

**DOKUMA KUMAŞLARIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ İLE
YAPISAL ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ
İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**
Şener ÖZTÜRK

Yüksek Lisans Tezi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK

2016

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DOKUMA KUMAŞLARIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ İLE YAPISAL
ÖZELİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**

Şener ÖZTÜRK

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof.Dr. H.Ziya ÖZEK

TEKİRDAĞ-2016

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK danışmanlığında, Şener ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “Dokuma Kumaşların Yüzey Pürüzlülüğü ile Yapısal Özellikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof.Dr. Binnaz MERİÇ KAPLANGİRAY

İmza:

Üye: Doç. Dr. Pelin GÜRKAN ÜNAL

İmza:

Üye: Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK (Danışman)

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi
DOKUMA KUMAŞLARIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ İLE YAPISAL ÖZELLİKLERİ
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Şener ÖZTÜRK

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK

Dokuma yüzeyler için pürüzlülük; yüzey profilinin tek bir yönde (atkı veya çözü) ortalama sapması olarak ifade edilmektedir. Geçmişte yapılan çalışmalar göstermektedir ki, dokuma kumaşlarda yüzey pürüzlülüğü; kumaşın boncuklanma eğilimi, aşınma dayanımı, tutum, ıslanma davranışı ve adhezyonu, baskı kalitesi, dökümlülük ve aerodinamik performans gibi bir çok karakteristik özelliğini etkileyebilmektedir. Kumaş yüzey pürüzlülüğüne, lif karakteristiğinden başlayarak en son uygulanan bitim işlemlerine kadar pek çok parametre etki etmektedir. Kumaş yüzeyinin pürüzlülüğünün ölçümü ve analizi için ulusal veya uluslararası bir test standardı bulunmamaktadır. Genel olarak ise; pürüzlülükle ilgili terimlerin, tanımların ve yüzey yapısal parametrelerinin belirtildiği ISO 4287 standardı bulunmaktadır. Kumaş yüzeylerinin pürüzlülük ölçümü için başta KES-FB4 olmak üzere pek çok ölçüm cihazı geliştirilmiştir. Son çalışmalar optik ve elektronik sistemlerin entegrasyonu ile üç boyutlu yüzey görüntüsü ve topografyası eldesine yöneliktir. Bu çalışmalar, renk ve desen hassasiyeti olmadan, temassız olarak ve kısa sürede ölçüm yapabilme olanağı sunmaktadır. Bu çalışmada, farklı fiziksel yapıdaki kumaşların yüzey topografyası çıkartılarak pürüzlülük verileri elde edilmiş; bununla beraber aynı kumaşların sürtünme katsayıları ölçülmüş ve elde edilen veriler analiz edilerek kumaşın yapısal parametreleri ile arasındaki ilişkiler ortaya konmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, örgü cinsi ve atkı sıklığı parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne ve sürtünme katsayısına etkisi olduğu, ancak söz konusu etkinin elyaf cinsine göre farklı yönde olduğu tespit edilmiştir. Yine bu çalışma kapsamında; % 100 polyester kumaşlar üzerine su itici apre uygulamasının, kumaşların yapısal parametreleri, pürüzlülük değerleri ve su iticilik performansı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Nihai olarak, kumaş cinsi, atkı sıklığı ve filament sayısı parametrelerinin, % 100 PES kumaşların su iticilik performansına önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: dokuma kumaş, pürüzlülük, opto-elektronik, topografya, sürtünme, su iticilik.

2016 , 167 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

A STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SURFACE ROUGHNESS AND STRUCTURAL PROPERTIES OF WOVEN FABRICS

Şener ÖZTÜRK

Namık Kemal University
Institute of Science
Department of Textile Engineering

Supervisor : Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK

Roughness of woven fabrics is defined as the average deviation of the surface profile through one direction (warp or weft). It is known from the past studies that roughness of woven fabrics can affect many properties such as pilling tendency, abrasion resistance, handle, wettability and adhesion, print quality, drapability and aerodynamic performance. Many parameters, beginning from the properties of fibers to the last finishing process, affect fabric surface roughness. There is no national or international test standard for measurement and analysis of fabric surface roughness. There is a general roughness standart, ISO 4287, in which terms, definitions and surface structural parameters related to roughness are defined. Recent studies are intended to entegrate optic and electronic systems, obtaining three dimensional surface image and topography. Those studies facilitate non-contact and short-time measurement without colour and pattern sensibility. In this study, the roughness charaacteristics of woven fabrics which has different physical structure were investigated by means of surface topography method. Moreover, coefficients of friction of the same fabrics were also measured and it was evaluated in order to explain the relationship between structural parameters and roughness. As a result of the study, it is found that fabric construction and weft density affect the surface roughness and coefficient of friction, but it is also determined that the behaviour of this effect is varied according to the fiber content of the fabric. Also within this study, water-repellent finishing process is applied to woven fabrics, made of % 100 PES yarns. The relationship between physical parameters, roughness data and water-repellent performance of fabrics is examined. It is shown that fabric construction, weft density and number of filament have no significant effect on wettability of % 100 PES fabrics on which water-repellent finishing process is carried out.

Keywords: woven fabric, roughness, opto-elektronic, topography, friction, water repellency.

2016 , 167 pages

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda bana destek olan ve yardımını esirgemeyen başta Danışmanım Sayın Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK'e,

Kumaş teminindeki desteğinden dolayı Tanrıverdi Tekstil, Sirkeci Tekstil ve YÜNSA A.Ş.'ye,

Sürtünme katsayısı ölçümleri için test cihazını kullanma imkanı sağlayan Polypleks A.Ş.'ye ve bizzat ilgilenen Polypleks A.Ş. personeli Bahadır GÜLER'e,

Temas açısı ölçümleri için ölçüm cihazını kullanma imkanı sağlayan Denge Kimya'ya ve bizzat ilgilenen Denge Kimya personeli Hüseyi ŞAHİN ve Sezen DÖNMEZ'e,

Su itici apre uygulaması için makinelerini kullanma imkanı sağlayan Özen Mensucat A.Ş.'ye ve bizzat ilgilenen Özen Mensucat A.Ş. personeli Murat KAVRAZLI'ya teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Pürüzlülüğün Tanımı ve Ölçümü.....	3
2.2 Pürüzlülük Ölçümünün Tarihsel Gelişimi.....	5
2.3 Kumaşlarda Pürüzlülük Ölçüm Yöntemleri ve Analizi.....	6
2.3.1 KES-FB4 Cihazı ile ölçüm.....	7
2.3.2 Opto-Elektronik cihazlar ile ölçüm.....	10
2.3.3 AFM (Atomic Force Measurement-Atomik Kuvvet Ölçümü) ile ölçüm.....	13
2.4 Pürüzlülüğün Önemi ve Kumaş Özelliklerine Etkileri.....	13
2.5 Dokuma Kumaşta Pürüzlülüğe Etki Eden Faktörler.....	16
2.5.1 Lif karakterinin etkileri.....	16
2.5.2 İplik karakterinin etkileri.....	17
2.5.3 Kumaş karakterinin ve bitim işlemlerinin etkileri.....	19
2.6 Üç Boyutlu Görüntüleme ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	20
2.6.1 İzdüşüm görüntüleme yöntemi.....	20
2.6.2 Topografik analiz.....	26
2.7 Kumaşlarda Sürtünme Kavramı.....	29
2.7.1 Kumaşlarda sürtünme.....	31
2.7.2 Kumaşlarda sürtünme katsayısının ölçümü.....	32
2.8 Sürtünme Katsayısını Etkileyen Faktörler.....	33
2.8.1 Tekstil parametreleri.....	34
2.8.2 Cihaz parametrelerinin etkisi.....	37
2.9 Su İticilik ve İslanabilirlik Kavramı.....	39
2.10 Önceki Çalışmalar.....	41
2.10.1 Pürüzlülük ölçümü üzerine çalışmalar.....	41
2.10.2 Kumaşlarda sürtünme katsayısı üzerine çalışmalar.....	44
2.10.3 Tekstil yüzeylerinde su iticilik ve ıslanabilirlik üzerine çalışmalar.....	47
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	53
3.1 Materyal ve Deney Planı.....	53
3.2 Test Yöntemleri.....	59
3.2.1 Topografik analiz ile pürüzlülük ölçümü.....	59
3.2.2 Sürtünme katsayısı ölçümü.....	61
3.2.3 Temas açısı ölçümü.....	63
4. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR.....	65
4.1 Kumaş Yüzeylerinin Topografik Analizi.....	65
4.1.1 “A Grubu” (% 100 Pamuklu) kumaşların ölçüm sonuçları ve bulgular.....	65
4.1.2 “B Grubu” (Yünlü) kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi.....	74

4.1.3 “C Grubu” (% 100 PES) kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi.....	83
4.1.4 Elyaf içeriğinin pürüzlülük değerlerine etkisi.....	85
4.2 Kumaş Yüzeylerinin Sürtünme Katsayısı Ölçümü ve Bulgular.....	91
4.2.1 “A Grubu” Pamuklu kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi.....	91
4.2.2 “B Grubu” % 100 yünlü kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi.....	101
4.2.3 “B Grubu” % 45 Yün / % 55 PES kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi...	106
4.2.4 “C Grubu” % 100 PES kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi.....	111
4.3 Kumaş Pürüzlülüğü ile Kinetik Sürtünme Katsayısı Arasındaki İlişki	121
4.4 Kumaş Yüzeylerinin Temas Açısı Ölçümü.....	126
4.4.1 “A Grubu” % 100 Pamuklu kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi.....	126
4.4.2 “C Grubu” % 100 PES kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi.....	131
4.4.3 “B Grubu” Yünlü kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi.....	136
4.5 Su İticilik Apresi ve Filament Sayısının Pürüzlülük, Sürtünme Katsayısı ve Temas Açısına Etkisi ve Bulgular.....	137
4.5.1. Su iticilik apresinin pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve temas açısına etkisi ve bulgular.....	140
4.5.2. Filament Sayısının pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve temas açısına etkisi ve bulgular.....	148
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	154
5.1. Kumaş Yapısal Parametreleri ile Pürüzlülük, Sürtünme Katsayısı ve Temas Açısı Değerlerinin İlişkileri.....	154
5.1.1 Atkı sıklığının etkisi.....	154
5.1.2 Filament sayısının etkisi.....	155
5.1.3 Örgü türünün etkisi.....	156
5.1.4 Elyaf içeriğinin etkisi.....	158
5.2 Kumaş Yüzey Pürüzlülüğü ile Sürtünme Katsayısının İlişkisi.....	159
5.3 Su İtici Apre Uygulaması ile Pürüzlülük, Sürtünme Katsayısı ve Temas Açısı Değerlerinin İlişkileri	159
5.4 Dokuma Kumaş Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi Olan Faktörler.....	160
5.5 Sonuç.....	160
6.KAYNAKLAR.....	162
ÖZGEÇMİŞ.....	167

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. “A Grubu” kumaşların elyaf içeriği, kumaş cinsi ve atkı sıklıkları.....	55
Çizelge 3.2. “A Grubu” kumaşların iplik çapı, iplik aralığı ve örtme oranı bilgileri.....	55
Çizelge 3.3. “B Grubu” kumaşların kumaş cinsi, elyaf cinsi ve atkı sıklıkları.....	56
Çizelge 3.4. “B Grubu” kumaşların iplik çapı, iplik aralığı ve örtme oranı bilgileri.....	57
Çizelge 3.5. “C Grubu” kumaşların elyaf içeriği, kumaş cinsi ve atkı sıklıkları.....	57
Çizelge 3.6. “C Grubu” kumaşların iplik aralığı ve örtme oranı bilgileri.....	58
Çizelge 3.7. “C Grubu” kumaşların kumaş cinsi, filament sayısı ve atkı sıklıkları.....	58
Çizelge 3.8. “D Grubu” kumaşların iplik aralığı ve örtme oranı bilgileri.....	59
Çizelge 4.1. %100 pamuklu ham kumaşların çözgü, atkı yönündeki ve toplam pürüzlülük değerleri (Ra, Sa).....	65
Çizelge 4.2. %100 Yünlü kumaşların çözgü, atkı yönündeki ve toplam pürüzlülük değerleri (Ra, Sa).....	75
Çizelge 4.3. %45 Yün/ % 55 PES kumaşların çözgü, atkı yönündeki ve toplam pürüzlülük değerleri (Ra, Sa).....	79
Çizelge 4.4. “C Grubu” % 100 PES kumaşların çözgü, atkı yönündeki ve toplam pürüzlülük değerleri (Ra, Sa).....	83
Çizelge 4.5. Topografik Analiz Yöntemi ile Temaslı Yöntem ölçüm sonuçları.....	91
Çizelge 4.6. % 100 Pamuklu kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki statik sürtünme katsayıları.....	92
Çizelge 4.7. % 100 Pamuklu kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayıları.....	93
Çizelge 4.8. % 100 Pamuklu kumaşlarda kinetik sürtünme katsayılarının statik sürtünme katsayılarına oranı.....	94
Çizelge 4.9. %100 Yünlü kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki statik sürtünme katsayıları.....	102
Çizelge 4.10. %100 Yünlü kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayıları.....	103
Çizelge 4.11. %55 Yün / %45 PES kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki statik sürtünme katsayıları.....	106
Çizelge 4.12. %55 Yün / %45 PES kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayıları.....	107
Çizelge 4.13. % 100 PES kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki statik sürtünme katsayıları.....	111
Çizelge 4.14. % 100 PES kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayıları.....	112
Çizelge 4.15. Kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayıları arasındaki korelasyonun elyaf içeriğine göre değişimi.....	121
Çizelge 4.16. % 100 Pamuklu ham kumaşların su damlasının kumaş yüzeyine bırakıldığı ilk andaki (başlangıç) temas açısı değerleri.....	126
Çizelge 4.17. % 100 Pamuklu ham kumaşların su damlasının başlangıç temas açısı ile 30 saniye sonraki temas açısı değerleri arasındaki fark.....	131
Çizelge 4.18. % 100 PES kumaşların 20 g/lit ve 40 g/lit apre işlemi gördükten sonraki başlangıç temas açısı ölçüm değerleri.....	132
Çizelge 4.19. % 100 PES kumaşların 20 g/lit ve 40 g/lit apre işlemine müteakiben su damlasının başlangıç ve kumaş yüzeyine bırakıldıktan “10 dakika” sonraki temas açısı ölçüm değeri farkı.....	135

Çizelge 4.20. “D Grubu” kumaşların çözgü, atkı yönündeki ve toplam pürüzlülük değerleri (Ra, Sa).....	137
Çizelge 4.21. “D Grubu” % 100 PES kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri.....	138
Çizelge 4.22. “D Grubu” % 100 PES kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri.....	139
Çizelge 5.1. Elyaf içeriği ve örgü türüne göre atkı sıklığı ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi.....	154
Çizelge 5.2. % 100 PES kumaşlarda kumaş örgü cinsine bağlı olarak filament sayısı ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi.....	156
Çizelge 5.3. % 100 Pamuklu ham kumaşlarda örgü cinsi ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi.....	156
Çizelge 5.4. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki kumaşların örgü türüne göre çözgü yönündeki pürüzlülük ve sürtünme katsayılarının dağılımı.....	157
Çizelge 5.5. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki kumaşların örgü türüne göre atkı yönündeki pürüzlülük ve sürtünme katsayılarının dağılımı.....	157
Çizelge 5.6. Elyaf içeriği ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi.....	158
Çizelge 5.7. Bezayağı kumaşın elyaf cinsine göre çözgü yönündeki pürüzlülük ve sürtünme katsayılarının dağılımı.....	158
Çizelge 5.8. % 100 PES kumaşlarda kumaş örgü cinsine bağlı olarak su itici apre uygulanması ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi.....	159

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Taralı alan formülüne göre “Ra” değerinin hesaplanması.....	3
Şekil 2.2. Mutlak değerlerin ortalaması formülüne göre “Ra” değerinin hesaplanması.....	4
Şekil 2.3. “Rz” değerinin hesaplanması.....	4
Şekil 2.4. “Rt” değerinin ifadesi.....	5
Şekil 2.5. (a) KES-FB1, (b) KES-FB2 ve (c) KES-FB3 Cihazı.....	6
Şekil 2.6. KES-FB4 Cihazı.....	7
Şekil 2.7. KES-FB4 ile Kumaş Yüzeyi Sürtünme Katsayısının Ölçümü.....	8
Şekil 2.8. (a) KES-FB4 Cihazı Şematik Gösterimi, (b) kontaktör ve (c) kontaktörün hareketinin gösterimi.....	9
Şekil 2.9. Lazer Ölçüm Yöntemi Şematik Gösterimi.....	11
Şekil 2.10. (a) Bueno tarafından geliştirilen lazer görüntüleme yönteminin şematik gösterimi, (b) cihazın görüntüsü.....	12
Şekil 2.11. Bueno tarafından geliştirilen lazer görüntüleme yönteminde elde edilen yüzey görüntüleri.....	12
Şekil 2.12. AFM Yönteminin (a) ve (b) şematik gösterimi ile (c) cihaz görüntüsü.....	13
Şekil 2.13. Statik ve Kinetik Sürtünme Kuvveti ve Katsayıları.....	14
Şekil 2.14. Sıvı-Katı Temas Modelleri: (a) Cassie Bexter (b) Wenzel.....	15
Şekil 2.15. İplik görüntüleri : (a) Ring, (b) Open-end (rotor) İplik eğirme yöntemlerine göre.....	19
Şekil 2.16. Üç Boyutlu Yüzey Profili İçin Görüntüleme Sistemi.....	21
Şekil 2.17. İzdüşüm Görüntülemenin Perspektif Geometrisi.....	21
Şekil 2.18. Kumaş Yüzeyinin İzdüşüm Görüntüsü.....	22
Şekil 2.19. Şekil: Kumaş Yüzeyinin İzdüşüm Görüntü Sıralaması.....	23
Şekil 2.20. Kumaş yüzeyinin görüntü kesitleri; (a) Orijinal görüntü, (b) İki eşikli görüntü.....	24
Şekil 2.21. Üç Boyutlu Çok-Tabakalı Kumaş Yüzey Haritası.....	24
Şekil 2.22. Kumaş Yüzeylerinin İzdüşüm Görüntüleri.....	25
Şekil 2.23. Kullanılan PES kumaşlar.....	27
Şekil 2.24. Kromatik aynı odaklı mikroskobun ölçme prensibinin şematik gösterimi.....	28
Şekil 2.25. Kaymadaki Temas Esnasında Sürtünme Kuvveti F, Cismin Ağırlığı W, Normal Tepki Kuvveti N ve Hız V'nin Gösterimi.....	30
Şekil 2.26. Sürtünme Kuvveti – Zaman Diyagramında Statik ve Kinetik Sürtünme Kuvvetlerinin Gösterimi.....	31
Şekil 2.27. Sürtünme Cihazı (1.Load Cell, 2.Çene, 3.Tel, 4. Sürtünmesiz Makara, 5. Zımpara Kağıdı, 6. Test Bölgesi, 7. Teste Tabi Tutulan Deney Numunesi, 8. Kızak).....	33
Şekil 2.28. Kumaşlarda Sürtünmeyi Etkileyen Faktörler Layton, J. M., (2003).....	35
Şekil 2.29. Pamuklu Kumaşlarda Normal Basıncın (N) Birim Alana Düsen Kinetik Sürtünme Kuvvetine (F) Oranı (atki – atki hareketinde).....	37
Şekil 2.30. Temas Açısının Şematik Gösterimi.....	40
Şekil 2.31. İki benzer kafesin üst üste konmasıyla oluşan moiré modeli.....	41
Şekil 2.32. Kumaş üzerine üst üste konulan Ronchi kafesi: a) Kumaş, b) Ronchi Kafesi c) Kafesin kumaşın üstüne getirilmesi.....	42
Şekil 2.33. Deneysel Düzenek: 1) Kamera, 2) Ronchi Kafesi, 3) Renksiz Lens, 4) İğne Deliği 5) Kumaş.....	42
Şekil 2.34. Elde edilen spesifik moire dağılımı.....	43

Şekil 2.35. Termofikse işlemi gören kumaşlara ait su temas açıları.....	51
Şekil 2.36. Termofikse PES kumaşların Pilling Faktörleri.....	51
Şekil 2.37. Termofikse olan PES kumaşların mikro-gözenekliliği :a) Atkı, b) Çözüğü.....	52
Şekil 3.1. % 100 Pamuklu, % 100 Yünlü, % 45 Yün / % 55 PES ve % 100 PES elyaf içeriğine sahip bezayağı, Dimi 2/1, Panama 3/3 ve Çözüğü Sateni örgü türlerindeki kumaşlara ait görüntüler.....	54
Şekil 3.2. Profilometre cihazı ile ölçümde; (a) odaklanma, (b) 3 boyutlu görüntü.....	60
Şekil 3.3. Pürüzlülük ölçümlerinin yapıldığı Nanovea ST400 Cihazı.....	60
Şekil 3.4. RDM Sürtünme Katsayısı Ölçüm Cihazı.....	61
Şekil 3.5. RDM Sürtünme Katsayısı Ölçüm Cihazı Ölçüm Ekran Görüntüsü.....	62
Şekil 3.6. RDM Sürtünme Katsayısı Ölçüm Cihazına Ait Mesafeye Bağlı Sürtünme Katsayısı/Sürtüme Kuvveti Değişimi Grafiklerinin Görüntüsü.....	62
Şekil 3.7. “Temas Açısı”nın geometrik gösterimi.....	63
Şekil 3.8. “Temas Açısı” ölçümlerinin yapıldığı cihaz.....	64
Şekil 3.9. “Temas Açısı” ölçümlerinin yapıldığı cihazdan alınan ekran görüntüsü.....	64
Şekil 4.1. % 100 Pamuklu kumaşlarda çözgü yönünde boşluksuz bölgede elde edilen pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı.....	65
Şekil 4.2. % 100 Pamuklu kumaşlarda atkı yönünde boşluksuz bölgede elde edilen pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı.....	67
Şekil 4.3. % 100 Pamuklu kumaşlarda elde edilen toplam pürüzlülük değerlerinin (Sa) kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı.....	69
Şekil 4.4. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşın topografik görüntüsü.....	70
Şekil 4.5. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki dimi kumaşın topografik görüntüsü.....	70
Şekil 4.6. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki panama kumaşın topografik görüntüsü.....	71
Şekil 4.7. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki saten kumaşın topografik görüntüsü.....	71
Şekil 4.8. Bezayağı kumaşta çözgü yönünde atkı ve çözgü ipliklerinin atkı sıklığının daha düşük olduğu durumdaki dizilimi.....	73
Şekil 4.9. Bezayağı kumaşta çözgü yönünde atkı ve çözgü ipliklerinin atkı sıklığının daha yüksek olduğu durumdaki dizilimi	73
Şekil 4.10. “22” Atkı sıklığındaki % 100 pamuklu bezayağı kumaşın çözgü yönündeki pürüzlülüğü.....	73
Şekil 4.11. “28” Atkı sıklığındaki % 100 pamuklu bezayağı kumaşın çözgü yönündeki pürüzlülüğü.....	74
Şekil 4.12. % 100 Yünlü kumaşlarda çözgü yönünde boşluksuz bölgede elde edilen pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı.....	75
Şekil 4.13. % 100 Yünlü kumaşlarda atkı yönünde boşluksuz bölgede elde edilen pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı.....	77
Şekil 4.14. % 100 Yünlü kumaşlarda elde edilen toplam pürüzlülük değerlerinin (Sa) kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı.....	78
Şekil 4.15. %45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait çözgü yönündeki Ra pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi.....	80
Şekil 4.16. %45 Yün/ % 55 PES kumaşlara ait atkı yönündeki Ra pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi.....	81
Şekil 4.17. %45 Yün/ % 55 PES kumaşlara ait toplam pürüzlülük değerlerinin (Sa), kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi.....	82
Şekil 4.18. % 100 PES 150 denye 48 filament bezayağı kumaşın atkı sıklığına bağlı olarak çözgü ve atkı yönündeki pürüzlülük değerleri ile toplam pürüzlülük değerlerinin değişimi.....	83

