



Geri Dönüşüm Pamuk Karışımli İpliklerden Üretilen Denim Kumaşların Performans Özelliklerinin İncelenmesi

Investigation of Performance Properties of Denim Fabrics Produced from Recycled Cotton Blended Yarns

Gökhan Alp ^{1*}, **Nida Yıldırım** ², **Mehmet Kertmen** ³, **Hüseyin Gazi Türksöy** ⁴

¹ Boyteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş., Kayseri, TÜRKİYE

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon Meslek Yüksekokulu, Trabzon, TÜRKİYE.

³ İskur Tekstil Enerji Tic.ve San. A.Ş., Kahramanmaraş, TÜRKİYE.

⁴ Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri, TÜRKİYE.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: nidayildirim@ktu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 29.11.2021

Kabul Tarihi / Accepted: 15.09.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI:10.21205/deufmd.2023257402

Atıf şekli/ How to cite: ALP, G., YILDIRIM, N., KERTMEN, M., TÜRKSOY, H.G.(2023) Geri Dönüşüm Pamuk Karışımli İpliklerden Üretilen Denim Kumaşların Performans Özelliklerinin İncelenmesi. DEUFMD, 25(74), 275-285.

Öz

Hızlı moda döngüsü ve kısa kullanım ömrüne sahip düşük maliyetli tekstil ürünleri, tekstil atık miktarının artmasına sebebiyet vermiştir. Buna bağlı olarak tekstil endüstrisinin sürdürülebilir gelişimi için, katı tekstil atıklarının makul bir şekilde yönetimi zorunlu hale gelmiştir. Çalışmada farklı oranlarda geri dönüşüm pamuk (r-COT) ve pamuk (COT) harmanlarından (20/80, 35/65, 50/50, 100) Open-End Rotor iplikler üretilmiş ve ipliklerin özellikleri (kütlesel düzensizlik, Uster tüylülük, hata indeksi, kopma mukavemeti ve kopma uzaması) karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapısında en fazla oranda geri dönüşüm pamuk bulunan ipliğin en yüksek kütlesel düzensizlik, tüylülük ve hata indeksi değerlerine, en düşük Rkm ve kopma uzaması değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Çalışmada farklı harmandan üretilen Open-End Rotor atkı ipliklerinden 8 tip denim kumaş üretilmiştir. Üretilen kumaşların tüm analiz sonuçları incelendiğinde, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında atkı yönü kopma mukavemeti, çözgü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti, bağlı su buharı geçirgenliği, ısı iletkenlik, ısı soğurganlık değerlerinin azaldığı, kalınlık değerlerinin arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tüketici Öncesi Tekstil Atıkları, Geri Dönüşüm Pamuk, Open-End Rotor İplik, Denim, Konfor Özellikleri

Abstract

Fast fashion cycle and cheap textile products with a short lifespan have led to an increase in the amount of textile waste. Accordingly, reasonable management of solid textile wastes has become imperative for the sustainable development of the textile industry. In the study, Open-End Rotor yarns were produced from recycled cotton (r-COT) and virgin cotton (COT) blends at different rates (20/80, 35/65, 50/50, 100) and the properties of the yarns (unevenness, hairiness, imperfection index, breaking strength and breaking elongation) were investigated comparatively. It is seen that the yarn with the highest percentage of recycled cotton in its structure has the highest unevenness, hairiness and imperfection index values, and the lowest Rkm and breaking elongation values. 8 types of denim fabrics were produced from Open-End Rotor weft yarns produced from different

blends in the study. When the analysis results of the fabrics produced within the scope of the study were examined, it was observed that when the recycled cotton ratio increased, the weft direction breaking strength, warp and weft direction tearing strength, relative water vapor permeability, thermal conductivity, thermal absorbtivity values decreased and the thickness values increased.

Keywords: Pre-Consumer Textile Waste, Recycled Cotton, Open-End Rotor Yarn, Denim, Comfort Properties.

1. Giriş

Dünya çapında tekstil ve konfeksiyon sektörü, hızlı moda akımının ve tüketici taleplerinin etkisiyle önemli ölçüde büyümüştür. Ancak bu büyüme aynı zamanda kaynak israfı ve çevre kirliliği sorunlarına neden olmuştur. Tekstil endüstrisi, küresel CO² emisyonlarının yaklaşık % 10'undan ve atık üretiminin yaklaşık %20'sinden sorumludur [1, 2]. Sektörün çevresel yükü ve artan toplumsal duyarlılık, son birkaç yılda, tekstil sektöründe sürdürülebilirlik çalışmalarına önem kazandırmıştır. Bu amaçla çevre ile tekstil sektörü arasında sağlıklı bir ilişkinin oluşturulması gerekmektedir. Sürdürülebilirlik kapsamında temel hedeflerden biri, daha sürdürülebilir hammaddeler kullanarak, dögüsel ekonomiyi uygulamaktır [3-5]. Giysi ömrünün sadece 3 ay uzatılması, karbon ve su ayak izlerinin %5-10 oranında azalmasına [6-8] ve yılda iki milyon ton giysinin geri dönüştürülmesi, çevresel etki olarak, bir milyon arabanın sokaklardan kaldırılmasına eşdeğerdir [8, 9].

