



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

**SÜPREM ÖRME KUMAŞLARIN TRANSFER, GEÇİRGENLİK VE
GÖZENEKLİLİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK
İNCELENMESİ**

**A COMPARATIVE INVESTIGATION OF TRANSFER, PERMEABILITY AND
POROSITY PROPERTIES OF SINGLE JERSEY KNITTED FABRICS**

Gonca BALCI KILIÇ

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):30 Aralık 2022 (30 December 2022)

Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

Gonca BALCI KILIÇ (2022): Süprem Örme Kumaşların Transfer, Geçirgenlik Ve Gözeneklilik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Tekstil ve Mühendis, 29:128, 238-248.

For online version of the article: <https://doi.org/10.7216/teksmuh.1222482>

Arastırma Makalesi / Research Article

SÜPREM ÖRME KUMAŞLARIN TRANSFER, GEÇİRGENLİK VE GÖZENEKLİLİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

Gonca BALCI KILIÇ 

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

Gönderilme Tarihi / Received: .31.10.2022

Kabul Tarihi / Accepted: 19.12.2022

ÖZ: Bu çalışmada, süprem örme kumaşların transfer, geçirgenlik ve gözeneklilik özelliklerine eğirme teknolojisi ve karışım oranının etkisinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla konvansiyonel ring, kompakt ve MVS (Murata Vortex spinning) eğirme sistemleri ile pamuk ve rejenere selülozik lif (Modal, Tencel) karışımı iplikler ve bu iplikler ile süprem örme kumaşlar üretilmiştir. Çalışma kapsamında geçirgenlik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve UV geçirgenliği (dayanımı) testleri, transfer özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ise dikey kılcal emme ve renk tayini (boyanabilirlik) testleri yapılmıştır. Kumaş gözenekliliği ise hem görüntü analizi yöntemi kullanılarak hem de teorik olarak belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, karışım oranı ve eğirme teknolojisi türünün, süprem örme kumaşların transfer, geçirgenlik ve gözeneklilik özellikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu saptanmıştır. En yüksek hava ve su buharı geçirgenliği değerleri MVS eğirme teknolojisinde ve rejenere selülozik lif oranı en yüksek olan ipliklerden üretilen kumaşlara aitken, en yüksek UV koruma faktörünün (UPF) en yüksek pamuk oranına sahip ring ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmektedir. En yüksek dikey kılcal emme değerleri rejenere selülozik lif oranı en yüksek ipliklerden üretilen kumaşlara aittir. En yüksek renk verimi ve renk doygunluğu değerleri MVS ipliklerden üretilen kumaşlara aittir ve bu değerler karışımdaki rejenere selülozik lif miktarının artmasıyla artmıştır. Görüntü analiz yöntemi ve iki farklı teorik yaklaşım kullanılarak hesaplanan gözeneklilik değerleri incelendiğinde ise, bu parametrenin kullanılan yaklaşıma göre birbirinden oldukça farklı değerler gösterdiği saptanmıştır. Gözeneklilik ve geçirgenlik özellikleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde, geçirgenlik değerleri ile görüntü analizinden elde edilen gözeneklilik değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı korelasyonlar olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: transfer özellikleri, geçirgenlik, gözeneklilik, dikey kılcal emme, görüntü analizi, süprem örme kumaş

A COMPARATIVE INVESTIGATION OF TRANSFER, PERMEABILITY AND POROSITY PROPERTIES OF SINGLE JERSEY KNITTED FABRICS

ABSTRACT: In this study, it was aimed to comparatively examine the effects of spinning technology and blend ratio on the transfer, permeability and porosity properties of single jersey knitted fabrics. For this purpose, cotton and regenerated cellulosic fiber (Modal, Tencel) blended yarns were produced by conventional ring, compact and MVS (Murata Vortex spinning) spinning systems and single jersey knitted fabrics were produced from these yarns. In the scope of the study, air permeability, water vapour permeability and UV permeability (protection) tests were carried out to determine the permeability properties, and vertical wicking and colour determination (dyeability) tests were carried out to determine the transfer properties. Fabric porosity was determined both using image analysis method and theoretically. When the results were examined, it was determined that the blend ratio and the type of spinning technology had a statistically significant effect on the transfer, permeability and porosity properties of single jersey knitted fabrics. While the highest air and water vapour permeability values belong to the fabrics produced in MVS spinning technology and the yarns with the highest regenerated cellulosic fiber ratio, the highest UV protection factor (UPF) belongs to the fabrics produced from ring yarns with the highest cotton ratio. The highest vertical capillary absorption values belong to the fabrics produced from yarns with the highest regenerated cellulosic fiber ratio. The highest color yield and color saturation values belong to fabrics produced from MVS yarns, and these values increased with the increase in the amount of regenerated cellulosic fiber in the blend. When the porosity values calculated using the image analysis method and two different theoretical approaches were examined, it was determined that this parameter showed quite different values compared to the approach used. When the relationships between porosity and permeability properties were examined, it was concluded that there were statistically significant correlations between the permeability values and the porosity values obtained from the image analysis.

Keywords: Transfer properties, permeability, porosity, vertical wicking, image analysis, single jersey knitted fabric

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: gonca.balci@deu.edu.tr

DOI: <https://doi.org/10.7216/teksmuh.1222482> www.tekstilmuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Son yıllarda farklılaşan tüketici beklentileri ve artan kalite bilincine paralel olarak kumaş ve giysi konfor özelliklerine olan ilgi de artmıştır. Bu nedenle, giysi konforu, estetik özelliklerin yanı sıra tüketicilerin satın alma davranışını etkileyen en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir. Her bir tüketicinin giysiden beklentisi farklı olduğu için giysi konforu kavramı oldukça karmaşık bir kavramdır ve kesin sınırları olan bir tanımlama yapmak zordur. Slater, konforu “insan ve çevre arasındaki fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyumun memnuniyet verici bir hali” olarak tanımlamıştır. Her ne kadar giysi konforu için tek bir tanım yapmak zor olsa da bir giysi için temel beklentileri termofizyolojik konfor, duyuşal konfor, vücut hareket konforu ve estetik konfor olarak sıralamak mümkündür [1-3]. Pozitif anlamda giysi konforu kavramını tanımlamak daha zor iken konforsuzluk kavramı kullanıcılar tarafından sıcak, soğuk, ıslak, batan, kaşındırıcı (karıncalandırıcı), ağır, nefes almıyan, emici olmıyan, katı, yapışkan, nemli ve kaba vb. terimlerle daha kolay ifade edilmektedir [3-4].

Giysi konforunu belirleyen temel bileşenlerden biri olan termofizyolojik konfor, bir kumaş aracılığıyla ısı ve nemin taşınması ile birlikte konforlu bir sıcaklık ve ıslaklık durumuna ulaşma olarak tanımlanabilir [3]. Giysi konfor özellikleri açısından insan vücudu ile kumaş ve kumaş ile dış çevre arasındaki ısı ve nemin kontrollü iletimi temel faktör olduğu için kumaşların transfer, geçirgenlik ve gözeneklilik özellikleri termofizyolojik konfor algısını etkileyen en önemli parametreler arasında yer almaktadır. Geçirgenlik ve transfer özelliklerini etkileyen başlıca faktörler ise hammadde, eğirme teknolojisi, iplik numarası ve iplik tüylülüğü gibi iplik özellikleri, örtme faktörü, kalınlık, sıklık ve örgü kesişim noktaları (intersection point) ve gözeneklilik gibi kumaş özellikleri ve kumaşlara uygulanan ön terbiye ve bitim işlemleridir.