Şekil 4.19. 16 Atkılı sıklığındaki bezayağı % 100 PES kumaşın çözgü yönündeki yüzey pürüzlülüğü.....	84
Şekil 4.20. 22 Atkılı sıklığındaki bezayağı % 100 PES kumaşın çözgü yönündeki yüzey pürüzlülüğü.....	84
Şekil 4.21. % 100 Pamuklu 22 atkılı sıklığındaki bezayağı kumaşın topografik görüntüsü.....	85
Şekil 4.22. % 100 Yünlü 21 atkılı sıklığındaki bezayağı kumaşın topografik görüntüsü.....	85
Şekil 4.23. % 45 Yün / % 55 PES 21 atkılı sıklığındaki bezayağı kumaşın topografik görüntüsü.....	86
Şekil 4.24. % 100 PES 22 atkılı sıklığındaki bezayağı kumaşın topografik görüntüsü.....	86
Şekil 4.25. % 100 Yünlü ve % 45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait çözgü yönündeki pürüzlülük değerlerinin örgü türüne göre değişimi.....	87
Şekil 4.26. % 100 Yünlü ve % 45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait atkılı yönündeki pürüzlülük değerlerinin örgü türüne göre değişimi.....	88
Şekil 4.27. Bezayağı kumaşta elyaf içeriğine ve 1 cm ² 'deki atkılı ve çözgü toplam iplik sayısına göre toplam pürüzlülük değerlerinin değişimi.....	88
Şekil 4.28. Dimi kumaşta elyaf içeriğine ve 1 cm ² 'deki atkılı ve çözgü toplam iplik sayısına göre toplam pürüzlülük değerlerinin değişimi.....	89
Şekil 4.29. Panama kumaşta elyaf içeriğine ve 1 cm ² 'deki atkılı ve çözgü toplam iplik sayısına göre toplam pürüzlülük değerlerinin değişimi.....	89
Şekil 4.30. Saten kumaşta elyaf içeriğine ve 1 cm ² 'deki atkılı ve çözgü toplam iplik sayısına göre toplam pürüzlülük değerlerinin değişimi.....	90
Şekil 4.31. % 100 Pamuklu kumaşlarda yapılan statik ve kinetik sürtünme katsayıları.....	94
Şekil 4.32. % 100 Pamuklu kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının kumaş cinsi ve atkılı sıklığına göre değişimi.....	95
Şekil 4.33. % 100 pamuklu kumaşların atkılı yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının kumaş cinsi ve atkılı sıklığına göre değişimi.....	98
Şekil 4.34. % 100 Yünlü kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının kumaş cinsi ve atkılı sıklığına göre değişimi.....	104
Şekil 4.35. % 100 Yünlü kumaşların atkılı yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının kumaş cinsi ve atkılı sıklığına göre değişimi.....	105
Şekil 4.36. %45 Yün / %55 PES bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının kumaş cinsi ve atkılı sıklığına bağlı olarak değişimi....	108
Şekil 4.37. %45 Yün / %55 PES bezayağı kumaşların atkılı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının kumaş cinsi ve atkılı sıklığına bağlı olarak değişimi.....	109
Şekil 4.38. % 100 PES kumaşların kumaş cinsine ve atkılı sıklığına bağlı olarak çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının değişimi.....	113
Şekil 4.39. % 100 PES kumaşların kumaş cinsine ve atkılı sıklığına bağlı olarak atkılı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının değişimi.....	114
Şekil 4.40. "Bezayağı" kumaşa ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi.....	115
Şekil 4.41. "Dimi" kumaşa ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi.....	116
Şekil 4.42. "Panama" kumaşa ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi.....	116
Şekil 4.43. Saten kumaşa ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi.....	117
Şekil 4.44. Bezayağı kumaşa ait atkılı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi.....	118

Şekil 4.45. Dimi kumaşa ait atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi.....	118
Şekil 4.46. Panama kumaşa ait atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi.....	119
Şekil 4.47. Saten kumaşa ait atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi.....	119
Şekil 4.48. % 100 Pamuklu kumaşların çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı.....	121
Şekil 4.49. % 100 Pamuklu kumaşların atkı yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı.....	122
Şekil 4.50. % 100 Yünlü kumaşların çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı.....	122
Şekil 4.51. % 100 Yünlü kumaşların atkı yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı.....	123
Şekil 4.52. % 45 Yün / % 55 PES kumaşların çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı.....	123
Şekil 4.53. % 45 Yün / % 55 PES kumaşların çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı.....	124
Şekil 4.54. % 100 PES kumaşların çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı.....	124
Şekil 4.55. % 100 PES kumaşların atkı yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı.....	125
Şekil 4.56. % 100 Pamuklu ham kumaşların başlangıç temas açılarının kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi.....	127
Şekil 4.57. % 100 Pamuklu kumaşlarda kumaş cinsine bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi.....	129
Şekil 4.58. % 100 PES kumaşların, örtme faktörüne bağlı olarak başlangıç temas açıları.....	130
Şekil 4.59. % 100 PES bezayağı kumaşta atkı sıklığına bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi.....	133
Şekil 4.60. % 100 PES saten kumaşta atkı sıklığına bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi.....	133
Şekil 4.61. % 100 PES kumaşlarda kumaş cinsine bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi.....	134
Şekil 4.62. % 100 PES kumaşların apresiz ve 40 g/lt su itici apreli durumdaki çözgü yönündeki pürüzlülük değerlerinin filament sayısına göre değişimi.....	140
Şekil 4.63. % 100 PES kumaşların apresiz ve 40 g/lt su itici apreli durumdaki atkı yönündeki pürüzlülük değerlerinin filament sayısına göre değişimi.....	141
Şekil 4.64. % 100 PES kumaşların apresiz ve 40 g/lt su itici apreli durumdaki toplam pürüzlülük değerlerinin filament sayısına göre değişimi.....	142
Şekil 4.65. % 100 PES, 150 denye ve 16 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi.....	143
Şekil 4.66. % 100 PES, 150 denye ve 22 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi.....	143
Şekil 4.67. % 100 PES, 150 denye ve 25 atkı sıklığındaki saten kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi.....	144

Şekil 4.68. % 100 PES, 150 denye ve 35 atkı sıklığındaki saten kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi.....	144
Şekil 4.69. % 100 PES, 150 denye ve 16 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi.....	145
Şekil 4.70. % 100 PES, 150 denye ve 22 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi.....	145
Şekil 4.71. % 100 PES, 150 denye ve 25 atkı sıklığındaki saten kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi.....	146
Şekil 4.72. % 100 PES, 150 denye ve 35 atkı sıklığındaki saten kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi.....	146
Şekil 4.73. % 100 PES kumaşların apre konsantrasyonuna bağlı olarak ortalama başlangıç temas açıları.....	147
Şekil 4.74. % 100 PES bezayağı kumaşların atkı, çözgü yönündeki (Ra) ve toplam (Sa) pürüzlülük değerlerinin filament sayısına göre değişimi.....	148
Şekil 4.75. % 100 PES saten kumaşların atkı, çözgü yönündeki (Ra) ve toplam (Sa) pürüzlülük değerlerinin filament sayısına göre değişimi.....	149
Şekil 4.76. 150 denye % 100 PES bezayağı kumaşların filament sayısına ve atkı sıklığına bağlı olarak çözgü yönünde kinetik sürtünme katsayısının değişimi.....	149
Şekil 4.77. 150 denye % 100 PES saten kumaşların filament sayısına ve atkı sıklığına bağlı olarak çözgü yönünde kinetik sürtünme katsayısının değişimi.....	150
Şekil 4.78. 150 denye % 100 PES bezayağı kumaşların filament sayısına ve atkı sıklığına bağlı olarak atkı yönünde kinetik sürtünme katsayısının değişimi.....	150
Şekil 4.79. 150 denye % 100 PES saten kumaşların filament sayısına ve atkı sıklığına bağlı olarak atkı yönünde kinetik sürtünme katsayısının değişimi.....	151
Şekil 4.80. % 100 PES Bezayağı kumaşların, apre konsantrasyonu ve filament sayısına bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi.....	152
Şekil 4.81. % 100 PES Saten kumaşların, apre konsantrasyonu ve filament sayısına bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi.....	153
Şekil 5.1. Dokuma kumaş pürüzlülüğüne etki eden temel faktörler.....	160

1. GİRİŞ

Kumaşlar, bilindiği üzere en çok kullanılan tekstil yapıları olup, liflerin farklı biçimlerde bir arada konumlanması ile elde edilmektedir. Lif ya da ipliklerin sistematik bir ağ yapısı çerçevesinde ortaya koydukları bir kohezyon sayesinde yeterli mekanik dayanım gösteren kumaşlar, kalınlıklarına göre çok daha yüksek yüzey alanına sahiptirler. Bu özellikler kumaşların en önemli karakteristiklerinden olan yumuşak ve esnek bir yapıya sahip olmasının temelini oluştururlar. Genel anlamda kumaşların fiziksel ve kimyasal özellikleri; kullanılan lif türü, lif ve iplik kalınlık ve yoğunlukları ile lif ya da ipliklerin bağlantı düzeni ve ham kumaş üzerinde uygulanan çeşitli ek işlemler tarafından belirlenir.

Geleneksel ve teknik tekstil uygulamalarında; mekanik ve görsel unsurlar kadar, kırışma yeteneği, boncuklanma dayanımı ve yüzey tüylülüğü, pürüzlülük ve diğer benzer karakteristikler bazında kumaş kalitesi ve görünümünü değerlendirmek de önem kazanmıştır. Genel olarak kumaş görünümü, lif özellikleri, yüzey görüntüsü, kumaş dokusu ve renk unsurlarının fonksiyonları olarak ele alınır. Calvimontes ve ark., Dutschk ve ark., Hasan ve ark. tarafından son yıllarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki, iplik ya da liflerin inceliği, çözgü ve atkı sıklıkları ile birlikte örgü türü de kumaş dokusu, yüzey topografyası ve morfolojisini kontrol eden önemli yapısal parametreler arasındadır.

Yüzey pürüzlülüğü, elyaftan bitim işlemlerine kadar pek çok parametreden etkilenmekte ve kumaşa ait pek çok karakteristiği de etkilemektedir. Yüzey profilinin ölçümü için pek çok ölçüm yöntemi ve cihazı geliştirilmiş olmakla beraber, yüzey pürüzlülüğüne ait tanımlar ve parametreleri ifade eden ISO-4287 dışında kumaşların yüzey pürüzlülüğü ölçümüne ait herhangi uluslararası standart bulunmamaktadır. Aynı durum sürtünme katsayısı ölçümü için de geçerlidir. Nihai sonuç elde etmeye yönelik olarak kullanılmakta olan aşınma dayanımı dışında, pratikte tekstil yüzeylerinin sürtünme katsayısının ölçümüne yönelik uluslararası bir standart veya test metodu bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, farklı fiziksel yapılarıdaki kumaşların bazı önemli yapısal parametreleri ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve temas açısı değerlerinin ilişkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Üç boyutlu görüntü analizi ile topografik görüntüsünün elde edilerek; pürüzlülük değerlerinin, örgü cinsi, elyaf cinsi, atkı sıklığı, iplik çapı gibi yapısal parametreler ve kumaş sürtünme katsayıları ile ilişkilerinin ortaya konması hedeflenmiştir.

Her deney grubunda farklı atkı sıklığı ve farklı kumaş yapıları kullanılarak, söz konusu parametrelerin etkileri ölçülmeye çalışılmıştır. Öncelikle 3 boyutlu topografik analiz yöntemi kullanılarak kumaşların pürüzlülük değerleri tespit edilmiştir. Daha sonra aynı kumaşların sürtünme katsayıları ölçülerek elde edilen verilerin pürüzlülük değerleri ile ilişkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. En son olarak da kumaşların su iticilik apresi öncesi ve sonrasında temas açısı ölçümleri yapılarak, söz konusu parametrelerle ilişkisi olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Nihai olarak, yapılan tüm bu ölçümler ışığında, kumaşlarda temel parametrelere bağlı pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ıslanabilirlik özelliklerinin analizi ve ilişkilendirmesi yapılmaya çalışılmıştır.

Kumaş yapısına en yakın yüzeylede kullanılan teknoloji ve ölçüm yöntemlerinin kumaşlar üzerinde uygulanabilirliğinin tespit edilerek pürüzlülük ve sürtünme katsayıları ölçülebilir. Elde edilen değerlerin, bazı temel kumaş yapısal parametreleri ve kumaş performans değerleriyle karşılaştırılması ve ilişkilendirilmesi sağlanarak, istenen kumaş performansına yönelik optimum kumaş yapısal parametreleri ve bitim işlemleri belirlenebilir.

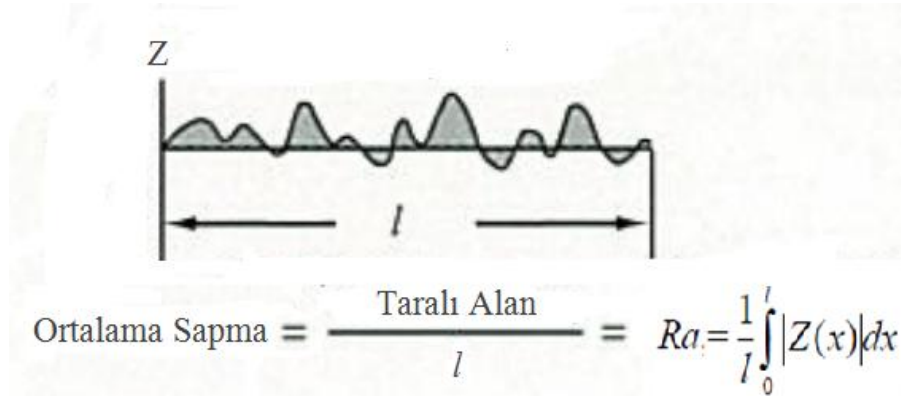
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Pürüzlülük Tanımı ve Ölçümü

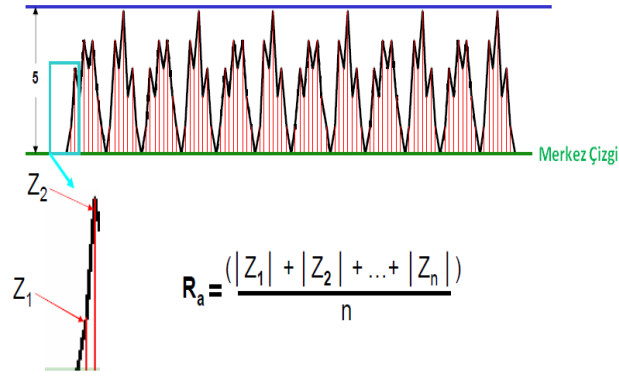
Pürüzlülük, göreceli olarak küçük uzunluklarla, yüzeydeki toplam düzgünsüzlükleri (geometrik sapmaları) küçük mesafelerle ifade eden yüzey mikro geometrisidir.

Tekstilde dokuma yüzeyler için bu tanımları yapmak istersek: Yüzey profilinin tek bir yönde (atkı veya çözgü) ortalama sapması olarak ifade edebiliriz.

Dave MacKenzie (2008)'nin seminerinde belirttiğine göre, pürüzlülüğün sembolü ya da kısaltması, İngilizce karşılığı 'roughness' kelimesinin ilk harfi olan 'R' ile ifade edilmekle beraber, ISO 4287 Yüzey Yapısı : Profil Yöntemi- Terimler, Tanımlar ve Yüzey Yapısal Parametreleri'nde tüm parametreler bulunmakta olup pürüzlülükle ilgili birden çok sayısal ifade bulunmamaktadır. Bunlardan ilki ve en çok kullanılanı olan 'Ra'; yüzeydeki ölçülen tüm profil değerlerinin toplamının aritmetik ortalaması veya 'z' koordinatlarının mutlak değerlerinin aritmetik ortalaması olarak ifade edilmekte olup formülleri Şekil 2.1, 2.2, 2.3 ve 2.4'te belirtilmiştir:



Şekil 2.1. Taralı alan formülüne göre "Ra" değerinin hesaplanması (Dave MacKenzie 2008)

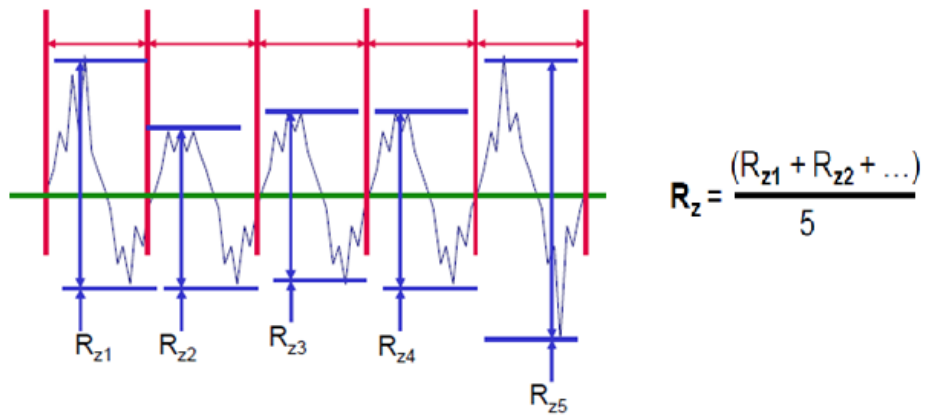


Şekil 2.2. Mutlak değerlerin ortalaması formülüne göre “Ra” değerinin hesaplanması (Dave MacKenzie 2008)

Pürüzlülükle ilgili diğer bir sayısal ifade ise; ‘Rq’dir. Rq; yüzey pürüzlülüğünün standart sapmasıdır ve değeri, aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır:

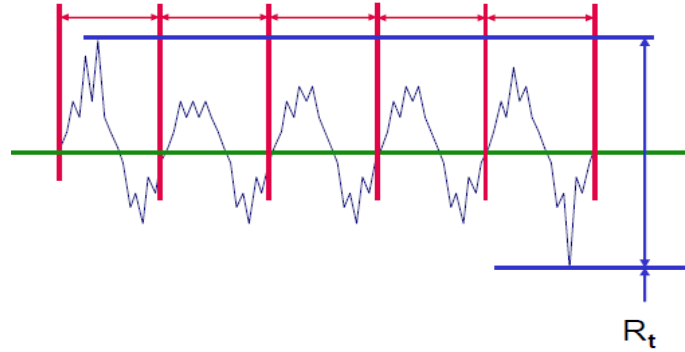
$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx} \quad Rq = \sqrt{\frac{Z_1^2 + Z_2^2 + \dots + Z_n^2}{n}}$$

Pürüzlülükle ilgili diğer bir sayısal ifade ise; “Rz”dir. “Rz”; her ölçüm numunesine ait profilin maksimum ve minimum noktaları arasındaki farkların ortalamasıdır.



Şekil 2.3. “Rz” değerinin hesaplanması (Dave MacKenzie 2008)

Başka bir sayısal ifade olan “ R_t ” ise, yüzey profiline ait maksimum (en yüksek) ve minimum (en derin) noktalar arasındaki fark olarak ifade edilmektedir.



Şekil 2.4. “ R_t ” değerinin ifadesi (Dave MacKenzie 2008)

2.2 Pürüzlülük Ölçümünün Tarihsel Gelişimi

Kumaş pürüzlülüğü denince ilk akla gelen kumaş tutumu olmaktadır. Kumaş pürüzlülüğünün ölçümü sürecindeki ilk çalışmalar da kumaş tutumu ve buna etki eden fiziksel parametrelerin ölçümü ile başlamıştır.

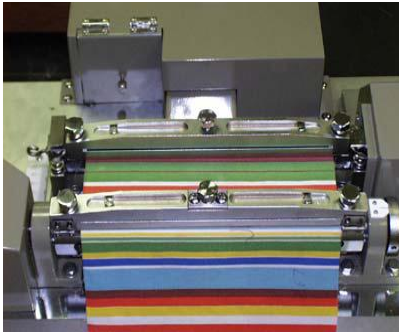
Özçelik ve ark. (2012)’nin bildirdiğine göre Kocik (2005)’in çalışmasında belirtildiği üzere genellikle kumaş tutumu öncelikle birkaç dakikada subjektif olarak değerlendirilir. Bu yöntem hızlı ve pratiktir. Kumaş tutumunun subjektif doğası, kalite değerlendirmesinde çeşitli varyasyonlara yol açabilmektedir. Bu nedenle 1930’ların araştırmaları, kumaş tutumu için kesin olan özelliklerin objektif ölçümüne girişti. Objektif ölçüm sistemlerindeki ortak amaç, tutum değerlendirmesindeki insan faktörünü elimine etmek ve laboratuarda ölçülebilecek nicel faktörler geliştirmektir. Pierce, eğilme rijiditesi ve sıkıştırılabilirlik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yaptığı araştırmalarıyla bu araştırmaların öncüsüdür.

1960’larda, İsveç Tekstil Enstitüsünden (TEFO) araştırmacılar, bu konuda yoğun araştırmalar gerçekleştirdi. Bu araştırmalar, eğilme, bükülme, kesilme sıkıştırılmaya maruz kalan tekstil ürünleri ile bu ürünlerin giysi üretimindeki hassasiyetler arasındaki ilişkilerin belirlenmesine yol açmıştır. Lindberg, giysi üretim proseslerinde kumaşların davranışlarını tahmin etmek için bükülme teorisini uygulayan ilk araştırmacıdır.

Kawabata ve Nime, İsveçli araştırmacılar ve Pierce'ı takip eden araştırmacılarıdır. Bu araştırmacılar, tutumun objektif tahminlemesini sağlayan ölçüm sisteminin konstrüksüyonu ve tasarımı ile ün yapmışlardır. Objektif değerlendirme, kumaş tutumu ile kumaşın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki objektif ilişkileri bulmaya çabalamaktadır. Bu değerlendirme, kumaşın ilgili bazı niteliklerinin ölçüm değerlerinin çevrimi ile kumaş tutumunu ifade eder.

Mäkinen (2005)'in çalışmasında belirtildiği üzere KES-F yani 'Kawabata Evaluation System For Fabrics', Prof. Kawabata'nın organize ettiği ve 1972'de kurulan Japonya'daki Tutum Değerlendirme ve Standardizasyon Komitesi tarafından 1980'de geliştirilmiştir. Bu yöntemde, düşük basınç altındaki kumaşın mekanik ve yüzey özellikleri (kumaş uzaması, kesilebilirlik, eğilme, sıkıştırılabilirlik, yüzey sürtünmesi ve pürüzlülüğü) ölçülmektedir. (Özçelik ve ark. 2012)

Bu kapsamda KES-F Sisteminde 4 adet ölçüm cihazı bulunmakta olup, bunlardan ilki olan KES-FB1 ölçüm cihazı ile kumaşın gerilme ve kesilme özellikleri kapsamında kumaşa ait gerilme esnekliği ve kesilme rijiditesi ölçülmektedir. KES-FB2 ölçüm cihazı ile kumaşın eğilme davranışı kapsamında eğilme rijiditesi ölçülmektedir. KES-FB3 ölçüm cihazı ile kumaşın sıkıştırılabilirlik davranışı kapsamında sıkıştırılma esnekliği ölçülmektedir. Aşağıda Şekil 2.5'te bu cihazların resimleri görülmektedir.