Tekstil ve konfeksiyon endüstrisinin önemli alt sektörlerinden biri denim sektörüdür. Denim kumaşın çevreye olan yükünün %53'ü hammaddesinden yani pamuk elyafından kaynaklanmaktadır [10-14]. Pamuk, denim üretiminde en çok kullanılan doğal elyaftır, 2020 yılında toplam tekstil elyafı pazarının %23'ünü oluşturmuş, polyester elyaflardan sonra ikinci sırada yer almıştır [15-16]. Bunun yanı sıra günümüzde pamuklu atık tekstillerin miktarı yıllık 3 milyon tona ulaşmıştır [17-19]. Pamuk lifi, çevre ve insan sağlığına zarar verebilecek yüksek su tüketimi, arazi işgali, enerji, gübre ve pestisit kullanımı nedeniyle önemli çevresel etkilere sahiptir [10, 20]. Pamuk ekiminde kullanılan kaynakları ve ilgili çevresel etkileri azaltmak için olası bir çözüm, geri dönüşüm pamuk lifi kullanmaktır [20]. Geri dönüşüm pamuk geleneksel pamuğa kıyasla çok daha az kaynak gerektirmektedir. Geri dönüşüm pamuk elyafı, atık pamuklu ürünleri kesme ve parçalama işlemiyle mekanik olarak elde edilmektedir.

Pamuk atıklarının geri dönüşümü ile ilgili çalışmalar araştırıldığında, çoğunlukla çırçır makinelerinde, harman hallaç ve tarak ünitelerinde oluşan teleflerden open-end rotor ipliklerin özelliklerinin incelendiği tespit edilmiştir [21-28]. Ayrıca literatürde, tüketici öncesi pamuklu kumaş artıklarından üretilen iplik ve kumaşların özelliklerinin incelendiği çalışmalarda mevcuttur [29-32]. Bu çalışmada tüketici öncesi ve sonrası konfeksiyon atıklarından elde edilen geri dönüşüm pamuk elyafı kullanılarak, open-end rotor iplikler ve bu ipliklerden mamul denim kumaşlar üretilmiştir.

Bu çalışmada, 20/80, 35/65, 50/50, 100 olmak üzere 4 tip harmandan r-COT/COT Open-End Rotor iplikler üretilmiştir ve ipliklerin özellikleri (kütlesel düzgünlük, Uster tüylülük, hata indeksi, kopma mukavemeti ve kopma uzaması) karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. 4 tip harmandan üretilen Open-End Rotor atkı ipliklerinden 8 tip denim kumaş üretilmiş ve kumaşların yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti, kalınlık, hava geçirgenliği, bağıl su buharı geçirgenliği, ısıl iletkenlik ve ısıl soğurganlık özellikleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada, %20 geri dönüşüm pamuk-%80 pamuk, %35 geri dönüşüm pamuk-%65 pamuk, %50 geri dönüşüm pamuk-%50 pamuk ve %100 pamuk olmak üzere 4 tip harmandan Open-End Rotor iplikleri eğrilmiştir. Geri dönüşüm pamuk lifleri (r-COT), tüketici öncesi pamuk atıklarından elde edilmiştir. Geri dönüşüm pamuk ve işlenmemiş pamuk karışımları, open-end rotor ipliklerinin üretimi sırasında harman hallaçta karıştırılmıştır. 4 tip Open-End Rotor ipliği üretiminde kullanılan pamuk (COT) ve geri dönüşüm pamuk (r-COT) liflerinin özellikleri Uster HVI (High Volume Instrument) cihazı ile belirlenmiştir (Tablo 1). Geri dönüşüm pamuk elyafının özgül gerilmesi, kopma uzaması, üniformite indeksi, üst yarı ortalama uzunluk, parlaklık ve sarılık değerlerinin pamuk elyafına göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Pamuk ve geri dönüşüm pamuk liflerinin özellikleri.

Table 1. Properties of cotton and recycled cotton fibers.

<i>Kalite Parametreleri</i>	<i>COT</i>	<i>r-COT</i>
Mikroner Mic. (µg/in)	4.86	4.36
Özgül Gerilme Str. (gr/tex)	36.1	21.5
Kopma Uzaması El. (%)	7.8	6.6
UHML (mm)	30.04	23.88
Üniformite İndeksi UI (%)	84.4	72.4
Kısa Lif İndeksi SFI (%)	7.0	22.5
Parlaklık Rd (%)	75.8	73
Sarıklık (+b)	9.1	5.8

2.2. Metot

2.2.1. Geri Dönüşüm Pamuk İçeren Open-End Rotor İpliklerin Geliştirilmesi

4 tip harmandan Open-End Rotor ipliklerin üretimi Shclafhorst Autocoro 9 model open-end rotor iplik makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Üretilen OE-rotor ipliklerin proses parametreleri Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Open-End Rotor İpliklerin Üretim Parametreleri

Table 2. Production Parameters of Open-End Rotor Yarns

Nominal İplik Numarası	Ne 9/1 OE
Şerit Numara	Ne 0,110
Büküm	590 T/m
Rotor Devri	103.000 d/dak
Açıcı silindir tipi ve devri	B174 DN 9600 devir/dk.
Rotor Çapı	40 mm
Rotor	T-640-BD
Düze Tipi	Spiralli
Büküm Durdurucu	Yeşil

2.2.2. Denim Kumaş Numunelerinin Üretimi

4 tip harmandan üretilen Ne 9/1 Open-End Rotor iplikleri, 3/1 Z ve 2/1 Z dokuma tipinde ve 17 atkı/cm atkı sıklığında 8 tip denim kumaşta atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Denim kumaşlarda çözgü olarak Ne 8 pamuk ipliği

kullanılarak, kumaş üretimi dokuma tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Denim kumaş numunelerinin üretim parametreleri Tablo 3 'te özetlenmiştir. Üretilen kumaş numunelerinin kopma mukavemeti testleri ASTM D 5034 standardına göre James Heal Titan Universal cihazında, yırtılma mukavemeti ASTM D 1424 standardına göre James Heal Elmatear Dijital Elmendorf yırtılma cihazında, hava geçirgenliği testleri EN ISO 9237 standardına göre SDL Atlas test cihazında, kalınlık, ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık testleri Alambeta Sensora cihazında EN 31092 standardına göre, Bağlı Su Buharı Geçirgenliği testleri ISO 11092 stadardına göre Permetest Ölçüm Cihazında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Denim kumaş numunelerinin üretim parametreleri

