600	1,5690	1,8090	1,8670	1,9160	1,9330	1,9420
	ISLATAN	0,9310	3,5710	2,9340	2,6790	2,6040	2,5330	2,5000	2,4810
11	ISLANAN	0,8920	0,8920	1,0120	1,0820	1,1720	1,2000	1,2100	1,2180
	ISLATAN	0,8160	2,9660	2,8310	2,7580	2,6490	2,6100	2,5780	2,5540
12	ISLANAN	0,8270	0,8270	1,3460	1,4790	1,5650	1,5950	1,6150	1,6300
	ISLATAN	0,9070	3,2890	2,7730	2,6230	2,5230	2,4620	2,4230	2,3860
13	ISLANAN	0,8680	0,8600	0,9330	0,9690	1,0270	1,0990	1,1540	1,1920
	ISLATAN	0,9370	2,9520	2,9170	2,8640	2,7930	2,7060	2,6260	2,5730
14	ISLANAN	0,9830	0,9830	1,0610	1,1520	1,2750	1,4040	1,5580	1,6410
	ISLATAN	0,9730	3,4450	3,4120	3,2940	3,1440	2,9940	2,8160	2,7040
15	ISLANAN	0,8680	0,8680	1,0270	1,2420	1,3530	1,5100	1,5810	1,6240
	ISLATAN	0,9220	3,6900	3,5060	3,2740	3,1460	2,9800	2,8800	2,8070
16	ISLANAN	0,9180	0,9180	1,0670	1,2850	1,3880	1,5100	1,5680	1,5950
	ISLATAN	0,8810	3,0490	2,8870	2,6530	2,5330	2,4160	2,3130	2,2720
17	ISLANAN	0,9310	0,9310	1,8190	1,8970	1,9210	1,9430	1,9620	1,9730
	ISLATAN	0,8270	3,6190	2,7040	2,6090	2,5640	2,5380	2,4740	2,4410
18	ISLANAN	0,9890	0,9890	1,7270	1,7950	1,8210	1,8450	1,8620	1,8740
	ISLATAN	0,9530	3,4660	2,7180	2,6320	2,5770	2,5430	2,5010	2,4660
19	ISLANAN	0,9810	0,9810	1,7340	1,8020	1,8350	1,8540	1,8710	1,8840
	ISLATAN	0,9800	3,3190	2,5520	2,4700	2,4170	2,3820	2,3310	2,2970
20	ISLANAN	1,0910	1,0910	2,0530	2,1250	2,1650	2,1800	2,1850	2,2000
	ISLATAN	1,1690	3,4600	2,5810	2,4820	2,4100	2,3670	2,3360	2,2960

Çizelge A.6: Su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları

SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİ								
KUMAŞ	KUMAŞ İLK (gr)	KUMAŞ SON (gr)	KUMAŞTA KALAN SU BUHARI(gr)	KAP İLK (gr)	KAP SON (gr)	Test kabında meydana gelen ağırlık kayı (gr)	SU BUHARI GEÇİR- GENLİĞİ (gr)	WVP
1	1,2753	1,2810	0,0057	111,1540	110,4660	0,6880	0,6823	1528,8889
2	1,2616	1,2690	0,0074	111,4170	110,6920	0,7250	0,7176	1611,1111
3	1,2095	1,2240	0,0145	111,1980	110,5120	0,6860	0,6715	1524,4444
4	1,3129	1,3760	0,0631	111,3540	109,5990	1,7550	1,6919	3900,0000
5	1,4546	1,6900	0,2354	111,6620	110,0470	1,6150	1,3796	3588,8889
6	1,6137	1,7100	0,0963	109,8680	108,8020	1,0660	0,9697	2368,8889
7	1,6772	1,7030	0,0258	109,3590	108,6410	0,7180	0,6922	1595,5556
8	1,6088	1,6520	0,0432	112,4630	111,1860	1,2770	1,2338	2837,7778
9	1,2860	1,3080	0,0220	114,4440	113,7900	0,6540	0,6320	1453,3333
10	1,4250	1,4300	0,0050	110,5880	109,8940	0,6940	0,6890	1542,2222
11	1,2910	1,3030	0,0120	110,6130	109,9850	0,6280	0,6160	1395,5556
12	1,3160	1,3240	0,0080	109,5000	108,8560	0,6440	0,6360	1431,1111
13	1,2750	1,2840	0,0090	108,8030	108,2000	0,6030	0,5940	1340,0000
14	1,5260	1,5510	0,0250	110,9570	110,3350	0,6220	0,5970	1382,2222
15	1,4060	1,4230	0,0170	110,0380	109,4140	0,6240	0,6070	1386,6667
16	1,4270	1,4430	0,0160	109,9470	109,3410	0,6060	0,5900	1346,6667
17	1,3780	1,3980	0,0200	110,2960	109,5660	0,7300	0,7100	1622,2222
18	1,5540	1,5770	0,0230	108,1290	107,4140	0,7150	0,6920	1588,8889
19	1,6000	1,6250	0,0250	111,9160	111,1250	0,7910	0,7660	1757,7778
20	1,7640	1,7860	0,0220	109,6050	108,8230	0,7820	0,7600	1737,7778