Şekil 2.5. (a) KES-FB1 Cihazı Şekil 2.5. (b) KES-FB2 Cihazı Şekil 2.5. (c) KES-FB3 Cihazı (Özçelik ve ark. 2012)

2.3 Kumaşlarda Pürüzlülük Ölçüm Yöntemleri ve Analizi

T.V.Vorburger (2010) çalışmasında, pürüzlülük ölçümlerinin alanının ikiye ayrılabilceğini belirtmiştir. Bunlar; profil çıkarma ve alan ortalaması şeklindeki ölçüm

yöntemleridir. Profillemeye teknikleri, her noktanın yüzey pürüzlülüklerini iğne uç veya odaklanmış optik ışın demeti gibi proba ölçer. Bu teknikler genellikle doğru ve sayısaldır. Ölçülen yüzey profilleri, ortalama pik yüksekliği veya pik aralığını karakterize eden, yüzeye ait pek çok istatistiksel parametrenin ortaya çıkarılmasını sağlar. 3-boyutlu haritalar, hususi profillerinkinden çok daha detaylı görüntüleme verir ve özellikle belli bölgelerdeki pik ve vadilerin ayırt edilebilmesi bakımından önemlidir. Aksine, alan teknikleriyle elde edilen birkaç ölçüm, yüzey pürüzlülüğünün birkaç istatistiksel ortalamasına dayanak sağlar. Alan teknikleri, optik saçılma, paralel levha kapasitansı, düşük enerjili elektron sapması gibi yöntemleri içerir. Çünkü birkaç ölçüm belki de tek bir ölçüme dayalıdır ve bu nedenle çok hızlı olabilir ve otomatik üretimde faydalıdır. Bununla beraber, sonuçlar yüzey pürüzlülük özelliğinin ortalamasını temsil ettiğinden, alan teknikleri, yüzeyin geometrik parametrelerini elde etmek için fiziksel modellere ihtiyaç duyar.

Pürüzlülük ölçüm yöntemleri temas etme durumuna göre temas eden ve etmeyen yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Temas eden yöntemlerden en bilineni ve kabul göreni KES-FB4 yüzey sürtünme ve pürüzlülüğü ölçüm cihazıdır. Temas etmeyen yöntemleri ise opto-elektronik yöntemler ve AFM (Atomik Force Microscopy) yöntemi olarak ele alabiliriz.

2.3.1 KES-FB4 cihazı ile ölçüm:

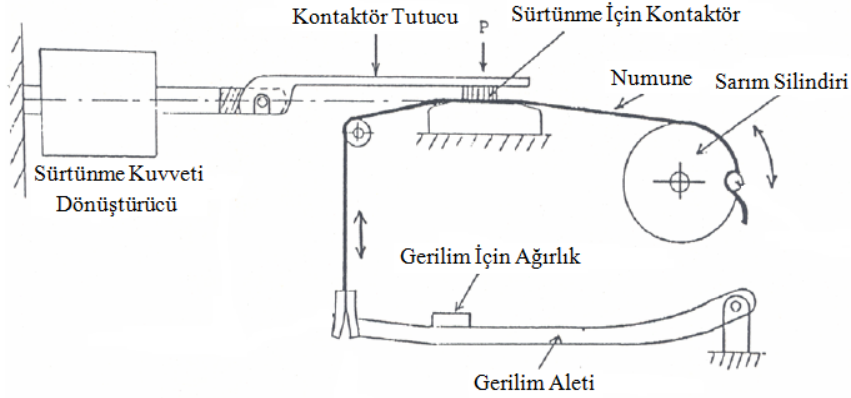
Şekil 2.6'daki KES-FB4 ölçüm cihazı ile, kumaşın yüzey özellikleri kapsamında sürtünme katsayısı ve yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir.



Şekil 2.6. KES-FB4 Cihazı (Özçelik ve ark. 2012)

Gider (2004) tarafından bildirildiği ve cihaz kullanıcı talimatında da belirtildiği üzere, Şekil 2.7 ve Şekil 2.8’de detaylı olarak gösterilen KES-FB4 ölçüm cihazı ile; sürtünme kuvvetinin ölçümü için, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, sabit hızla hareket ettirilen kumaşın üzerine insan parmağını simüle edecek şekilde tasarlanmış kontaktör yerleştirilmiştir. Sürtünme kuvvetinin, kumaşa uygulanan kuvvete oranlanmasıyla kumaş yüzeyi boyunca sürtünme katsayıları ve bu katsayıların ortalamadan sapması (MMD) hesaplanmaktadır.

$$\mu = \frac{F}{P} \quad \bar{\mu} = \frac{1}{L_{\max}} \int_0^{L_{\max}} \mu \, dL \quad MMD = \frac{1}{L_{\max}} \int_0^{L_{\max}} |\mu - \bar{\mu}| \, dL$$

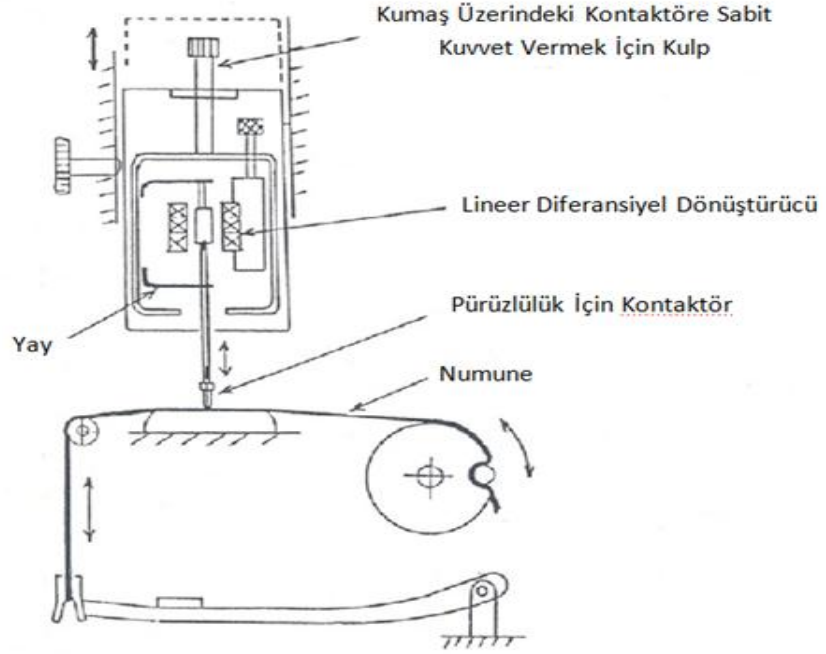


Şekil 2.7. KES-FB4 ile Kumaş Yüzeyi Sürtünme Katsayısının Ölçümü (Gider 2004)

Aynı cihazla; yüzey pürüzlülüğünün ölçümü için, çapı 0,5 mm olan ve 10 gf kuvvetle etki eden dikey U şeklindeki kontaktörün aşağı yukarı hareketi elektrik sinyallerine dönüştürülür. Numune, 0,1 cm/sn dikey pürüzsüz çelik tabaka üzerinde 20 g/cm gerilim ile hareket etmektedir. Kontaktörün yer değiştirmesi ile SHV değerleri (“surface height variation” yani yüzey yükseklik varyasyonları) atkı ve çözgü yönüne göre kaydedilmekte ve dönüştürücü ile SMD (Standart Mean Deviation - Ortalama Sapma) değerleri otomatik hesaplanmaktadır.

$$SMD = \frac{1}{L_{\max}} \int_0^{L_{\max}} |Z - \bar{Z}| \, dL$$

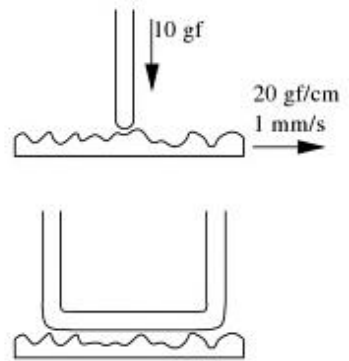
L_{\max} : Maksimum tarama (ölçüm) uzunluğunu ifade etmektedir. Ölçüm hassasiyeti 0,5 mikrondur.



Şekil 2.8. (a) KES-FB4 Cihazı Şematik Gösterimi (Gider 2004)



Şekil 2.8. (b) Kontaktör (Gider 2004) gösterimi



Şekil 2.8. (c) Kontaktörün hareketinin (Gider 2004)

2.3.2 Opto-elektronik cihaz ile ölçüm:

Xin (2009) tarafından yapılan doktora tezinde bildirildiği üzere, tekstil endüstrisindeki gelişmeyle beraber, insan gözü, hızlı, objektif ve otomatikleşme ihtiyacını karşılayamamıştır. Bu nedenle, görüntü analizi ve yapay akla dayalı makine vizyonu, 1980 ve öncesine ait subjektif yöntemlerin yerini alarak tekstil endüstrisindeki yükselen standartlara göre üzerinde en çok araştırma yapılan konulardan biri olmuştur.

Bu kapsamda pek çok çalışma yapılmış olup bu çalışmalar genel olarak opto-elektronik sistemler ile görüntü analizi üzerinedir. Opto-elektronik sistemler optik ve elektronik sistemlerin entegre olarak kullanıldığı sistemlerdir. Bu vizyonda; insanın göz-beyin sistemi otomatik ve dijital sistem tarafından taklit edilmektedir. İnsan gözünün davranışı, elektronik kamera tarafından simüle edilmekte ve beynin yerini de bilgisayar almaktadır. Bu amaçla, farklı görüntü analiz algoritmaları veya objektif değerlendirme sistemleri geliştirmek üzere pek çok başarılı deneme yapılmıştır. 1960'lardan beri hızla gelişmekte olan görüntü analiz teknolojisi, tekstil yüzey karakteristiklerinin değerlendirmesi, pamuk lifi olgunluk analizi, dokusuz yüzeylerin karakterizasyonu ve halı estetik görünümünün değerlendirmesini içeren tekstil üretiminde özellikle faydalıdır.

Gerçek zamanlı kontrol perspektifinden, bu çalışmalar 2 kategoriye ayrılabilir:

- Online Kontrol
- Offline Kontrol

Online Kontrol, kumaş hatalarının tanımlanması amacıyla yöneliktir. Offline Kontrol, tekstil materyalinin görüntü değerlendirmesine odaklıdır.

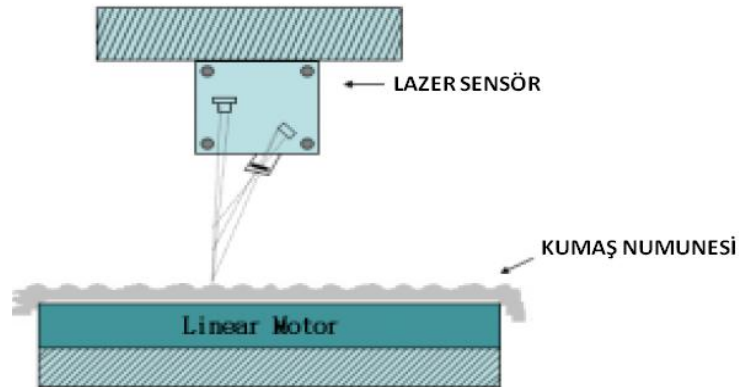
Bilgisayar teknolojisindeki son gelişmeler, CAM (Computer Aided Manufacturing), CAT (Computer Aided Testing) ve CAD (Computer Aided Design)'a yol açmıştır. Test uygulamalarındaki gelişmelere göre 3 grupta çalışma yapılabilir:

- 2 Boyutlu CCD Kamera veya panel tarama
- Lazer 3 Boyutlu Tarama
- Stereovision (3 Boyutlu Görsel Algılama)

Tekstil materyalleri, çelik ve odun gibi rijit maddeler olmadığından, temas eden ve tahrip edici test yöntemleri kalite değerlendirmesi için uygun değildir. Son yıllarda, dijital

görüntüleme teknolojisindeki hızlı gelişmelerle, “Discrete Fourier Transform, Fractal Analize ve Wavelet Transform” gibi bazı dijital yöntemler periyodik yapı, yüzey pürüzlülüğü ve hataların değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bununla beraber, CCD kamera veya tarayıcıdan 2 boyutlu yansıtıcı görüntülemeye dayalı olan bu yöntemlerin çoğu, renge ve desene karşı hassastır; koyu renklerin oluşturduğu piksellerle, gölgelerin oluşturduğu düşük yoğunluklu pikselleri ayırt edememekte ve bu nedenle kumaş karmaşık desenli ve/veya çok renkli olduğunda sistem iyi çalışmamaktadır.

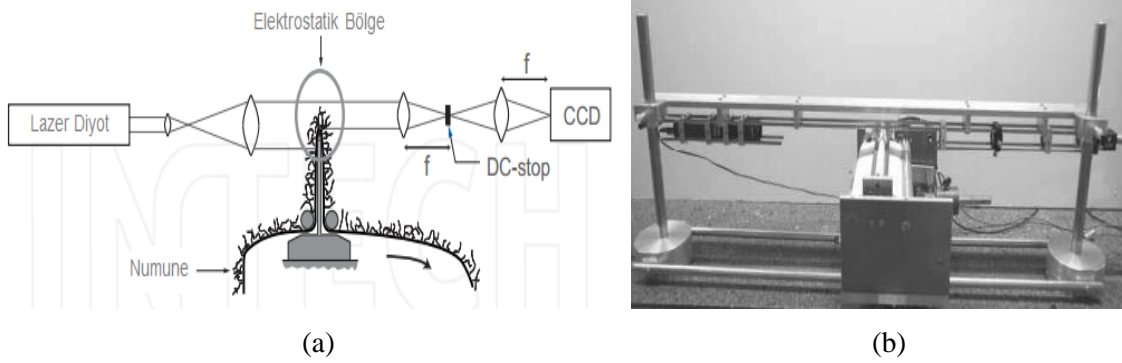
3 boyutlu yüzey pürüzlülüğü için Şekil 2.9’da gösterilen lazer üçgenleme tekniğine dayalı optik yüzey ölçümü ilk kez 1993’te Rangulam tarafından sunulmuştur. Rangulam ve ark. (1993) tarafından yapılan çalışmaya göre bu yöntemde 1 μm çözünürlüklü lazer sensör kullanılmakta ve %0,01 doğrulukla çalışan doğrusal motorla kontrol edilen sabit hızla çalıştırılmaktadır. Yapılan çalışmada renk ve parlaklığın etkileri incelenmiş ve değerler KES-F ile karşılaştırılmıştır. Lazer sensörü, lazer üçgenleme yöntemi ile kumaşa olan mesafeyi ölçer. Bu amaçla 0,3 mm çapında lazer ışını, lazer diotundan kumaşa gönderilir. Sensör, 1 μm çözünürlükle mesafeyi, yani kumaş yüksekliğini ölçer. Kumaşın dalgalanmasını önlemek için her iki ucuna 20 gf/cm’lik gerilim uygulanmaktadır. Sensör 2 cm uzunluk boyunca atkı ve çözümlü yönünde yüzey pürüzlülüğünü ölçer. Kumaş saniyede 1 mm sabit hızla hareket eder ve mikroişlemci saniyede 200 veri depolar. Farklı renk kumaşlarla yapılan ölçümlere göre, renk farklılığından kaynaklanan hataların genel olarak %5 düzeyini geçmediği, ancak parlak kumaşlarda bu oranın %15’lere çıktığı ve siyah içeren renklerde de %5-10 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir.



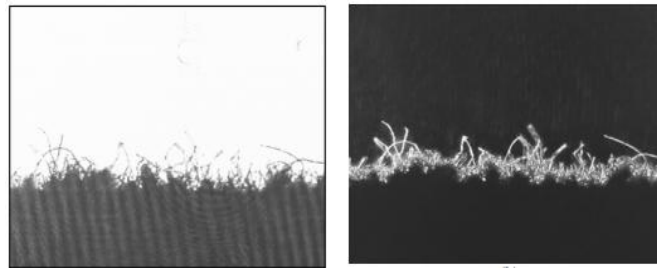
Şekil 2.9. Lazer Ölçüm Yöntemi Şematik Gösterimi (Rangulam ve ark. 1993)

Berberi ve Tabaku (2007) tarafından yapılan çalışmaya göre, özellikle yüksek pürüzlülük değerlerine sahip deneysel sonuçlar, lazer sinyallerine maruz kalma süresine kuvvetlice bağlıdır. Çok kısa veya uzun maruz kalma süreleri, hayali (sahte) tepe yükseklikleri oluşmasına neden olmaktadır. Bu yükseklikler, yüzey pürüzlülüğünün gerçektekinden farklı olarak daha yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Bu etkilerin, yüzeyin saçılma özelliği ve CCD sensörlerin fiziksel parametreleriyle ilgili olduğu düşünülmektedir.

Yine Xin (2009) tarafından yapılan doktora tezinde bildirildiği üzere Bueno (2000) tarafından çok yönlü pürüzlülük ve tüylülük ölçümü için Şekil 2.10'da gösterilen iki optik ekipman geliştirdi. Bu yöntemde lazer ışınlarının kumaşa gönderilmesiyle, kumaş ve lif yapısının Şekil 2.11'deki gibi görüntüsü elde edilmektedir. Elde edilen görüntü, lens vasıtasıyla kameraya iletilmektedir. Bununla beraber, bu optik yöntemler, koyu renk durumunda daha çok ışık absorpsiyonuna bağlı olarak kumaş rengine karşı hala hassas durumdadır.



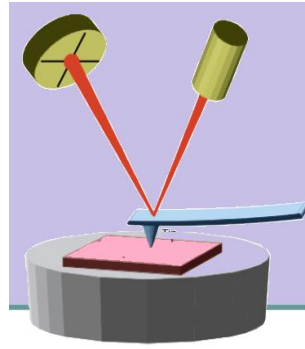
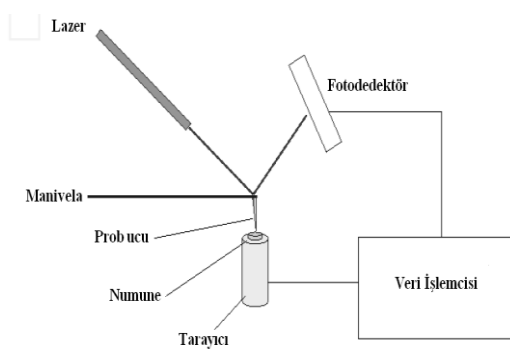
Şekil 2.10. (a) Bueno tarafından geliştirilen lazer görüntüleme yönteminin şematik gösterimi (b) Bueno tarafından geliştirilen cihazın görüntüsü gösterimi (Xin 2009)



Şekil 2.11. Bueno tarafından geliştirilen lazer görüntüleme yönteminde elde edilen yüzey görüntüleri (Xin 2009)

2.3.3 AFM (Atomic Force Measurement-Atomik Kuvvet Ölçümü) ile ölçüm

De Oliveira ve ark. (2012) tarafından bildirildiği üzere Wilson ve Bullen (2007)'in çalışmasına göre AFM (Atomic Force Measurement), Şekil 2.12'de gösterildiği gibi yarıçapı 10 nm'den küçük keskin bir prob ve çok küçük mesafedeki (0,2-10 nm) yüzeylerin arasındaki kuvvetleri ölçerek nano ölçüde 3 boyutlu yüzey profili sağlar. AFM'nin temel bileşenleri; prob, manivela, tarayıcı, lazer, veri işlemcisi ve fotodetektördür.



Şekil 2.12. (a) AFM Yönteminin şematik gösterimi
(De Oliveira ve ark. 2012)

Şekil 2.12. (b)
AFM Yönteminin Cihazı

Behary ve Perwuelz (2012) tarafından yapılan çalışmada bildirildiği üzere, 2012'de polietilen tereftalat esaslı kumaşların plazma ile işlemi sonucu oluşan yüzey modifikasyonları AFM yöntemiyle incelenmiştir. Ayrıca buharlama sonrası ve plazma işleminden sonra yüksek sıcaklıktaki yaş işlemler sonucu yüzey değişimleri de incelenmiştir. AFM yönteminin plazma işlemi ile oluşan yüzey değişimlerinin incelenmesinde başarılı olduğu görülmüştür.

2.4 Pürüzlülüğün Önemi ve Kumaş Özelliklerine Etkileri

Kumaşın yüzey özellikleri, gözenekliliği ve kumaş kütlesi (gramajı), kalınlığı, dökümlülüğü, hava geçirgenliği, eğilme davranışı gibi karakteristik özellikleri genel anlamda kumaş performansını etkilediğinden önemi açıkça ortaya çıkmaktadır.

Genel hatlarıyla pürüzlülüğün etkilediği önemli kumaş özellikleri:

- Giysi konforu (tutum)
- Boncuklanma (pilling) eğilimi
- Aşınma dayanımı

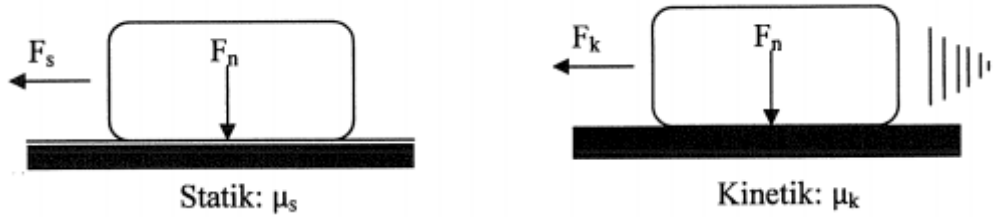
- Adhezyon
- Baskı kalitesi
- Dökümlülük
- Aerodinamik performans

Giysi konforunu etkileyen en önemli kumaş özelliklerinden olan kumaş tutumunu ele alırsak, Özçelik ve ark. (2012)'nin bildirdiğine göre Bishop (1996) tarafından yapılan bir çalışmada, kumaş tutumunu etkileyen parametrelerin ağırlıkları ifade edilmiştir.

- Kumaş akıcılığı %28,
- Yumuşaklık %22,
- Sertlik (rijitlik) %8,
- Pürüzlülük %7,
- Kalınlık %5,
- Ağırlık (gramaj) %5
- Diğer %25

Bu kapsamda pürüzsüzlük ya da kumaşın akıcılığının %28, pürüzlülüğün %7 oranında tutumu etkilediği belirtilmiştir. Sonuç olarak kumaş pürüzlülüğünün tutumu etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğu açıktır.

Sürtünme, birbiriyle temasta olan ve birbirine göre izafi hareket eden ya da etme eğiliminde olan iki cismin harekete karşı gösterdikleri direnç olarak tanımlanmaktadır. Cisimlerin yüzeyleri arasında oluşan ve hareketi engellemeye çalışan kuvvete de sürtünme kuvveti denmektedir. Sürtünme kuvveti, sürtünme katsayısına bağlı olarak değişmektedir. Bu katsayı, cisim ile zeminin özelliğine bağlıdır. Pürüzlü yüzeylerde sürtünme kuvveti daha yüksektir. Statik ve kinetik sürtünme kuvvetlerinin şematik gösterimi Şekil 2.13'tedir.



Şekil 2.13. Statik ve Kinetik Sürtünme Kuvveti ve Katsayıları

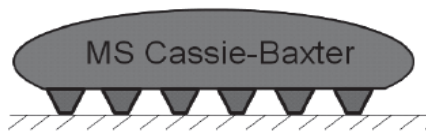
İki yüzey birbirine temas ettiğinde, gerçek temas pürüzlülüklerin temas ettiği noktalarda oluşur ve bu durumda yüzeye etki eden yük, sadece pürüzlülüklerin olduğu noktalardan desteklenir ve yüzey alanının daha küçük bir kısmı yükü taşır.