Table 3. Production parameters of denim fabric samples

No	Örgü	Atkı Tipi
1	3/1 Z	% 20 r-COT-%80 COT
2	3/1 Z	%35 r-COT-%65 COT
3	3/1 Z	%50 r-COT-%50 COT
4	3/1 Z	% 100 COT
5	2/1 Z	% 20 r-COT-%80 COT
6	2/1 Z	%35 r-COT-%65 COT
7	2/1 Z	%50 r-COT-%50 COT
8	2/1 Z	% 100 COT

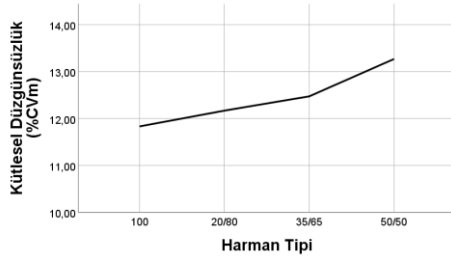
*r-COT: Geri Dönüşüm Pamuk, COT: Pamuk

Çalışmada iplik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan ölçüm sonuçlarının verileri tek faktörlü ve kumaş özellikleri iki faktörlü varyans analizi yöntemi ile SPSS 22.0 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilip yorumlanmıştır. Varyans analizi (ANOVA) testi sonuçlarına göre faktör etkisi istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) bulunduğu, SNK (Student Newman-Keuls) çoklu karşılaştırma testi ile faktör seviyeleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olup olmadığı değerlendirilmiştir. SNK sonuçlarının yorumlanmasında a, b, c, d ve e kısaltmaları faktör düzeyini belirtmekte; aynı harflere sahip faktör seviyeleri 0,05 anlamlılık düzeyinde birbirinden farklı olmadığını ifade etmektedir.

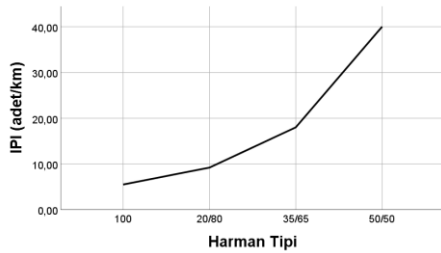
3. Bulgular

3.1. İpliklerin Özellik ve Performanslarının Değerlendirilmesi

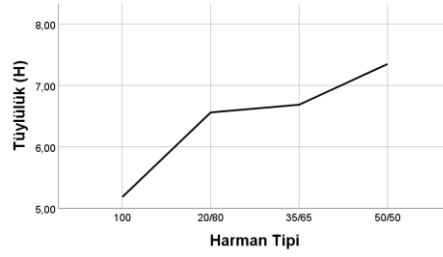
Open-End Rotor ipliklerin ortalama kütesel düzgünsüzlük, IPI, tüylülük, Rkm ve kopma uzama değerleri Şekil 1' de verilmiştir. İplik numunelerinin ölçülen özellikleri için SNK test sonuçları Tablo 4' te sunulmuştur. ANOVA sonuçlarına göre; harman tipinin ölçülen tüm özellikler üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir ($p_K < 0.005$), ($p_T < 0.005$), ($p_I < 0.005$), ($p_R < 0.005$), ($p_{KO} < 0.005$). Kütesel düzgünsüzlük, tüylülük ve hata indeksi sonuçları incelendiğinde, yapısında en fazla oranda geri dönüşüm pamuk bulunan 50/50 geri dönüşüm pamuk/pamuk ipliğinin en yüksek kütesel düzgünsüzlük, tüylülük ve hata indeksi değerlerine, en düşük Rkm ve kopma uzaması değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun, yapıda kullanılan geri dönüşüm pamuk elyafının, pamuk elyafına göre düşük kalite değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



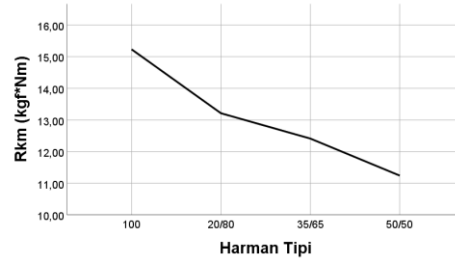
(a)



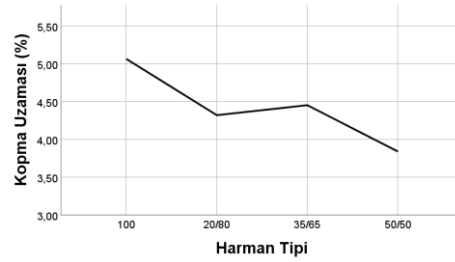
(b)



(c)



(d)



(e)

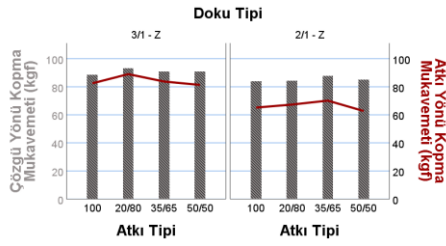
Şekil 1. İplik numunelerine ait ortalama kütesel düzgünsüzlük (a), hata indeksi (b), tüylülük (c), Rkm (d) ve kopma uzama (e) değerleri

Figure 1. Average unevenness (a), imperfection index (b), hairiness (c), Rkm (d) and breaking elongation (e) values of yarn samples

3.2. Kumaşların Özellik ve Performanslarının Değerlendirilmesi

Çözü ve Atkı Yönü Kopma Mukavemeti (kgf)

Bir kumaşın kopma mukavemeti, belirli boyutlardaki bir kumaş şeridinin kopma noktasına kadar uzatılması sırasında kaydedilen maksimum çekme kuvvetidir. Kumaş numunelerinin ortalama kopma mukavemeti (çözgü ve atkı yönü) değerleri ve SNK test sonuçları sırasıyla Şekil 2 ve Tablo 5' de sunulmuştur.