Giysi konforu konusunda artan tüketici taleplerini karşılamak için farklı özellikte ve/veya farklı enine kesitte lif kullanımı, bazı özellikleri ile ön plana çıkan çeşitli liflerin karışım halinde kullanılması, farklı eğirme teknolojileriyle iplik üretimi, farklı yapılarda kumaş üretimi ve kumaşlar üzerine çeşitli terbiye işlemlerinin uygulanması en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Literatür incelendiğinde, hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, dikey kılcal emme ve gözeneklilik gibi termofizyolojik konfor özelliklerini etkileyen parametrelerin ve bu parametrelere etki eden faktörlerin incelendiği çok sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Erdumlu ve Sarıcam [5], ring ve vortex penye pamuk iplikleri ile üretilen örme kumaşların dikey kılcal emme, su emicilik ve kuruma özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Sonuç olarak, vortex ipliklerden üretilen kumaşların ring ipliklerden üretilen kumaşlara göre daha düşük dikey kılcal emme ve su emicilik değerlerine sahip olduğu ve iplik tipinin kumaş kuruma süresi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bhattacharya ve Ajmeri [6], pamuk ve Modal örme kumaşların hava geçirgenliği özelliklerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, iki farklı iplik numarası ve dört farklı sıklık faktörü kullanmış ve kumaş kalınlığı ve sıklık faktörü ile hava geçirgenliği arasında negatif korelasyon olduğu ve iplik inceliğinin artmasıyla birlikte hava geçirgenliğinin arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Nazir ve ark. [7],

çalışmalarında örme parametrelerinin (sıklık ve ilmek iplik uzunluğu) interlok kumaşların nem yönetimi ve hava geçirgenliği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Elde edilen bulgulara göre daha gevşek yapıya sahip örme kumaşların daha iyi hava geçirgenliği, ancak zayıf nem yönetimi özellikleri sergilediği sonucuna varılmıştır. Prakash ve Ramakrishnan [8], pamuk ve bambu karışımli süprem örme kumaşların hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, termal iletkenlik ve termal direnç özelliklerine iplik numarasının, ilmek iplik uzunluğunun ve karışım oranının etkisini inceledikleri çalışmalarında, karışımındaki bambu lifi oranının artmasıyla birlikte hava ve su buharı geçirgenliğinin arttığı bulgusuna ulaşmıştır. Yanılmaz ve Kalaoglu [9], çalışmalarımda farklı örme kumaş yapıları ve çeşitli termofizyolojik konfor parametreleri arasındaki ilişkinin araştırılmasını amaçlamışlardır. Bu amaçla üç farklı kumaş yapısı ve iki farklı sıklık faktörü kullanılmış ve gevşek yapıdaki kumaşların tüm kumaş yapılar için daha yüksek gözeneklilik değerlerine, daha yüksek gözenek boyutlarına ve daha yüksek dikey kılcal emme değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Raja ve ark. [10] tarafından yapılan çalışmada ring, kompakt ve ring/kompakt katlı iplikler kullanılarak üretilen süprem örme kumaşların termal özelliklerine kopça ağırlığı ve iplik bükümünün etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği büküm arttıkça arttığı ve ısı iletkenliğinin büküm arttıkça azaldığı ve kompakt iki katlı ipliklerden üretilen kumaşların diğerlerine göre daha yüksek hava ve su buharı geçirgenliğine sahip olduğu belirtilmiştir. Kaynak ve Çelik [11], iplik eğirme teknolojisinin örme kumaşların termofizyolojik konfor ve performans özelliklerine etkisini incelemiştir. Bu amaçla üç farklı eğirme teknolojisinde (ring, kompakt ve siro spun) %100 pamuk iplikler ve bu ipliklerden iki farklı ilmek iplik uzunluğunda düz örme kumaşlar üretilmiş ve daha tüylü ipliklerden üretilen örme kumaşların daha düşük hava geçirgenliğine sahip olduğu, beklendiği gibi gevşek kumaş yapısında daha yüksek hava geçirgenliği değerleri elde edildiği ve her iki ilmek uzunluğu için de en yüksek su buharı geçirgenliği değerlerinin ring ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmüştür. Kim [12], PTT/yün/Modal karışımli ring, kompakt ve MVS ipliklerden üretilen süprem örme kumaşların dikey kılcal emme, kuruma ve termal özelliklerini incelemiştir ve sonuç olarak MVS ipliklerden üretilen kumaşların daha iyi kuruma oranlarına ve ısı tutma yeteneklerine ve daha yüksek kılcal emme değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir. Chen ve ark. [13] tarafından yapılan çalışmada pamuk ve farklı filament sayılarına sahip polipropilen ve polyester iplikler kullanılarak çift taraflı süprem örme kumaş yapısı elde edilmiş ve bu kumaşların nem yönetimi, dikey kılcal emme ve kuruma davranışları analiz edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, iç yüzeyde polipropilen iplik ve dış yüzeyde polyester iplik bulunan örme kumaşların en yüksek dikey kılcal emme ve kuruma oranına sahip olduğu ve pamuk lifi içeren kumaş yüzeyinin, daha yüksek sıvı emme oranı ve daha düşük dikey kılcal emme yüksekliğine sahip olduğu görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında süprem örme kumaşların transfer, geçirgenlik ve gözeneklilik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı karışım oranları ve farklı eğirme teknolojileri (ring, kompakt, MVS) kullanılarak pamuk ve özellikle son yıllarda artan çevre bilinci nedeniyle ön plana çıkan ve biyolojik olarak parçalanabilen rejenere selülozik

lif (Modal ve Tencel) karışımı iplikler üretilmiştir. Bu ipliklerden ise sağladığı hareket ve termofizyolojik konfor nedeniyle spor giysilerde sıklıkla tercih edilen süprem örme kumaşlar üretilmiştir. Üretilen süprem örme kumaşların geçirgenlik (hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve UV geçirgenliği) ve transfer (boyanabilirlik- renk özellikleri ve dikey kılcı emme) özelliklerine karışım oranı ve eğirme teknolojisinin etkisi analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra çalışma kapsamında görüntü analizi yöntemi ve iki farklı teorik yaklaşım kullanılarak kumaş gözenekliliği belirlenmiş ve farklı yöntemlerle hesaplanan kumaş gözeneklilik değerleri arasındaki ve bu değerler ile geçirgenlik özellikleri arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Bu çalışmanın, biyobozunur lif karışımlarından üretilen süprem örme kumaşların farklı yöntemlerle (görüntü analizi ve iki farklı teorik yaklaşım) belirlenen gözeneklilik değerlerinin birbirleriyle ve geçirgenlik özellikleriyle ilişkisinin ortaya konulması açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Çalışma kapsamında hammadde olarak pamuk, Tencel ve Modal lifleri kullanılmıştır. Tencel ve Modal lifleri, son yıllarda hem biyolojik olarak parçalanmaları hem de bazı üstün özellikleri ile ön plana çıkmaları nedeniyle en çok tercih edilen rejenere selülozik lifler arasında yer almaktadır. Tencel ve Modal lifleri, doğal ve sürdürülebilir bir kaynak olan odun hamurundan üretilmektedir. Tencel lifi, yeni nesil rejenere selülozik liflerin ilki olarak piyasaya sürülen, kapalı döngü sistemi ile kullanılan solventleri geri kazanıp yeniden kullanan ve yüksek mukavemet, yüksek nem emicilik ve yumuşak tutum özellikleri ile ön plana çıkan bir lifdir [14,15]. Modal lifi ise rejenere selülozik liflerin yaş mukavemetlerini arttırmak için geliştirilmiştir ve özellikle parlaklık ve yumuşaklık özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Modal lifleri viskoz liflerine göre daha fazla kristalin bölgeye sahip olmasına rağmen daha fazla boya çekmekte ve daha koyu boyanabilmektedir. Bunun nedeni üretim işlemleri sırasında kristalinler arasında ince kanallar oluşturulmasıdır [16,17]. Belirli oranlarda karışım yapılan pamuk, Modal ve Tencel liflerinden ring, kompakt ve MVS eğirme teknolojilerinde $\alpha_e=3,7$ büküm katsayısına ve 20 tex lineer yoğunluğa sahip iplikler üretilmiştir. Bu ipliklerden aynı üretim parametreleri kullanılarak dokuz farklı tip süprem örme kumaş üretilmiştir. Üretilen süprem örme kumaşların yapısal özellikleri Tablo 1’de yer almaktadır.