Boncuklanma; giysi yüzeyine bir veya daha fazla tutunan küçük, karmaşık hale gelmiş lif kümeleriyle karakterize edilen ve giysiye hoş olmayan görünüm veren bir kumaş yüzey hatası olup, daha sık olarak gevşek yapıları nedeniyle örme kumaşlarda görülmesine rağmen dokuma kumaşlar için de söz konusudur.

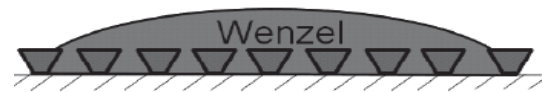
İplik yüzeyindeki düzgünlük ve pürüzlülük artışıyla beraber sürtünme kuvvetinin artmasına bağlı olarak liflerin iplikten ayrılarak boncuklanma eğilimi de artacaktır.

Aşınma dayanımı; genel anlamda bir malzemenin sürtünmeye karşı olan dayanıklılığı olarak ifade edilmektedir. Yine pürüzlülüğe bağlı sürtünme kuvvetindeki artış ile birlikte, kumaşın aşınma dayanımında düşüş meydana gelmektedir.

Farklı iki madde arasında var olan ve bu iki maddenin birbirine yapışmasını sağlayan çekim kuvvetine “Adezyon” yani “Yapışma” denir. Sıvı ile katının teması ile ilgili Şekil 2.14’te de gösterilen iki modele bakıldığında; Lee ve Owens (2011) tarafından bildirildiği üzere Cassie-Baxter modeline göre; pürüzlerin arasındaki hava boşluklarının serbest enerjisi sıvının yüzeye temas ettiğinden daha düşük olduğunda sıvı yüzeyin en tepe noktasında durur. Bu durumda, temas sadece tepe noktalarında olacağından, tepeler arasındaki boşluklarla temas azalacaktır. Toplam temas yüzeyi azalacağından, aynı kimyasal yapıdaki kumaşlarda pürüzlülük artışıyla beraber sıvının yüzeye temas açısı artmakta ve adezyon azalmaktadır. Wenzel rejimine göre ise; temas edilen yüzey alanında artış meydana geleceğinden aynı kimyasal yapıdaki kumaşlarda temas açısı azalmakta ve adezyon artmaktadır.



Şekil 2.14. (a) Cassie Bexter Sıvı-Katı Temas Modeli (Lee ve Owens 2011)



Şekil 2.14. (b) Wenzel Sıvı-Katı Temas Modeli (Lee ve Owens 2011)

Bae JH (2007) doktora tezinde, baskı dağılımında ve baskı kalınlığındaki varyasyonlardan dolayı baskı yoğunluğu ve rengin, yüzey pürüzlülüğünden etkilenmekte olduğunu bildirmiştir.

Akgün ve ark. (2012) Dokuma kumaşların yüzeyi genellikle pürüzlü yüzeyin türü ile ilgilidir ve yansıma genellikle pürüzlü yüzeylerde meydana gelen mat yüzey yansıması, yani düzgün ve dağınık yansımanın gerçekleştiği Lambertian yansıma olarak varsayılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü arttıkça, yansıma açısı artarak, reflektans azalacaktır.

Dökümlülüğü, kumaşın herhangi bir yüzey üzerinde kıvrılma, sarkma ve hareket kabiliyeti olarak tanımlayabiliriz. Tandon ve Matsudaira (2010) tarafından yapılan çalışmaya göre, kumaş yüzeyindeki pürüzlülük artışının neden olduğu sürtünme kuvvetindeki artış, kumaşın hareket kabiliyetini kısıtlayacak ve dökümlülüğünü azaltacaktır.

Aerodinamik performans, hava akımı ile yoğun etkileşim halinde olan ürünler için söz konusu olup, özellikle spor giysilerinde, sürüklenme kuvveti aerodinamik performansı belirleyen faktördür. Bardal LM (2010) yaptığı çalışmada, hava ile cismin temasına bağlı olarak oluşan ve hızı etkileyen sürüklenme kuvvetinin düşürülmesi için sürüklenme katsayısının düşürülmesini amaçlamış olup, kumaşa ait kover faktör, pürüzlülük ve sürüklenme katsayısı arasında ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

2.5 Dokuma Kumaşta Pürüzlülüğe Etki Eden Faktörler

2.5.1. Lif karakterinin etkileri

Romdhani Z. ve arkadaşları (2013) çalışmasında, tekstil yüzeylerinin pürüzlülüğü, spesifik kullanıma yönelik kumaş seçiminde tüketiciyi etkileyen önemli bir parametredir. Bu çalışmada, tekstil yüzey ölçüm cihazı ile (TST), ISO 4287’de belirtilen pürüzlülük parametrelerinden olan yüzey yükseklik varyasyonunun karakterizasyonu için kullanılmıştır. Kumaş yapısının ve kumaşın gördüğü kimyasal işlemlerin pürüzlülük parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. İlk olarak lifin yapısı, farklı pürüzlülük parametrelerinin varyasyonu üzerinde önemli etki göstermektedir. Pamuklu yüzeylerde pürüzlülük değerleri, PES yüzeylere göre daha yüksektir. Pamuklu yüzeylerde pürüzlülük, iki kategoriye ayrılan boşluklarla açıklanabilir: iplikler arası boşluklar ve lifler arası boşluklar. Pamuktakinin

aksine, filament yapıdaki polyester ipliklerin yüzeyi daha düzenlidir, lifler arası boşluklar daha seyrek ve bu da PES dokunun yüzeyindeki boşluk sayısını önemli ölçüde etkiler.

Özçelik ve ark. (2012)'nin bildirdiğine göre Behery (2005) tarafından yapılan çalışmada lifin kesit şeklinin pürüzlülüğü etkilemekte olduğu belirtilmiştir. Lif kesitine bağlı olarak liflerin iplikteki yerleşimi ve iplik yüzey profili değişecektir.

Lif yüzeyinin pürüzlü olması, iplik yüzeyinin de pürüzlü olması anlamına gelecektir. Özçelik ve ark. (2012)'nin bildirdiğine göre Behera (1998) tarafından yapılan çalışmaya göre, lifler inceldikçe daha pürüzsüz bir iplik yüzeyi elde edilebilmekte ve dökümlülük artmaktadır. Daha uzun lifler ve lif uzunluğu dağılımında daha düşük varyasyon, daha pürüzsüz iplik ve kumaş yüzeylerine sebep olmaktadır.

2.5.2 İplik karakterinin etkileri

Mine Akgün (2014) çalışmasında; iplik cinsi, numarası, büküm seviyesi, iplik kat sayısı, düzgünsüzlük ve kıvrım gibi bazı iplik özellikleri ile, örtme, kalınlık ve denge gibi bazı kumaş yapısal özelliklerinin pamuklu dokuma kumaşların yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini araştırmıştır. Söz konusu çalışma kapsamında, tekstil yüzeylerinin pürüzlülüğünün ifadesinde sıklıkla “Ortalama Mutlak Sapma (MAD)” kullanılmaktadır. Teknik yüzeylerin pürüzlülüğünün ifadesinde kullanılan pürüzlülük parametreleri ISO 4287:1997 standardında belirtilmiştir.

Elde edilen sonuçların genel bir özeti olarak; kumaşların yüzey pürüzlülüğü, iplik ve kumaş özelliklerinden etkilenmekte ve bu etkiler kumaş dengesi, kumaşın örtmesi, kumaş kalınlığı ve ipliğin kıvrım değerleriyle ilişkilidir. İplik inceliği ile iplik büküm seviyesi arttıkça ve iplik kat sayısı düştükçe, kumaşların yüzey pürüzlülük değerleri de düşmektedir. Ayrıca, open-end iplik kullanılan kumaşlardan penye iplik kullanılan kumaşlara geçildikçe, yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır. Tüm bu değerler, kumaş yapısındaki iplik kesitinin yassılaştırmadan kaynaklanmış olabilir. Yassılaştırmış iplikler, kumaş kalınlığının azalmasına ve yüzeydeki yüksek ve düşük pikler arasındaki farkın azalmasına yol açmış olabilir.

Sonuçlar göstermektedir ki, farklı özellikteki iplikler, yüzeyde farklılıklar oluşturmaktadır. Belli uygulamalarda ihtiyaç duyulan pürüzlü ve pürüzsüz yüzeylerin tasarımı

için iplik özellikleri değerlendirilirken, iplik kıvrımları ve kumaş dengesine etkisi mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

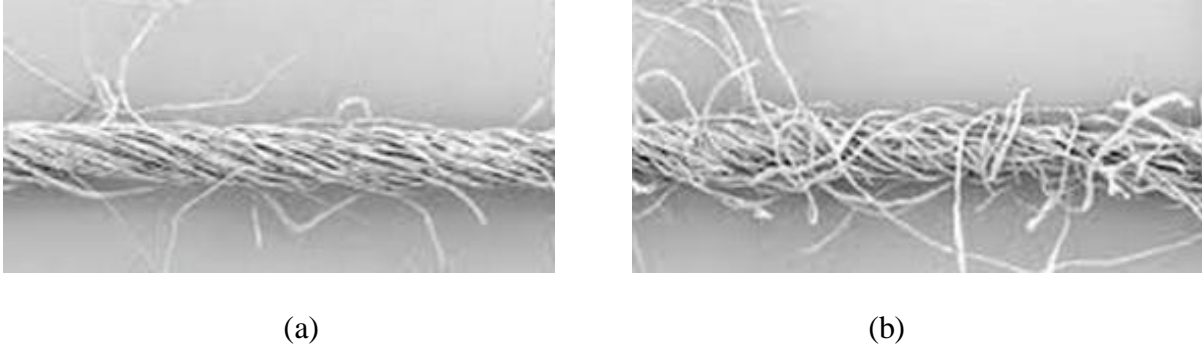
Mine Akgün (2015), yapmış olduğu başka bir çalışmada; farklı kumaş konstrüksiyonlarında PES ipliğinden dokunmuş kumaşların atkı ipliği filament inceliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmıştır. Deney grubu, çözgü iplik cinsi ve numarası ile çözgü sıklıkları aynı; atkı ipliği filament inceliği/sayısı ve atkı sıklıkları farklı kumaşlardan oluşmaktadır.

Deneysel sonuçlar gösterdi ki; iplik filament inceliği, kumaş gözenekliliğini ve kumaş yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir. İplikteki filament inceliğindeki artış, kumaşın yüzey pürüzlülüğünü düşüren bir etki göstermektedir. Filament inceliğindeki artış, kumaş yoğunluğunu arttırmakta ve kumaş yüzeyindeki boşlukları azaltmaktadır. Daha ince filamentli kumaşlar, kumaştaki ipliklerin ve iplikteki filamentlerin arasındaki düşük boşluk değerlerinden dolayı daha sıkı bir yapıya sahip olabilmektedir. Kumaş yapısındaki ipliklerin yaklaşması, kumaş yüzeyindeki yüksek ve alçak pikler arasındaki mesafeyi azaltmakta, ve bunun sonucu olarak kumaş yüzey pürüzlülüğü de azalmaktadır.

Sonuç olarak, bu çeşit kumaşlar, iyi giysi konforu özelliği sağlayabilir. İplik ve kumaş yapısal parametrelerinin yüzey pürüzlülüğünü nasıl etkilediğini bilmek ve nihai amaçlar için gereken yüzey özelliklerine (pürüzlü veya pürüzsüz gibi) karar vermek önemli olabilir.

Özçelik ve ark. (2012)'nin bildirdiğine göre lif, iplik ve kumaş karakteri kumaş yüzeyindeki pürüzlülüğü etkilemektedir. Bu kapsamda;

Özçelik ve ark. (2012)'nin bildirdiğine göre Behery (2005) tarafından yapılan çalışmaya göre, yüksek bükümlü iplikler daha az yüzey sürtünmesi gösterir yani daha pürüzsüzdür. Yüksek büküm daha büyük lif-lif sürtünmesine yol açar, yumuşaklığı düşürür ve iplikte tüylülüğü de azaltır. Filament iplik ve yapılan ilave prosesler (tekstüre gibi), hacimlilik ve esneklik artışı ile tutumu değiştirir ve bununla beraber yüzey pürüzlülüğünü de değiştirir. Fantezi iplikte besleme hızı arttıkça pürüzlülük de artmaktadır. Şekil 2.15'te görüldüğü üzere, ring iplikte statik sürtünme katsayısı rotora göre daha düşük, yüzey daha pürüzsüzdür. Sirospun iplikten üretilen düz örgü kumaşlarda yüzey pürüzlülüğü daha düşüktür.



Şekil 2.15. İplik eğirme yöntemlerine göre iplik görüntüsü (a) Ring (b) Open-end (Özçelik ve ark. 2012)

2.5.3 Kumaş karakterinin ve bitim işlemlerinin etkileri

Yine Mine Akgün (2012) yapmış olduğu başka bir çalışmada; çeşitli tipteki PES kumaşların pürüzlülük, kumaş dengesi ve reflektansı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çözücü cinsi ve numarası, çözgü sıklığı ve bükümü sabit tutulmuş; böylece atkı sıklığı, atkı ipliğindeki filament sayısı, lif inceliği ve dokuma yapısındaki varyasyonlar üzerinde çalışılmıştır. Ölçümler, ön işlem görmüş boyanmamış kumaş numuneleri üzerinde yapılmıştır.

Dokuma türü incelendiğinde, düz (bezayağı) kumaştan satene doğru değişim söz konusu olduğunda, reflektans ve kumaş pürüzlülüğü artmakta, kumaş dengesi ise azalmaktadır. Atkı sıklığındaki artış, reflektansı ve kumaş dengesini arttırmakta, ancak yüzey pürüzlülüğünü düşürmektedir. Daha ince filamentli kumaş numuneleri, daha yüksek reflektansa sahiptir. Aralarındaki ilişki göstermiştir ki, kumaş yüzeyinin reflektansı dokuma türüne, atkı sıklığına ve lif inceliğine bağlıdır. Saten kumaşlardaki daha uzun iplik dolanması, kumaş yüzeyinden ışık reflektansını arttırmış; ama bununla beraber kumaş pürüzlülüğünü de arttırmış ve daha gevşek kumaş yapısı nedeniyle kumaş dengesini azaltmıştır. Pürüzsüz yüzeyli kumaş üretimi için; iplik sıklığı arttırılmalı, daha ince filamentli iplikler kullanılmalı, iplik dolanma mesafesi düşürülmeli ve kumaş dengesi geliştirilmelidir.

Sonuç olarak, hava geçirgenliği, su ve yağ geçirmezlik, su ve kir iticilik gibi fonksiyonel özellikteki kumaşlar tasarlanırken, kumaşın yüzey pürüzlülüğü ile yapısal parametreleri arasındaki ilişkiler dikkate alınmalıdır.

Romdhani Z. ve arkadaşlarının (2013) çalışmasına göre atkı ipliği sıklığı arttıkça, hem pamuklu hem PES kumaşlarda pürüzlülük azalmaktadır. Düşük atkı sıklığında, boşluklar daha fazla olduğundan bu da pürüzlülüğü etkilemektedir.

Shanmugasundaram (2008) tarafından yapılan çalışmaya göre, kumaş konstrüksiyonu, kumaşın pürüzlülüğünü ve dolayısıyla kumaş tutumunu etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Kumaş konstrüksiyonuna göre kumaş geometrisi şekillenmekte ve bu durum da pürüzlülüğü etkilemektedir. Aynı şekilde atkı ve çözgü ipliklerinin sıklığı, bu ipliklerin yerleşimini ve kumaş geometrisini etkileyeceğinden pürüzlülüğü etkileyecektir. Kumaşlara yapılan enzimatik işlem, gaze, kalandır, şardonlama, fırçalama ve zımparalama gibi işlemler de kumaş yüzeyinde değişimlere yol açtığından yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir.

2.6 Üç Boyutlu Görüntüleme ile İlgili Yapılan Çalışmalar

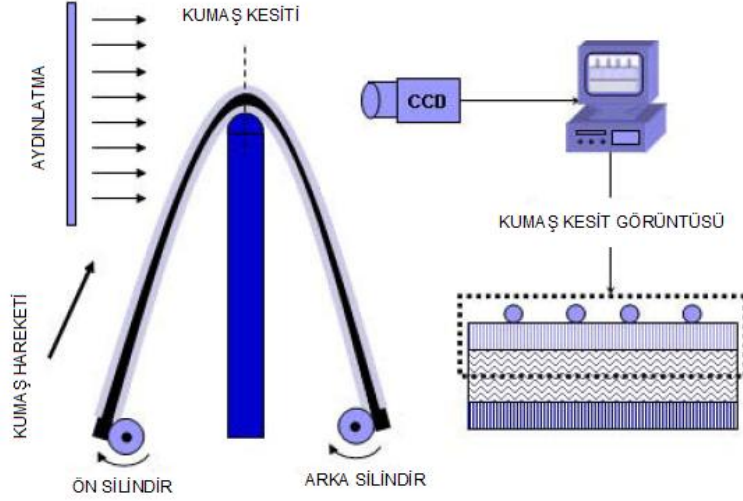
2.6.1 İzdüşüm görüntüleme yöntemi

a. Yöntem hakkında genel bilgiler

Xin (2009) tarafından yapılan doktora tezinde bildirildiği üzere kumaş yüzeyinin 3 boyutlu görüntülenmesi için Şekil 2.16'daki yeni bir yöntem sunuldu. Bu yöntem, kademeli olarak tarama ve izdüşüm görüntüleme analizine dayalıdır. Bu yöntem, tekstil yüzeylerinin pürüzlülük ve görünüm karakteristiğinin düşük renk hassasiyetiyle değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bu yöntemin avantajları, basit, hızlı, ucuz ve objektif olmasıdır. Şekilde görüldüğü üzere, sistemin 5 bileşeni vardır :

1. Işıklandırma kaynağı,
2. Numune bölgesi,
3. Besleme mekanizması,
4. Zoom lensli CCD kamera,
5. Hareket kontrolü ve görüntü elde etmek için yazılım.

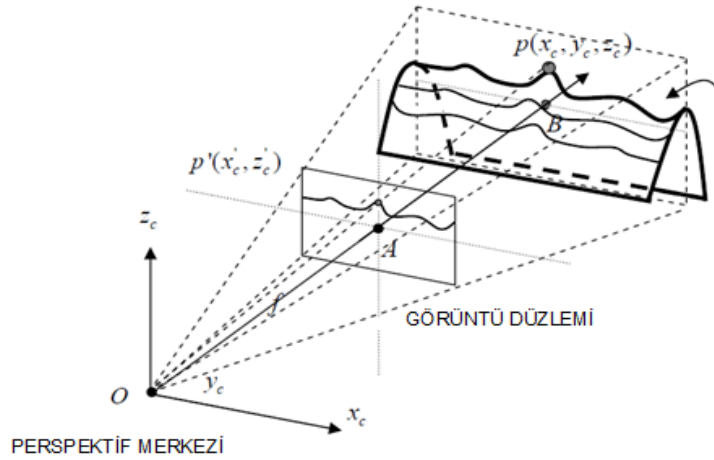
Işıklandırma kaynağı düzgün ve paralel ışıklandırma sağlar; numune bölgesi numuneyi tutmak ve sabitlemek için kullanılır. Besleme mekanizması, numuneyi 2 silindir vasıtasıyla belli hızda ilerletmek içindir. Zoom lensli CCD kamera, yüzeyin izdüşüm görüntüsünü dijitalize etmede kullanılır. Hareket kontrolü, görüntü yakalama ve analizinde kullanılan yazılım, Microsoft Visual C++6.0 program tarafından geliştirilmiştir.



Şekil 2.16. Üç Boyutlu YüzeY Profili İçin Görüntüleme Sistemi (Xin 2009)

Görüntü düzlemi, Şekil 2.17'deki gibi kameranın odak noktası ile kumaş yüzeY parçası arasında yerleştirilmiştir. Farz edelim $p(x_c, y_c, z_c)$ yüzeY parçası üzerinde çıkıntı noktası, $p'(x'_c, z'_c)$ CCD kamera da kayıtlı izdüşüm görüntüsü; d , perspektif merkezi "O" ile B noktası (y_c eksen i ile p' ye ait merkez çizginin kesim noktası) arasındaki mesafedir. (P') nün görüntü koordinatı ile p' nin gerçek koordinatı arasındaki ilişki;

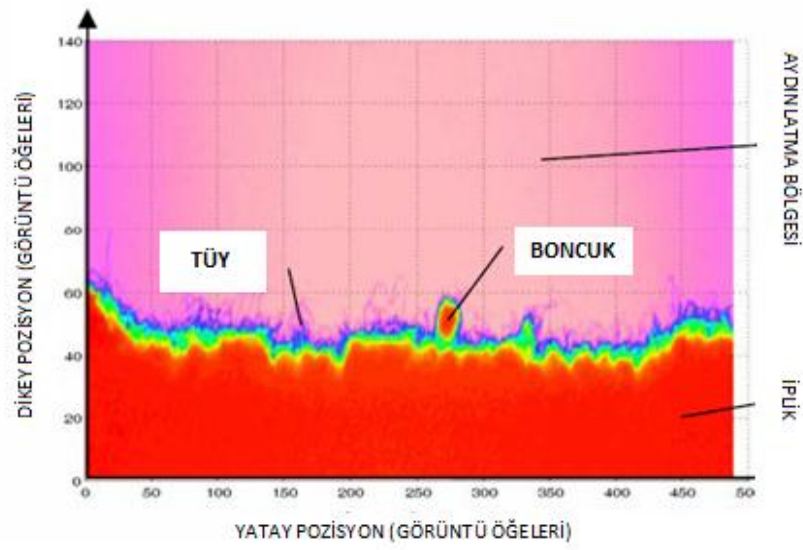
$$\begin{aligned} x'_c &= \frac{f}{d} \cdot x_c \\ z'_c &= \frac{f}{d} \cdot z_c \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} x'_c = s \cdot x_c \\ z'_c = s \cdot z_c \end{cases}$$



Şekil 2.17. İzdüşüm Görüntülemenin Perspektif Geometrisi (Xin 2009)

“s”, görüntüleme sisteminin ölçülendirme faktörüdür. Önceden ölçüleri belirlenen bir objenin piksel numaralarının ölçümüyle tespit edilebilir.

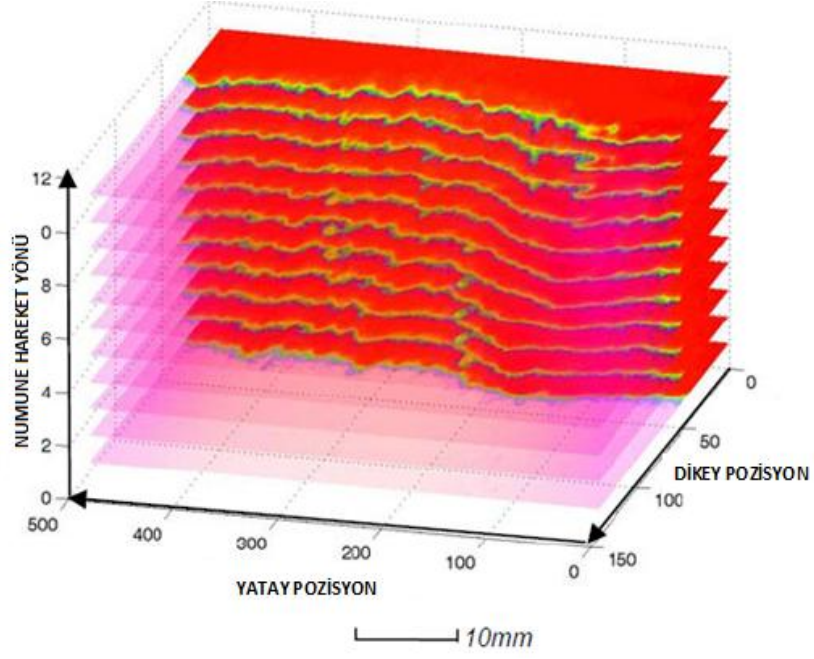
Kumaş yüzeyinin izdüşüm görüntüsü gri seviye yerine, kumaş yüzeyinin belirlenmesi için Şekil 2.18’deki gibi kontrast renk kullanılmıştır. İnce tüy, boncuk ve ipliğin genellikle farklı lif toplama yoğunluğu vardır. Bu yüzden lif topluluklarından geçen ışığın yoğunluğu da, lif topluluklarının transmisyon modeline göre farklı olmaktadır.