Şekil 2. Kumaş numunelerine ait ortalama çözgü yönü ve atkı yönü kopma mukavemeti değerleri.

Figure 2. Average warp direction and weft

direction breaking strength values of fabric samples.

ANOVA sonuçlarına göre; doku tipinin atkı ve çözgü yönü kopma mukavemeti değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülürken ($p_d < 0.005$), atkı tipinin sadece atkı yönü kopma mukavemeti değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ($p_a < 0.005$), Atkı Tipi * Doku Tipi kesişimlerinin her iki yön için kopma mukavemeti değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir ($p_{ad} < 0.005$).

Tablo 4. İplik numunelerinin ölçülen özellikleri için SNK test sonuçları

Table 4. SNK test results for measured properties of yarn samples

Harman Tipi	Kütlesel Düzgünsüzlük (%)	Hata İndeksi (IPI)	Tüylülük (H)	RKM (kgf*Nm)	Kopma Uzunluğu (%)
%100 COT	11.83a	5.5a	5.18a	15.23a	5.06a
%20r-COT/%80COT	12.17b	9.2a	6.56b	13.21c	4.32b
%35r-COT/%65COT	12.47c	18b	6.69b	12.41b	4.45b
%50r-COT/%50COT	13.27d	40c	7.35c	11.24d	3.84c

SNK test sonuçlarına göre, % 35 ve % 50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların atkı yönü kopma mukavemeti değerleri arasındaki farklılığın istatistikî olarak anlamlı olmadığı, %20 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların değerlerinin bu gruptan farklılığının istatistikî olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında atkı yönü kopma mukavemeti değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bunun nedeni, kontrol grubunda güçlü kopma mukavemeti ve uzama değerlerine sahip işlenmemiş pamuk liflerin sayısının fazla olmasıdır [32].

Doku tipi 2/1 Z olan denim kumaşların atkı ve çözgü yönü kopma mukavemeti değerlerinin, 3/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşlardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, 2/1 Z doku tipinde bulunan 3/1 Z doku tipine göre fazla iplik bağlantı sayısından dolayı, ipliklerin birbirine daha iyi tutunması ile açıklanabilir.

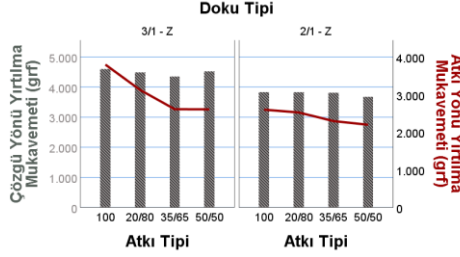
Tablo 5. Kumaş numunelerinin atkı yönü kopma mukavemeti için SNK test sonuçları

Table 5. SNK test results for weft direction breaking strength of fabric samples

Atkı Tipi	N	Atkı Yönü Kopma Mukavemeti	Çözgü Yönü Kopma Mukavemeti
%100 COT	6	78.16a	86.29a
% 20 r-COT-%80 COT	6	76.94a	88.82a
%35 r-COT-%65 COT	6	73.81b	89.41a
%50 r-COT-%50 COT	6	72.03b	88.07a
Doku Tipi			
3/1 Z	12	66.33a	85.33a
2/1 Z	12	84.14b	90.97b

Çözgü ve Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti (grf)

Kumaş numunelerinin ortalama yırtılma mukavemeti (çözü ve atkı yönü) değerleri, bu değerler için ANOVA tablosu ve SNK test sonuçları sırasıyla Şekil 3 ve Tablo 6' da sunulmuştur.



Şekil 3. Kumaş numunelerine ait ortalama çözü yönü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti değerleri.

Figure 3. Average warp direction and weft direction tearing strength values of fabric samples.

ANOVA sonuçlarına göre; doku tipi ($p_d < 0.005$) ve atkı tipinin ($p_a < 0.005$), atkı ve çözü yönü yırtılma mukavemeti değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Atkı Tipi * Doku Tipi kesişimlerinin her iki yön için yırtılma mukavemeti değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p_{ad} < 0.005$).

SNK test sonuçlarına göre, % 35 ve % 50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların atkı ve çözü yönü yırtılma mukavemeti değerleri arasındaki farklılığın istatistikî olarak anlamlı olmadığı, %20 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların değerlerinin bu gruptan farklılığının istatistikî olarak anlamlı ve daha yüksek olduğu görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında çözü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu durumun, kumaş yapısında kullanılan geri dönüşüm pamuk elyafının pamuk elyafına göre düşük mukavemet değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Tablo 1). SNK test sonuçlarına göre, doku tipi 3/1 Z olan denim kumaşların atkı ve çözü yönü yırtılma mukavemeti değerlerinin, 2/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşlardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, 2/1 Z doku tipi ile

üretilen kumaşların yırtılma sırasında ipliklerin hareket ederek gruplaşmasının diğer kumaşlara göre zor olması ve kolaylıkla yırtılabilmesinden kaynaklanmaktadır [33].

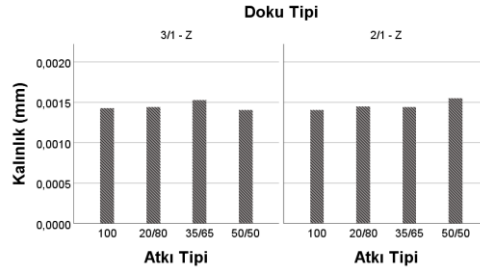
Tablo 6. Kumaş numunelerinin çözü yönü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti için SNK test sonuçları

Table 6. SNK test results for warp direction and weft direction tearing strength of fabric samples

Atkı Tipi	N	Çözgü Yönü Yırtılma Mukavemeti	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti
%100 COT	6	4214.57 a	3197.83 a
% 20 r-COT-%80 COT	6	4156.57 b	2824.17 b
%35 r-COT-%65 COT	6	4079.17 c	2453.50 c
%50 r-COT-%50 COT	6	4095.83 c	2402.33 c
Doku Tipi			
3/1 Z	12	4486 a	3034 a
2/1 Z	12	3787 b	2404 b

Kalınlık (mm)

Kumaş numunelerinin ortalama kalınlık değerleri ve SNK test sonuçları sırasıyla Şekil 4 ve Tablo 7' de sunulmuştur.



Şekil 4. Kumaş numunelerine ait ortalama kalınlık değerleri.

Figure 4. Average thickness values of fabric samples.

ANOVA sonuçlarına göre; atkı tipinin ($p_a < 0.005$) kalınlık değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Atkı Tipi*Doku Tipi kesişimlerinin kalınlık değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p_{ad} < 0.005$).

SNK test sonuçlarına göre, % 20 ve % 35, % 50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların kalınlık değerleri arasındaki farklılığın istatistikî olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında kalınlık değerlerinin arttığı görülmüştür. Bu durumun, geri dönüşüm pamuk elyaf oranı fazla olan iplik numunelerinde yüksek olan tüylülük oranından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca literatürde, geri dönüşüm ipliklerden mamul kumaşların, işlenmemiş pamuktan yapılan kumaşlara kıyasla denim atıklarından elde edilen elyaftaki düzensizliklerden kaynaklı olarak kalınlık değerlerinin yüksek çıktığı tahmin edilmiştir [30].

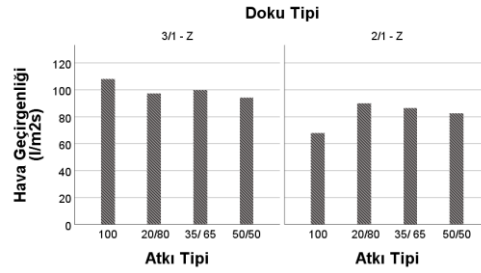
Tablo 7. Kumaş numunelerinin kalınlık için SNK test sonuçları

Table 7. SNK test results for thickness of fabric samples

Atkı Tipi	N	Kalınlık
%100 COT	6	0.00140a
% 20 r-COT-%80 COT	6	0.00144ab
%35 r-COT-%65 COT	6	0.00148b
%50 r-COT-%50 COT	6	0.00148b

Hava Geçirgenliği (l/m²s)

Hava geçirgenliği, bir malzemenin iki yüzeyi arasında önceden belirlenmiş bir hava basıncı farkı altında bilinen bir alandan dikey olarak geçen hava akış hızıdır [34]. Kumaş numunelerinin ortalama hava geçirgenliği değerleri ve SNK tablosu sırasıyla Şekil 5 ve Tablo 8'de sunulmuştur.



Şekil 5. Kumaş numunelerine ait ortalama hava geçirgenliği değerleri.

Figure 5. Average air permeability values of fabric samples.

ANOVA sonuçlarına göre; doku tipinin ($p_d < 0.005$) hava geçirgenlik değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Atkı Tipi*Doku Tipi kesişimlerinin hava geçirgenlik değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p_{ad} < 0.005$).

SNK test sonuçlarına göre, doku tipi 3/1 Z olan denim kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin, 2/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşlardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun 2/1 Z doku yapısına sahip kumaşların iplik kesişim sayılarının, 3/1 Z doku yapısına sahip kumaşlara göre fazla olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Tablo 8. Kumaş numunelerinin hava geçirgenliği için SNK test sonuçları

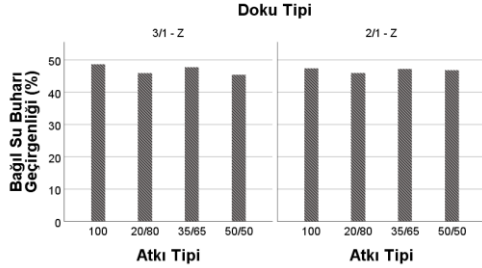
Table 8. SNK test results for air permeability of fabric samples

Doku Tipi	N	Hava Geçirgenliği
3/1 Z	12	99.86a
2/1 Z	12	81.73b

Bağlı Su Buharı Geçirgenliği (%)

Bağlı su buharı geçirgenliği, bir malzeme aracılığıyla su buharı iletim hızıdır [35]. Islak vücuttan terin buharlaşma hızı, ter salgılama hızından daha düşük olabilir; vücutta ter birikmesi ve yetersiz buhar hareketliliği, kullanıcı tarafından rahatsızlık olarak algılanır; bu nedenle rahat bir giysinin su buharı geçirgenliği yüksek olmalıdır. Lif hacim oranı, lif kesiti, lif higroskopikliği ve kumaş kalınlığı kumaşların su buharı geçirgenlik özelliğini etkilemektedir [36-39]. Kumaş numunelerinin

ortalama bağıl su buharı geçirgenliği ve SNK tabloları sırasıyla Şekil 6 ve Tablo 9' da sunulmuştur.



Şekil 6. Kumaş numunelerine ait ortalama bağıl su buharı geçirgenliği değerleri.

Figure 6. Average relative water vapor permeability values of fabric samples.

ANOVA sonuçlarına göre; atkı tipinin ($p_a < 0.005$) su buharı geçirgenliği değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Atkı Tipi*Doku Tipi kesişimlerinin bağıl su buharı geçirgenlik değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p_{ad} < 0.005$).

SNK test sonuçlarına göre, % 35 ve % 50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların bağıl su buharı geçirgenlik değerleri arasındaki farklılığın istatistikî olarak anlamlı olmadığı, % 20 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların değerlerinin bu gruptan farklılığının istatistikî olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında bağıl su buharı geçirgenlik değerlerinin kısmen azaldığı görülmüştür. Bu durumun kumaşların kalınlık değerlerinden ve kumaş yapısında suyun düşük hareket oranından kaynaklandığı düşünülmektedir [30].