Çalışmada kullanılan süprem örme kumaşların tamamı aynı reaktif boyarmaddeler kullanılarak ve aynı boyama reçetesiyle boyanmıştır. Boyama işlemi sonrasında bütün kumaşlara aynı ard işlemler uygulanmıştır. Ard işlem olarak sırasıyla 70°C’de, 95°C’de ve 70°C’de beşer dakikalık üç adet yıkama işlemi ve son olarak pH 5-5,5’te, 50°C sıcaklıkta ve 15 dakika süre ile katyonik yumuşatma işlemi gerçekleştirilmiştir.

2.2 Metot

Bu çalışmada farklı eğirme teknolojilerinde ve farklı karışım oranlarında üretilen ipliklerden elde edilen süprem örme kumaş-

ların hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, UV geçirgenliği, dikey kılcı emme, renk tayini (boyanabilirlik) ve gözeneklilik özellikleri incelenmiştir. Hava geçirgenliği testleri ISO 9237:1995 [18] standardına göre 20 cm² ölçüm alanı kullanılarak 100 Pa basınç altında TexTest FX 3300 Hava Geçirgenliği Test Cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Su buharı geçirgenliği testleri BS 7209 [19] standardı uyarınca kapı metoduna göre yapılmıştır. Su buharı geçirgenliğinde test süresi olarak 24 saat seçilmiştir. Kumaşların UV dayanımı testleri AS/NZS 4399 [20] standardına göre Perkin Emler UV-Vis spektrofotometre kullanılarak ölçül-müştür ve ortalama ultraviyole koruma faktörü (mean ultraviolet protection factor-UPF) değerleri belirlenmiştir. Dikey kılcı emme testleri, DIN 53924-2020 [21] standardına göre 2±0,5 g ağırlık kullanılarak ve 1 dk, 5 dk, 10 dk, 20dk, 30 dk ve 60 dk için kılcı emme yüksekliğinin ölçülmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Kumaşların boyanabilirlik özelliği (renk tayini) ise Minolta Spektrofotometre CM-3600d kullanılarak ölçülmüştür. Boyanabilirlik özelliklerinin belirlenmesi için renk verimi (kuvveti) (K/S), reflektans (R), renk doygunluğu (C) ve renk tonu (H) değerleri ölçülmüştür. Renk ölçümlerinde CIE L*a*b*C*h° renk koordinat sistemi, D65 aydınlatma ve 10° gözlemci açısı kullanılmış ve ölçümler 440 nm’lik spektral bölgede yapılmıştır. Tüm testler standart atmosfer koşullarında (20±2 °C sıcaklık ve %65±4 bağıl nem) kondisyonlanmış örnek-lerle gerçekleştirilmiştir.

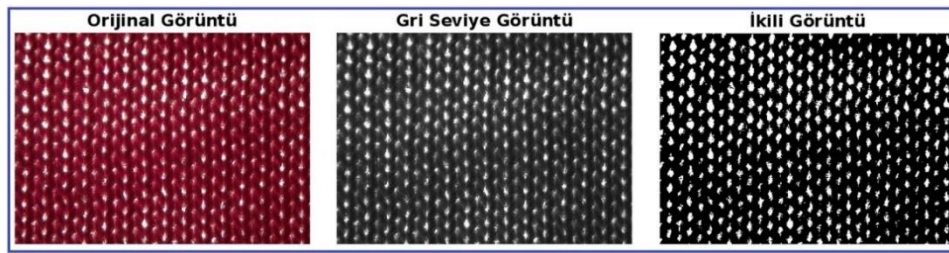


Şekil 1. Dikey kılcı emme yüksekliğinin belirlenmesi

Bu çalışma kapsamında kumaşların geçirgenlik ve transfer özelliklerine ek olarak gözeneklilik özellikleri de analiz edilmiştir. Kumaş gözenekliliğinin belirlenmesi için görüntü analizi ve teorik yaklaşım olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. Görüntü analizi yöntemi için ilk aşamada mikroskoba (Olympus SZ61) entegre edilmiş bir dijital kamera ile kumaşların renkli dijital görüntüleri çekilmiştir. İkinci aşamada MATLAB programı (image processing toolbox) kullanılarak görüntüler gri seviyeye (gray level) dönüştürülmüştür. Daha sonra Otsu metodu kullanılarak gri seviye görüntüler ikili görüntüye (binary image) dönüştürülmüştür. İkili görüntüde beyaz pikseller gözenekleri, siyah pikseller ise iplikleri temsil etmektedir (Şekil 2). Kumaş gözenekliliği (%), toplam beyaz piksel sayısının görüntüdeki toplam piksel sayısına oranı ile hesaplanmıştır.

Tablo 1. Süprem örme kumaşların yapısal özellikleri

Hammadde	Eğirme Teknolojisi	Çubuk /cm	Sıra /cm	Metrekare ağırlığı (g/m ²)	Kumaş kalınlığı (mm)	İlmek iplik uzunluğu (cm)
%33 Pamuk- %40 Modal-%27 Tencel	Ring	14,9	19,2	169,57	0,58	0,268
%50 Pamuk-%30 Modal-%20 Tencel	Ring	14,9	19,2	165,30	0,60	0,282
%67 Pamuk-%20 Modal-%13 Tencel	Ring	15,2	19,2	168,17	0,62	0,268
%33 Pamuk- %40 Modal-%27 Tencel	Kompakt	14,5	18,9	157,95	0,57	0,272
%50 Pamuk-%30 Modal-%20 Tencel	Kompakt	15,3	19,2	160,96	0,60	0,271
%67 Pamuk-%20 Modal-%13 Tencel	Kompakt	14,9	18,9	158,15	0,61	0,276
%33 Pamuk- %40 Modal-%27 Tencel	MVS	15,2	18,7	151,75	0,61	0,262
%50 Pamuk-%30 Modal-%20 Tencel	MVS	14,7	18,9	153,24	0,62	0,280
%67 Pamuk-%20 Modal-%13 Tencel	MVS	15,0	19,3	154,69	0,63	0,277

**Şekil 2.** Görüntü analizi yöntemiyle gözeneklilik belirlenmesi

Teorik yöntemle gözeneklilik hesaplamak için ise daha önceki çalışmalarda gözenekliliğin belirlenmesi için kullanılan iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. İlk yaklaşıma göre [22-26], gözeneklilik Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$\mathcal{E}(\%) = \left(1 - \frac{\rho_{kumaş}}{\rho_{lif}}\right) * 100 \quad (1)$$

$$\rho_{kumaş} = \frac{M_{kumaş}}{t} \quad (2)$$

Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'de, \mathcal{E} , toplam gözenekliliği (%); $\rho_{kumaş}$, kumaş yoğunluğunu (g/cm³); ρ_{lif} , lif yoğunluğunu (g/cm³); $M_{kumaş}$, kumaşın birim ağırlığını (g/cm²) ve t, kumaş kalınlığını (cm) göstermektedir. Pamuk, Tencel ve Modal için lif yoğunlukları sırasıyla 1,55; 1,53 ve 1,50 g/cm³ [27-29] olarak alınmış ve karışımdaki oranları dikkate alınarak ortalama lif yoğunluğu hesaplanmıştır.