Çizelge A.7: Su buharlaşma hızı ölçüm sonuçları

SU BUHARLAŞMA HIZI

eklenen su	0,36	0,36	0,36	0,39	0,42	0,49	0,41	0,45	0,37	0,41	0,37	0,38	0,41	0,45	0,41	0,41	0,40	0,44	4,29	0,50
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
KURU	1,19	1,21	1,16	1,29	1,42	1,62	1,34	1,50	1,22	1,35	1,22	1,26	1,36	1,50	1,36	1,37	1,32	1,46	1,43	1,70
YAŞ	1,52	1,57	1,49	1,66	1,85	2,05	1,72	1,95	1,59	1,68	1,58	1,63	1,73	1,95	1,73	1,73	1,72	1,89	1,81	2,13
5. dk	1,46	1,51	1,43	1,58	1,78	1,98	1,65	1,89	1,54	1,64	1,52	1,57	1,69	1,92	1,71	1,63	1,68	1,87	1,70	2,05
10. dk	1,44	1,49	1,41	1,57	1,76	1,96	1,63	1,87	1,50	1,61	1,49	1,54	1,68	1,90	1,70	1,60	1,65	1,83	1,67	2,02
15. dk	1,39	1,45	1,36	1,51	1,71	1,92	1,57	1,82	1,45	1,56	1,44	1,48	1,65	1,87	1,67	1,55	1,61	1,80	1,62	1,97
20. dk	1,35	1,42	1,33	1,46	1,66	1,87	1,53	1,78	1,41	1,52	1,40	1,44	1,63	1,84	1,63	1,52	1,58	1,76	1,60	1,93
25. dk	1,30	1,37	1,27	1,41	1,60	1,83	1,48	1,73	1,36	1,47	1,36	1,40	1,60	1,81	1,60	1,48	1,55	1,73	1,55	1,89
30. dk	1,26	1,34	1,23	1,37	1,56	1,79	1,44	1,71	1,31	1,43	1,31	1,35	1,57	1,76	1,57	1,45	1,49	1,69	1,53	1,85
35. dk	1,23	1,30	1,21	1,33	1,50	1,74	1,40	1,63	1,27	1,40	1,29	1,32	1,55	1,73	1,53	1,43	1,46	1,65	1,49	1,80
40. dk	1,21	1,26	1,17	1,30	1,47	1,70	1,37	1,59	1,24	1,38	1,25	1,29	1,52	1,69	1,49	1,41	1,42	1,61	1,46	1,77
45. dk	1,19	1,23	1,17	1,30	1,45	1,67	1,35	1,55	1,23	1,37	1,24	1,28	1,49	1,66	1,46	1,40	1,39	1,58	1,46	1,75
50. dk	1,19	1,22	1,16	1,29	1,43	1,65	1,34	1,54	1,23	1,35	1,23	1,26	1,45	1,62	1,42	1,38	1,36	1,54	1,45	1,72
55. dk		1,22	1,16	1,29	1,42	1,62	1,34	1,52	1,23	1,35	1,22	1,26	1,44	1,59	1,40	1,37	1,34	1,51	1,44	1,70
60. dk		1,21			1,42	1,62		1,51	1,22		1,22		1,41	1,57	1,38	1,37	1,33	1,49	1,43	1,70
65. dk		1,21						1,50	1,22				1,39	1,55	1,37		1,33	1,48	1,43	
70. dk								1,50					1,38	1,53	1,37		1,33	1,48		
75. dk													1,37	1,51	1,36		1,32	1,47		
80. dk													1,36	1,51	1,36		1,32	1,47		
85. dk													1,36	1,50				1,46		
90. dk														1,50				1,46		
95. dk																				
100. dk																				
105. dk																				
110. dk																				
115. dk																				
120. dk																				

Çizelge A.8: Isıl iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık ve kumaş kalınlığı ölçüm sonuçları

Kumaş No.	Tekrar	Isıl İletkenlik W/mK	Isıl Direnç (m ² K/W)	Isıl Soğurganlık (Ws ^{1/2} / m ² K)	Kalınlık (mm)
1	1	0,04819	0,02443	125,6	1,177
	2	0,04898	0,02403	133,7	1,177
	3	0,0482	0,02471	126,9	1,191
2	1	0,04979	0,02184	154,2	1,087
	2	0,04962	0,02163	156,9	1,073
	3	0,05344	0,02112	158,1	1,129
3	1	0,0487	0,02374	143,2	1,156
	2	0,04826	0,02439	139,2	1,177
	3	0,04831	0,02365	133,4	1,143
4	1	0,05083	0,02221	149,2	1,129
	2	0,04966	0,02273	132,3	1,129
	3	0,05001	0,02229	150,7	1,115
5	1	0,05252	0,02624	158,9	1,378
	2	0,0522	0,0264	146,2	1,378
	3	0,05286	0,02594	140,6	1,371
6	1	0,05251	0,02743	158	1,44
	2	0,05301	0,02704	145,4	1,433
	3	0,05406	0,02677	133,6	1,447
7	1	0,05056	0,02753	153,3	1,392
	2	0,05206	0,02687	144,6	1,399
	3	0,05265	0,02841	137,5	1,496
8	1	0,05271	0,02759	150,1	1,454
	2	0,05213	0,02803	149,6	1,461
	3	0,05289	0,02762	157,6	1,461
9	1	0,05055	0,02329	164,2	1,177
	2	0,05131	0,02308	162	1,184
	3	0,05043	0,02417	159,3	1,219
10	1	0,05154	0,02378	161,4	1,226
	2	0,05022	0,02565	146,4	1,288
	3	0,051	0,02512	162	1,281
11	1	0,05038	0,02364	144,6	1,191
	2	0,04946	0,02324	156,1	1,15
	3	0,05089	0,02272	164,1	1,156
12	1	0,05211	0,02046	176,2	1,066
	2	0,05257	0,02029	172,4	1,066
	3	0,0523	0,01986	152	1,039

Çizelge A.8(devam): Isıl iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık ve kumaş kalınlığı ölçüm sonuçları

13	1	0,0532	0,02395	166,5	1,274
	2	0,05538	0,02226	148,2	1,233
	3	0,05026	0,02507	141,5	1,26
14	1	0,05531	0,02104	184,6	1,163
	2	0,05502	0,02127	186,7	1,17
	3	0,05565	0,02128	179,3	1,184
15	1	0,05337	0,02258	166,5	1,205
	2	0,05463	0,02218	168,7	1,212
	3	0,05082	0,02507	137,8	1,274
16	1	0,0562	0,01996	167	1,122
	2	0,05551	0,01996	176,9	1,108
	3	0,05581	0,02085	170,4	1,163
17	1	0,05384	0,02263	177,8	1,219
	2	0,05419	0,02134	173,9	1,156
	3	0,05215	0,02337	163,5	1,219
18	1	0,05509	0,02049	187,2	1,129
	2	0,05511	0,02073	186,1	1,143
	3	0,05457	0,02068	174,8	1,129
19	1	0,04627	0,03098	153,1	1,433
	2	0,04531	0,03455	129,3	1,565
	3	0,04696	0,03171	145,8	1,489
20	1	0,04717	0,03245	166,1	1,53
	2	0,0447	0,03858	152,3	1,724
	3	0,04886	0,03118	170,3	1,523

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Pınar Cavdaroglu

Doğum Yeri ve Tarihi: İzmir - 06/05/1981

Adres: Tarabya Mah. Şakacı Sok. No:8 d:3 Sarıyer / İst.

E-Posta: pinar-cavdaroglu@hotmail.com

Lisans: U.Ü. Tekstil Müh.

II. Lisans: A.Ü. İşletme

Ön Lisans: A.Ü. Dış Ticaret

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

TEKSTÜRE ÇORAP TİC. SAN., Ar-Ge Departman Yöneticisi, 01/11/09- ... , İST.

BROSS TEKS. SAN. TIC. , Fabrika Müdürü, 12/01/09-30/10/09, ÇERKEZKÖY.

POLİTEKS TEKSTİL A.Ş., Üretim Müdürü, 01/05/2004-04/03/2008,İST.

ÖRMA TEKS.A.Ş.,Seamless Departman Müdürü, 01/09/2003-01/04/2004,İST.

Yayın ve Patent Listesi:

▪ **Çavdaroglu P., Atakan R.** (2012) .Kaplama ve Laminasyon İşlemiyle Üretilmiş Kumaşların Performans Testleri, *Nonwoven and Technical Textiles*, 2012 1. Çeyrek / Sayı:31 / sf:46, <http://issuu.com/tekstilteknoloji1/docs/nonwoven_dergi_1_2012_ceyrek_web?mod>

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

▪ **Çavdaroglu P., Kalaoğlu F.** (2013). Dikişsiz Yuvarlak Örme Makinelerinde Üretilen İçlik Kumaşların Konfor Özellikleri, Uluslararası İstanbul Tekstil Kongresi, 30-31 Mayıs 2013, Bildiri broşürü sf:128 .