Şekil 2.18. Kumaş Yüzeyinin İzdüşüm Görüntüsü (Xin 2009)

b. Kumaş yüzeyinin üç boyutlu görüntülenmesi

İzdüşüm görüntü sıralaması, görüntü serilerinin birleştirilmesiyle elde edilebilmekte; kumaş yüzeyinin 3D dahili görüntüsü Şekil 2.19’deki gibi canlandırılabilir.



Şekil 2.19. Kumaş Yüzeyinin İzdüşüm Görüntü Sıralaması (Xin 2009)

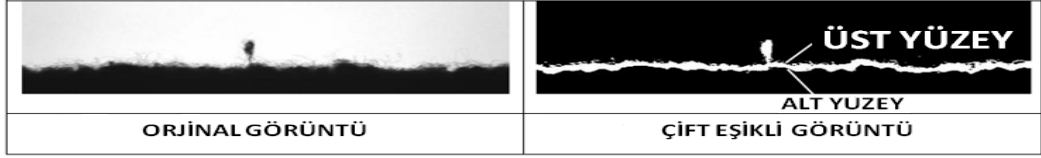
c. Kumaş yüzeyinin görüntü analizi

Tüy, iplik ve ışıklandırma bölgesinin aynı ışıklandırmada farklı yoğunluk dağılımı olduğundan, tüy veya ipliği, görüntü bölünmesiyle ışıklandırma bölgesinden ayırmak mümkün olmaktadır. Bununla beraber, hacimli kumaşlarda iplik ve ışıklandırma bölgesi ile birleşme yeri tüylüdür, bunları ayırmak için bir eşik yeterli değildir. Bu nedenle üst tabaka, tüylü yüzeyin profilini, alt tabaka yoğun yüzeyin profilini gösterecek şekilde çift eşikli yöntemle dayalı çift tabakalı yüzey haritası oluşturulabilir. Burada sunulan kumaş yüzey analizi için algoritmalar:

- İzdüşüm görüntüsünün görüntü bölünmesi,
- Çok tabakalı 3 boyutlu yüzey haritası üretimi,
- Harita ayrıntılarının çıkarılmasını içermektedir.

1) Görüntü Bölünmesi:

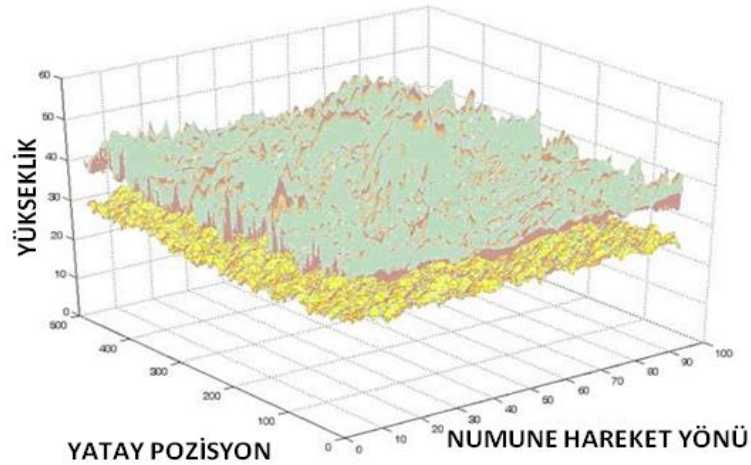
Kumaş yüzeyinin izdüşüm görüntüsünün histogramı 2 gaus dağılımı içerir; biri ışıklandırma bölümüne ait eşik değeri, diğeri ipliğe ait eşik değeri. Şekil 2.20’de görüldüğü üzere iki eşikli görüntüde 2 uç vardır; biri üst yüzey profili, ki bu ışıklandırma bölgesi ile tüylü tabakanın birleştiği yer; diğeri alt yüzey profili, bu da tüylü tabaka ile iplik tabakasının birleşme yeridir.



Şekil 2.20. Kumaş yüzeyinin orijinal ve iki eşikli görüntü kesiti (Xin 2009)

2) Üç Boyutlu Yüzey Haritasının Oluşturulması:

İzdüşüm görüntü sıralarının yukarı uç çizgisi, kumaşın üst yüzey 3 boyutlu haritasını oluşturmak üzere birleştirilebilir. Her bir satırın profili dikey radon transformu ile hesaplanır. Ayrıca alt kenar satırı da Şekil 2.21'deki gibi kumaşın alt yüzey 3 boyutlu haritası oluşturmak üzere birleştirilebilir.



Şekil 2.21. Üç Boyutlu Çok-Tabakalı Kumaş Yüzey Haritası (Xin 2009)

3) Harita Ayrıntılarının Çıkarılması:

Kumaş yüzeyinin ifade edilmesi için 4 parametre tanımlıdır:

- Yüzey alanı (S, mm^2),
- Ortalama kumaş kalınlığı (t, mm)
- Toplam Hacim (V, mm^3)
- Pürüzlülük ($R > 1$)

$f(i,j)$ kumaşın üst veya alt yüzeyinin bir elementi; m,n yüzey matrisinin genişlik ve yüksekliği; $S(i,j)$, bu elementin yüzey alanı iken;

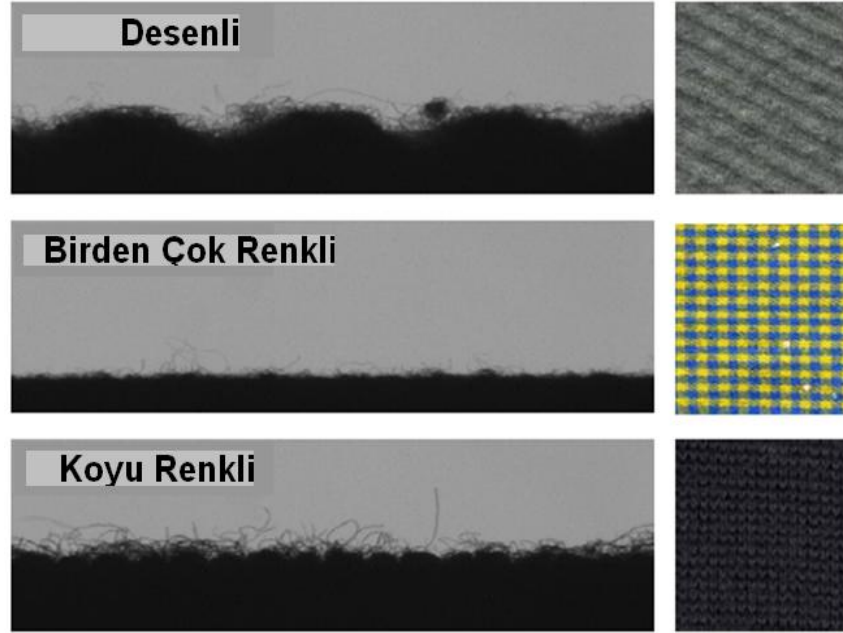
Pürüzlülük :

$$R = \frac{1}{mm \cdot t} \times \sqrt{\sum_{0 \leq i < m, 0 \leq j < n} (f(i, j) - \bar{t})^2}$$

(\bar{t} = ortalama yüzey yüksekliği)

ç. Yöntem hakkında genel değerlendirme ve KES-FB4 ile karşılaştırma

İzdüşüm Görüntüleme Yönteminde geleneksel 2 boyutlu yansıtıcı görüntü analizi yöntemindeki gibi renge karşı hassasiyet söz konusu değildir. Geleneksel 2 boyutlu yansıtıcı görüntü analizi yönteminde yüzey profil bilgileri ve renk her görüntü ögesinin yoğunluğuyla birleştiğinden, her görüntü ögesinin yoğunluğu, yüzey noktasındaki yüksekliği fiziksel olarak temsil edememektedir. İzdüşüm Görüntüleme Yönteminde ise Şekil 2.22’de görüldüğü gibi her izdüşüm görüntü oluşumu, karşılığı olan yüzey parçasının yükseklik profiliyle ilişkili olduğundan asla yüzey rengine hassasiyet göstermemektedir.



Şekil 2.22. Kumaş Yüzeylerinin İzdüşüm Görüntüleri (Xin 2009)

Farklı örnek ve operatörlerle birden çok yapılan deneyler neticesinde deney sonuçları arasındaki fark % 1,9 (<%10) çıkmıştır. Sonuç olarak sistem tekrarlanabilirliği yeterlidir.

Kumaş kalınlığı (T) ve Yüzey Pürüzlülüğü (SMD) açısından KES ile İzdüşüm Görüntü Yöntemi karşılaştırıldı. Tüm kumaşlar KES-FB4 yüzey ölçer ve KES-FB3 sıkıştırma test aleti ile test edildi. Yüzey pürüzlülüğü (SMD) ve sürtünme katsayısı (SIU) 2 kontakt sensörle ölçüldü.

İki farklı sisteme ait parametreler arasındaki ilişki araştırıldı. Korelasyon analizine göre; kalınlık ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri iki sistemde birbiriyle tutarlıdır. Bununla beraber, İzdüşüm Görüntü Analizi Yönteminde elde edilen yüzey pürüzlülük değeri, KES'in değerinden daha yüksektir.

2.6.2 Topografik analiz

a. Topografya tanımı ve materyal

Saha (2011)'nin yaptığı çalışma, görüntü analiz yöntemlerinden biri olan kumaş yüzeyine ait topoğrafyanın analizi üzerinedir. Topoğrafya, bir yüzeyin dış hatlarının niteliksel olarak (morfoloji) ve niceliksel olarak (topometri) temsil eden bir terim olarak kullanılır ve yüzey üzerinde herhangi bir noktanın kesin koordinatlarını belirtir. Topoğrafya analizi, yüzey hatlarının gösterimi için yüzeyin toplam profilinin 2 analitik sunuma bölünmesine olanak verir:

- a) Pürüzlülük
- b) Dalgalık

Son çalışmalardan, filament ve iplik inceliği, atkı ve çözgü sıklığının dokuma cinsi kadar kumaşların yüzey topografyasını, yapısını ve biçimini kontrol etmekte olduğu anlaşılmaktadır. Kimyasal yapılarındaki benzerliğe rağmen, kirlenme ve kir iticilik davranışlarında önemli farklılıklar söz konusudur.

Materyal: Düz filamentten 3 farklı dokuma yapısında Şekil 2.23'teki polyester kumaş.

Ölçüm Yöntemi : Konvansiyonel mikroskopların aksine, ki bunlar görme alanındaki tüm noktaları eşzamanlı olarak görüntüler ve 2 boyutlu görüntü yakalar, kromatik aynı odaklı mikroskoplar, verilen belli birim zamanda sadece bir obje noktasını görüntüler. Ölçülen bölge x-y taraması ile yeniden yapılandırılır.

Dokuma Tipi	Mikrofotoğraf	Atkı Sıklığı	3 Boyutlu Morfoloji
Düz L 1/1		38/cm	
Dimi K2/Z2		50/cm	
Panama Pa2/Z2		40/cm	

Şekil 2.23. Kullanılan PES kumaşlar (Saha 2011)

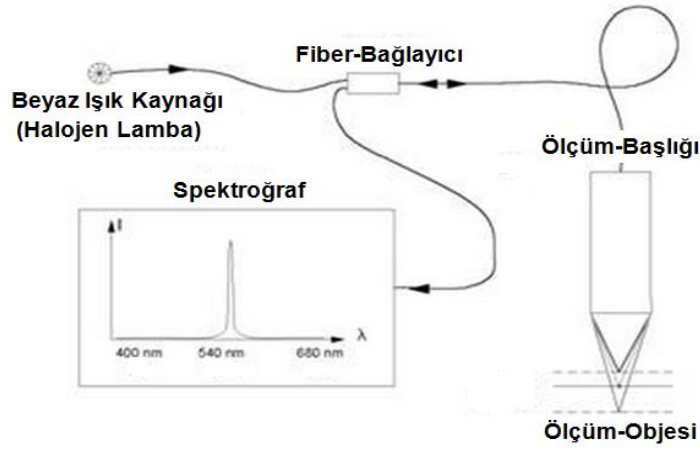
b. Deneysel çalışma

1) Topografya Ölçümleri:

Cihaz, kromatik beyaz ışık sensörü (CWL) kullanır, ki bu da ışığın kromatik sapma prensibine dayanır. Şekil 2.24'te görüldüğü gibi, beyaz ışık, kuvvetlice dalga boyuna bağlı odak uzunluğuna (kromatik sapmaya) sahip ölçme başlığı ile yüzeye odaklanır.

Yüzeyde dağılan ışığın spektrumu, spektrometrede bir pik (tepe) oluşturur. Bu pikin dalga boyu, kalibrasyon tablosu ile birlikte, sensörden numuneye olan mesafeyi ortaya çıkartır. Sensör, transparan, yüksek oranda yansıtıcı veya hatta mat siyah yüzeylerde bile çalışabilir. Son derece hızlıdır ve neredeyse hiç yan etkisi yoktur.

Kullanılan cihaz, enine 100 μm ve boyuna 380 μm 'ye kadar ölçüm aralığına izin vermektedir. Enine çözünürlük 1 μm , boyuna çözünürlük 3 μm 'dir. Ölçüm uzunluğu, z-aralığı ve çözünürlüğün kombinasyonunu istatistiksel olarak temsil eden topografik verileri sağlayan ortam gereklidir.



Şekil 2.24. Kromatik aynı odaklı mikroskobun ölçme prensibinin şematik gösterimi

2) Optimum Örneklem Koşullarının Hesaplaması

Ölçüm uzunluğu (L_m), kare alanın bir kenarının uzunluğu, çözünürlük (D_x , $D_x=D_y$ varsayılarak) önemli örneklem parametreleridir. Tusukada & Sasajima ile Yin & Kim; optimum örneklem uzunluğu problemini, farklı uzunluklardaki yüzeylerin pürüzlülük (R_q) değerlerinin karelerinin ortalamasının karekökünün varyansı ile kontrol etme üzerine çalıştı. Stant'a göre ise bu durum şüpheli çünkü optimum L_m , genişlik parametrelerini (W_t ve W_z) etkilemektedir.

Hem periyodik hem de periyodik olmayan yüzeylerde optimum L_m 'nin bulunması için, (R_z), pürüzlülük kareleri ortalamasının karekökü (R_q) ve ortalama pürüzlülük (R_a) ile L_m değerleriyle ilgili tablolar önerilmektedir. Optimum örnekleme koşulları, materyal tipine bağlı olduğundan, genellikle tecrübeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, optimum kesim uzunluğu ve çözünürlük değerlerinin belirlenmesi için aşağıdaki prosedür takip edilmelidir:

- (a) En uygun yükseklikte topografik verileri elde edecek L_m değerleri için 2 prosedür:
 - En yüksek L_m 'de tek bir ölçüm ve ardından zoomlama (tali bölge çıkartımı),
 - Aynı sıfır nokta pozisyonunu kullanarak bağımsız ölçümler,
- (b) Optimum L_m 'yi bulmak için W_z , R_z ve R_a 'nın L_m 'nin fonksiyonu olarak analiz edilmesi ile istatistiksel kriterin kullanımı,
- (c) Tanımlı optimum L_m 'ler ile farklı çözünürlük değerlerinde elde edilen topografik veriler,
- (d) R_z ve R_a 'yı, D_x 'in fonksiyonu olarak analiz.

Düz dokuma ve dimi dokuma PES bezayağı kumaşlar kullanılarak yapılan araştırmada; $L_m=2$ mm üzerinde bezayağı dokuma kumaşın dalgalılığı istatistiksel olarak güvenilir; ama dimi kumaşta, optimum tarama uzunluğu 3 mm'den uzun olmalıdır. Bununla birlikte, bu mantık, sadece W_z 'nin istatistiksel davranışını hesaba katmaktadır. FFT-Filtreleme uygulaması ile hesaplanan ve aşağıdaki şekildeki dalgalılık görüntüleri, yukarıdaki şekilde daha önce incelenen sabit W_z değerlerinin, kumaşların yüzey düzgünsüzlüklerine karşılık geldiğini göstermektedir.

Kumaş yapısından kaynaklanan morfoloji hedefleniyorsa; bezayağı için 0,5 ile 1 mm, dimi için 1 ile 2 mm L_m aralığında dalgalılık hesaplanmalıdır. Tüm kumaş yüzeyinin, kumaş yapısı göz ardı edilerek topografyası hedefleniyorsa, her iki kumaş için de $L_m=3$ mm önerilmekte, çünkü bu uzunluğun üzerinde, R_z ve R_a neredeyse sabit kalmaktadır.

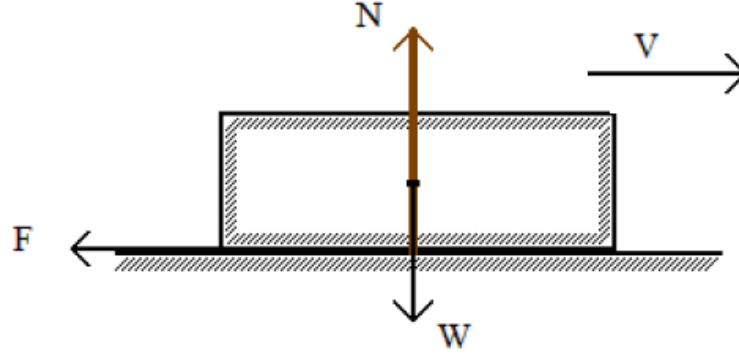
3) Topografik Nitelendirme

FFT Filtrelemesi ile elde edilen topografik parametreler, tarama mesafesine bağlı olarak farklı tip bilgiler sağlamaktadır. Yapısal çeşitliliğe bağlı olarak, tekstil materyalinin birim ölçüsüne ve çeşitli uzunluk ölçülerinin morfolojisine göre sınıflandırılması gereklidir. Bununla birlikte homojen tekstil gruplarının morfolojik olarak en az 3 farklı ölçüde (mikro, mezo ve makro) tanımlama kesinlikle gereklidir.

Kavramsal bakış açısıyla bir tekstil yapısı için önerilen her bir uzunluk ölçüsü, yüzey teknoloji hakkında spesifik bilgiler sağlayabilmelidir. Tüm durumlarda, uygun en yüksek enine çözünürlük (aynı odaklı kromatik görüntüleme $D_x=1$ mm) kullanılmıştır. L_m , uzunluk ölçüsünün belirlenmesinde kullanılan parametredir.

2.7 Kumaşlarda Sürtünme Kavramı

Howell ve arkadaşlarının 1959'daki kitabında belirttiği üzere, sürtünme kuvveti, Şekil 2.25'te gösterildiği gibi bir cisim diğer bir cisim üzerinde kayarken ortaya çıkan direnç kuvvetidir.



Sekil 2.25. Kaymadaki Temas Esnasında Sürtünme Kuvveti F , Cismin Ağırlığı W , Normal Tepki Kuvveti N ve Hız V 'nin Gösterimi (Howell ve ark. 1959)

Sürtünme kuvvetinin varlığını fark eden ve ilk defa tanımlayan Leonardo da Vinci'dir. İleri ki yıllarda Amonton tarafından sürtünme konusu incelenmiş ve sürtünmeye ait iki önemli kanun bulunmuştur. Bu özellikler Amonton'un sürtünme kanunları olarak anılırlar;

- 1) Sürtünme kuvveti ile normal kuvvet birbiri ile ilişkilidir.
- 2) Sürtünme kuvveti, birbiri ile sürtünen iki cisim arasındaki temas eden yüzey alanından bağımsızdır.

Sürtünme kuvveti ve yük arasındaki bağıntı aşağıdaki formüldeki gibi ifade edilir:

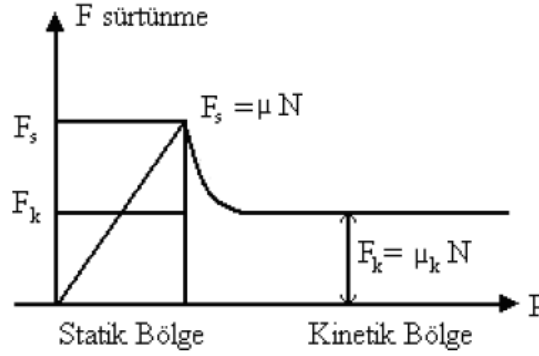
$$\mu = F / N$$

μ sürtünme katsayısı, F sürtünmeye karşı direnç kuvveti ve N normal tepki kuvvetidir.

Coulomb, Leonardo da Vinci'den yaklaşık yüzyıl sonra sürtünmeyi daha ayrıntılı incelemiştir. Bir cisimi hareketsiz konumdan hareket eder konuma geçirmek için harcanan sürtünme kuvveti ile hareket sürerken gereken sürtünme kuvvetinin farklı olduğunu bulmuş ve göstermiştir. Cisim hareket ettirmek için harcanan ilk kuvvet statik sürtünme kuvveti ve bu kuvvetin normal kuvvete oranı statik sürtünme katsayısıdır. Cisim sabit hızda kayarken, cismin bu hızını koruyabilmesi için harcanan kuvvete kinetik sürtünme kuvveti ve bu kuvvetin normal kuvvete oranı dinamik sürtünme katsayısıdır. Şekil 2.26'da kinetik ve statik sürtünme kuvvetlerinin zamana bağlı grafiği gösterilmiştir.

Coulomb, sürtünmenin yüzeylerdeki pürüzlülüğten kaynaklandığını ileri sürmüştür. Çeşitli teoriler ortaya atılmıştır. Bu teorilerin en çok üzerinde durulanı ve konuyu en kapsamlı

ele alanı Adezyon Teorisi'dir. Adezyon teorisine göre metaller arası sürtünme kuvveti iki kuvvete dayanmaktadır; adezyon ve kesme kuvvetleri. Adezyon kuvveti, iki cisim arasında birbiri ile temas eden noktalarda oluşan çekim kuvvetidir. Sürtünme esnasında ilk olarak adezyon kuvvetlerini kırmak için kuvvet harcanır. Kesme kuvveti ise, daha sert yüzey pürüzlülüklerinin birbirini kesmesi için harcanan kuvvettir.



Şekil 2.26. Sürtünme Kuvveti – Zaman Diyagramında Statik ve Kinetik Sürtünme Kuvvetlerinin Gösterimi (Howell ve ark. 1959)

Persson (1998) kitabında, sürtünme, başta basit görünse de aslında çok geniş bir konudur ve birçok değişkenden etkilendiği yapılan çalışmalardan anlaşılmıştır. Coulomb, beş ana faktörün sürtünmeye etkisini incelemiştir. Bunlar;

- 1) Birbiri ile temas eden malzemelerin doğası ve yüzey kaplamaları
- 2) Yüzey alanının boyutu
- 3) Normal basınç (ya da kuvvet)
- 4) Malzemelerin durgun halde birbiri ile temas halinde bekleme süresi
- 5) Çevre koşulları; sıcaklık, nem ve vakum

2.7.1 Kumaşlarda sürtünme

Gupta ve Mogahzy (1991)'in makalesinde bildirdiğine göre, plastik malzemeler, lifler ve genel olarak tekstil malzemeleri viskoelastik malzemeler olarak tanımlanırlar. Viskoelastik malzemeler, kuvvet altında hem viskoz (akışkan), hem de elastik davranan malzemelerdir.

Wilson (1963) makalesinde bildirdiği üzere, klasik sürtünme denkleminde sürtünme katsayısı μ , malzemeye ait karakteristik bir özellik olarak belirtilir. Tekstil malzemeleri ve plastikler üzerinde yapılan araştırma, Amonton'un bu formülünün geçersizliğini ortaya

koymuştur. Tekstil malzemelerinde sürtünme katsayısı μ ise hem normal kuvvet, hem de temas eden yüzeyin bir fonksiyonudur. Bu tip malzemelerin sürtünme katsayısının yük değişimi ile belirgin bir şekilde değiştiği ve logaritmik bir eğri izlediği gözlenmiştir.

Hoffman ve Beste (1951) alışmasında bildirdiğine göre, bu konu üzerinde birçok araştırma yapılmış ve formüller çıkartılmıştır. Fakat en çok kabul edilir olan Wilson modeli olarak anılan aşağıdaki formüldür;

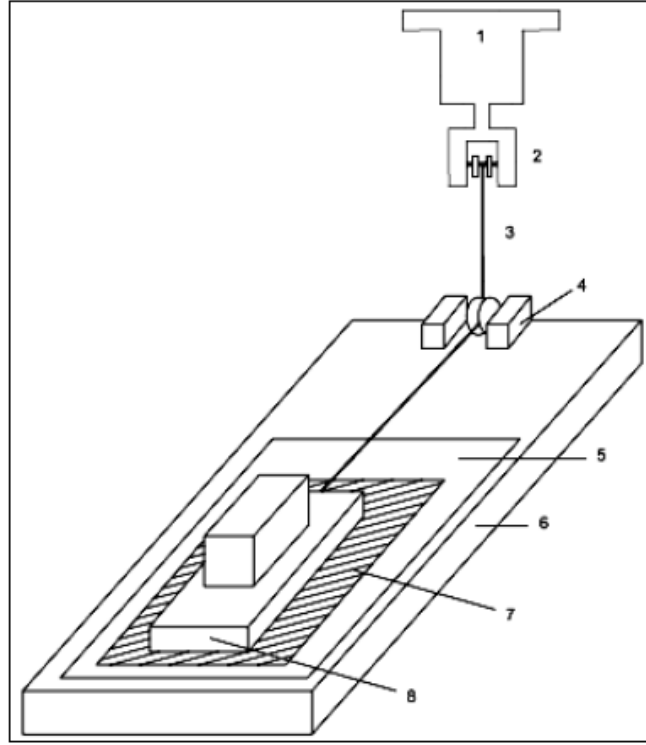
$$F/A = C (N/A)^k$$

F, sürtünme kuvveti, A, toplam temas eden yüzey alanı, C, sürtünme parametresi, N, normal kuvvet ve k, malzemeye özgü katsayıdır. Tekstil malzemelerinde sürtünme kuvveti ve katsayısı tekstil üretiminin her aşamasında incelenmiştir fakat ilk olarak lifler üzerinde incelenmiştir. Bunun sebebi sürtünmenin iplik üretiminde, üretimi ve iplik kalitesini etkileyen önemli bir etken olmasıdır. Daha sonra ipliklerin kumaşa dnştrlme aşamalarındaki ve kumaş halindeki sürtünme özellikleri incelenmiştir. Kumaş yüzeyinde yapılan sürtünme analizleri daha çok kumaş tutumunu incelemek için yapılmıştır. Hoffman ve Beste yaptıkları çalışmada parmakların dokunması ve algılanan hissin sürtünme katsayısı ile açıklanabileceğini ifade etmişlerdir.

2.7.2 Kumaşlarda sürtünme katsayısının lm

Babaarslan ve Kalebek tarafından 2007'deki kongrede bildirdiği üzere, tekstil yüzeylerindeki sürtünme davranışlarını incelemek için henüz standart bir cihaz mevcut değildir. Birçok araştırmacı çeşitli deney düzenekleri geliştirerek tekstil yüzeylerinin sürtünme davranışlarını incelemektedirler. Kumaşların sürtünme dirençlerinin belirlenebilmesi için mukavemet test cihazlarına ek aparatlar takılarak deneyler yapılmaktadır. şekil 2.27'de gösterildiği gibi, ölçüm prensibi yatay bir platform üzerinde bir kızıağın hareket ettirilerek yüzeyler arasındaki sürtünmenin mukavemet cihazından elde edilen sayısal ve grafiksel bilgiler aracılığı ile incelenmesine dayanmaktadır. Hazırlanan aparat yatay bir platform (alüminyum, tahta vb) ve kızıaktan (tahta, derlin vb) oluşmaktadır. Kızıak sürtünmesiz bir makara ve esnemeyen bir ip vasıtasıyla mukavemet cihazının çenesine bağlanmakta ve istenen hızda hareket ettirilmektedir. Sürtünme zellikleri incelenecek kumaş numuneleri yatay platform üzerine çok fazla gerdirilmeden, düzgünce yerleştirilir. Böylelikle kumaşın test sırasında kayması, kıvrılması, bükülmesi veya toplanması engellenmiş

olmaktadır. Yine aynı şekilde kızak üzerine yerleştirilen numunede hafif gergin bir şekilde yerleştirilir. Yatay platforma takılan numune ile kızığa takılan numunenin aynı yönde olmasına, kumaşın aynı bölgesinden alınmasına ve deney esnasında da aynı düzlem üzerinde testin yapılmasına dikkat edilmektedir. Yapılan test sonucunda mukavemet cihazı tarafından çizilen grafik üzerinde hareket başlangıcındaki en yüksek tepenin değeri statik direnci ve daha sonraki hareketin (eğrinin) ortalaması da kinetik direnci belirlemek için kullanılmaktadır.



Şekil 2.27. Sürtünme Cihazı (1.Load Cell, 2.Çene, 3.Tel, 4. Sürtünmesiz Makara, 5. Zımpara Kağıdı, 6. Test Bölgesi, 7. Teste Tabi Tutulan Deney Numunesi, 8. Kızak) (Babaarslan ve Kalebek 2007)

2.8 Sürtünme Katsayısını Etkileyen Faktörler

Gül (2008)'in yüksek lisans tezinde belirttiğine göre, Layton (2003) tarafından yapılan çalışmada, Şekil 2.28'deki şemada belirtildiği üzere kumaşlarda sürtünmeye birçok etkenin etki ettiğini bildirmiştir. Kumaşlar, ipliklerden, iplikler ise tek çeşit veya birkaç elyaf çeşidinden meydana gelmektedir. Kumaşlar, son ürün haline gelene kadar mekanik ve kimyasal işlemlere tabi tutulurlar ve en son müşterinin beğenisine sunulurlar. Tüm üretim parametreleri göz önünde tutulursa, kumaşlarda sürtünmenin çok fazla etkenden etkilendiği görülebilmektedir. Fakat kumaşlarda sürtünme kuvveti üzerinde en çok iplik sürtünmesinin ve kumaş konstrüksiyonunun etkisinin olduğu gözlenmiştir.

Kumaş sürtünmesine etki eden parametreler, iki ana başlık altında toplanabilir. Bunlar tekstil parametreleri ve cihaz parametreleridir.

2.8.1 Tekstil parametreleri

Tekstil parametreleri, tekstil malzeme özelliklerini ve bu malzemenin gördüğü bütün işlemleri içermektedir.

a. Elyaf parametrelerinin etkisi

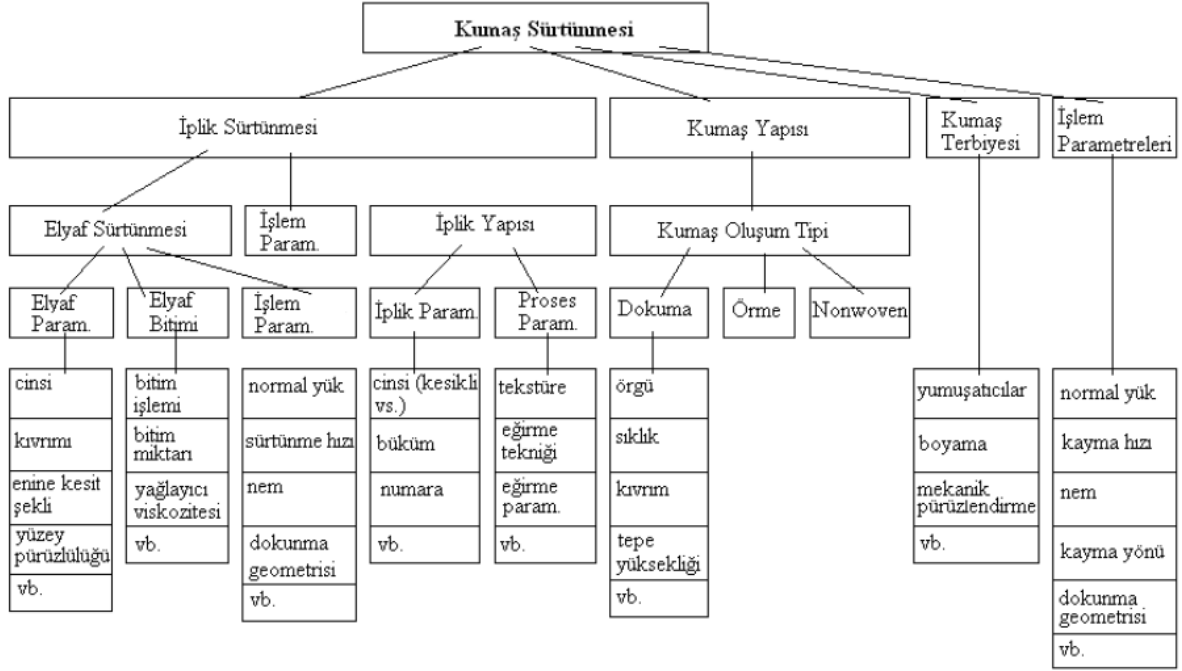
Das (2005), yapmış olduğu araştırmada, viskon, pamuk, polyester ve bunların karışımı olan kumaşlarda yaptığı deneylerde elyaf cinsinin sürtünme kuvveti ve katsayısı üzerinde belirgin etkisi göstermiştir.

b. İplik parametrelerinin etkisi

Kumaş sürtünmesine etki eden iplik parametreleri; iplik tipi, iplik bükümü ve iplik eğirme metodudur.

Wilson (1963) yaptığı çalışmada, farklı kumaşlarla yaptığı deneyler sonucunda kumaşların sürtünme davranışlarını modellemiştir ve Wilson formülü olarak anılan formülü geliştirmiştir. Yaptığı çalışmada kumaşlara ait denklemlerde yüksek “k” değerlerine karşılık düşük “C” katsayılarının çıktığını görmüştür. Bu katsayılarının değişiminin ise daha çok ipliğin filament veya kesikli olması ile ilgili olduğunu bulmuştur. Filament iplikler, kesikli liflerden eğrilmiş ipliklere göre daha düşük sürtünme katsayısına sahip çıkmıştır.

Layton (2003) çalışmasında, havlı ipliklerde yapılan çalışmalarda, bükümün azalması ile sürtünme kuvvetinin arttığını görüldüğünü belirtmiştir.



Şekil 2.28. Kumaşlarda Sürtünmeyi Etkileyen Faktörler (Gül 2008)

c. Kumaş parametrelerinin etkisi

Jeddi ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmaya göre, kumaş yüzey sürtünmesine etki eden parametreler; kumaşın örgü tipi, kumaş sıklıkları, yüzeydeki elyaf demetlerinin tepe yükseklikleri ve kumaş oluşum tipidir.

Jeddi, 2006'da yaptığı başka bir çalışmada, dokuma kumaşların atkılı örme kumaşların ve çözümlü örme kumaşların sürtünme özellikleri üzerine geniş bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın sonucunda dokuma kumaşların geometrik yapılarının sürtünme özelliklerinde en belirgin özellik olduğu görülmüştür.

Jeddi ve ark. (2003) çalışmasında belirttiği üzere, dokuma kumaşlar üzerine yapılan çalışmalarda dimi örgülerin bezayağı ve türevi örgülerden daha düşük sürtünme kuvvetine ve sürtünme katsayısına sahip olduğu bulunmuştur. Bunun sebebini yüzeyde yüzen iplik uzunluğunun artması ile açıklamışlardır.

Dokuma, atkılı örme ve çözümlü örme kumaşlar üzerine yapılan çalışmalarda, sıklıkların artması ile sürtünme kuvvetinin arttığı, sıklıkların azalması ile sürtünme kuvvetinin azaldığı görülmüştür.

Ajayi (1992) çalışmasında belirttiği üzere, kumaş yapısındaki iplik tepe yüksekliklerinin artması ile sürtünme kuvvetinin ve yapış-kay hareketinin genliğinin arttığı görülmüştür. Çorap ve örme kumaşların sürtünme katsayıları dokuma kumaşlara göre daha yüksek çıkmıştır.

ç. Bitim işlemlerinin etkisi

Layton'un 2003 yılındaki çalışmasında bildirdiğine göre, hem kimyasal hem de mekanik işlemlerin kumaşın yüzey sürtünme özelliklerini değiştirdiği bilinmektedir.

Kimyasal işlemler, kumaşın sürtünme kuvvetini etkileyen ve değiştiren en büyük etkenlerdir. Kumaş yüzey sürtünmesine en çok etki eden kimyasal işlemler şöyledir; ağartma, yıkama, merserizasyon, yumuşatma, yağlama, kimyasal sertleştiriciler. Ağartma ve yıkama işlemlerinde yüzeydeki yağ ve vaks gibi yabancı maddeler parçalandığı veya uzaklaştırıldığı için kumaş yüzey sürtünme katsayısı artmaktadır.

Yapılan araştırmalarda, kaplama işlemlerinin kumaş yüzey sürtünmesini arttırdığı görülmüştür. Buruşmazlık için yapıya kimyasal yolla bağlanan polidimetilsiloksan lifler arası sürtünmeyi düşürdüğü için kumaşta yüzey sürtünmesini de düşürmektedir. Mekanik işlemler, daha çok yüzey modifikasyonu ile ilgili olduğu için kumaşın sürtünme özelliklerini değiştirirler. Şardonlama işlemiyle tüylendirme yapılırken kumaşın tutumu da iyileşmekte, kumaş yumuşamaktadır. Şardonlama işleminden sonra ve öncesinde kumaşlarda sürtünme katsayısı ölçülmüş, yüzeydeki elyaf sayısı ve dolayısıyla temas alanı arttığı için şardonlamadan sonra sürtünme katsayısı daha yüksek çıkmıştır. Kumlama ve taşlama sonrasında kumaşların yüzey sürtünme katsayıları ölçülmüş, statik sürtünme kuvveti artarken dinamik sürtünme kuvvetinin daha çok kumaşın yapısı ve yüzeyindeki elyaf miktarı ile ilişkili olarak değiştiği görülmüştür. Yapılan çalışmalarda dekatür işleminden sonra kumaşın pürüzlülüğünün azalması ve düzgünlüğünün artması sonucu sürtünme katsayısının da düştüğü görülmüştür.

Kim ve ark. (1993) yaptıkları çalışmada, kumaşlara farklı seviyelerde yumuşatıcılar uygulamış ve kumaşların yüzey sürtünme katsayılarını ölçmüştür. Yumuşatıcı konsantrasyon seviyesi arttıkça kumaş yüzey sürtünme katsayısı düşmüş, fakat bu farkın kumaş – kumaş sürtünmesi ölçüm yönteminde daha iyi görüldüğünü belirtmiştir.

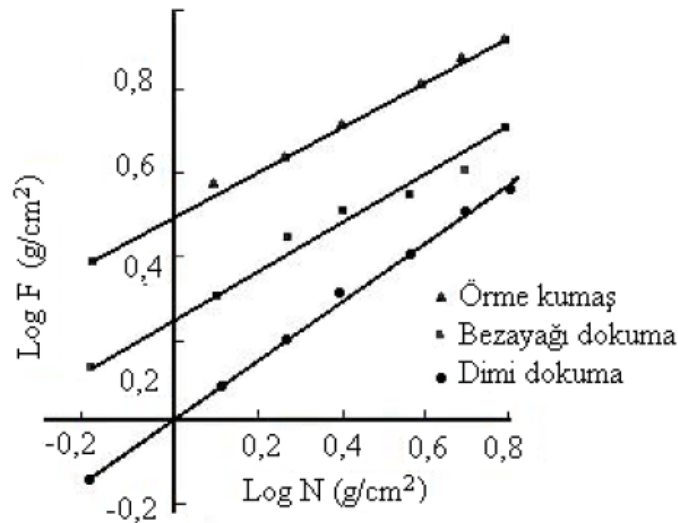
2.8.2 Cihaz parametrelerinin etkisi

Gül (2008) yüksek lisans tezinde, kumaş yüzey sürtünme katsayısı, sürtünme testi cihaz çalışma koşullarına bağlı olarak değişim göstermekte olduğunu belirtmiştir. Aşağıda cihaz işlem parametrelerinin değişimi ile sürtünme özelliklerinin değişimi hakkında bilgiler verilmiştir.

a. Normal kuvvet

Gül'ün (2008) yüksek lisans tezinde belirttiğine göre, tekstil malzemeleri, viskoelastik malzemelerdir. Kuvvet altında hem akışkan hem de elastik davranış sergilerler. Yüzeyi pürüzsüz kumaşlar hariç genel olarak, kumaşlar ile temas eden yüzey alanı sabitken yükün artması ile sürtünme katsayısı düşüş gösterir. Normal kuvvet ile sürtünme katsayısının değişimini gözlemek için araştırmacılar aynı kumaş üzerinde birden fazla değişik yük altında deneylerini yapmışlardır. Araştırmacılar, yükün değişimi ile sürtünme katsayısının logaritmik bir şekilde değiştiğini görmüşlerdir.

Ajayi'nin 1992'de yaptığı çalışmasında Şekil 2.29'da, farklı kumaş yapıları için birim alandaki kinetik sürtünme kuvvetinin normal basınçla olan logaritmik bağıntısı görülmektedir.



Şekil 2.29. Pamuklu Kumaşlarda Normal Basıncın (N) Birim Alana Düsen Kinetik Sürtünme Kuvvetine (F) Oranı (atkı – atkı hareketinde) (Ajayi 1992)

Carr ark. (1988) yaptıkları çalışmada, farklı yükler altında kumaşların sürtünme özelliklerini incelediği çalışmasında, yükün artışı ile statik ve dinamik sürtünme kuvvetleri arasındaki farkın arttığını görmüştür.

b. Hareket hızı

Hermann ve ark. (2004), mukavemet cihazına entegre edilebilir kızak sistemi ile yaptığı çalışmada, hızın artışı ile statik sürtünme katsayısında sabit bir artış gözlemlemiş, dinamik sürtünme katsayısında ise belirgin bir değişim olmadığını belirtmiştir.

c. Kayma yönü

Gül'ün (2008) tezinde belirttiğine göre, dokuma kumaşlarda yöne bağlı olarak sürtünme kuvvetinin değiştiği gözlenmiştir.

Wilson (1963) yaptığı çalışmada, kayma yönünün kesikli liflerden yapılmış kumaşlarda yüzeyin düzgünlüğünden dolayı çok değişim göstermediğini fakat filament ipliklerden mamul kumaşlarda kayma yönünün önemli bir etkisinin olduğunu vurgulamıştır.

Ajayi (1992) yaptığı çalışmada, atkı veya çözümlü yönünde iplik numarasının değişimi veya havlı yüzeylerde hav yüksekliğinin değişimi yüzey pürüzlülüğünü yöne bağlı olarak değiştirdiği için sürtünme kuvvetinin değişim gösterdiğini bildirmiştir.

ç. Kızak veya ölçüm ucu malzemesi

Gül'ün (2008) tezinde belirttiğine göre; kızak malzemesi veya kızak yüzeyinin kaplı olduğu malzeme sürtünme kuvvetlerini büyük ölçüde değiştirmiştir. Sürtünme deneyleri, araştırmacılar tarafından kumaş ile pürüzsüz metal yüzeyler arasında, kumaş ile kumaş kaplı kızak arasında ve kumaş ile polimer esaslı bir malzeme arasında yapılmıştır. Kumaş ile polimer esaslı malzeme arasındaki sürtünme kuvveti ve sürtünme katsayısı en yüksek, kumaş ile kumaş arasındaki sürtünme kuvveti daha düşük, metal ile kumaş arasındaki sürtünme katsayısı ise en düşük çıkmıştır.

Layton (2003) yaptığı çalışmaya göre, bu konu üzerine yapılmış çok fazla çalışma olmamasına rağmen, plastik malzemeler üzerine yapılan çalışmalarda yüklem zamanının değişimi ile sürtünme katsayısının değiştiği görülmüştür. Kumaşlar, plastikler gibi viskoelastik malzemeler oldukları için kızak ve kumaşın birbiri ile temas süresinin artması sonucu deformasyonun artması ve sürtünme katsayısının değişim göstereceği öngörülmüştür. Deformasyonun artması sonucu da yapış-kay hareketinin genliğinin de artması beklenmektedir.

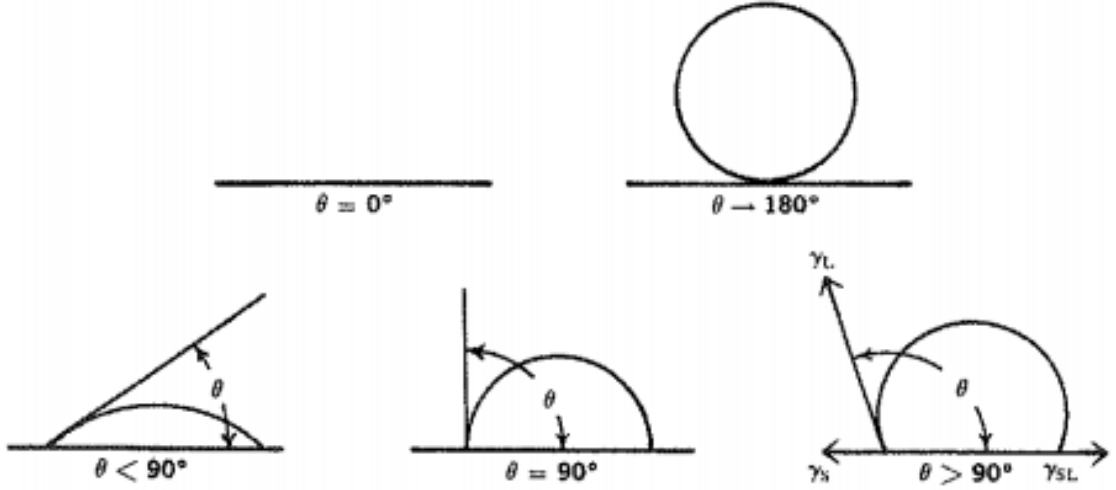
d. Sürtünme ortamı

Layton (2003) yaptığı çalışmasında, tekstil malzemeleri ortamdaki, özellikle nemden ve sıcaklıktan kolay etkilenen malzemeler olduğunu belirtmiştir. Ortam neminin, kumaş neminin ve insan teninin neminin değişimi, iki yüzey arasındaki sürtünme katsayılarının değişmesine sebep olmuştur. Hava, su ve yağlı ortamda bulunan sürtünme düzeneğinde yapılan sürtünme deneylerinde, sürtünme katsayısı üzerinde ortamın etkisinin yüksek olduğu görülmüştür.

2.9 Su İttilik ve İslanabilirlik Kavramı

Kovan ve Şekercioğlu (2005) çalışmasında bildirdiği üzere, katı ve sıvı fazdaki iki malzemenin atom veya molekülleri ile kurmuş oldukları bağın oluşturduğu bir ara yüzey mevcuttur. Bu iki fazın yapıları birbirleri içinde dağılır ve farklı bir katmanın oluşmasına neden olurlar. Atomlar ara yüz sayesinde bir fazdan diğerine geçebilirler. Yüzeyde sıvı moleküllerinin oluşturduğu bir çekim kuvveti mevcuttur. Yüzeye etki eden tüm çekim kuvvetleri toplandığında sıfıra eşit olur. Oluşan bu kuvvet sıvının yüzeye yayılmasına karşı direnç gösterir. Bu enerji de yüzey enerjisi olarak adlandırılır. Malzemenin sahip olduğu yüzey enerjisi, üzerine herhangi bir malzemenin yapışmasına karşı gösterdiği direnç ile orantılıdır. Malzeme üzerine uygulanan ıslanabilirlik testi ve ölçülen temas açısı malzemenin yüzey enerjisinin bulunmasını sağlar.

Martin ve ark.nın (1993) yaptıkları çalışmaya göre, katı bir yüzey üzerine bir damla sıvı damlatılırsa, sıvı iyice yayılabilir veya bir damla şeklinde kalabilir. Bu durumda katı yüzey ile sıvı arasında etkileşme olur. Bu etkileşmeyi, Şekil 2.30'da gösterildiği üzere katı ile sıvı arasında meydana gelen temas açısı (contact angle) ile açıklayabiliriz.



Şekil 2.30. Temas Açısının Şematik Gösterimi (Martín ve ark. 1993)

Temas açısı, bir sıvı damlasının katının yüzeyi ile oluşturduğu açı olarak tanımlanır. Şekil 2.30'da görüldüğü gibi bir sıvı ile bir katı yüzeyi arasındaki temas açısı sıfır derece ile 180° arasında olabilir (θ). 0° tamamen ıslanmayı, 180° de hiç ıslanma olmadığını göstermektedir. Temas açısının büyüklüğü, sıvının katı yüzeyindeki dağılmasına bağlıdır. Sıvı ne kadar dağılmadan kalırsa, o kadar büyük açı oluşur. Açının büyüklüğü aynı zamanda katı ile sıvı arasındaki etkileşimin az olduğunu gösterir. Katı yüzey kısmen ıslanıyorsa, $0^\circ < \theta < 180^\circ$ 'dir. Katılar su ile ıslandığı zaman, katının içinde bulunan hava, su ile yer değiştirir. Partikülün ıslanabilirliği, su ile partikül arasındaki temas açısının ölçülmesi ile değerlendirilir.

Bir katı yüzey üzerine su damlatıldığında, katı yüzeyi üzerinde üç kuvvet görülür.

Bunlar;

- Katı-hava arasındaki yüzey gerilimi ($\gamma_{\text{katı/hava}}$),
- Katı-su arasındaki yüzey gerilimi ($\gamma_{\text{katı/su}}$),
- Sıvı-hava arasındaki yüzey gerilimi ($\gamma_{\text{sıvı/hava}}$),

Katı-su arasındaki çekim kuvvetleri, su molekülleri arasındaki kuvvetlere eşit veya daha büyükse, θ sifira eşit olur ve su damlası katı yüzeyi üzerinde tamamen yayılır ve katıyı ıslatır.

Katı-sıvı-hava arasındaki yüzey ve ara yüzey gerilimi arasındaki eşitlik:

$\gamma_{\text{katı/hava}} = \gamma_{\text{katı/sıvı}} + (\gamma_{\text{sıvı/hava}} \times \cos \theta)$. Bu eşitlik Young Eşitliği olarak bilinir.

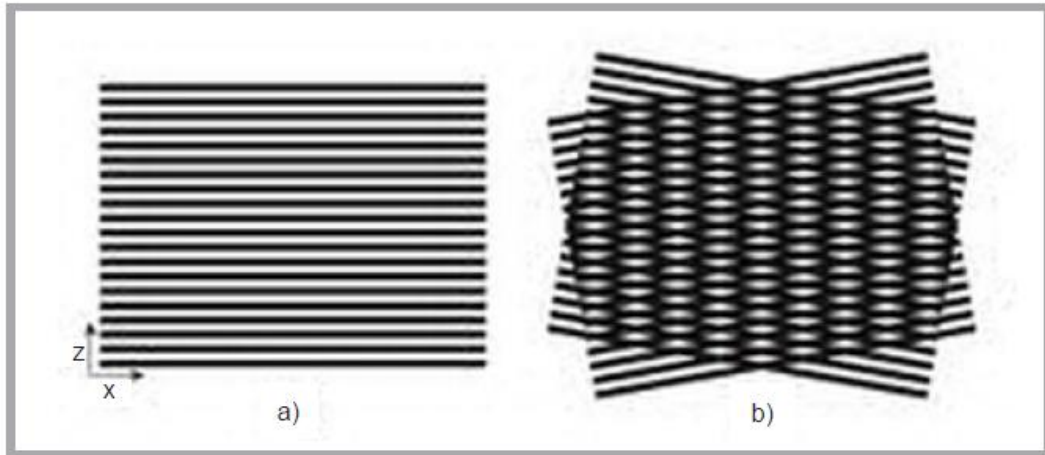
Dembický ve ark. tarafından 2015 yılında yapılan çalışmada bildirildiği üzere ıslanma teorisine göre, bir damlacık sert bir yüzey üzerine bırakıldığında, katı ve sıvı fazın her ikisinin akışkan dinamikleri, yüzey gerilimi, yoğunluk ve katı-sıvı sıcaklıkları, sıvının viskozitesi, yüzey pürüzlülüğü ve katının şekli gibi farklı fiziksel ve kimyasal faktörlerden etkilenir. Temas açıları üç yüzey arasındaki gerilimlere bağlı olarak değişir. Katı-buhar arasındaki gerilim katı-sıvı arasındaki gerilimden büyükse temas açısı $0-90^\circ$ arasında, tersi durumda ise açı $90-180^\circ$ arasında olur. Büyük temas açısı, sıvının yüzeyden akıp uzaklaşacağını gösterirken küçük temas açısında sıvı kumaşı ıslatacaktır. Sıvı nüfuzunun gerçekleşmesini sağlayan esas etken, lifin sıvı tarafından ıslanabilir bir kimyasal yapıya sahip olması ve kumaş geometrisinin de ıslanmaya izin vermesidir.

Tekstil materyalleri için ıslanma olayları iki genel sınıfa ayrılabilir: Temastaki bir sıvı ve katının artık dışarıdan müdahale görmediği yerde gerçekleşen denge ıslanma ve sıvı veya katının (veya her ikisinin) ıslanma süresi boyunca diğer fazlara geçiş halinde olduğu dinamik ıslanmadır. Sistem dengedeysen, statik, değişken formdaysa dinamik bir temas açısı elde edilir.

2.10 Önceki Çalışmalar

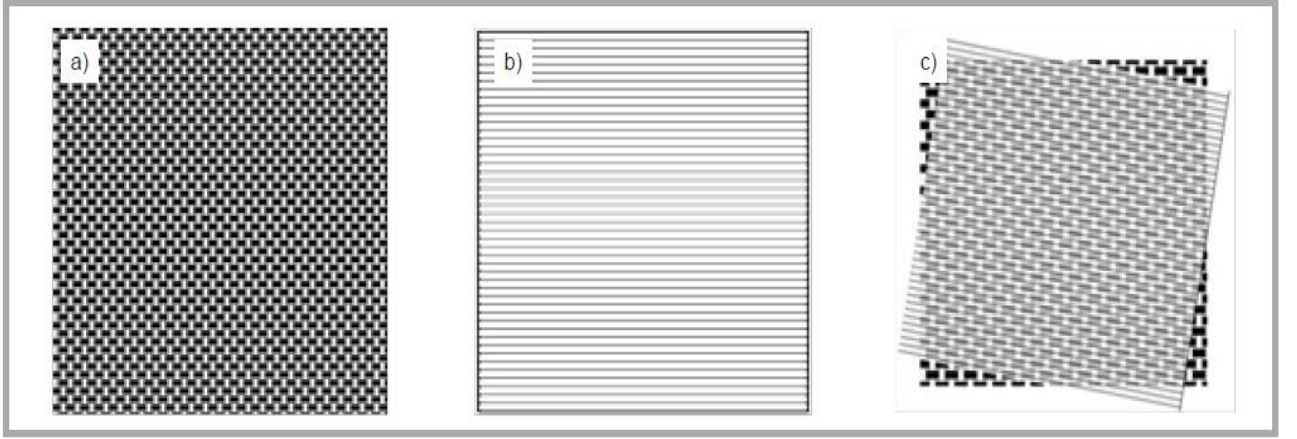
2.10.1 Pürüzlülük ölçümü üzerine yapılan diğer çalışmalar

Ezazshahabi ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmaya göre; moiré, katlandığında ışık ve karanlık gruplarını gösteren ipek kumaşın adıdır. Optikte, hemen hemen eşit aralıktaki iki kafes arasında oluşan titreşim modelidir. Kısacası, moiré tekniği, Şekil 2.31’de gösterildiği gibi kafes çizgilerinin üst üste konulmasına dayanmaktadır.

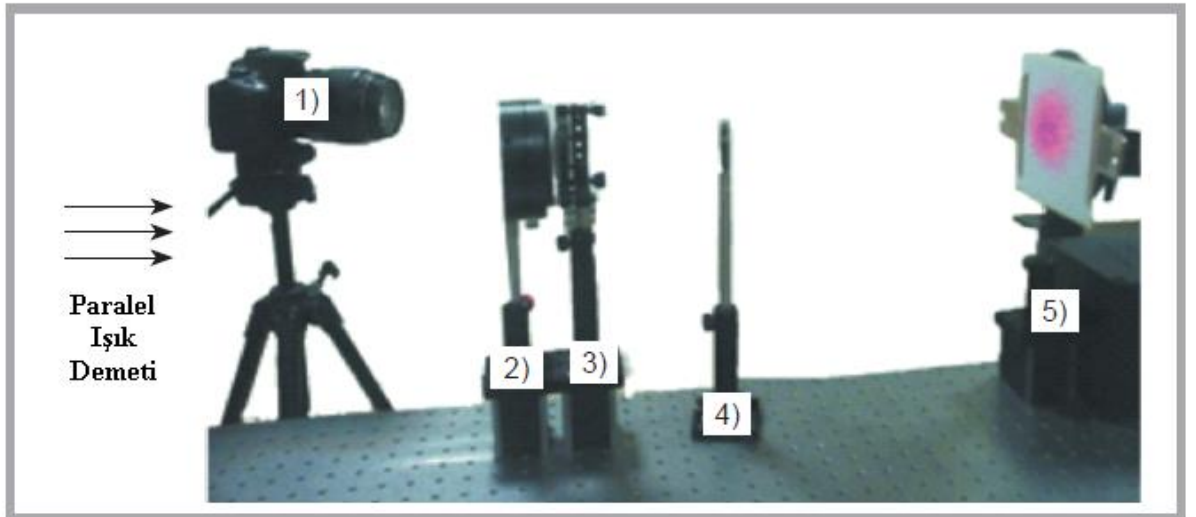


Şekil 2.31. İki benzer kafesin üst üste konmasıyla oluşan moiré modeli (Ezazshahabi ve ark. 2015)

“Moire tekniğinin dayandığı kafes çizgilerinin Şekil 2.32’deki gibi üst üste gelmesinde kafes çizgileri fiziksel olarak şeffaf (ki bu çalışmada 5 çizgi/mm sıklıkta oluşturuldu) veya yüzeyin periyodik varyasyonu olabilir. Deneysel düzenek Şekil 2.33’te gösterilmiştir.



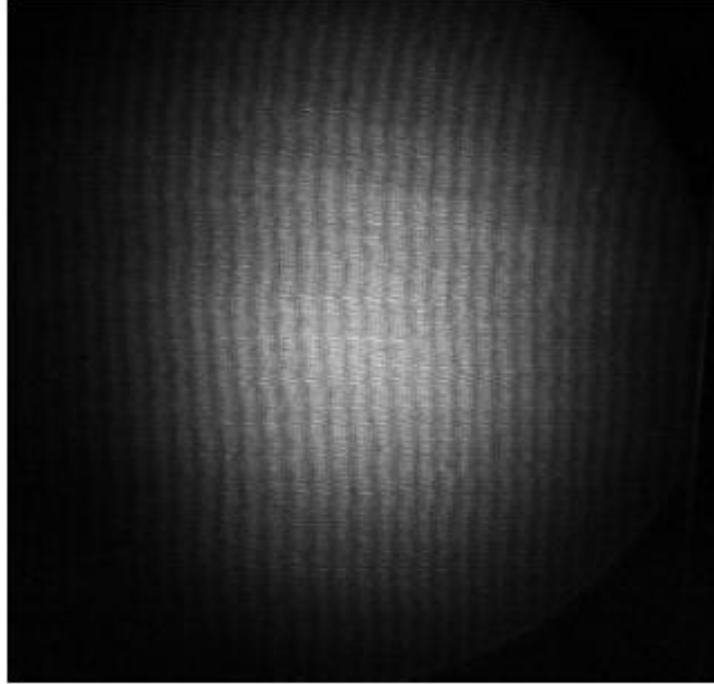
Şekil 2.32. Kumaş üzerine üst üste konulan Ronchi kafesi: a) Kumaş, b) Ronchi Kafesi c) Kafesin kumaşın üstüne getirilmesi (Ezazshahabi ve ark. 2015)



Şekil 2.33. Deneysel Düzenek: 1) Kamera, 2) Ronchi Kafesi, 3) Renksiz Lens, 4) İğne Deliği 5) Kumaş (Ezazshahabi ve ark. 2015)

Bu düzenek; içinde helyum-neon lazer demeti olan ışık kaynağından oluşmaktadır. Helyum-neon lazer, 1-100 mW aralığında kesintisiz dalga formu çıkışında, 632,8 nm dalga boyunda kırmızı ışık demetidir. Lazer, yoğun, konsantre ve yüksek oranda paralel ve uygun

ışık demeti üretmek zorundadır ki doğru sonuçlar alınabilsin. Bu lazer demeti, bir ayna içerisinden ve sonra da odaklayıcı lens ve iğne deliğinden geçer. Işık demetleri, görüş çizgisini ayarlama lensten geçerek paralelleştirilir ve kuvvetlendirilir. Sonraki aşamada, araştırılacak yüzeyin inceliğine göre seçilen 5 çizgi/mm sıklıktaki Ronci kafesini oluşturmaktadır. Yüzey inceldikçe, birimdeki basılı çizgi yoğunluğu artmalıdır. Sonraki bölümde; en güçlü ışık demetinin geçişinin kontrolü ve kumaş numunesine izdüşümünü kontrol eden iğne deliği kullanılmaktadır. Son olarak; kafes doğrularının izdüşümü ve kumaşla üst üste gelmesinden sonra, dijital kamera ile Şekil 2.34'teki gibi moire dağılımı elde edilmektedir.



Şekil 2.34. Elde edilen spesifik moire dağılımı (Ezazshahabi ve ark. 2015)

Yapılan bu çalışmada sonuç olarak; yeni, hızlı ve doğru sonuçlar veren bir temassız yöntem sunulmuştur. Yeni bir parametre olarak pürüzlülük indeksi türetilmiştir. Bu parametrenin doğruluğu, bir dizi subjektif testlerle ölçülmüştür. Subjektif test sonuçları ile pürüzlülük indeksleri arasında kuvvetli korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Dimi 3/3, Dimi 2/2, Bezayağı, Dimi 2/1 ve Dimi 3/1 olan beş farklı dokudaki kumaşların 5'er farklı atkı sıklığındaki toplam 25 numune üzerinde yapılan deneylere ait pürüzlülük sonuçlarının analizine göre; dokuma türü ve atkı sıklığı gibi kumaş yapısal parametreleri pürüzlülük açısından % 95 güvenilirlikte önemlidir. Kumaşların atkı sıklığındaki artış ile, yüzey pürüzlülüğü düşmektedir. Ayrıca; Dimi 3/3, en pürüzlü doku yapısına sahipken, Dimi 3/1 en pürüzsüzdür ve bu sonuçlar subjektif test sonuçlarıyla da teyit edilmiştir.

2.10.2 Kumaşlarda sürtünme katsayısı üzerine yapılan çalışmalar

Gül'ün (2008) yapmış olduğu çalışmada, kumaşların sürtünme özelliklerini incelediği çalışmasına ait deneylerde kullanılan kumaşlar konstrüksiyon özellikleri bakımından farklılıklara sahip yün polyester karışımı, kışlık dış giyimlik dokuma kumaşlardır. Kumaş bileşimi % 70 yün, % 30 polyesterdir. Kumaşlarda kullanılan atkı ve çözgü iplikleri 850 tur/m bükümlü, Ne 22,5 numaralı ipliklerdir. Çalışma kapsamında kullanılan kumaşlar için yukarıda sayılan özellikler sabit olup, değişen özellikler kumaşın örgü tipi ve atkı sıklıklarıdır.

Yapılan çalışmaya göre; atkı sıklıklarının artması ile kumaşlarda bağlantı sayısı, toplam örtme oranı değerleri artmıştır. Kırık dimi 2/1 kumaşlarda 200 mN ön yükleme kuvveti altında atkı sıklıkları ile sürtünme katsayısının korelasyonu 0,991'dir ve 0,01 seviyesinde anlamlıdır. Kırık dimi 2/2 kumaşları için anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır.

Kumaş örgüsünün sürtünme katsayısına etkisi incelendiğinde, 200 mN ön yükleme kuvveti altında KD 2/1 kumaşlarının KD 2/2 kumaşlarından yüksek sürtünme katsayılarına sahip olduğu görülmüştür. KD 2/1 kumaşlarının sürtünme katsayıları atkı sıklıkları arttıkça 0,1202-0,1447 arasında değişim gösterirken KD 2/2 kumaşlarının sürtünme katsayıları 0,1018-0,1146 arasında değişim göstermiştir. Atkı sıklıklarının artması ile kumaşların sürtünme katsayıları arasındaki farkın da arttığı görülmektedir. Kumaşlar aynı atkı sıklıklarında ve birbirlerine çok yakın çözgü sıklıklarında üretilmiştir. Sürtünme katsayısı üzerinde belirleyici olan faktörün kumaş örgüsüne bağlı bağlantı sayısının olduğu görülmüştür.

Ölçüm yönünün sürtünme katsayısı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir. 200 mN ön yükleme kuvveti altında KD 2/1 kumaşlarda sürtünme katsayıları 0,1207 - 0,1447 arasında değişirken, kumaşların sürtünme katsayılarının ölçüm yönüne bağlı

farkları 0,0005 - 0,0013 arasında değişim göstermiştir. KD 2/2 kumaşlarda ise sürtünme katsayıları 0,1018 - 0,1146 arasında değişim gösterirken, kumaşların sürtünme katsayılarının ölçüm yönüne bağlı farkları 0,0038 - 0,0089 arasında değişim göstermiştir. Wilson denklemlerine bakıldığında ölçüm yönüne bağlı farkların çok düşük seviyede olduğu görülmektedir.

Normal tepki kuvvetinin artması ile sürtünme katsayıları düşmektedir. Normal tepki kuvveti ve sürtünme katsayısı arasındaki korelasyonlar KD 2/1 ve KD 2/2 kumaşları için negatif çıkmıştır. Korelasyon değerleri -0,643 ve -0,736 değerleri arasında değişim göstermiştir. Normal tepki kuvvetinin sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi Wilson denklemlerinde de görülmektedir. Wilson denklemindeki 'k' katsayısı 1'den daha düşük bir sayıdır. Buradaki kumaşlarda k katsayıları 0,8457 - 0,9920 arasında değişim göstermiştir.

Sular ve ark. 2012'de yaptıkları çalışmada, pamuk ve polyester kumaşların pürüzlülük ve sürtünme özellikleri ile bu özelliklerin arasındaki ilişkiyi araştırmış ve karşılaştırmıştır. Bu çalışma kapsamında, 9 adet pamuklu ve 12 adet PES kumaş, dokuma türü, atkı sıklığı ve çözgü sıklığı gibi parametreler sistematik olarak değiştirilerek dokunmuştur. Pürüzlülük ölçümleri, tekstil uygulamaları için ve yeni bir yüzey pürüzlülük test cihazı kullanılmış; kumaş sürtünme ölçümleri gerilim ölçüm cihazına uyumlu sürtünme aparatıyla yapılmıştır.

Her doku tipinde atkı sıklığındaki artış, kumaşın pürüzlülük değerlerinin azalmasına neden olmakta ve bu eğilim kumaş sürtünme sonuçlarıyla da uyumlu çıkmıştır. PES kumaşların sürtünme katsayısı, pamuklu kumaşlara göre çok daha düşüktür. Pürüzlülük sonuçlarına bakıldığında, bezayağı kumaşların pürüzlülüğü hem pamuk hem PES'de dimi kumaşlara göre daha yüksektir. Ortak atkı sıklığındaki 3/1 dimi pamuklu kumaşlar, 2/1 dimi kumaşlardan daha pürüzsüz çıkmıştır.

Das ve ark. 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada, % 100 PES, % 100 Viskon ve farklı karışım oranlarında P/C (Polyesyer/Pamuk) ile P/V (Polyesyer/Viskon) karışımı kumaşların hem çözgü hem atlı yönünde kumaş-metal ve kumaş-kumaş sürtünme karakteristikleri incelemiştir. Yaptıkları çalışmaya göre;

1) Kumaş-metal sürtünmesinin, kumaş morfolojisi ve sürtünme yönüne olan hassasiyetinin daha az olduğu, bununla beraber, kumaş/kumaş sürtünmesinin söz konusu faktörlere daha hassas olduğu bulunmuştur.

2) Kumaş sürtünmesi, elyaf tipi, karışım cinsi, karışım oranı, iplik yapısı, kumaş yapısı, kıvrım ve kıvrım yüksekliği, sıkıştırılabilirlik..vb. pek çok faktörden etkilenmektedir. P/C ve P/V karışım kumaşlarda, selüloz elyaf içeriği arttıkça, sürtünme kuvvetinin de arttığı görülmüştür.

3) P/C ve P/V karışım kumaşlar, %100 PES ve % 100 viskon kumaşlara göre daha yüksek kumaş-kumaş sürtünmesi göstermektedir. P/C karışım kumaşlar, P/V karışım kumaşlara göre aynı geometrik yapıda daha yüksek sürtünme kuvveti oluşturmaktadır.

Moorthy ve Kandhavadi, 2015 yılındaki araştırmalarında; lyocell, bamboo, mikro-polyesyer, mikro-lyocell, kömürleştirilmiş bambu, bambu/pamuk ve karışımları gibi konvansiyonel olmayan farklı liflerden oluşan kumaşların yüzey sürtünme özelliklerinin analizi hedeflenmiştir. Kumaş örtüsünün sürtünme özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; örtme oranındaki artış, kademeli olarak sürtünme katsayısını düşürmektedir. Lif cinsi ve sürtünme özellikleriyle ilgili olarak ise, en düşük sürtünme katsayısı değeri saf lyocell kumaşta tespit edilmiştir. En yüksek sürtünme değerleri pamuk ve kömürleştirilmiş bambu karışımlarında elde edilmiştir.

Statik sürtünme kuvveti değerlerine göre sıralama:

Lyocell<Mikro-lyocell=Mikro-polyesyer < bambu < polyester < bambu/pamuk < kömürleştirilmiş bambu

Kinetik sürtünme kuvveti değerlerine göre sıralama:

Mikrolyocell < Lyocell < Bambu < Mikropolyester < Bambu/pamuk < polyester < kömürleştirilmiş bambu

Yine sonuçlar gösterdi ki; karışım oranı ve kumaş yapısının, sürtünme özelliklerine etkisi, lif içeriği gibi yüksek derecede öneme sahiptir ($p<0.05$).

Bezayağı dokuma kumaş, dimi yapılarına göre en düşük sürtünme kuvveti değerlerine sahip. Kumaş yapılarına ait sürtünme katsayısı değerlerinin sıralaması:

Bezayağı < 2/2 Dimi < 1/3 Dimi

Sürtünme katsayısı ölçümleri, ASTM D 1894'e göre yapılmıştır. Kumaş sürtünmesi, temas halindeki iki yüzeyin göreceli hareketine karşılık olarak oluşan kuvvetin ölçülmesiyle belirlenmektedir. Cihaz, online bilgisayar ve uygulama yazılımı yardımıyla kumaş-kumaş sürtünmesini ölçer ve statik sürtünme kuvvetini (iki kumaş arasındaki kaymayı sağlayan maksimum kuvvetini) ve kinetik sürtünme kuvvetini (iki kumaş arasında sürekli kaymayı sağlayan kuvveti) tayin eder ve sürtünme profinizi kaydeder.

Okur (2002) yaptığı çalışmada, “Kumaşlar Arasındaki Statik ve Kinetik Sürtünme Dirençlerinin İncelenmesi” adlı çalışmada, kumaşların sürtünme davranışları araştırılmıştır. Deneysel olarak farklı doku türlerinde (bezayağı, kord, balıksırtı, 2/2 dimi) dokunmuş %100 pamuk ve yün kumaşlar kullanılmıştır. Uygulanan kuvvet arttıkça statik sürtünme katsayısında (μ_s) ve kinetik sürtünme katsayısında (μ_k) azalma görülmüştür. Tüm kumaşlar için statik sürtünme katsayısı kinetik sürtünme katsayısından yüksek çıkmıştır.

Okur (2002) yapmış olduğu başka bir çalışmada ise, 2/1 dimi ve 2/2 panama doku türü ile dokunmuş viskon kumaşların sürtünme özellikleri incelenmiştir. Araştırmacıya göre, atkı sıklığının kumaş sürtünme özelliklerine etkisi, doku tipi ve atkı numarasının etkisinden daha fazladır. Atkı sıklığından hareketle iplik kıvrımı, örtme faktörü ve kumaş dengesinin de kumaş sürtünme özellikleri üzerinde etkili olduğu vurgulanmıştır.

2.10.3 Tekstil yüzeylerinde su iticilik ve ıslanabilirlik üzerine yapılan çalışmalar

Aksoy ve Kaplan tarafından (2011) yapılan çalışmaya göre, tekstil materyallerinin sıvı transfer davranışları, bir ürünün üretim prosesleri ve son kullanımı sırasındaki performansı açısından önemlidir. Materyalin üretiminde kullanılan hammaddenin sıvı absorpsiyon özellikleriyle başlayan, iplik üretim metodu, yüzey oluşturma tekniği ve kumaş yapısal parametreleri ile kumaşa uygulanan bitim işlemleri tarafından büyük oranda etkilenen sıvı transfer özellikleri giysi konforu ve bazı teknik tekstil uygulamaları (tıbbi tekstiller, jeotekstiller, agrotekstiller, vb.) için göz önünde bulundurulması gereken bir özelliktir.

Hollies, N. R. S. ve ark. Tarafından 1957 yılında yapılan çalışmada bildirilmiştir ki, tekstil materyallerinin hammaddesi olarak lif özellikleri yapının sıvı transfer davranışları üzerinde belirleyicidir. Tekstil materyallerinde sıvı suyun hareket oranı, hammadde özelliklerinden de etkilenen, yapıdaki kapılar gözeneklerin boyutu ve sürekliliğine bağlıdır.

Smile (2004) çalışmasında belirttiği üzere, doğal liflerde ıslanma sırasında lifin şişmesiyle sıvı hareketi ve tutma davranışları gözenek darlığı ve tıkanması nedeniyle olumsuz yönde etkilenir. Doğal liflerden eğrilen iplikler lif pürüzlülüğü, kesit şekli ve uzunluk gibi çeşitli faktörlerden dolayı sıvı transfer hızında büyük varyasyona sebep olan düzensiz kılcallığa sahiptirler. Örneğin, yün liflerinin doğal kıvrımları ve iplik içerisindeki rastgele yerleşiminden dolayı, ıslanma sırasındaki temas açısı yüksektir. Diğer taraftan sentetik liflerden oluşan iplikler, kompakt, iyi hizalanmış ve düzgün oldukları için bu liflerden üretilen iplikler, düşük bir temas açısına sahiptir.

Yoon ve Buckley'in (1984) çalışmasında, polyester, pamuk ve polyester/pamuk karışımı kumaşların termal ve transfer özelliklerini, yaptıkları objektif ve subjektif ölçümler vasıtasıyla incelemişlerdir. Sonuçta, polyester ve pamuğun sıvı transfer davranışları arasındaki büyük farkın, bu iki lifin yüzey enerjilerindeki farktan kaynaklandığını belirtmişlerdir. % 50/50 polyester/pamuk karışımı ile pamuğun davranışları arasındaki büyük benzerliğin ise iplik içerisindeki lif yerleşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. İplik içerisinde pamuk ve polyester lif yerleşiminin kübik bir birim kesitte incelenmesiyle, bir polyester lifini saran dört pamuk lifinin PES'in ortamdaki etkisini ortadan kaldırdığı belirtilmiştir.

Fangueiro ve ark. tarafından 2010 yılında bildirildiğine göre, bir başka çalışmada, bir yüzeyinde Polyester (PES) veya Polipropilen (PP) kullanılan diğer yüzeyinde ise fonksiyonel lif ve iplikler kullanılan düz örme yapılarının kapılar ıslanma davranışı ve kuruma hızı incelenmiştir. PES kullanılan örme kumaşlarına göre, PP örme kumaşlarının kapılar ıslanmasının daha kötü ve kuruma hızının daha iyi olduğu ortaya çıkmıştır.

Searle (1990) doktora tezi çalışmasında, konfor açısından en avantajlı lifin, sıvıyı hızlıca transfer edip kısa zamanda kuruyan olduğunu belirtmiştir. Yine aynı çalışmada, daha yüksek sıvı absorblama kapasitesine sahip bir lifin ise uzun kuruma süresinden dolayı ıslaklık

hissine ve konforsuzluğa neden olduğu, lifin nem içeriği arttıkça statik elektriklenmeden dolayı vücuda yapışma eğiliminin azaldığını belirtmiştir.

Patnaik ve ark. (2006) çalışmalarında, tekstil materyalinin iplik formuna geldiğinde yapısal parametrelerden dolayı transfer davranışlarının incelenmesinin daha karmaşık bir hal almakta olduğunu ve iplik yüzey pürüzlülüğündeki artışın kumaşlardaki sıvı taşınım oranını azaltmakta olduğunu bildirmiştir.

Bu konuda yapılan bir diğer çalışmada ise Sengupta ve Murthy (1985) farklı iplik tiplerinin transfer davranışlarını incelemişler ve OE rotor ipliklerin kapılar ıslanma zamanının ring iplikten daha az olduğu sonucuna varmışlardır.

Patnaik ve ark. tarafından 2004 yılında bildirildiği üzere, ring iplikler için gözlenen denge kapılar ıslanma yüksekliği, kompakt ipliklerden daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca kalın ipliklerin kapılar ıslanmasının da ince ipliklerden daha hızlı olduğu tespit edilmiştir.

Smile (2004) çalışmasında belirttiği üzere, Tekstil materyallerinin sıvı absorpsiyonunu ve sıvının kumaş içerisinde hareketini, kumaşı oluşturan iplikler ve kumaş yapısal parametreleri büyük oranda belirler. Bir kumaştaki sıvı akışının, sadece hammaddeden değil, kumaşın ağ yapısından da büyük oranda etkilendiği birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur. Bir katı ve bir sıvı arasındaki bağıl harekete neden olan kapilaritenin olduğu yerdeki herhangi bir sistemde katı yüzeylerin şekli, hızı ve yönü, sıvı akışını yöneten önemli faktörlerdir.

Prahsarn (2001) çalışmasında bildirdiği üzere, kumaş sıvı absorpsiyon kapasitesinin, bileşen liflerin özelliklerinden ziyade, kumaş kalınlığına bağlı olduğunu belirtmiş ve kumaşın kalınlığı, iplik numarası ve kumaş sıklığının absorpsiyon kapasitesi üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

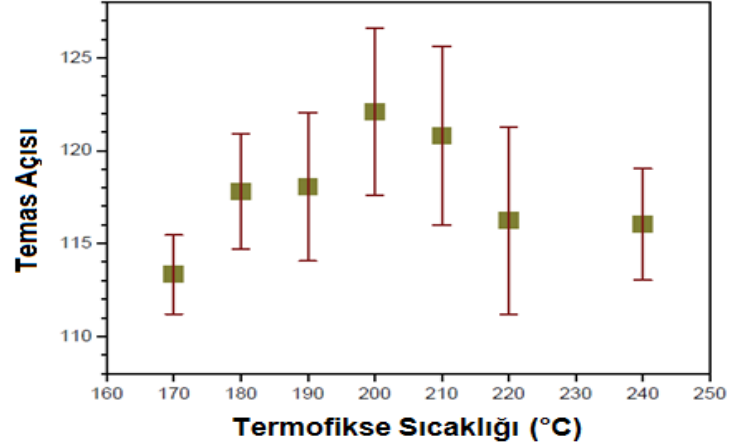
Karahan ve Eren (2006) çalışmalarında, farklı atkı ve çözgü sıklıklarında, farklı iplik özellikleri ve hav yüksekliklerinde ürettikleri havlu kumaşların statik sıvı absorpsiyon özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, iki katlı ring karde iplik ile üretilen havlu kumaş aynı özelliklerdeki rotor ipliğinden üretilen kumaşa göre daha yüksek sıvı

absorbsiyon değerleri vermiştir. Aynı zamanda, havlu kumaşların atkı ve çözgü yoğunluklarındaki artışın sıvı absorpsiyonunda azalışa, hav uzunluğunun artışının ise artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Kılınç 2004 yılında yaptığı çalışmada bildirdiği üzere, tekstil materyallerinde hidrofilitenin istenildiği durumlar olduğu gibi, hidrofobluk yani su iticilik özelliğinin istenildiği durumlar da vardır. Askeri, sportif veya farklı aktiviteler için kullanılan bazı üst giysilere şiddetli yağmurun içeriye nüfuzunu engellemek için farklı yöntemlerle su itici özellik kazandırılır. Su itici kumaşlar sıvı suyun içeriye nüfuz etmeden yüzeyden kaymasını, buhar halindeki hissedilmeyen terin ise kumaştaki mikro boşluklardan geçişini sağlar. Su geçirmez nefes alabilir kumaşın elde edilmesi için kullanılan yöntemler; kumaş konstrüksiyonundaki değişiklikler (yapının sıklığının gözeneklerin 2-3 µm olacak şekilde artırılması), lif çapının azaltılması (mikrolifler, nanolifler), mikro-gözenekli kaplama ve membranlar ve monolitik filmlerin (su buharının gözeneklerden değil kumaş kalınlığı boyunca difüzyonla transferini sağlayan yapılar) kullanımı şeklinde sıralanabilir.

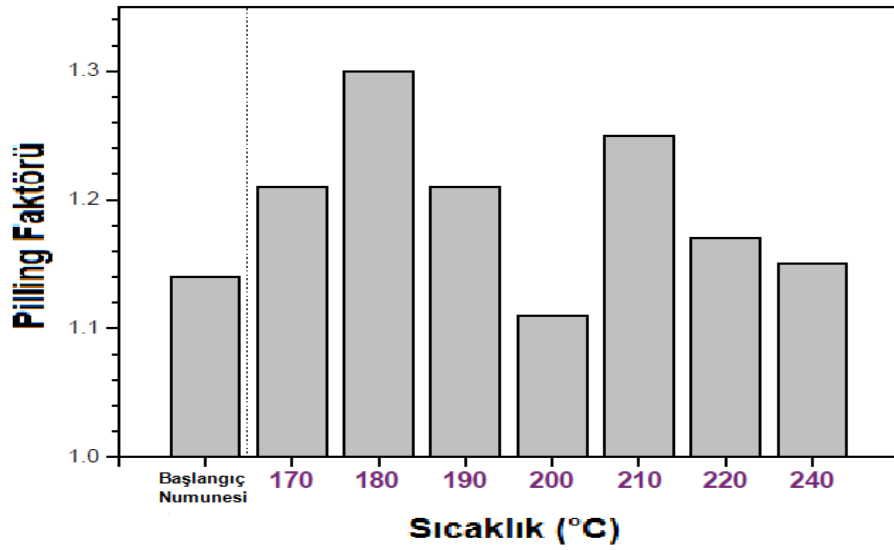
Balcı (2006) alışmasında belirttiği üzere, günümüzde nanoteknolojinin getirdiği yeniliklerden faydalanarak nano düzeyde kaplamalar uygulanmaktadır. Bu kaplamalarda yüzey pürüzsüzleştirilmekte ve su ve kir kumaş yüzeyine tutunamayarak suyu ve kiri iten tekstil materyalleri elde edilebilmektedir. Kendi kendine temizleyebilme özelliği olan lotus yaprağının yüzey yapısına nanoteknoloji ile yüzey yapısı benzetilen NanoSphere ve Nano-Tex firmasının piyasaya sürdüğü Nano-Pel® isimli kumaş bu çeşit yapılarla örnektir.

Saha (2010) , yaptığı çalışmada, 170, 180, 190, 200, 210 ve 230°C’de termofikse işleminin hidrofop PES dokuma kumaşların hidrofopluğuna etkisini araştırmıştır. şekil 2.35’te gösterilen sonuçlara göre; 170°C’de termofikse gören kumaşların su temas açısının 200°C’de işlem görenlere göre 113°C’den 122°C’ye yükselmiştir.



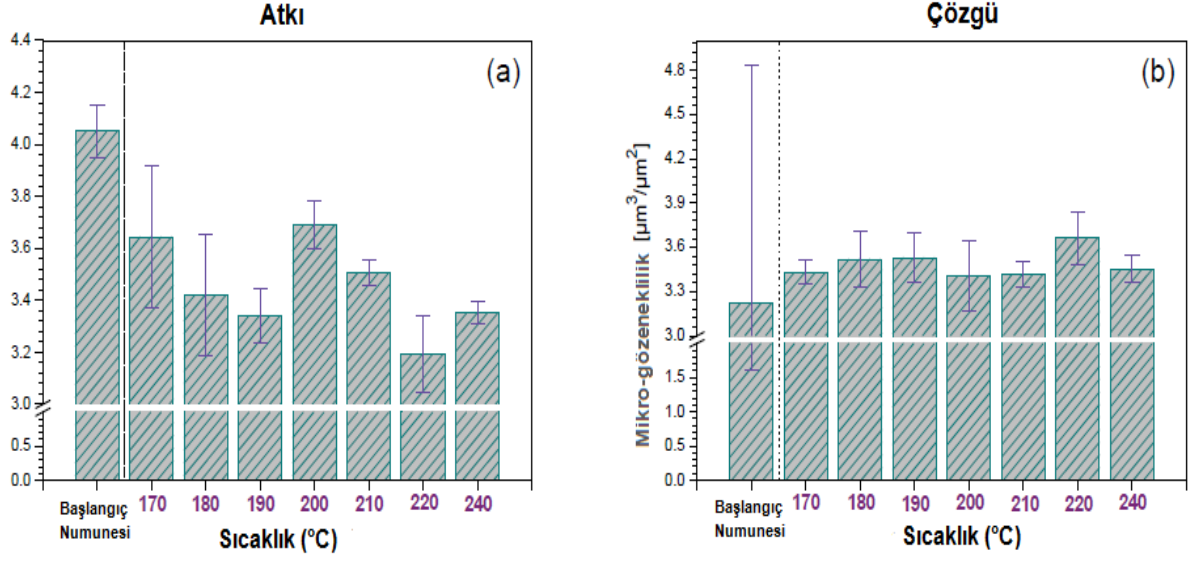
Şekil 2.35. Termofikse işlemi gören kumaşlara ait su temas açıları (Saha 2010)

Calvimontes (2009) tarafından yapılan çalışmaya göre; ortalama pürüzlülük varyasyonu kullanılarak yapılan hesaplamada, pilling faktörünün en düşük değerinin kesinlikle 200°C’de olduğu Şekil 2.36’da görülmektedir.



Şekil 2.36. Termofikse PES kumaşların Pilling Faktörleri (Saha 2010)

Tam tersine, atkı yüzeylerinin gözenekliliği, termofiksaj ile sabitlenmektedir. Bununla beraber, daha önce açıklandığı üzere, herhangi damlanın kumaş yüzeyine ilk teması çözümler sayesinde gerçekleşir; çünkü onların dalga genliği daha yüksektir. Termofikse olan kumaşların termofikse sıcaklığına bağlı gözenekliliği Şekil 2.37’de gösterilmiştir.



Şekil 2.37. Termofikse olan PES kumaşların mikro-gözenekliliği : a) Atkı, b) Çözü (Saha 2010)

Bu bilgilerden şu sonuca varılır ki; termofiksaj, boncuklanmayı azaltarak mezoskopik ölçüde kumaşı pürüzsüzleştirir; ama aynı zamanda, çözgü filamentleri arasındaki mesafeyi artırır. Oluşan etki, PES lif yüzeyleri ile su arasındaki temas alanının azalmasıdır ve bu da Cassie & Bexte’ye göre hidrofobluğu artırır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal ve Deney Planı

Kumaş geometrisini oluşturan temel parametrelerden bazıları olan kumaş konstrüksiyonu, atkı sıklığı ve iplik numarasının yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin ölçümü amacıyla farklı elyaf gruplarının oluşturduğu 4 farklı kumaş grubu üzerinde deneyler planlanmıştır.

Deneylerde 3 farklı kumaş grubu üzerinde çalışılmış olup, kumaşların yapısal özellikleri ile iplikler arası mesafe ve iplik çapının (d) hesaplanmasında kullanılan değerler Çizelge 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 ve 3.8’de detaylı olarak belirtilmiştir.

$$d = \frac{1}{29.3 \sqrt{\phi \rho_f Ne}} \text{ (inç)}$$

$$d = \frac{1}{280.2} \sqrt{\frac{\text{tex}}{\phi \rho_f}} \text{ (cm)}$$

ρ_f = lif yoğunluğu

ϕ = iplik paketlenmesi

d = iplik çapı

Ne = İng. pamuk sis. no.

tex = ağırlık sis. iplik no.

İplik çapının hesaplanmasında,

a. Paketleme yoğunluğu olarak, % 100 pamuklu (ring iplik) kumaşlarda ve % 100 Yünlü (Kamgarn iplik) kumaşlarda $\phi=0,6$; % 100 PES (devamlı filament) kumaşlarda $\phi=0,65$ ve Yün/PES karışım kumaşlarda ise $\phi=0,625$ kullanılmıştır.

b. Lif yoğunluğu olarak, % 100 Pamuklu kumaşlarda $\rho_f = 1,52$; % 100 Yünlü kumaşlarda $\rho_f = 1,32$; % 100 PES kumaşlarda $\rho_f = 1,38$ VE Yün/PES karışım kumaşlarda ise $\rho_f = 1,35$ (g/cm³) olarak kullanılmıştır.

c. Çözümlü İpliği Aralığı, p_1 (cm) = $1/n_1$ (n_1 : Çözümlü Sıklığı (tel/cm))

Atkı İpliği Aralığı, p_2 (cm) = $1/n_2$ (n_2 : Atkı Sıklığı (tel/cm))

Çözümlü Örtme Oranı, $c_1 = d \times n_1$

Atkı Örtme Oranı $c_2 = d \times n_2$

Toplam Örtme Oranı, $c = c_1 + c_2 - c_1 \times c_2$

Dört farklı elyaf içeriğinde ve dört farklı örgü türünde çalışma yapılan kumaşların görüntüsü Şekil 3.1’dedir.



Şekil 3.1. % 100 Pamuklu, % 100 Yünlü, % 45 Yün / % 55 PES ve % 100 PES elyaf içeriğine sahip bezayağı, Dimi 2/1, Panama 3/3 ve Çözü Sateni örgü türlerindeki kumaşlara ait görüntüler (Numuneler çözgü doğrultusunda konumlanmış olup ölçek aralıkları 1 mm'dir)

1. Grup (A Grubu):

Elyaf: % 100 Pamuk

Çözü Sıklığı : 50 tel/cm.

Atkı İplik Nu.: 40/1 Ne

Çözü İplik Nu.: 40/1 Ne.

Çizelge 3.1. “A Grubu” kumaşların elyaf içeriği, kumaş cinsi ve atkı sıklıkları

NUMUNE KODU	KUMAŞ CİNSİ	NOMİNAL ATKI SIKLIĞI (tel/cm)	ELYAF CİNSİ VE ORANI
A-1	BEZAYAĞI	22	% 100 PAMUK
A-2	DİMİ 2/1	22	% 100 PAMUK
A-3	PANAMA 3/3	22	% 100 PAMUK
A-4	ÇÖZGÜ SATENİ 5	22	% 100 PAMUK
A-5	BEZAYAĞI	25	% 100 PAMUK
A-6	DİMİ 2/1	25	% 100 PAMUK
A-7	PANAMA 3/3	25	% 100 PAMUK
A-8	ÇÖZGÜ SATENİ 5	25	% 100 PAMUK
A-9	BEZAYAĞI	28	% 100 PAMUK
A-10	DİMİ 2/1	28	% 100 PAMUK
A-11	PANAMA 3/3	28	% 100 PAMUK
A-12	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28	% 100 PAMUK

Çizelge 3.2. “A Grubu” kumaşların iplik çapı, iplik aralığı ve örtme oranı bilgileri

Kumaş Cinsi	(d) İplik Çapı (cm)	(n ₁) Nominal Çözü Sıklığı (tel/cm)	(P ₁) Çözü İpliği Aralığı (cm)	(n ₂) Nominal Atkı Sıklığı (tel/cm)	(P ₂) Atkı İpliği Aralığı (cm)	(C ₁) Çözü İpliği Örtme Oranı	(C ₂) Atkı İpliği Örtme Oranı	(C) Toplam Örtme Oranı
Bezayağı	0,014	49	0,020	22	0,045	0,69	0,31	0,78
	0,014	49	0,020	25	0,040	0,69	0,35	0,80
	0,014	49	0,020	28	0,036	0,69	0,39	0,81
Dimi 2/1 Z	0,014	49	0,020	22	0,045	0,69	0,31	0,78
	0,014	49	0,020	25	0,040	0,69	0,35	0,80
	0,014	49	0,020	28	0,036	0,69	0,39	0,81
Panama 3/3	0,014	49	0,020	22	0,045	0,69	0,31	0,78
	0,014	49	0,020	25	0,040	0,69	0,35	0,80
	0,014	49	0,020	28	0,036	0,69	0,39	0,81
Çözü Sateni 5	0,014	49	0,020	22	0,045	0,69	0,31	0,78
	0,014	49	0,020	25	0,040	0,69	0,35	0,80
	0,014	49	0,020	28	0,036	0,69	0,39	0,81

2. Grup (B Grubu):

Atkı İplik Nu.: 80/2 Nm

Çözü İplik Nu.: 80/2 Nm Çözü Sıklığı : 26 tel/cm

Çizelge 3.3. “B Grubu” Kumaşların Kumaş Cinsi, Elyaf Cinsi ve Atkı Sıklıkları

NUMUNE KODU	KUMAŞ CİNSİ	NOMİNAL ATKI SIKLIĞI (tel/cm)	ELYAF CİNSİ VE ORANI
B-1	ÇÖZGÜ SATENİ 5	31	% 100 Yün
B-2	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28	% 100 Yün
B-3	ÇