

FONKSİYONEL HAMMADDELERDEN ÜRETİLEN ÇİFT YÜZLÜ SPORTİF GİYSİLİK KUMAŞLARIN SÜRTÜNME VE BAZI PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Sibel KAPLAN *^{ID}
Bilge YILMAZ *^{ID}

Alınma: 18.09.2020; düzeltme: 14.10.2020; kabul: 04.11.2020

Öz: Bu çalışmada, yün, modifiye sentetik ve rejener selülozik liflerin iç yüzde, klasik sentetik liflerin dış yüzde kullanıldığı yalancı rib örgüye sahip kumaşlar dikişsiz örme makinasında kapsamlı bir hammadde planıyla üretilmiş, soğuktan koruyucu giysiler için kullanılacak kumaşların sürtünme, patlama mukavemeti, boncuklanma ve aşınma direnci özellikleri incelenmiştir. Tek hammaddeden kontrol amaçlı üretilenlerle birlikte Thermosoft®, Nilit Heat® Viloft® ve yün ipliklerin atlama formunda iç yüzde, üç temel sentetik lif olan poliester (PET), poliamid (PA) ve polipropilenin (PP) dış yüzde kullanımlarıyla toplam onsekiz yalancı rib örgülü kumaş üretilmiştir. Sonuçlara göre, kumaşlarda kayda değer boncuklanma problemi görülmezken, PA kumaşların direnci daha yüksektir. Aşınma sonucu en az kütle kaybı PA (standart ve Heat®) ve PP içerikli kumaşlarda, en yüksek patlama mukavemeti PET ve standart/modifiye PA içeren kumaşlarda gözlenmiştir. Sürtünme katsayısı değerlerine bağlı olarak vücuda temas halinde minimum deformasyon veren kumaşlar Viloft® Heat® ve PP iç yüzde sahip olanlardır. Genel olarak PP, Viloft veya Heat® iç yüzeyin ve PA dış yüzeyin optimum performans için uygun olduğu belirtilebilir.

Anahtar Kelimeler: Çift yüzlü kumaş, Yün, Fonksiyonel lif, Dikişsiz örme, Sürtünme, Performans

Investigating Friction and Some Performance Characteristics of Double Face Sports Clothing Fabrics Made of Functional Materials

Abstract: In this study, results were put forward about friction, bursting strength, pilling and abrasion resistances of double-face fabrics made of wool, modified synthetic or regenerated cellulosic inner layers and synthetic outer layers knitted by a seamless knitting machine in false rib structure. Intended end use of the fabrics were sports clothing or inner layer of a protective clothing. Totally eighteen fabrics were produced by using wool, Themsoft®, Nilit Heat®, and Viloft® for inner sides and polyester (PET), polyamide (PA) and polypropylene (PA) for outer sides including the ones made of the same material. According to the results, although there is not a considerable pilling problem detected, pilling resistance of PA was higher. Higher abrasion resistances were obtained for fabrics including PP and PA (standard and Heat®). Minimum skin deformation as a result of friction tests are expected from fabrics having Viloft®, PP or Heat® inner surfaces. As a general look, fabrics having PP, Heat® or Viloft® inner surfaces and PA outer surfaces can be suggested for optimum performances.[†]

Keywords: Double-face fabric, Wool, Functional fibers, Seamless knitting, Friction, Performance

* Süleyman Demirel Üniv. Mühendislik Fak. Tekstil Mühendisliği Böl. Batı Kampüs, 32260 Çünür /ISPARTA
İletişim Yazarı: Sibel KAPLAN (sibelkaplan@sdu.edu.tr)

1. GİRİŞ

Spor giysileri, teknik tekstillerin ana uygulamalarından biri olup, vücut sıcaklığının artışı ile yoğun terlemenin olduğu yüksek aktivite seviyesine sahip spor alanlarında kullanılan, bu şartlarda sporcunun konfor ve performans sürekliliğini sağlamaya yönelik olarak geliştirilmiş yapılardır. Spor aktivitelerinin yanı sıra günlük hayatta da serbest zaman giysileri olarak sıkça kullanılan sportif tekstiller 2019 yılında sağladığı % 8.15’lik büyüme ile dünyada en fazla büyüyen pazara sahip ürün gruplarından (https://www.technavio.com/report/global-sportech-textiles-market-industry-analysis). Termal dengenin korunabilmesi; farklı ortam şartları için gerekli yalıtımın sağlanması ve ıslaklık hissinin ortadan kaldırılabilmesi, basınç konforu yani gerekli hareket rahatlığı ve dokunsal konforu belirleyen vücutla oluşan mekanik etkileşimlerin kontrolü için farklı hammadde ve örgü avantajlarının kumaşta bir araya getirilmesi önemlidir (D’Silva ve diğ., 2000; Keiser ve diğ., 2008). Çünkü spor giysilerinden beklenen bu fonksiyonel özelliklerin tek bir hammadde veya kumaş yapısı ile sağlanması mümkün değildir. Vücudun farklı bölgelerinin konfor gereksinimlerini karşılayabilecek şekilde tasarlanan giysiler günümüzde konfor ve performans açılarından büyük oranda tercih edilen ürünlerdir. Dikişsiz örme teknolojisiyle üretilen ürünlerin iç giyimde, plaj kıyafetlerinde, spor giysilerde, dış giyimde, tıbbi giysilerde ve ev kıyafetlerinde kullanım alanı çok geniştir. Dikişsiz giysiler vücudu ikinci bir deri gibi kaplamakta, deride tahriş yaratmamakta, kan dolaşımına yardımcı olmaktadır. Dikişsiz body-size ürünler; çorap örme makinelerine son derece benzeyen yuvarlak örme makinelerinde üretilen, yan dikişleri olmayan ve bel lastikleri örme işlemi esnasında tamamlanarak mamulden konfeksiyon yükünün çoğunun kaldırıldığı ürünlerdir (Çavdaroglu, 2013).

Spor giyimde yaygın olarak kullanılan sentetik lifler; poliester (PET), polipropilen (PP) ve poliamid (PA) iken, doğal liflerden pamuk, rejenere selülozik liflerden ise viskoz, rayon, liyosel ve bambu tercih edilmektedir (Chaudhari ve diğ., 2004; Saundri ve Kavitha, 2015). Sentetik liflerin enine kesit yapılarının (yassı, dairesel, çokgen, içi boş, vb.) değiştirilmesiyle kumaşlarda hava akış yönü ve hızı, kapılar ıslanmayı da içeren nemin çok yönlü transferi iyileştirilmekte, farklı özelliklerde partiküllerin eklenmesiyle ışık enerjisinden ısı üretimi gibi fonksiyonellikler kazandırılmaktadır (Song, 2011; Purane ve Panigrahi, 2007; http://www.nilit.com/intl/tr/fibers/brands-nilit-heat.asp). Konfor özelliklerine ek olarak tutum, boncuklanma ve aşınma dirençleri, parlaklık/opaklık ve örtme faktörü gibi özellikler de sentetik liflerin kesit şeklinin değiştirilmesiyle kontrol edilebilmektedir (Khoddami ve diğ., 2009). Soğuktan koruyuculuğun gerektiği farklı sportif giysiler veya koruyucu giysi katmanı olarak tasarlanan çift yüzlü veya katlı örme yapılarda doğal liflerden yün, rejenere selülozik lifler ve sentetik lifler kumaşın deriyle temas halindeki ve dış yüzlerinde farklı örgü yapıları ile birleştirilmektedir. Pamuk ve polipropilenin kumaşın iç ve dış yüzlerinde bulunma durumları termal konfor performansları açısından Süpüren ve diğ. (2011) tarafından çift katlı yapılarda incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında, yün, viloft gibi hidrofil elyaflar ile fonksiyonel özellikteki sentetik elyaflar daha tercih edilir bir tutum ve fonksiyonelliğin etkinliği için kumaşın iç katmanında kullanılmışlardır.

Örme kumaşların yüzey pürüzlülük ve sürtünme özellikleri dokunsal konfor performansları veya mayo, çorap, vücudu saran yüksek aktivite giysileri için deri deformasyonunu belirlemek için bir grup araştırmacı tarafından objektif ve subjektif test yöntemleriyle incelenmiştir. Doktora tezinde de bu konuyu inceleyen Baussan ve arkadaşlarının çalışmalarında (2010) ürün olarak, kumaş sürtünmesi sonucu oluşan deformasyonun çok önemli olduğu çoraplar seçilerek süprem ve havlu pamuklu kumaşların deriye verdiği deformasyon düzlemsel hareketli bir tribometre ile, gerçek vücut verilerine uygun basınç ve hız ile incelenmiş, bu konuda bir model geliştirilmiştir. Aynı grubun bir sonraki çalışmasında (Baussan ve diğ., 2013) kumaş örgüsünün etkinliği, farklı örgülerde (tek ve çift katlı ipliklerle örülen süprem, farklı bir iplikle atlamaların olduğu yalancı rib ve havlu) üretilmiş pamuklu kumaşlar üzerinde incelenmiş ve sürtünmenin kumaş yapısına bağlı olduğu teyid edilip en iyi performansların havlu ve çift kat iplikle örülen süprem kumaşta tespit edildiği bildirilmiştir. Bertaux ve arkadaşlarının (2010) çalışmalarında ise farklı

hammadelerin (PET, PA, PP, akrilik, politetrafloretillen ve pamuk) bölgesel olarak kullanımlarıyla üretilen yürüyüş ve koşu çorapları sıcaklık ve nemin etkileri göz önüne alınarak geliştirilen özel bir sürtünme aparatı kullanılarak subjektif denemelerle incelenmiş, kumaş yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Sonuçta, deformasyon sonucu hissedilen acının lif tipi, sıcaklık ve hissedilen ıslaklıkla ilgili olduğu tespit edilmiştir. Gwosdow ve arkadaşları (1986), farklı hammaddelerden (yün, pamuk, ipek, keten) üretilen kumaşların farklı sıcaklık ve hava hızlarında önkol denemeleri ile hissedilen pürüzlülük ve memnuniyetlerini belirlemişlerdir. Deri ıslaklığı arttıkça kişilerin kumaşları daha pürüzlü ve daha tahammül edilemez olarak algıladıkları tespit edilmiştir. Kenins (1994) de farklı materyallerden üretilen kumaşların statik ve kinetik sürtünme katsayılarını farklı normal kuvvetlerle kuru ve ıslak deride ölçtüğü çalışma sonucunda deri ıslaklığının lif tipi ve kumaş yapısından daha etkili bir parametre olduğunu vurgulamıştır. Nemin sürtünme üzerindeki etkileri, çok yönlü sürtünmeyi ölçen FRICTOR Q cihazında pamuk ve pamuk/elastan karışımı kumaşlar üzerinde de objektif olarak incelenmiştir (Hes ve diğ., 2008). 35 koşucu üzerinde yaptıkları alan denemelerinde Herring ve Richie (1990), akrilik çorapların pamuğa göre deride daha az deformasyon oluşturduğu sonucuna varmışlardır. Werd ve Knight (2010), sürtünme kuvvetinin lif tipine bağlı olduğu ve sentetik liflerin bu konuda daha avantajlı olduğunu belirterek bu görüşü desteklemişlerdir. Bir diğer kapsamlı çalışmada ise (Van Amber ve diğ., 2015) lif tipi (ince ve orta kalınlıkta yün, akrilik), iplik tipi (düşük, yüksek bükümlü) ve kumaş yapısının (süprem, yarı ve tam havlu) deri-kumaş sürtünmesi üzerindeki etkileri bu çalışmadaki gibi yatay platform metoduyla incelenmiş, statik sürtünme katsayısının uygulanan normal kuvvet, lif ve iplik tipi ile kumaş yapısı; kinetik sürtünme kuvvetinin ise normal kuvvet ve kumaş yapısından etkilendiği tespit edilmiştir. Genellikle yüksek basınç altındaki sürtünmelerin gerçekleştiği çorap türü ürünler için gerçekleştirilen deri-kumaş sürtünme ölçümlerinin gittikçe yaygınlaşan ve vücudu ikinci bir deri gibi saran dikişsiz örme giysiler için de yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Tek ve çok katlı fonksiyonel örme kumaşların mekanik ve boncuklanma performanslarının incelendiği çalışmalardan birinde, PET ve PA'ın keten, liyosel ve pamukla istatistiksel olarak benzer patlama mukavemeti performanslarına sahip oldukları tespit edilmiştir. Patlama anındaki uzama değerlerinde de PET ve PA benzer performansları göstermişlerdir (Öner, 2019). Rejenere selülozik liflerden ikinci ve üçüncü jenerasyon olan modal ve liyoselde daha yüksek kristalinite ve moleküler oryantasyon nedeniyle daha yüksek patlama mukavemeti değerleri elde edildiği bilinmektedir (Erdumlu ve Özipek, 2008; Dirgar, 2017). Bu çalışmada yer alan Viloft lifi yalıtım sağlama amaçlı olarak kesitinde oluşturulan kanallar nedeniyle rejenere selülozik lifler arasında oldukça düşük mekanik performansa sahiptir (http://www.kelheim-fibres.com/home/index_de.php). Lif kırılmasının aşınma deformasyonunda etkili olan en temel mekanizma olduğunun belirtildiği çalışmada (Öner, 2019) incelenen materyaller içerisinde aşınmaya karşı PA'ın PET'den anlamlı düzeyde daha dirençli olduğu, bu sentetikleri selülozik kumaşların takip ettiği ve Tencel® liyoselin en fazla materyal kaybına uğradığı tespit edilmiştir.

Standart ve mikropoliester kumaşların performanslarının karşılaştırıldığı bir çalışmada (Srinivasan ve diğ., 2000), mikroliften üretilen kumaşın boncuklanma ve aşınma dirençleri normal PET'e göre önemli ölçüde farklılık göstermemekle birlikte patlama mukavemetinin standart poliester kumaştan daha iyi olduğu bulunmuştur. Stapel formda standart (PET, PP) ile modifiye iplikler Thermocool® ve Polycolon® kumaşların patlama mukavemetlerinin karşılaştırıldığı çalışmada en yüksek değerler iplik mukavemet değerleriyle de uyumlu olarak standart PET ve Polycolon® ipliklerden örülen kumaşlarda tespit edilmiştir (Kaplan ve Akgünoğlu, 2019). Aynı grup hammaddelerin boncuklanma dirençleri incelendiğinde ise PP içerikli stapel iplik performanslarının PET içeriklilere göre daha düşük oldukları tespit edilmiştir (Akgünoğlu, 2018). Yünle karışım halindeki içi boşluklu ve standart PET'in performanslarının karşılaştırıldığı çalışmada (Khoddami ve diğ., 2009) lif ve iplik formunda da daha düşük mukavemete sahip olan içi boşluklu yapı, patlama mukavemeti, uzama, elastik geri dönüş ve aşınma direnci açılarından daha düşük performans göstermiştir. İçi boşluklu elyaf içeren kumaş,

kumaş içerisinde lif özellikleri arasındaki farkın artmasına bağlı olarak daha yüksek boncuklanma direnci, eğilme ve kayma rijitliği değerlerine sahip olmuştur.

Genel olarak standart ve fonksiyonel liflerin farklı örgülerle bir arada kullanıldığı çalışmalar termal konfor, özellikle de geçirgenlik ve sıvı transfer özelliklerini iyileştirme amaçlıdır. Bu çalışmada da benzer amaçlar için tasarlanan yalancı rib örgüdeki 18 adet çift yüzlü kumaşın (iç yüzler yün, viloft ve modifiye sentetik lifler, dış yüzler temel sentetik lifler) deriyle temas halindeki iç yüzlerinin deride oluşturdukları deformasyona yoğunlaşmıştır. Vücudu saran, dikişsiz örme teknolojisiyle üretilen giysilerde, dikişin oluşturduğu deformasyon da minimuma indirildiği için, kumaşın hammadde ve yapısına bağlı olarak hareketler sırasında oluşturduğu deformasyonun da önemli olduğu düşünülmektedir. Kumaşların aşınma ve boncuklanma dirençleri ile temel bir performans parametresi olarak patlama mukavemeti değerleri incelenmiştir. İç yüzlerinde farklı fonksiyonel özelliklere sahip elyaflar içeren dikişsiz örme giysilik kumaşların deri deformasyonu ile mukavemet, aşınma ve boncuklanma performansları konularında kapsamlı bir kumaş grubuna dayalı sonuçlar ortaya konmuştur.

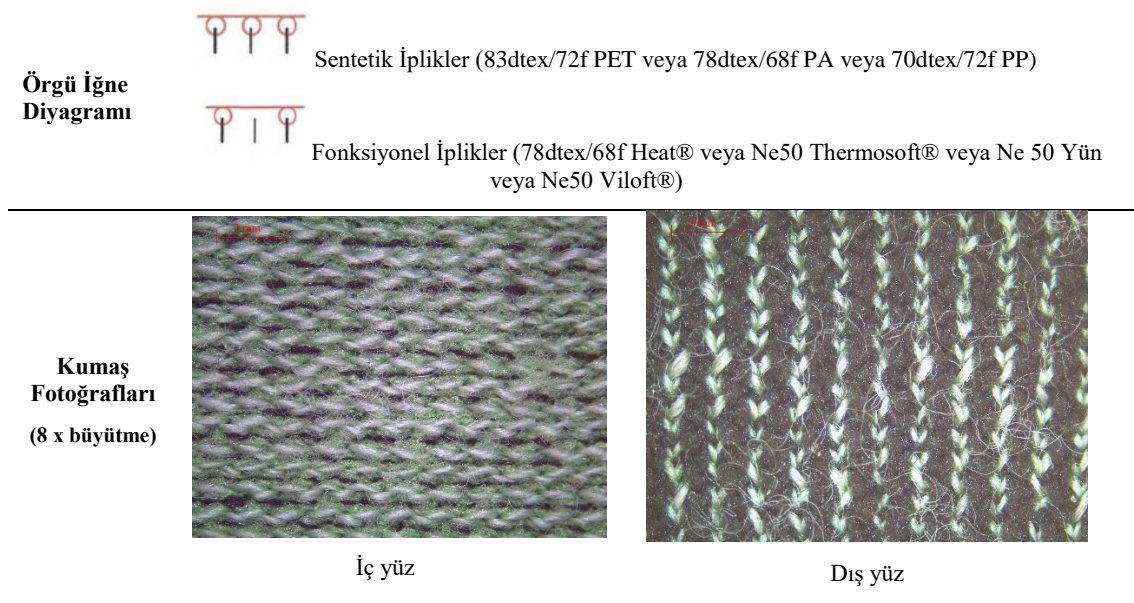
2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal ve Kumaş Üretimi

Çalışmada, yün, Viloft®, Nilit Heat® ve Thermosoft® gibi konfor açısından avantajlı veya modifiye sentetik liflerin kumaşın iç yüzünde atlama olarak konumlandığı, dış yüzde ise temel sentetik lifler olan poliester (PET), poliamid (PA) ve polipropilenin (PP) kullanıldığı kapsamlı bir kumaş grubu incelenmiştir. İncelenen ipliklerden Thermosoft®, yün ve Viloft® stapel formda, diğer iplikler tekstüre multifilamenttir.

Türkiye'den Bamen Firması tarafından üretilen, stapel formdaki mikroakrilik ve selülozik elyafın bileşiminden oluşan Thermosoft® ipliği yapısında bulunan özel elyaf teknolojisi ile gün boyunca vücudun 37°C'de kalmasına yardımcı olur. İpliğin sarmal ve katmanlı yapısı ile içerisinde bulunan hava boşlukları vücudun ısı kaybetmesini önleyip gerekli yalıtımı sağlar. İpliğin yapısında yer alan mikro akrilik ipeksi tuşe sağlarken aynı zamanda yıkama ve kullanıma bağlı oluşan tüylenme ve yıpranmaları minimize eder. Thermosoft® ipliğinden üretilen giysiler yüksek yalıtım dışında vücudun daha kuru kalmasını da sağlar. Belirtilen özelliklerden dolayı Thermosoft®, dış ortam giysilerinde, spor aktivite giysilerinde, çoraplarda, termal iç giysilerinde ve yüksek sürtünmeye maruz kalan giysilerde oldukça fazla kullanılır (<http://www.bamen.com.tr/production/list>). Çalışmada kullanılan Thermosoft® ipliği Ne50 numara, 700 T/m, dikişsiz örme makinasında kullanılmaya uygun S ve Z büküme sahiptir. Südwolle Firması'ndan temin edilen ve 17,2 µm çapındaki yün liflerinden üretilen yün ipliğinin içeriği 90/10 Yün/PA, numarası Ne50, bükümü 750 T/m S ve Z'tir. Sportif ve günlük kullanım için 'total easy care' sertifikasına sahip, yani el ve makine yıkaması sırasında keçeleşme oluşturmayan yeni nesil bir iplik türüdür. Yün lifinin konfor konusundaki eşsiz performansına ek olarak, uygulanan işlemlerle yünün kullanım şartları da iyileştirilerek keçeleşmeden, sık yıkanan bir üründe kullanımı mümkün olmuştur. Kelheim firmasının ticari ürünü olan ve rejenere selülozik elyaflar içerisinde yalıtım ve sıvı transfer özellikleriyle öne çıkan Viloft® dikdörtgen kesitiyle iplik içinde hava cepleri oluşturmakta, bu da giysiye yüksek termal yalıtım özelliği kazandırmaktadır. Yüzeyindeki mazgalımsı yapı sayesinde iyi bir kılcallık özelliği göstererek sıvı ve buhar formunda nem transferine de olanak sağlamaktadır (http://www.kelheim-fibres.com/home/index_de.php). Kullanılan Viloft® ipliği Ne50 numarada ve 650 T/m S ve Z büküme sahiptir. Nilit Firması'nın yalıtım amacı ile geliştirdiği bir iplik türü olan NILIT Heat®, poliamid esaslı bir iplik türüdür. Naylon ipliğinin içine karbonize kahve (atık kahve çekirdeklerinden üretilmiş) karıştırılarak üretilir. Sağlamış olduğu yüksek termal yalıtım, antibakteriyellik, koku giderme ve iyi sıvı transfer özellikleri ile soğuk ortam giysilerinde tercih edilmektedir (<http://www.nilit.com/intl/tr/fibers/brands-nilit-heat.asp>).

Çalışmada incelenen kumaşlar 14 inç çapa, 28 E makine inceliği ve 248 iğneye sahip olan Santoni SM8 Dikişsiz Örme Makinesi ile yalancı rib örgüde üretilmiştir. Kumaşlarda tam yatırım şeklinde 17 dtex elastan içeren poliamid esaslı 44dtex/34f gipe iplik kullanılmıştır. Örnek bir kumaşın iç ve dış yüz mikroskobik fotoğrafları (8x büyütme) ile örgü raporu sıralarında kullanılan iplikler ve numaraları Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi kumaşın iç yüzünde atlama formunda konumlanan ipliklere (yeşil/beyaz) ek olarak standart sentetik lifler (siyah) de bir miktar yer almıştır. Fakat deriye atlama yapan Heat®, Thermosoft®, Viloft® ve yün hammaddelerinin temas ettiği söylenebilir (iç/dış aynı hammaddeden oluşan ipliklerde PET ve PP de bu yüzde bulunur). Kumaşların dış yüzleri ise büyük oranda sentetik ipliklerden oluşmuş (yaklaşık % 40 oranında arkada atlama yapan hammaddeler ön yüzde de yer almıştır) ve kumaşlar ‘İç yüzü oluşturan materyal/Dış yüzü oluşturan materyal’ şeklinde kodlanmıştır.



Şekil 1:
Kumaşların ilmek şeması ve örnek fotoğraf

2.2. Kumaş Testleri

Kumaş gramajları, TS 251:2008 standardına göre, kalınlıkları termal özellikleri ile birlikte Alambeta Termal Değerlendirme Sistemi’nde belirlenmiştir. Sıklıklar, lup ile ASTM D8007-15(2019) standardına göre, ilmek iplik uzunlukları ise, TS EN 14970 standardına göre kumaş üzerinde belirli sayıda ilmek iplik uzunluğu gerilimsiz bir şekilde ölçülerek gerçekleştirilmiştir. Kumaşlarda kenar kıvrılması mevcut olmadığı için eğilme direnci ölçümleri ASTM D1388–18 standardına göre Cantilever yöntemiyle (sabit açılı eğilme testi) belirlenmiştir. Eğilme direnci Denklem 1 ve Denklem 2’ye göre hesaplanmıştır.

$$G = 0,1 * W * C^3 \text{ (mg.cm)} \quad (1)$$

$$\text{Eğilme direnci; } G_0 = \sqrt{G_{atkı} * G_{çözgü}} \text{ (mg.cm)} \quad (2)$$

Burada;

G: Eğilme direnci,

W: Kumaşın gramajı (g/m^2),

C: Eğilme uzunluğu (Sarkma) (cm),

GO: Eğilme Direncidir (mg.cm).

Kumaşların patlama mukavemeti ve patlama sırasındaki uzama değerleri, James HEAL-Titan5 M1410 Mukavemet Test Cihazı ile ASTM 3787 standardına göre bilyeli patlatma yöntemiyle belirlenmiştir. Boncuklanma direnci testi, TS EN ISO 12945–2 standardına göre Martindale Boncuklanma ve Aşınma Direnci Test Cihazında 2000 devirde gerçekleştirilmiştir. Kumaşlar EMPA standart fotoğraflarıyla karşılaştırılarak, boncuklanma derecelerine göre 1’den 5’e kadar değerlendirilmiştir. Aşınma direnci testi, TS EN ISO 12947–2 standardında göre aynı cihazda 5000, 10.000, 15.000 ve 20.000 devir sonrasında kumaşta meydana gelen ağırlık kayıpları belirlenerek (Denklem 3) yapılmıştır.

$$\text{Ağırlık Kaybı (\%)} = ((\text{İlk ağırlık} - \text{Son ağırlık})/\text{İlk ağırlık}) * 100 \quad (3)$$

Kumaşlarının sürtünme özellikleri, Lloyd LR5K plus marka Mukavemet Test cihazına sürtünme aparatı takılarak yatay düzlemdeki kumaşa, üzerindeki kuzu derisi kaplı hareketli kızağın (6.5*7 cm) sürtünmesi esasına dayanan prensiple ASTM D 1894 standardına göre belirlenmiştir. 25 mm/dk çekme hızı, minimum 10 cm’lik bir ölçüm uzunluğu ve 4.50 g/cm² normal kuvvet uygulanarak sıra ve çubuk yönlerinde 5’er tekrarlı test yapılmıştır. Cihazın yazılımı sayesinde elde edilen kuvvet-yer değiştirme grafiklerinden elde edilen kgf cinsinden kinetik ve statik sürtünme kuvvetleri (Fk ve Fs) ve normal kuvvet (N) verileri kullanılarak statik ($\mu_s = F_s/N$) ve kinetik ($\mu_k = F_k/N$) sürtünme katsayıları hesaplanmıştır.

Kumaşların örme ve boya/ön terbiye işlemleri Ozanteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş./Denizli’de gerçekleştirilmiştir. Boyalı olarak temin edilen Viloft® ipliği dışında kumaşlar 98°C’de 45 dk parça boyama yöntemiyle boyanmış, yıkama işlemi ise, 60°C’de 30 dk yapılmış ve son işlemde 50°C’de yumuşatıcı verilmiştir. Son olarak da 10 dk ılık durulama yapıp kurutma adımına geçilmiştir. Testlerden önce, kumaşlar tekrar, herhangi bir kalıntı ihtimaline karşı ISO 4A standardına göre, 50°C sıcaklıkta Wascator FOM71 CLS çamaşır yıkama makinesinde yıkanmıştır. Tüm testler standart atmosfer koşullarında (20±2°C sıcaklık, %65±2 bağıl nem) gerçekleştirilmiş ve kumaşlar ISO 139:2005 standardına göre kondüsyonlanmıştır. Tüm testler için minimum beş tekrar yapılmıştır. Veriler IBM SPSS Statistics 21.0 İstatistiksel Paket Programında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile %95 güven seviyesinde analiz edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Dikişsiz örme teknolojisiyle optimum termal ve dokunsal konforu elde etmek amacıyla yalancı rib örgüyle çift yüzlü olarak üretilen kumaşların sürtünme, patlama mukavemeti, aşınma ve boncuklanma dirençleri gibi dokunsal konfor veya deri deformasyonu ile ilgili özellikleri ile temel performans özellikleri incelenmiştir. Kumaş fiziksel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Gramaj değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları harfler ile Tablo 1’de özetlenmiştir. Sonuçlara göre, en yüksek gramaj değerleri, iç yüzü PET, dış yüzü PP olan PET/PP (3), Thermosoft®/PET (10), Thermosoft®/PP (12) ve Yün/PA (14) kumaşlara aittir. En düşük gramaj değerleri ise Heat®/PET (7), PP/PA (5) ve Heat®/PP (9) kumaşlara aittir. PA esaslı gipe iplik dışında iç/dış yüzleri tek hammaddeden üretilen PET, PP ve Heat® kumaşlar (1,4 ve 6) karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak benzer gramaj değerlerine sahip oldukları gözlenmiştir. Az da olsa iplik numara farklarına (PET: 83 dtex, PP: 70 dtex ve Heat®: 78 dtex) sahip olan bu hammaddelerde, farkların kumaş gramajlarına anlamlı düzeyde yansımadağı, kumaşların planlandığı gibi karşılaştırılabilir özelliklerde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1. Kumaş fiziksel ve görsel özellikleri

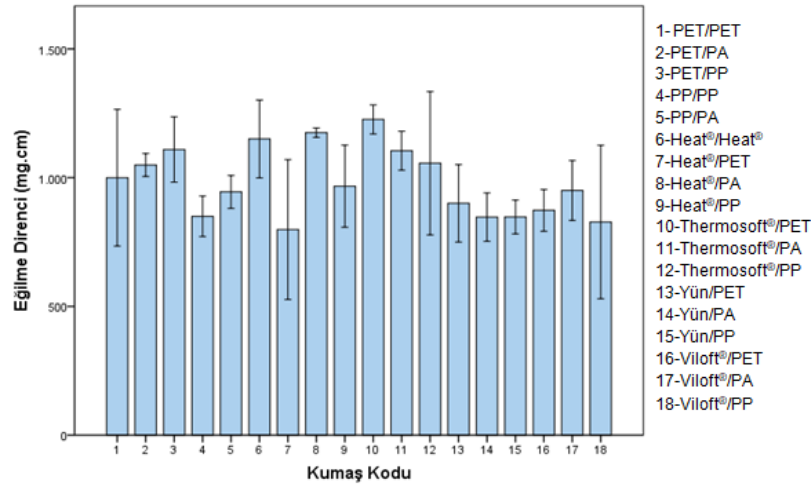
Kod	Hammadde	Gramaj (g/m ²) [S.S.]*	Kalınlık (mm) [S.S.]*	Kumaş Yoğunluğu (g/cm ³) [S.S.]*	Sıklık (ilmek/cm)		İlmeç iplik uz, (mm) [S.S.]*	Boncukl, Direnci Skala Değeri
					Çubuk [S.S.]*	Sıra [S.S.]*		
1	PET/PET	237,56 ^{fbh} [9,41]	0,38 ⁱ [0,02]	0,62 [0,36]	16 [0,5]	12 [0,1]	3,76 [0,25]	5
2	PET/PA	234,66 ^{gh} [5,55]	1,14 ^b [0,01]	0,21 [0,43]	16 [0,5]	13 [0,4]	4,18 [0,28]	5
3	PET/PP	258,71 ^a [3,02]	0,97 ^{cd} [0,05]	0,27 [0,05]	17 [0,00]	15 [0,4]	4,55 [0,11]	5
4	PP/PP	237,16 ^{fbh} [3,48]	0,59 ^{gh} [0,03]	0,40 [0,09]	16 [0,00]	13 [0,2]	4,30 [0,07]	5
5	PP/PA	231,26 ^{hj} [9,77]	0,50 ⁱ [0,03]	0,47 [0,30]	16 [0,00]	12 [0,2]	3,77 [0,07]	5
6	Heat/Heat	234,96 ^{gh} [7,55]	0,64 ^g [0,01]	0,37 [0,41]	15 [0,5]	13 [0,3]	4,39 [0,20]	5
7	Heat/PET	226,28 ^j [8,50]	0,55 ^h [0,08]	0,41 [0,10]	16 [0,00]	14 [0,2]	4,53 [0,08]	5
8	Heat/PA	240,98 ^{efg} [3,28]	0,71 ^f [0,04]	0,34 [0,07]	16 [0,00]	13 [0,3]	4,17 [0,11]	5
9	Heat/PP	227,9 ^j [2,97]	0,32 ⁱ [0,04]	0,71 [0,06]	18 [0,5]	13 [0,2]	3,77 [0,13]	5
10	Thermosoft/PET	253,55 ^{abc} [2,43]	1,22 ^a [0,02]	0,21 [0,10]	17 [0,5]	14 [0,3]	4,32 [0,26]	4-5
11	Thermosoft/PA	248,4 ^{cd} [2,95]	0,95 ^d [0,03]	0,27 [0,07]	17 [0,5]	12 [0,4]	3,67 [0,15]	4-5
12	Thermosoft/PP	256,66 ^{ab} [1,87]	0,78 ^e [0,06]	0,33 [0,02]	17 [0,5]	13 [0,4]	4,04 [0,23]	4
13	Yün/PET	248,06 ^{cd} [7,86]	0,57 ^h [0,02]	0,43 [0,34]	17 [0,5]	14 [0,2]	4,08 [0,08]	4-5
14	Yün/PA	251,38 ^{bc} [3,16]	1,23 ^a [0,02]	0,21 [0,12]	17 [0,5]	14 [0,2]	4,10 [0,07]	4
15	Yün/PP	248,56 ^{cd} [2,55]	1,01 ^c [0,04]	0,25 [0,05]	17 [0,5]	13 [0,1]	3,70 [0,13]	5
16	Viloft/PET	244,26 ^{de} [3,15]	1,15 ^b [0,02]	0,22 [0,11]	17 [0,00]	14 [0,2]	4,35 [0,07]	5
17	Viloft/PA	247,28 ^{cde} [1,68]	1,10 ^b [0,03]	0,23 [0,04]	16 [0,00]	12 [0,2]	3,87 [0,08]	5
18	Viloft/PP	242,35 ^{def} [3,02]	1,01 ^c [0,04]	0,24 [0,06]	16 [0,00]	14 [0,2]	4,37 [0,07]	4-5

*: Standart sapma değerleridir. Farklı üst indis harfleri istatistiksel olarak anlamlı farkları göstermektedir.

Genel olarak lif yoğunluk veya kesit şekli farklılıklarının da aynı şartlarda örülen çift yüzlü kumaşlarda gramaj farkı oluşturmadığı, gramaj değerlerinin 226-256 g/m² aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Kalınlık değerleri ise 0,32-1,23 mm aralığında değişkenlik göstermiş, aynı şartlarda üretilen kumaşlardaki bu farkların ipliklerin stapel veya filament formda olmaları ve iki hammaddenin birlikte oluşturduğu kumaş geometrisinden etkilendiği gözlenmiştir. PA, PET (2), poliamid esaslı Heat® (8) ve yünle (14) kombinasyonlarında kalınlığı büyük ölçüde artırırken PET, stapel formdaki Thermosoft® (10) ve Viloft® (16) ile kombinasyonlarında kalınlığı artırmıştır. İplik özelliklerinin kumaş kalınlık değerleri üzerindeki etkileri net olarak tespit edilememiş, oluşan farkların lif yapısına bağlı olarak değişen eğilme rijitliklerinden kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır.

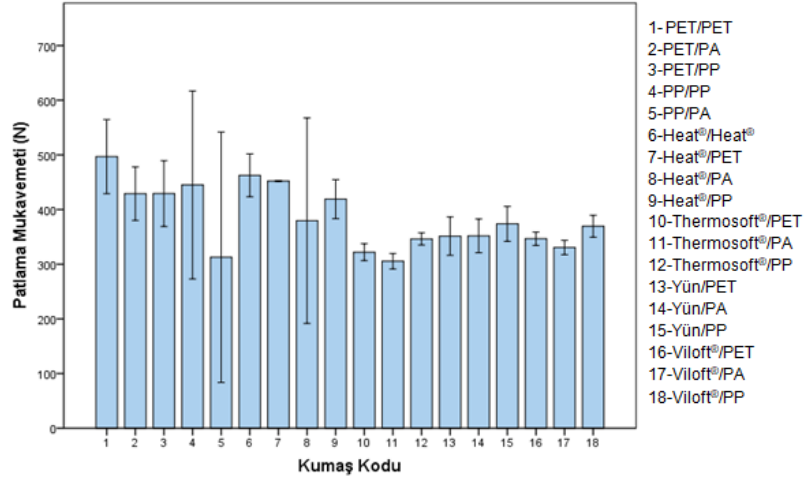
Farklı hammaddelerden çift yüzlü olarak üretilen yalancı rib kumaşların tutumla ilişkilendirilebilecek eğilme direnci değerleri istatistiksel olarak anlamlı düzeyde birbirinden farklıdır (p<0,05). Analiz sonuçlarına göre, en yüksek eğilme direnci değerleri, PET/PP (3), Heat® (6), Heat®/PA (8) Thermosoft®/PET (10) ve Thermosoft®/PA (11) kumaşlara aittir. Partikül içerikli modifiye bir PA filamentli olan Heat® kumaşın (6) tek hammaddeden üretilen diğer PET (1) ve PP (4) kumaşlara göre anlamlı düzeyde daha sert olmasına (eğilme rijitliği yüksek) dayanılarak PA elyafının standart ve modifiye (Nilit Heat®) formlarının daha sert tutum verdiği

sonucuna varılabilir. Heat/PES kumaşın minimum eğilme rijitliğine sahip olmasına ve dış yüzeyi PET olan diğer kumaş değerlerine bakılarak da PET kullanımının kumaşta yumuşamaya neden olduğu belirtilebilir. Bahsedilen PA ve PET etkileri Thermosoft®, yün ve Viloft® stapel ipliklerden oluşan iç katmana sahip kumaşlar için geçerli değildir. Bu kumaşlar genel olarak değerlendirildiğinde ise mikroakrilik esaslı Thermosoft® içerikli kumaşların (10-12) genel olarak yün (13-15) ve Viloft® (16-18) içeren kumaşlara göre daha sert olduğu belirtilebilir. Mikroakrilik içerikli Thermosoft®, daha önceki bir çalışmada belirtilen (Becerir ve diğ., 2007) yumuşak tutum özelliğini iki bileşenli formda göstermemiştir. Eğilme direnci sonuçlarının da kumaşları oluşturan lif özelliklerinin ortak etkileri tarafından belirlendiği tespit edilmiştir (Şekil 2).



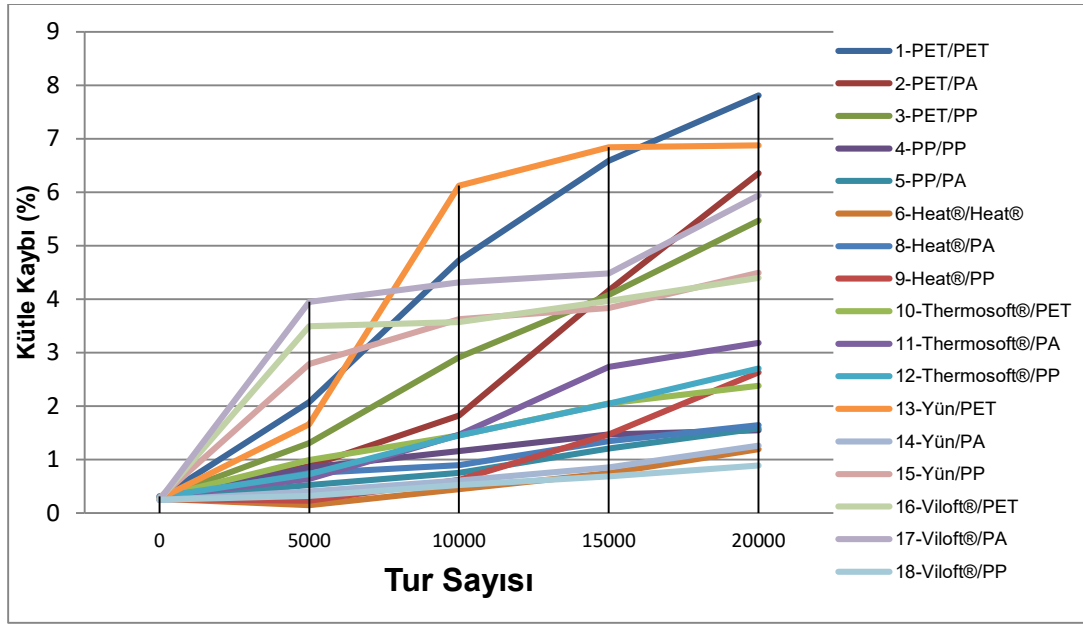
Şekil 2:
Eğilme direnci değerlerine ait çubuk diyagramı

Farklı tek ve çok katlı örme kumaşların patlama mukavemetleri, kumaş hammaddesi, iplik üretim teknolojisi, büküm gibi faktörlere bağlıdır. Bu çalışmada da iki farklı hammadde yalancı rib örgü ile bir araya getirildiği için elde edilen patlama mukavemeti değerleri,ilmek ve atlama formundaki materyallerin ortak etkilerine bağlıdır. Analiz sonuçlarına göre, kumaşların patlama mukavemeti değerleri 330-496 N aralığında yer almaktadır ve değerler istatistiksel olarak anlamlı düzeyde birbirinden farklıdır ($p < 0,05$). Analiz sonuçlarına göre, yüksek patlama mukavemeti değerleri PET (1), PET/PA (2), PET/PP (3), PP (4), Heat® (6), Heat®/PET (7) ve Heat®/PP (9) kumaşlarında gözlenmiştir. PET ve modifiye PA Nilit Heat® kumaşlarının daha yüksek lif mukavemetlerine bağlı olarak yüksek patlama mukavemeti değerleri verdiği gözlenmiştir. PP kumaşın bu yüksek mukavemetli grupta yer alması ilginç bir sonuçtur. Orta mukavemet değerlerine sahip olan yün karışımı kumaş sonuçlarından Yün/PA sonucu daha önceki bir çalışmada (Emirhanova ve Kavuşturan, 2008) incelenen farklı örgülerdeki % 80/20 Lambswool yün/PA kumaş sonuçlarıyla (7-10 kg/cm²) karşılaştırıldığında, önceki çalışma sonuçlarıyla uyumlu olarak yaklaşık 6,6 kg/cm²'lik bir sonucun çıktığı tespit edilmiştir. Genel olarak çift hammaddeden üretilen kumaşların hammadde mukavemetlerini dengeleyerek birbirinden istatistiksel olarak farksız patlama mukavemeti değerleri verdikleri gözlenmiştir. Patlama mukavemeti değerlerine ait çubuk diyagramı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3:
Patlama mukavemeti değerlerine ait çubuk diyagramı

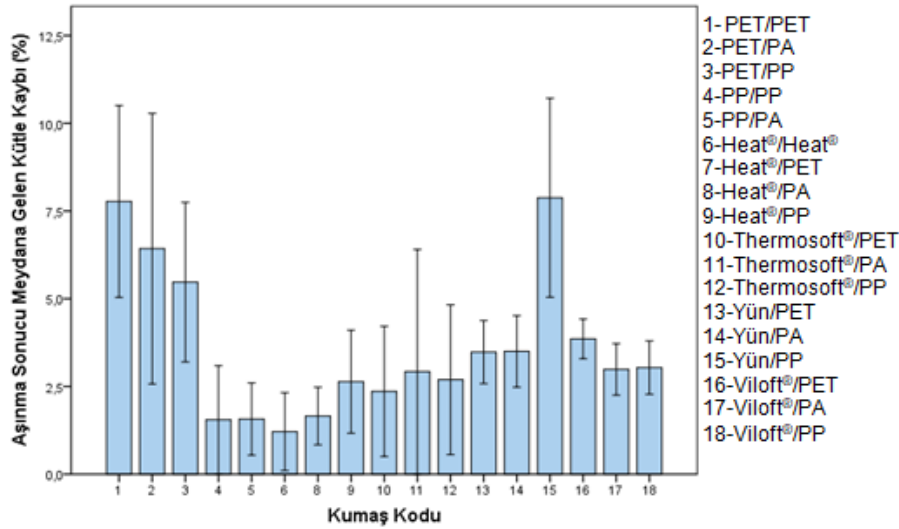
Kumaşın dış yüzeyine uygulanan aşınma testi sonucunda, büyük oranda dış yüz materyallerinin (PET, PA ve PP) karşılaştırıldığı ve 5000, 10.000, 15.000, 20.000 devirlerdeki materyal kaybının (%) tespit edildiği ölçüm sonuçları Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4:
Farklı devir sayıları için aşınma sonucu kütle kayıpları

Şekil 5'te ise 20.000 devir sonundaki kütle kayıplarına ait çubuk diyagramı görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre aşınma sonucu meydana gelen kütle kaybı değerleri istatistiksel olarak anlamlı düzeyde birbirinden farklıdır ($p < 0,05$). Analiz sonuçlarına göre, en fazla kütle kaybı Yün/PP (15), PET/PET (1) ve PET/PA (2) kumaşlarında gözlenmiştir. PET/PP (3), Yün/PET (13) ve Yün/PA (14) kumaşlarının da aşınma sonucu kütle kaybı yüksek olarak tespit edilmiştir. Kumaşların aşınma dirençleri hammadde bazında net bir eğilim göstermemiştir. Daha önceki çalışmalarda PET (Manshahia ve Das, 2013) ve PA (Wardningsih, 2009) için belirtilen yüksek

aşınma direnci bu çalışma için geçerli olmamıştır. Daha önceki bir çalışmada (Erdumlu ve Özipek, 2008) PA'in PET'e göre daha yüksek olarak belirtilen aşınma direnci sonucu ile uyumlu olarak, PP/PP (4) ile birlikte PP/PA (5) ile PA esaslı Heat® içerikli kumaşlar (6-9) minimum kütle kaybına uğramıştır. Yün ve PET iç yüzeye sahip kumaşların en yüksek kütle kaybına uğramalarına bağlı olarak da bu ipliklerin dış yüzde yaptıkları ilmeklerle aşınma oranını etkiledikleri belirtilebilir. Aşınma sonucu oluşan kütle kayıpları (%) değerlerine ait çubuk diyagramı Şekil 5'te gösterilmiştir.



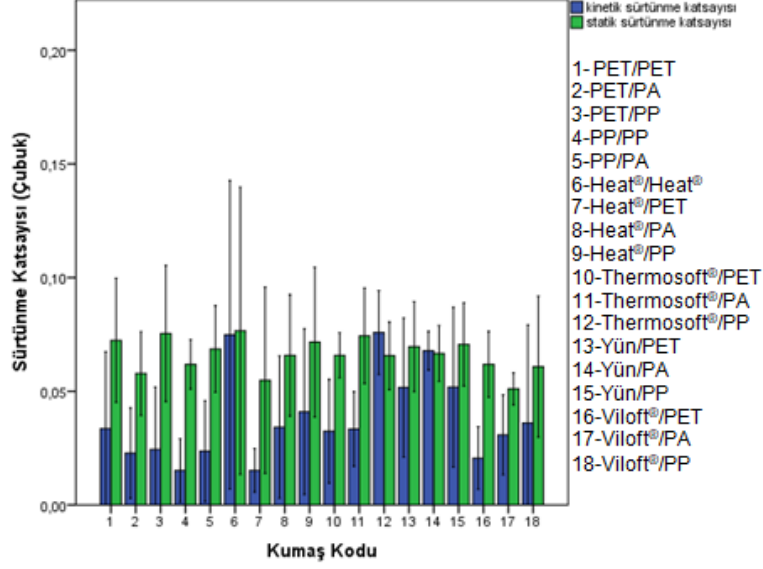
Şekil 5:

Kumaşların aşınma sonucu oluşan kütle kaybı (%) değerlerine ait çubuk diyagramı

Kumaşların dış yüzlerine uygulanan, dolayısıyla büyük oranda dış yüzde konumlanan PET, PA ve PP materyallerinin boncuklanma dirençlerinin karşılaştırıldığı ölçüm sonuçlarına göre, genel olarak en yüksek boncuklanmanın 4 skala değeriyle Thermosoft®/PP (12) ve Yün/PA (14) kumaşlarda görüldüğü, diğer kumaşların boncuklanma eğilimlerinin 'çok az' (4/5) veya 'yok' (5) şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1). PP liflerinde yaşanan boncuklanma probleminin (Morgil, 2015) 12 numaralı kumaş dışındaki diğer PP içerikli kumaşlarda görülmeyeceği, genel olarak sentetik lif içerikli kumaş dış yüzlerinde boncuklanma sorunu yaşanmadığı tespit edilmiştir. Genelde farklı lif karışımlarından yapılmış kumaşlarda lifler arasındaki uyumsuzluk nedeniyle, tek bir lif çeşidinden yapılmış kumaşlara göre daha fazla boncuklanma görülmektedir (Özçelik, 2009). Fakat bu çalışmada hammaddeler büyük oranda kumaşların iç ve dış yüzlerinde konumlandıkları için bu durum geçerli olmamıştır.

Sürtünme testi, kumaşların iç, yani deriyle temas halinde olan yüzlerine uygulandığı için, büyük oranda kumaşın iç yüzünde atlama yapan iplikler etkindir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, kumaşların çubuk yönündeki statik sürtünme katsayıları arasında anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Kinetik sürtünme katsayıları ise istatistiksel olarak anlamlı düzeyde birbirinden farklıdır ($p<0,05$). Analiz sonuçlarına göre, genel olarak kumaşın iç yüzündeki atlamalara dik olarak hareket eden kızaktan ölçülen kinetik sürtünme katsayı değerleri çoğu kumaş için anlamlı farklar yaratmasa da PP/PP (4), Heat®/PET (7) ve Viloft®/PET (16) kumaşlar minimum sürtünme katsayısı değerlerine sahiptir. PP'nin deriyle olan minimum sürtünmesi, daha önceki bir çalışmada da belirtilmiştir (Dyck, 1993). Heat® (6), Thermosoft®/PP (12), Yün/PET (13), Yün/PA (14) ve Yün/PP (15) kumaşların maksimum kinetik sürtünme katsayısı değerleri verdiği gözlemlenmiştir. Yüksek sürtünme oluşturan kumaşların yün iç yüzeye sahip olması beklenen bir sonuçtur. Çok ince yün liflerinden oluşsa ve keçeleşmezlik bitim işlemi yapılırsa da yün deriyle daha fazla sürtünme oluşturmaktadır. Yün gibi stapel yapıdaki Thermosoft® ve Viloft® iplikleri ise filament ipliklerle benzer ve düşük

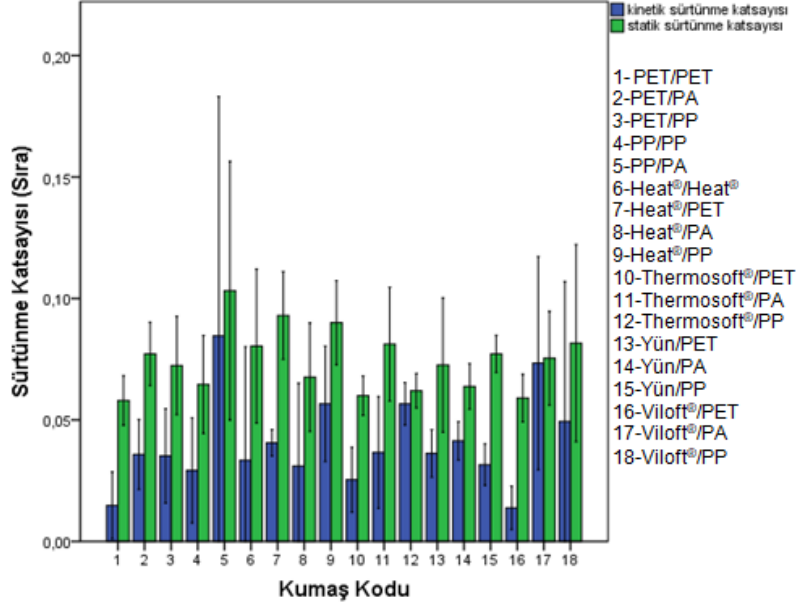
sürtünme katsayısı değerleri vermiştir. Çubuk yönünde kinetik ve statik sürtünme katsayılarına ait çubuk diyagramı Şekil 6' da verilmiştir.



Şekil 6:

Çubuk yönünde kinetik ve statik sürtünme katsayılarına ait çubuk diyagramı

Kumaşların sıra yönündeki statik ve kinetik sürtünme katsayılarının kumaş farklarını daha fazla yansıtarak istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşturduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Analiz sonuçlarına göre, PET/PET (1), Thermosoft®/PET (10) ve Viloft®/PET (16) kumaşlarının minimum statik sürtünme katsayılarına sahip olduğu gözlenmiştir. Kinetik sürtünme katsayısı için de Viloft®/PET (16) minimum değerlere sahip olmuştur. En yüksek statik sürtünme katsayıları PP/PA (5), Heat®/PET (7) ve Heat®/PP (9) kumaşlarına, en yüksek kinetik sürtünme katsayıları ise PP/PA (5), Heat®/PP (9), Thermosoft®/PP (12) ve Viloft®/PA (17) kumaşlarında tespit edilmiştir. Sıra yönündeki sonuçlar, kumaşlar aralarındaki farkları yansıtsa da literatürle uyumlu genel bir trend göstermemişlerdir. Sıra yönünde kinetik ve statik sürtünme katsayılarına ait çubuk diyagramı Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7:
Sıra yönünde kinetik ve statik sürtünme katsayılarına ait çubuk diyagramı

4. SONUÇLAR

Dikişsiz örme makinasında fonksiyonel hammaddelerden yalancı rib örgüsünde üretilen kumaşlara ait sonuçlar özetlenecek olursa; vücudu saran bir giysi için hayati öneme sahip olmasa da kumaşın tutumu açısından daha rijit olarak ölçülen kumaşlar Heat® ve Heat®/PA, yani PA esaslı kumaşlardır. Üç standart sentetik liften oluşan dış yüzeye ilgili olan boncuklanma direnci sonuçlarına göre PP ve PET dış yüzeye sahip kumaşların boncuklanma dirençleri daha düşük olarak tespit edilmiştir. Kumaşların dış yüzüne uygulanan aşınma direnci test sonuçlarına göre, hammadde bazında bir eğilim tespit edilemese de iç yüzde atlama yapan hammaddelerin de etkili olduğu, PP iç yüzüne sahip ve PA (standart ve Heat®) içerikli kumaşların daha az kütle kaybına uğradıkları tespit edilmiştir. Kumaşların deriyle olan etkileşimi ile oluşan dokunsal konfor ve aktivite sırasındaki deformasyon açısından kumaş iç yüzünü oluşturan hammaddelere yoğunlaşmıştır. Elde edilen sonuçlar genellikle istatistiksel farklar yaratmasalar da Viloft®'un daha pürüzsüz, yünün ise daha pürüzlü ve deformasyon oluşturabilecek bir yüzeye sahip olduğu belirtilebilir. Genel olarak, PP, Viloft® veya Heat® iç yüzeye, PA dış yüzeye sahip bir kumaşın vücudu saran sportif giysi veya koruyucu giysi içliği olarak uygun olabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı FYL-2019-7071 No`lu Proje ile destekleyen SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve kumaşların temini ile bazı testler konularında destek olan Ozan Tekstil San, ve Tic, A.Ş.,'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Akgünoğlu, B., (2018) Farklı Hammadde ve Bölgesel Örgülere Sahip Fonksiyonel Çorapların Konfor ve Performans Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
2. Baussan, E., (2010) Tribological study and modeling of skin-sock contact application to

- running, Doctoral Thesis, Haute Alsace University, Mulhouse, France.
3. Baussan, E., Bueno, M, A., Rossi, R, M, and Derler, S, (2010) Experiments and modelling of skin-knitted fabric friction, *Wear*, 268(9), 1103-1110,doi: 10,1016/j,wear,2010,01,010.
 4. Baussan, E., Bueno, M, A., Rossi, R, M., & Derler, S., (2013) Analysis of current running sock structures with regard to blister prevention, *Textile Research Journal*, 83(8), 836-848, doi:10,1177/0040517512461698.
 5. Becerir, B., Karaca, E., Ömeroglu, S., (2007) Assessing Colour Values of Polyester Fabrics Produced From Fibres Having Different Cross-Sectional Shapes After Abrasion, *Coloration Technology*, 123(4), 252-259, doi:10,1111/j,1478-4408,2007,00092,x.
 6. Bertaux, E., Derler, S., Rossi, R, M., Zeng, X., Koehl, L., and Ventenat, V., (2010) Textile, Physiological and Sensorial Parameters in Sock Comfort, *Textile Research Journal*, 80 (17), 1803-1810, doi:10,1177/0040517510369409.
 7. Chaudhari, S,S., Chitnis, R,S., Ramkrishan, R., (2004) Waterproof Breathable Active Sports Wear Fabrics, *Man-Made Textile in India Journal*, 5, 166-171, doi:10,1,1,528,1397.
 8. Çavdaroğlu, P., (2013) Dikişsiz Yuvarlak Örmek Makinelerinde Üretilen İçlik Kumaşların Konfor Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
 9. D'Silva, A,P., Greenwood, C., Anand, S,C., Holmes, D,H, ve Whatmough, N, (2000) Concurrent determination of absorption and wickability of fabrics: A new test method, *Journal of the Textile Institute*, 91,3, 383-396, doi:10,1080/00405000008659515.
 10. Dirgar, E., (2017) The performance properties of the fabrics produced from cupro and some other regenerated cellulose fibers, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol: 27(2), pp: 139-144.
 11. Dyck, W., (1993) A Review of footwear for cold/wet scenarios, part 2: socks, liners, and insoles (No, DREO-TN-93-28), Defence Research Establishment Ottawa (Ontario).
 12. Emirhanova, N., & Kavusturan, Y., (2008) Effects of knit structure on the dimensional and physical properties of winter outerwear knitted fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*,16(2), 67.
 13. Erdumlu, N., and Özipek, B., (2008) Investigation of Regenerated Bamboo Fibre and Yarn Characteristics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol:16, No:4 (69), pp:43-47.
 14. Gwosdow, A,R., Stevens, J,C., Berglund, L,G, and Stolwijk, J, A, J., (1986) Skin friction and fabric sensations in neutral and warm environments, *Textile Research Journal*, 56(9), 574-580,doi:10,1177/004051758605600909.
 15. Herring, K,M., and Richie Jr, D,H., (1990) Friction blisters and sock fiber composition, A double-blind study, *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 80(2), 63-71, doi:10,7547/87507315-80-2-63.
 16. Hes, L., Oğlakcıoğlu, N., Marmaralı, A., Lima, M,F., (2008) The effect of moisture on friction coefficient of elastic knitted fabrics, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 18(3), 206-210.
 17. <http://www.bamen.com.tr/production/list> (Erişim Tarihi: 25.07.2020)
 18. http://www.kelheim-fibres.com/home/index_de.php (Erişim Tarihi: 25.07.2020)
 19. <http://www.nilit.com/intl/tr/fibers/brands-nilit-heat.asp> (Erişim Tarihi: 26.07.2020)
 20. <https://www.technavio.com/report/global-sportech-textiles-market-industry-analysis> (Erişim Tarihi: 28.08.2020)

21. Kaplan S., Akgünoğlu B., (2019) Pressure Comfort Characteristics Of Sports Socks Made Of Modified Synthetic Materials With Different Weaves, 47, Textile Research Symposium, Liberec, Çek Cumhuriyeti.
22. Keiser, C., Becker, C., & Rossi, R, M, (2008) Moisture transport and absorption in multilayer protective clothing fabrics, Textile Research Journal,78(7), 604-613, doi:10,1177/0040517507081309.
23. Kenins, P., (1994) Influence of Fiber Type and Moisture on Measured Fabric-to-Skin Friction, Textile Research Journal, Vol: 64(12), 722-728, doi:10,1177/004051759406401204.
24. Khoddami, A., Carr, C, M., & Gong, R, H., (2009) Effect of hollow polyester fibres on mechanical properties of knitted wool/polyester fabrics, Fibers and Polymers, 10(4), 452-460, doi:10,1007/s12221-009-0452-7.
25. Manshahia, M., Das, A, (2013) Comfort characteristics of knitted active sportswear, liquid water transportation, Research Journal of Textile and Apparel, 17(3), 38-49, doi:10,1108/RJTA-17-03-2013-B005.
26. Morgil, Y., (2015) Havlu Örme Çorapların Isıl Konfor Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
27. Öner, E, (2019) Mechanical and thermal properties of knitted fabrics produced from various fiber types, Fibers and Polymers, 20(11), 2416-2425, doi:10,1007/s12221-019-9119-1.
28. Özçelik, G, (2009) Kumaş Boncuklanma Özelliğinin Objektif Olarak Değerlendirilmesi ve Tahminlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
29. Purane S,V., Panigrahi N,R., (2007) Microfibers microfilaments and their applications, Autex Research Journal, Vol:7, No:3, 148-158.
30. Saundri, S,M., Kavitha, S, (2015) Textiles in Sports, International Journal of Science, Technology & Management, Volume No 04, Special Issue No, 01.
31. Song, G., (Ed,) (2011) Improving comfort in clothing, Cambridge: The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited,
32. Srinivasan, J., Ramakrishnan, G., Mukhopadhyay S, and Manoharan, S, (2000) A study of knitted fabrics from polyester microdenier fibres, Journal of the Textile Institute, 98(1), 31-35, doi:10,1533/joti,2005,0180.
33. Süpüren, G., Oğlakçioğlu, N., Özdil, N., ve Marmaralı, A., (2011) Moisture management and thermal absorptivity properties of double-face knitted fabrics, Textile Research Journal, 81(13), 1320-1330, doi:10,1177/0040517511402122.
34. Van Amber, R, R., Lowe, B, J., Niven, B, E., Laing, R, M., Wilson, C, A., & Collie, S, (2015) The effect of fiber type, yarn structure and fabric structure on the frictional characteristics of sock fabrics, Textile Research Journal, 85(2), 115-127, doi:10,1177/0040517514530029.
35. Wardiningsih, W., (2009), Study Comfort Properties of Natural and Synthetic Knitted Fabrics in Different Blend Ratios for Winter Active Sportswear, M,Sc,Thesis, RMIT University, Melbourne.
36. Werd, M, B., & Knight, E, L., (2010) Athletic footwear and orthoses in sports medicine, P, R, Langer (Ed.), Springer, New York.