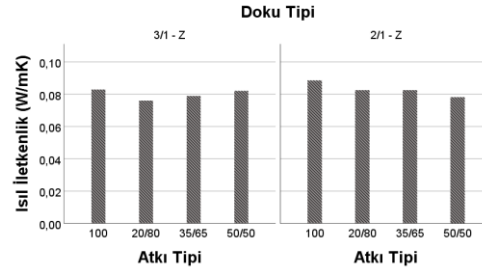
Tablo 9. Kumaş numunelerinin bağıl su buharı geçirgenliği için SNK test sonuçları

Table 9. SNK test results for relative water vapor permeability of fabric samples

Atkı Tipi	N	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği
%100 COT	6	48.05a
% 20 r-COT-%80 COT	6	47.52a
%35 r-COT-%65 COT	6	46.14b
%50 r-COT-%50 COT	6	45.93b

Isıl İletkenlik (W/mK)

Isıl iletkenlik, bir materyalden, birim kalınlıkta, 1°K sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir [40]. Kumaş numunelerinin ortalama ısıl iletkenlik değerleri ve SNK tabloları sırasıyla Şekil 7 ve Tablo 10' da sunulmuştur. ANOVA sonuçlarına göre; atkı ($p_a < 0.005$) ve doku tipinin ($p_d < 0.005$) ısıl iletkenlik değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 7. Kumaş numunelerine ait ortalama ısıl iletkenlik değerleri.

Figure 7. Average thermal conductivity values of fabric samples.

SNK test sonuçlarına göre, % 20, % 35 ve % 50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların ısıl iletkenlik değerleri arasındaki farklılığın istatistikî olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında ısıl iletkenlik değerlerinin kısmen azaldığı görülmüştür. Bu durumun kontrol grubuna göre geri dönüşüm pamuk oranı fazla olan kumaşların yüksek kalınlık değerlerinden ve kumaş yapısında ısının düşük

hareket oranından kaynaklandığı düşünülmektedir [30].

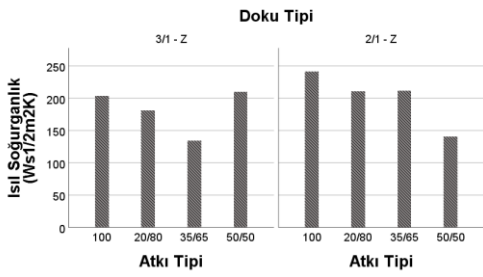
Tablo 10. Kumaş numunelerinin ısı iletkenlik için SNK test sonuçları

Table 10. SNK test results for thermal conductivity of fabric samples

Atkı Tipi	N	Isıl İletkenlik
%100 COT	6	0.0858a
% 20 r-COT-%80 COT	6	0.0794b
%35 r-COT-%65 COT	6	0.0808b
%50 r-COT-%50 COT	6	0.0801b
Doku Tipi		
3/1 Z	12	0.0797a
2/1 Z	12	0.0830b

Isıl Soğurganlık (Ws1/2m2K)

Isıl soğurganlık sıcak-soğuk hissinin objektif ölçümüdür. Giysilerin ısı emiciliği düşükse ilk temasta daha sıcak bir his verir [41]. Kumaş numunelerinin ortalama ısı soğurganlık değerleri ve SNK tabloları sırasıyla Şekil 8 ve Tablo 11’ de sunulmuştur.



Şekil 8. Kumaş numunelerine ait ortalama ısı soğurganlık değerleri.

Figure 8. Average thermal absorbance values of fabric samples.

ANOVA sonuçlarına göre; atkı ($p_a < 0.005$) ve doku tipinin ($p_d < 0.005$) ısı soğurganlık değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Atkı Tipi*Doku Tipi keşişimlerinin ısı soğurganlık değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p_{ad} < 0.005$).

SNK test sonuçlarına göre, % 20, % 35 ve % 50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların ısı soğurganlık değerleri arasındaki farklılığın istatistikî olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı varlığında, ısı soğurganlık değerlerinin azaldığı görülmüştür. SNK test sonuçlarına göre, doku tipi 3/1 Z olan denim kumaşların ısı soğurganlık değerlerinin, 2/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşlardan düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 11. Kumaş numunelerinin ısı soğurganlık için SNK test sonuçları

Table 11. SNK test results for thermal absorptivity of fabric samples

Atkı Tipi	N	Isıl Soğurganlık
%100 COT	6	222.517a
% 20 r-COT-%80 COT	6	196.000b
%35 r-COT-%65 COT	6	173.217b
%50 r-COT-%50 COT	6	175.717b
Doku Tipi		
3/1 Z	12	182.508a
2/1 Z	12	201.217b

4. Tartışma ve Sonuç

İplik numunelerinin kütleli düzgünlük, tüylülük ve hata indeksi sonuçları incelendiğinde, yapısında en fazla oranda geri dönüşüm pamuk bulunan 50/50 geri dönüşüm pamuk/pamuk ipliğinin en yüksek tüylülük ve hata indeksi değerlerine, en düşük Rkm ve kopma uzaması değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun, yapıda kullanılan geri dönüşüm pamuk elyafının, pamuk elyafına göre düşük kalite değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Üretilen kumaşların tüm analiz sonuçları incelendiğinde, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında atkı yönü kopma mukavemeti, çözgü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti, bağıl su buharı geçirgenliği, ısı iletkenlik, ısı soğurganlık değerlerinin azaldığı, kalınlık değerlerinin arttığı görülmüştür. Çalışmada, kumaşlarda geri dönüşüm pamuk elyafı kullanımını ile ısı soğurganlıkla yakından ilişkili olan temasta soğukluk hissi azaldığından

dolayı geri dönüşüm pamuk elyafının kışlık giysilerde kullanılmasının ısı konfora katkı sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

5. Discussion and Conclusion

When the unevenness, hairiness and imperfection index results of the yarn samples are examined, it is seen that the 50/50 recycled cotton/cotton yarn with the highest percentage of recycled cotton has the highest hairiness and imperfection index values, and the lowest Rkm and breaking elongation values. It is thought that this situation is due to the low quality values of the recycled cotton fiber used in the construction compared to cotton fiber. When all the analysis results of the produced fabrics were examined, it was seen that when the recycled cotton ratio increased, the weft direction breaking strength, warp and weft direction tearing strength, relative water vapor permeability, thermal conductivity, thermal absorptivity values decreased and the thickness values increased. In the study, it was concluded that the use of recycled cotton fiber in winter clothes would contribute to thermal comfort, since the feeling of coldness in contact, which is closely related to thermal absorptivity, decreases with the use of recycled cotton fiber in fabrics.

6. Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur.

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)-TEYDEB (No:5200003) tarafından desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] UNCTAD, 2019. Environmental Impact of Fashion Industry, UNCTAD, <https://news.un.org/en/story/2019/03/1035161>, (Erişim Tarihi: 25.11.2021).
- [2] Shamsuzzaman M., Kashem M.A., Sayem A.S.M., Khan A.M., Shamsuddin S.M., Islam M.M., 2021. Quantifying Environmental Sustainability of Denim Garments Washing Factories Through Effluent Analysis: A Case Study in Bangladesh, *Journal of Cleaner Production*, Volume 290, , 125740, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125740
- [3] Uncu Akı S., Candan C., Nergis B., Önder N.S., 2020. Understanding Denim Recycling: A Quantitative Study with Lifecycle Assessment Methodology, DOI: 10.5772/intechopen.92793
- [4] Amutha, 2017. Environmental impacts of denim, ed. Subramanian Senthilkannan Muthu, In *The Textile Institute Book Series, Sustainability in Denim*, Woodhead Publishing, 27-48, DOI: 10.1016/B978-0-08-102043-2.00002-2.
- [5] Fidan Ş., Aydoğan E.K., Uzal N., 2021. An Integrated Life Cycle Assessment Approach for Denim Fabric Production Using Recycled Cotton Fibers and Combined Heat and Power Plant, *Journal of Cleaner Production*, Volume 287, 125439, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125439
- [6] LeBlanc R., 2019. Textile Recycling Facts and Figures. <https://www.thebalancesmb.com/textile-recycling-facts-and-figures-2878122>, (Erişim Tarihi: 25.11.2021).
- [7] Shirvanimoghaddam, K. Motamed, B. Ramakrishna, S. Naebe, M. 2020. Death by waste: Fashion and textile circular economy case, *Science of the Total Environment*, 718, 137317, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137317
- [8] Stanescu, M.D. 2021. State of The Art of Post-Consumer Textile Waste Upcycling to Reach The Zero Waste Milestone. *Environment Science Pollution Research*, 28, 14253-14270 DOI: 10.1007/s11356-021-12416-9
- [9] Rani S., Jamal Z., 2018. Recycling of Textiles Waste for Environmental Protection. *International Journal of Home Science*, 4(1):164-168.
- [10] Fidan Ş., Aydoğan E.K., Uzal N., 2021. An Integrated Life Cycle Assessment Approach for Denim Fabric Production Using Recycled Cotton Fibers and Combined Heat and Power Plant, *Journal of Cleaner Production*, Volume 287, 125439, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125439.
- [11] Meng, X., Fan, W., Wan Mahari, W.A., Ge, S., Xia, C., Wu, F., Han, L., Wang, S., Zhang, M., Hu, Z., Ma, N.L., Van Le, Q., Lam, S.S., 2021. Production of Three-Dimensional Fiber Needle-Punching Composites From Denim Waste for Utilization as Furniture Materials, *Journal of Cleaner Production*, Volume 281,125321,DOI:10.1016/j.jclepro.2020.125321.
- [12] Silva T. L., Cazetta A. L., Souza P.S.C., Zhang T., Asefa T., Almeida V. C., 2018. Mesoporous Activated Carbon Fibers Synthesized From Denim Fabric Waste: Efficient Adsorbents for Removal of Textile Dye From Aqueous Solutions, *Journal of Cleaner Production*, Volume 171, 482-490, DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.10.034.
- [13] Esteve-Turrillas F., Guardia M., 2017. Environmental Impact of Recover Cotton in Textile Industry, *Resources, Conservation & Recycling*, 116, DOI: 10.1016/J.RESCONREC.2016.09.034
- [14] Downey L., A Short History of Denim, <https://www.levistrauss.com/wp-content/uploads/2014/01/A-Short-History-of-Denim2.pdf>, (Erişim Tarihi: 25.11.2021).
- [15] Villarreal A., Goyal C. R., 2021. Life Cycle Assessment of Cotton Yarns for IKEA, , KTH Royal Institute Of Technology School Of Architecture And The Built Environment, Degree of Master, 57 p., Stockholm.
- [16] Textile Exchange, 2020. Preferred Fiber & Materials Market Report, https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2020/06/Textile-Exchange_Preferred-Fiber-Material-Market-Report_2020.pdf, (Erişim Tarihi: 25.11.2021).

- [17] Haule L.V., Carr C.M., Rigout M., 2016, Investigation into The Supramolecular Properties of Fibres Regenerated From Cotton Based Waste Garments, *Carbohydrate Polymers*, 144, 131-139, DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.02.054.
- [18] Ekrami, E., Dadashian, F. & Soleimani, M., 2014. Waste Cotton Fibers Based Activated Carbon: Optimization of Process and Product Characterization. *Fibers and Polymers*, 15, 1855-1864 DOI: 10.1007/s12221-014-1855-7
- [19] Wanassi B., Ben Hassen M., Azouz B., 2016. Value-Added Waste Cotton Yarn: Optimization of Recycling Process and Spinning of Reclaimed Fibers. *Industrial Crops and Products*, 87:27-32.
- [20] Moazzem S., Crossin E., Daver F., Wang L., 2021. Assessing Environmental Impact Reduction Opportunities Through Life Cycle Assessment of Apparel Products, Sustainable Production and Consumption, Volume 28, , 663-674, DOI: 10.1016/j.spc.2021.06.015.
- [21] Hasani, H., Semnani, D., Tabatabaei, S. 2010. Determining The Optimum Spinning Conditions to Produce The Rotor Yarns from Cotton Wastes. *Industria Textila*, 61: 259-264.
- [22] Kaplan S., Göktepe Ö., 2006. Investigation into Navel Selection for Rotor Spinning Machine Using Cotton Waste, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14(3):57.
- [23] Yilmaz D, Yelkovan S, Tirak Y. 2017. Comparison of The Effects of Different Cotton Fibre Wastes on Different Yarn Types. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 25, 4(124): 19-30. DOI: 10.5604/01.3001.0010.2340
- [24] Wang H, Memon H, Abro R, Shah A., 2020. Sustainable Approach for Mélange Yarn Manufacturers By Recycling Dyed Fibre Waste. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 28, 3(141): 18-22. DOI: 10.5604/01.3001.0013.9013
- [25] Halimi M.T, Ben Hassen M, Sakli F. 2008. Cotton Waste Recycling: Quantitative and Qualitative Assessment, *Resources, Conservation & Recycling*, 52(5):785-791.
- [26] Khan K.R, Hossain M.M, Sarker R.C, 2015. Statistical Analyses And Predicting The Properties of Cotton/Waste Blended Open-End Rotor Yarn Using Taguchi OA Design, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 4(2):27-35. DOI: 10.5923/j.textile.20150402.01
- [27] Wanassi B, Azzouz B, Ben Hassen M., 2015. Recycling of Post-Industrial Cotton Wastes: Quality and Rotor Spinning of Reclaimed Fibers, *International Journal of Advanced Research*, 3 (6): 94-103.
- [28] Wanassi B., Ben Hassen M., Azouz B., 2016. Value-Added Waste Cotton Yarn: Optimization of Recycling Process And Spinning of Reclaimed Fibers. *Industrial Crops and Products*, 87:27-32.
- [29] Ütebay B., Çelik P., Çay A., 2019. Effects of Cotton Textile Waste Properties on Recycled Fibre Quality, *Journal of Cleaner Production*, Volume 222:29-35. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.03.033
- [30] Radhakrishnan S., Kumar S., 2018. Recycled Cotton from Denim Cut Waste, In book: sustainable innovations in recycled textiles, DOI: 10.1007/978-981-10-8515-4_3
- [31] Kurtoğlu Necfe Ö., Seventekin N., Pamuk M., 2013. A Study on Recycling The Fabric Scraps in Apparel Manufacturing Industry, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 23(3):286-289. DOI: 10.13140/RG.2.2.16006.40009
- [32] Awgichew D., Sakthivel S., Solomon E., Bayu A., Legese R., Asfaw D., Bogale M., Aduna A., Kumar S.S., 2021, Experimental Study and Effect on Recycled Fibers Blended with Rotor/OE Yarns for the Production of Handloom Fabrics and Their Properties, *Hindawi Advances in Materials Science and Engineering Volume 2021*, DOI: 10.1155/2021/4334632
- [33] Özdil N., Özçelik G., 2006, Kumaşlarda Yırtılma Mukavemeti Test Yöntemlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Çalışma, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3/2006, 174-179.
- [34] Turan R. B., Okur A., 2015, Kumaşlarda Hava Geçirgenliği, *Tekstil ve Mühendis*, 72, 16-25.
- [35] Marmaralı A., Kadoglu H., Oglakcioglu N., Celik P., Blaga M., Ursache M., Loghin C., 2009. Thermal Comfort Properties of Some New Yarns Generation Knitted Fabrics, *Autex World Textile Conference*, Izmir, Turkey. 26-28 May, Izmir.
- [36] Kaynak H.K., Çelik H.İ., 2018, Thermophysiological Comfort and Performance Properties of Knitted Fabrics Produced from Different Spinning Technologies, *The Journal of The Textile Institute*, 109(4): 536.
- [37] Küçükali Öztürk M., Nergi B., Candan C., 2010, A Study of Wicking Properties of Cotton-Acrylic Yarns And Knitted Fabrics, *Textile Research Journal*, 81(3): 324.
- [38] Das B., Das A., Kothari V. K., Fanguero R., De Araújo M., 2009, Studies on moisture transmission properties of PV-blended fabrics, *Journal of the Textile Institute*, 100(7): 588-597.
- [39] Aruchamy K., P. Subramani S., Palaniappan S.K., Pal S.K., Mysamy B., Chinnasamy V., 2020, Effect of Blend Ratio on The Thermal Comfort Characteristics of Cotton/Bamboo Blended Fabrics, *Journal of Natural Fibers*, DOI: 10.1080/15440478.2020.1731903
- [40] Nayak, R., Kanesalingam, S., Houshyar, S., Wang, L., Padhye, R., Vijayan, A., 2018, Evaluation of Thermal, Moisture Management and Sensorial Comfort Properties of Superabsorbent Polyacrylate Fabrics for The Next-To-Skin Layer In Firefighters' Protective Clothing, *Textile Research Journal*, 88(9):1077-1088.
- [41] Marmaralı A., Oglakcioglu N., 2013. Giysilerde Isıl Konfor, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 1957-1963.