Diğer bir yaklaşıma göre [25, 30-31] ise gözeneklilik Eşitlik 2'ye göre hesaplanmaktadır.

$$\mathcal{E} = \left(1 - \frac{\text{İplik Hacmi}}{\text{Toplam Hacim}}\right) * 100 \quad (3)$$

$$\text{İplik Hacmi} = \frac{\pi d^2 2l}{4} = \frac{\pi d^2 l}{2} \quad (4)$$

$$\text{Toplam Hacim} = \frac{1}{c} \frac{1}{w} t = \frac{t}{cw} \quad (5)$$

$$\mathcal{E} = 1 - \frac{\pi d^2 l c w}{2t} \quad (6)$$

Eşitlik 6'da, \mathcal{E} ; gözenekliliği, d; iplik çapını (cm), l; ilmek iplik uzunluğunu (cm), c; cm'deki sıra sayısını; w; cm'deki çubuk

sayısını ve t; kumaş kalınlığını (cm) ifade etmektedir. İplik çapı (d) olarak Uster Tester 5 cihazında ölçülen 2DØ (mm) değerleri dikkate alınmıştır.

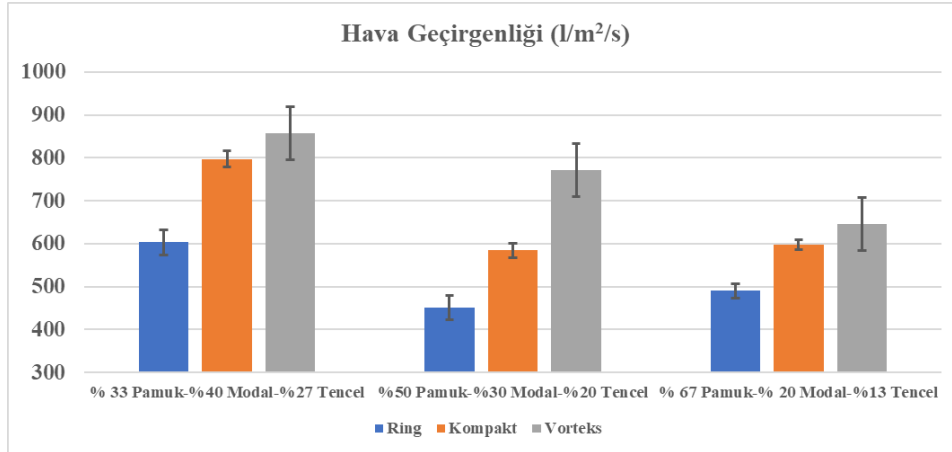
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada süprem örme kumaşların transfer, geçirgenlik ve gözeneklilik özelliklerine eğirme teknolojisi ve karışım oranının etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu amaçla, $\alpha = 0,05$ için varyans analizleri yapılmış ve sonuçlar grafikler aracılığıyla özetlenmiştir.

3.1 Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği, kumaş gözenekliliğinden doğrudan etkilenen en önemli transfer özelliklerinden biridir ve belirli bir test alanında ve belirli bir basınç düşüşü ile kumaş yapısından (lifler ve iplikler) geçen hava akış miktarı olarak tanımlamak müm-kündür. Süprem örme kumaşların hava geçirgenliği değerleri (l/m²/s) ve güven aralıkları Şekil 3'te yer almaktadır.

Hava geçirgenliği test sonuçları incelendiğinde, en yüksek değerlerin MVS ipliklerden üretilen kumaşlara, en düşük değerlerin ise ring ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise iplik tüylülüğüdür. En yüksek tüylülüğe sahip olan ring ipliklerden üretilen kumaşlarda en düşük hava geçirgenliği değerleri görülmüştür. Bulunan sonuç, Kaynak ve Çelik [11] tarafından yapılan çalışma ile paraleldir. Hammadde açısından karşılaştırma yapıldığında ise en yüksek hava geçirgenliği değerleri rejenere selülozik lif oranı en yüksek kumaşlara aittir ve bu durum Prakash ve Ramakrishnan [8] tarafından yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. Bunun



Şekil 3. Hava geçirgenliği değerleri ve %95 güven aralıkları

yanı sıra en düşük hava geçirgenliği değişkenliğinin kompakt ipliklerden üretilen kumaşlara, en yüksek değişkenliğin ise MVS ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise MVS ipliklerde bulunan kemer liflerinin düzensiz dağılımı ve dolayısıyla gözeneklerin düzensiz dağılımı olarak açıklanabilir. Hava geçirgenliği değerleri istatistiksel olarak analiz edildiğinde, eğirme teknolojisi ve hammaddenin etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($p=0,05$).

3.2 Su Buharı Geçirgenliği

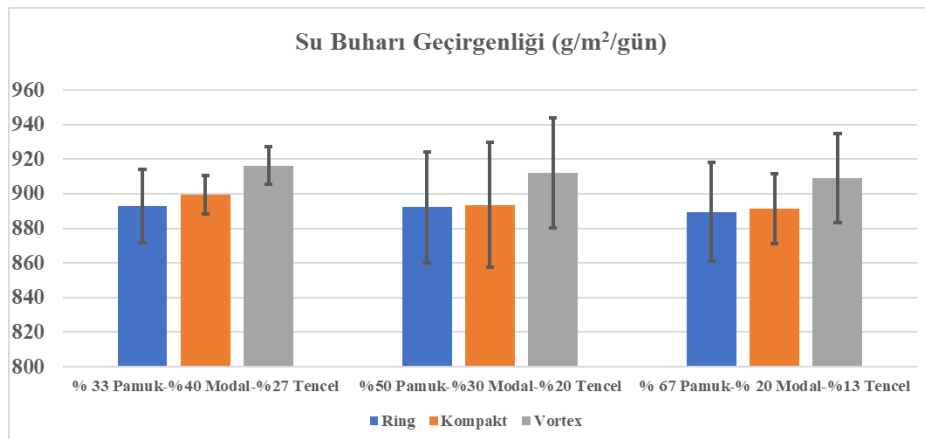
Su buharı geçirgenliği, giysilerin termofizyolojik konfor özelliklerini etkileyen en önemli parametreler arasındadır. Su buharı geçirgenliği ne kadar fazlaysa insan vücudundan çevreye nem transferi o kadar fazla olmakta ve giysi ile vücut arasında biriken nem daha kolay uzaklaşmakta dolayısıyla termofizyolojik konfor algısı da artmaktadır. Çalışma kapsamında test edilen kumaşların su buharı geçirgenliği değerleri ($g/m^2/gün$) Şekil 4'te yer almaktadır.

Eğirme teknolojisi açısından bir karşılaştırma yapıldığında, en yüksek su buharı geçirgenliği değerlerinin MVS ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Bu durum, hava

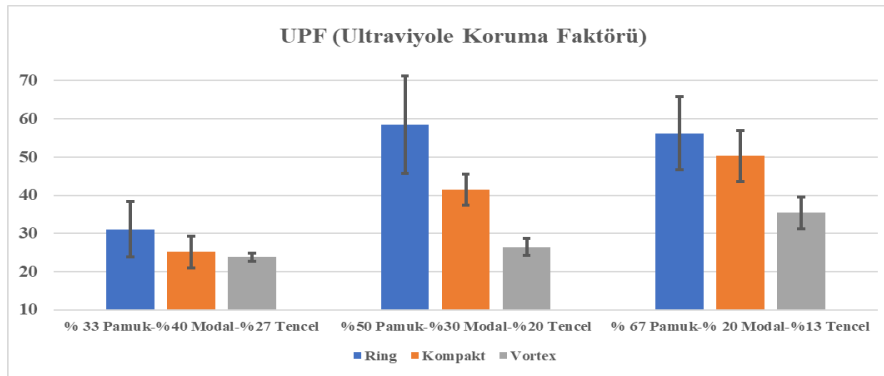
geçirgenliği test sonuçları ile paralellik göstermektedir. Bunun nedeni ise hem MVS ipliklerin düşük tüylülüğü hem de kompakt ve ring ipliğinden farklı olarak MVS iplik yapısında merkezde paralel halde bulunan liflerin de transferi desteklemesi şeklinde açıklanabilir. Hammadde açısından bir karşılaştırma yapıldığında ise daha önceki çalışmalara [8] paralel olarak rejenere selülozik lif oranı en yüksek olan kumaşların su buharı geçirgenliğinin en yüksek olduğunu söylemek mümkündür. ANOVA sonuçları incelendiğinde, eğirme teknolojisinin su buharı geçirgenliği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı iken ($p=0,001$), hammaddenin (karışım oranının) etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0,459$). İkili karşılaştırma (pairwise comparisons) analizlerine göre bütün hammaddeler için ring ve kompakt ipliklerden üretilen örme kumaşların su buharı geçirgenliği değerleri arasındaki farkların istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmektedir ($p\geq 0,05$).

3.3 UV Geçirgenliği

UPF (ultraviyole koruma faktörü), UV kumaşların ultraviyole radyasyonuna karşı koruma derecesini gösteren parametre olarak tanımlanmaktadır [32,33]. Süprem örme kumaşların ortalama UPF değerleri Şekil 5'te yer almaktadır.



Şekil 4. Su buharı geçirgenliği değerleri ve %95 güven aralıkları



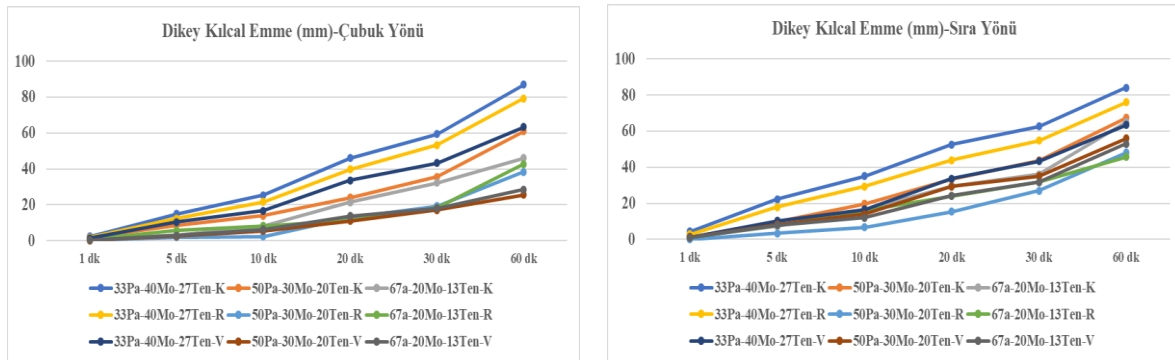
Şekil 5. UV geçirgenliği değerleri ve %95 güven aralıkları

Şekil 5 incelendiğinde, en düşük UPF değerlerinin %33 Pamuk-%40 Modal-%27 Tencel karışım oranına sahip MVS ipliklerden üretilen örme kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Karışımındaki pamuk oranının artmasıyla UPF değerlerinin arttığı ve en yüksek UPF değerlerinin ring ipliklerden üretilen kumaşlara, en düşük UPF değerlerinin ise MVS ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise iplik tüylülüğüdür. Stankovic ve ark. [34] tarafından yapılan çalışmada da belirtildiği gibi, daha düşük tüylülüğe sahip ipliklerden üretilen kumaşlar daha düşük UPF değerlerine sahip olmaktadır. UPF değerleri istatistiksel olarak analiz edildiğinde, eğirme teknolojisi ve

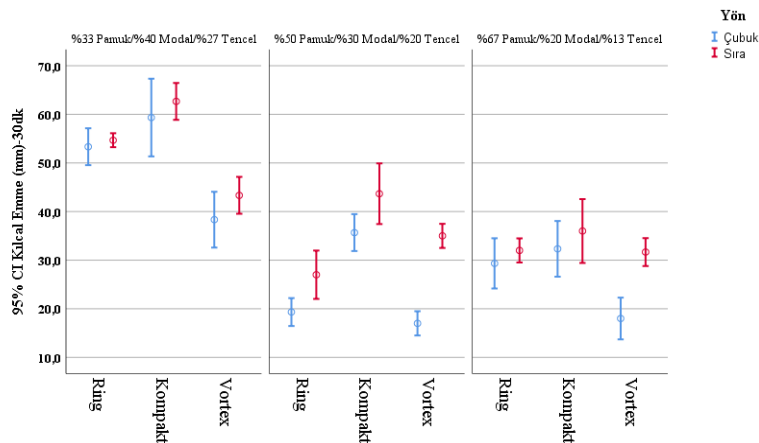
hammadenin UPF üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($p=0,05$).

3.4 Dikey Kılcal Emme

Süprem örme kumaşların sıra ve çubuk yönündeki 1 dk, 5 dk, 10 dk, 20 dk, 30 dk ve 60 dk için dikey kılcal emme değerleri (mm) Şekil 6'da, 30 dakikadaki kılcal emme değerlerine ait ayrıntılı veriler ve güven aralıkları ise Şekil 7'de yer almaktadır. Dikey kılcal emme değerleri incelendiğinde, bütün kumaşlar için her iki yönde de en yüksek artışın (%) 1 dk ile 5 dk arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Dikey kılcal emme değerleri



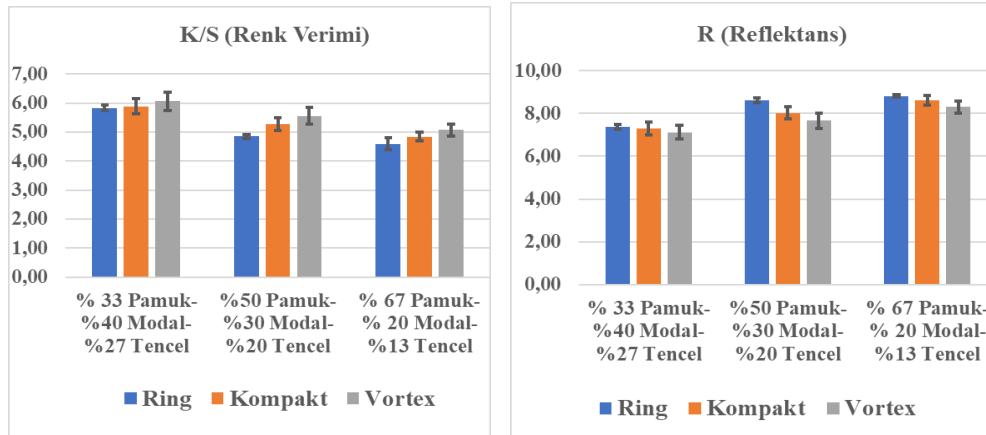
Şekil 7. 30 dakika süre sonundaki dikey kılcal emme değerleri için %95 güven aralıkları

Dikey kılcal emme sonuçlarına açısından genel bir değerlendirme yapıldığında, en yüksek değerlerin kompakt ipliklerden üretilen kumaşlara, en düşük değerlerin ise MVS ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Bu durumun MVS ipliklerinin kemerli yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir ve Erdumlu ve Sarıcam [5] tarafından yapılan çalışma ile paralellik göstermektedir. Sonuçlar istatistiksel olarak analiz edildiğinde, bütün karışım oranları ve her iki yön için eğirme teknolojisinin etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). Ayrıca, üç eğirme teknolojisi ve her iki yön için hammaddenin etkisinin de istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($p=0,00$). Hammadde açısından bir değerlendirme yapıldığında, en yüksek değerlerin rejenere selülozik lif oranının en yüksek olduğu kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Su buharı ve hava geçirgenliğinde olduğu gibi, genel olarak rejenere selülozik lif oranı azaldıkça dikey kılcal emme değerlerinin de azaldığını söylemek mümkündür. Kumaş yönü için ise daha önceki çalışmalarla [9,35] uyumlu olarak sıra yönünde dikey kılcal emme değerlerinin çubuk yönüne göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

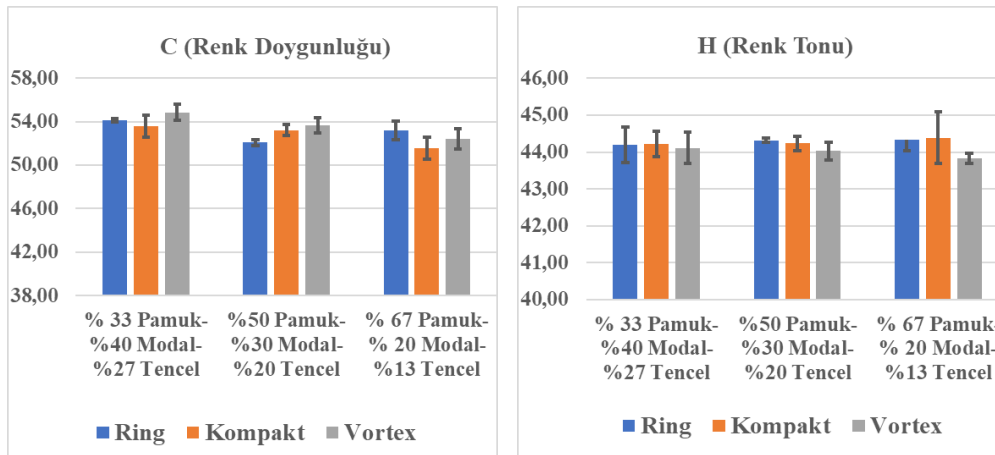
3.5 Renk Özellikleri (Boyanabilirlik)

Kumaşların K/S (renk verimi) ve R (reflektans) değerleri Şekil 8'de, C (renk doygunluğu) ve H (renk tonu) değerleri ise Şekil 9'da yer almaktadır.

Renk verimi (K/S) açısından genel bir değerlendirme yapıldığında, en yüksek değerlerin diğer ipliklere göre daha hacimli yapıya sahip olması nedeniyle MVS ipliklerden üretilen süprem örme kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Ayrıca, karışımındaki rejenere selülozik lif miktarının artmasıyla K/S değerinin de arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun olası nedeninin Modal ve Tencel liflerinin polimerizasyon derecesi ve kristalin bölge oranının pamuk liflerine göre daha düşük olmasının yanı sıra üretim işlemleri sırasında Modal lifinde kristalinler arasında oluşan ince kanallar ve Tencel lifinin dairesel enine kesiti ile nanofibril yapısı sayesinde yüksek emiciliği olduğu düşünülmektedir. Reflektans (yansıtma) özellikleri açısından bir inceleme yapıldığında ise daha düzgün (düzenli) iplik yüzeyleri ile ön plana çıkan ring ve kompakt ipliklerden üretilen kumaşların daha yüksek reflektans değerlerine sahip olduğu görülmektedir. En düşük reflektans özelliği ise yapısında bulunan kemer liflerinin etkisi nedeniyle MVS ipliklerden üretilen kumaşlara aittir. Reflektans değerlerine hammaddenin etkisi incelendiğinde renk verimi değerlerinin aksine, rejenere selülozik lif miktarının artmasıyla reflektans değeri azalmaktadır. Bu durumun nedeni ise hem Modal liflerinin trilobal yapısı hem de Tencel liflerinin nanofibril yapısı (şeftali tüyü efekti) olabilir. ANOVA sonuçları incelendiğinde, eğirme teknolojisi ve karışım oranının renk verimi ve reflektans özelliklerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı olduğu da görülmektedir ($p \leq 0,05$).



Şekil 8. Renk verimi (K/S) ve reflektans (R) değerleri ve %95 güven aralıkları



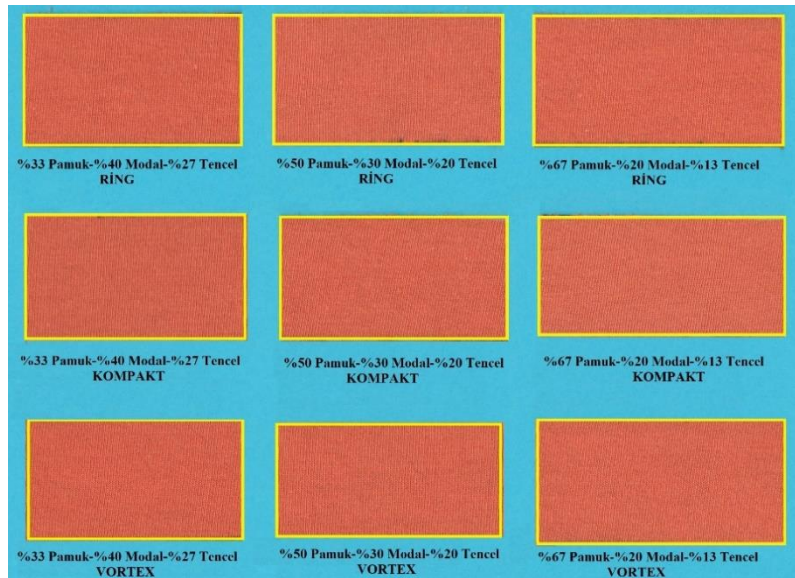
Şekil 9. Renk doygunluğu (C) ve renk tonu (H) değerleri ve %95 güven aralıkları

Şekil 9'daki renk doygunluğu (chroma-C), rengin parlaklık ve matlığını ifade ederken, renk tonu (hue-H) değeri rengin tonuna ait açı anlamına gelmektedir. Renk tonu değeri 0° ile 360° arasında değişmekte ve 0°, 90°, 180° ve 270° açıları sırasıyla kırmızı, sarı, yeşil ve mavi tonlarını göstermektedir [36]. Renk doygunluğu (C) değerleri incelendiğinde, renk veriminde (K/S) olduğu gibi genel olarak en yüksek değerlerin rejenere selülozik lif oranı en yüksek olan ve MVS ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Karışım oranı ve eğirme teknolojisinin renk doygunluğu üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p \leq 0,05$). Renk tonu değerleri açısından bir karşılaştırma yapıldığında ise çalışma kapsamında üretilen bütün kumaşların renk tonu değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu, bu değerlerin 43,84° ile 44,39° arasında değiştiği ve aradaki farkların istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı görülmektedir ($p \geq 0,05$).

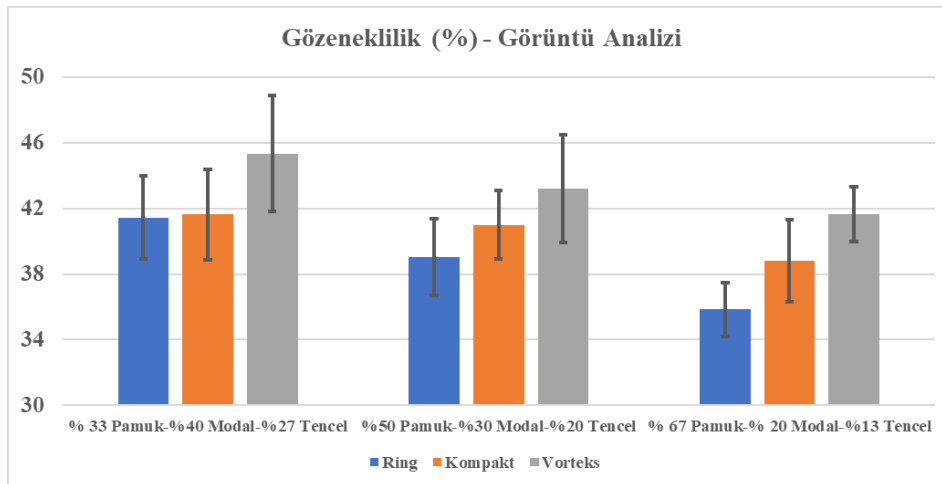
Boyanmış kumaşların renk tonları arasındaki fark subjektif olarak değerlendirildiğinde de (görsel açıdan) bütün kumaşların renk tonlarının birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir (Şekil 10).

3.6 Gözeneklilik

Süprem örme kumaşların görüntü analizi ile hesaplanan kumaş gözeneklilik değerleri ve güven aralıkları Şekil 11'de verilmektedir. Görüntü analizi ile hesaplanan gözeneklilik değerlerine göre bütün karışım oranları için en yüksek değerlerin MVS ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu ve karışımdaki rejenere selülozik lif oranı arttıkça gözeneklilik değerlerinin arttığı görülmektedir. Karışım oranı ve eğirme teknolojisinin gözeneklilik sonuçlarına etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$).



Şekil 10. Boyanmış kumaşların görüntüleri



Şekil 11. Görüntü analizi ile hesaplanan gözeneklilik değerleri ve %95 güven aralıkları

Farklı yöntemlerle belirlenen kumaş gözeneklilik değerleri Tablo 2'de yer almaktadır. Tablo 2 incelendiğinde, görüntü analizi ile belirlenen gözeneklilik değerlerinin %35,85-%45,32 arasında, lif yoğunluğu ve kumaş yoğunluğu kullanılarak hesaplanan teorik gözeneklilik değerlerinin %80,87-%84,05 arasında ve kumaş yapısal özellikleri (iplik çapı, sıklık, ilmek iplik uzunluğu) kullanılarak hesaplanan teorik gözeneklilik değerlerinin ise %8,77-%20,18 arasında değiştiği görülmektedir. Bu verilerden de anlaşıldığı üzere, süprem örme kumaşlar için farklı yöntem-lerle hesaplanan gözeneklilik değerlerinin birbirinden oldukça farklı olması dikkat çekmektedir.

Farklı yöntemlerle belirlenen kumaş gözeneklilik değerleri arasındaki ve kumaş gözeneklilik değerleri ile geçirgenlik özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 3'te yer almaktadır. Farklı yöntemlerle belirlenen gözeneklilik değerleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde, görüntü analizi, lif yoğunluğu/kumaş yoğunluğu ve kumaş yapısal özellikleri kullanılarak hesaplanan gözeneklilik değerleri arasındaki korelasyon katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (0,367, 0,191 ve 0,035) görülmektedir. Geçirgenlik özellikleri ile gözeneklilik değerleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde ise en yüksek korelasyon katsayılarının görüntü analizi ile belirlenen gözeneklilik değerlerine ait olduğu görülmektedir (hava geçirgenliği için $r=0,844$, su buharı geçirgenliği için $r=0,842$, UPF için $-0,880$).

Tablo 2. Farklı yöntemlerle belirlenen kumaş gözeneklilik değerleri

Hammadde	Eğirme Teknolojisi	Gözeneklilik-Görüntü Analizi (%)	Gözeneklilik-Teorik ^(a) (%)	Gözeneklilik-Teorik2 ^(b) (%)
%33 Pamuk- %40 Modal-%27 Tencel	Ring	41,44	80,87	11,90
%50 Pamuk-%30 Modal-%20 Tencel	Ring	39,04	82,04	8,77
%67 Pamuk-%20 Modal-%13 Tencel	Ring	35,85	82,38	12,58
%33 Pamuk- %40 Modal-%27 Tencel	Kompakt	41,62	81,87	20,18
%50 Pamuk-%30 Modal-%20 Tencel	Kompakt	40,99	82,51	16,71
%67 Pamuk-%20 Modal-%13 Tencel	Kompakt	38,78	83,16	18,31
%33 Pamuk- %40 Modal-%27 Tencel	MVS	45,32	83,72	16,28
%50 Pamuk-%30 Modal-%20 Tencel	MVS	43,22	83,89	12,17
%67 Pamuk-%20 Modal-%13 Tencel	MVS	41,63	84,05	11,72

(a) Lif yoğunluğu ve kumaş yoğunluğu kullanılarak hesaplanan teorik gözeneklilik

(b) Kumaş yapısal özellikleri (iplik çapı, sıklık, ilmek iplik uzunluğu) kullanılarak hesaplanan teorik gözeneklilik

Tablo 3. Farklı yöntemlerle belirlenen kumaş gözeneklilik değerleri arasındaki ve kumaş gözeneklilik değerleri ile geçirgenlik özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

İLİŞKİLER	r
Gözeneklilik (Görüntü Analizi)-Gözeneklilik (Teorik)	0,367
Gözeneklilik (Görüntü Analizi)-Gözeneklilik (Teorik2)	0,191
Gözeneklilik (Teorik)-Gözeneklilik (Teorik2)	0,035
Hava Geçirgenliği -Gözeneklilik (Görüntü Analizi)	0,844*
Hava Geçirgenliği -Gözeneklilik (Teorik)	0,411
Hava Geçirgenliği -Gözeneklilik (Teorik2)	0,520
Su Buharı Geçirgenliği -Gözeneklilik (Görüntü Analizi)	0,842*
Su Buharı Geçirgenliği -Gözeneklilik (Teorik)	0,722*
Su Buharı Geçirgenliği -Gözeneklilik (Teorik2)	0,026
UPF -Gözeneklilik (Görüntü Analizi)	-0,880*
UPF -Gözeneklilik (Teorik)	-0,199
UPF -Gözeneklilik (Teorik2)	-0,355

* $\alpha=0,05$ için anlamlı korelasyon katsayısı

4. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, farklı karışım oranlarında ve farklı eğirme teknolojilerinde üretilen pamuk ve rejenere selülozik lif karışımli ipliklerden üretilen süprem örme kumaşların transfer, geçirgenlik ve gözeneklilik özellikleri incelenmiştir. Geçirgenlik özelliklerinin belirlenmesi için hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve UV geçirgenliği, transfer özelliklerinin belirlenmesi için de dikey kılcal emme ve renk tayini testleri yapılmıştır. Bunun yanı sıra süprem örme kumaşların gözenekliliği görüntü analizi yöntemi ve iki farklı teorik yaklaşım kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, genel olarak farklı eğirme teknolojilerinde eğrilen rejenere selülozik lif karışımli ipliklerden elde edilen süprem örme kumaşların transfer, geçirgenlik ve gözeneklilik özellikleri üzerinde hammadde (karışım oranı) ve eğirme teknolojisinin etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür.

Çalışma kapsamında elde edilen bulguları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- Hava geçirgenliği açısından bir değerlendirme yapıldığında, en yüksek değerlerin MVS ipliklerden üretilen kumaşlara, en düşük değerlerin ise ring ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra karışımdaki rejenere selülozik lif oranı arttıkça hava geçirgenliği değerlerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır.
- Süprem örme kumaşların su buharı geçirgenliği değerleri incelendiğinde, hava geçirgenliği test sonuçlarına paralel bir şekilde en yüksek değerler MVS eğirme teknolojisinde ve rejenere selülozik lif oranı en yüksek olan ipliklerden üretilen süprem örme kumaşlara aittir.
- Önemli bir diğer geçirgenlik özelliği olan UV geçirgenliği değerleri açısından bir karşılaştırma yapıldığında, en yüksek UV koruma faktörünün (UPF) en yüksek pamuk oranına sahip ring ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu, en düşük değerlerin ise en düşük pamuk oranına sahip MVS ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmüştür.
- Dikey kılcal emme değerleri incelendiğinde, en yüksek değerlerin kompakt ipliklerden üretilen kumaşlara, en düşük değerlerin ise MVS ipliklerden üretilen kumaşlara ait olduğu görülmektedir. Ayrıca, rejenere selülozik lif oranı en yüksek olan kumaşlar en yüksek dikey kılcal emme değerlerine sahiptir.
- Süprem örme kumaşların renk özellikleri incelendiğinde, en yüksek renk verimi (K/S) değerlerinin MVS ipliklerden üretilen süprem örme kumaşlara ait olduğu ve karışımdaki rejenere selülozik lif miktarının artmasıyla renk verimi değerinin de arttığı sonucuna ulaşılmıştır. En yüksek reflektans (R) değerleri ise ring ve kompakt ipliklerden üretilen ve pamuk oranı en yüksek olan kumaşlara aittir. Renk doygunluğu (C) açısından bir değerlendirme yapıldığında, bu değerlerin renk verimi sonuçları ile paralellik gösterdiği görülmüştür. Renk tonu (H) açısından bir karşılaştırma yapıldığında ise kumaşların renk tonu değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu ve aradaki farkların istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı görülmektedir. Boyanmış kumaşların renk tonu değerleri subjektif olarak

değerlendirildiğinde de herhangi bir fark olmadığını söylemek mümkündür.

- Görüntü analizi yöntemiyle belirlenen kumaş gözeneklilik değerleri için, en yüksek değerlerin MVS eğirme teknolojisinde ve rejenere selülozik lif oranı en yüksek olan ipliklerden üretilen süprem örme kumaşlara ait olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Gözenekliliğin belirlenmesi için kullanılan yöntemler açısından bir karşılaştırma yapıldığında, bu değerlerin birbirinden oldukça farklı olduğu ve yöntemler arası korelasyonların yüksek olmadığı görülmüştür.
- Farklı yöntemlerle hesaplanan gözeneklilik değerleri ile geçirgenlik özellikleri arasındaki korelasyonlar incelendiğinde ise en yüksek korelasyonların görüntü analizi yöntemine ait olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Saville, B. P. (1999). Physical testing of textiles, England: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC.
2. Kaplan, S., & Okur, A. (2006). Tekstil materyallerinde meydana gelen ısı ve kütle transferi mekanizmalarının giysi termal konforu üzerindeki etkileri, Tekstil ve Mühendis, 62-63: 28-36
3. Li, Y. (2001). The science of clothing comfort, Textile Progress, United Kingdom: Textile Institute.
4. Kılıncı Balcı, F. S. (2011). Testing, analyzing and predicting the comfort properties of textiles in Improving comfort in clothing, edited by Song, G. United Kingdom: Woodhead Publishing.
5. Erdumlu, N., & Sarıcam, C. (2013). Wicking and drying properties of conventional ring-and MVS-spun cotton yarns and fabrics. The Journal of The Textile Institute, 104 (12), 1284-1291.
6. Bhattacharya, S. S., & Ajmeri, J. R. (2013). Investigation of air permeability of cotton & modal knitted fabrics. International Journal of Engineering Research and Development, 6(12), 01-06.
7. Nazir, A., Hussain, T., Ahmad, F., & Faheem, S. (2014). Effect of knitting parameters on moisture management and air permeability of interlock fabrics. Autex Research Journal, 14(1), 39-46.
8. Prakash, C., & Ramakrishnan, G. (2013). Effect of blend ratio, loop length, and yarn linear density on thermal comfort properties of single jersey knitted fabrics. International Journal of Thermophysics, 34(1), 113-121.
9. Yanılmaz, M., & Kalaoğlu, F. (2012). Investigation of wicking, wetting and drying properties of acrylic knitted fabrics. Textile Research Journal, 82(8), 820-831.
10. Raja, D., Prakash, C., Gunasekaran, G., & Koushik, C. V. (2015). A study on thermal properties of single-jersey knitted fabrics produced from ring and compact folded yarns. The Journal of the Textile Institute, 106(4), 359-365.
11. 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), 536-542.
12. Kim, H. A. (2017). Physical properties of ring, compact, and air MVS yarns made of PTT/wool/modal and wearing comfort of their knitted fabrics for high emotional garments. The Journal of the Textile Institute, 108(9), 1647-1656.

13. Chen, Q., Shou, D., Zheng, R., Fan, J., Wan, X., Fu, B., & Ma, P. (2020). The moisture management and drying properties of weft knitted plating fabrics. *Fibers and Polymers*, 21(6), 1347-1354.
14. Lenzing, What is Tencel™, <https://www.lenzing.com/products/tencel™>, Eylül 2022.
15. Biodegradable and sustainable fibres içinde Lyocell Fibres P. White, M. Hayhurst, ... A. Slater (171. sayfa)
16. Lenzing, TENCEL™ Modal, <https://www.tencel.com/b2b/product/tencel-modal>, Eylül 2022.
17. Günaydın, N. (2009). Rejenere Selülozik Lifler Karakteristik Özellikler ve Tekstilde Kullanım Alanları. *Tekstil ve Mühendis Güncel Eki*, Nisan 2009.
18. ISO 9237:1995 Determination of the permeability of fabrics to air, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1995.
19. BS 7209: 1990. Specification for water vapour permeable apparel fabrics, British Standards Institution, United Kingdom, 1990.
20. AS/NZS 4399: 2020. Sun protective clothing-Evaluation and classification, Australian/New Zealand Standard, New Zealand, 2020.
21. DIN 53924-2020. Testing of textiles -Velocity of soaking water or textile fabrics (method by determining the rising height), German Institute for Standardization, Germany, 2020.
22. Negru, D., Dulgheriu, I., Buhu, L., Buhu, A., & LOGHIN, E. (2017). Absorption and moisture transfer through knitted fabrics made of natural and man-made fibers. Comparative analysis of siro yarn properties spun on ring and pneumatic compact spinning systems, 68(4), 269-274.
23. Sarıoğlu, E., & Babaarslan, O. (2019). Porosity and air permeability relationship of denim fabrics produced using core-spun yarns with different filament finenesses for filling. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 14,1-8.
24. Novotná, J., Tomková, B., Militký, J., & Křemenáková, D. (2021). Experimental study about influence of repeated washing on the air-permeability of cotton woven fabrics in the dry and wet state, 28(1), 56-62.
25. Siddiqui, M. O. R., & Sun, D. (2014). Porosity prediction of plain weft knitted fabrics. *Fibers*, 3(1), 1-11.
26. Bedek, G., Salaün, F., Martinkovska, Z., Devaux, E., & Dupont, D. (2011). Evaluation of thermal and moisture management properties on knitted fabrics and comparison with a physiological model in warm conditions. *Applied Ergonomics*, 42(6), 792-800.
27. Morton, W. E., Hearle, J. W. S. (2008). Physical properties of textile fibres, United Kingdom: Woodhead Publishing.
28. Hearle, J. W. S. Physical structure and fibre properties in Regenerated cellulose fibres, edited by Woodings, C., United Kingdom: Woodhead Publishing.
29. Carrillo, F., Colom, X., & Canavate, X. (2010). Properties of regenerated cellulose lyocell fiber-reinforced composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29(3), 359-371.
30. Benltoufa, S., Fayala, F., Cheikhrouhou, M., & Nasrallah, S. B. (2007). Porosity determination of jersey structure. *AUTEX Research Journal*, 7(1), 63-69.
31. Oğulata, R. T., & Mavruz, S. (2010). Investigation of porosity and air permeability values of plain knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(5), 71-75.
32. Kursun, S., & Ozcan, G. (2010). An investigation of UV protection of swimwear fabrics. *Textile Research Journal*, 80(17), 1811-1818.
33. Sun protective clothing, https://en.wikipedia.org/wiki/Sun_protective_clothing, Eylül 2022.
34. Stankovic, S. B., Popovic, D., Poparic, G. B., & Bizjak, M. (2009). Ultraviolet protection factor of gray-state plain cotton knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 79(11), 1034-1042.
35. Öztürk, M. K., Nergis, B., & Candan, C. (2011). A study of wicking properties of cotton-acrylic yarns and knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 81(3), 324-328.
36. Gun, A. D., & Tiber, B. (2011). Color, color fastness and abrasion properties of 50/50 bamboo/cotton blended plain knitted fabrics in three different stitch lengths. *Textile Research Journal*, 81(18), 1903-1915.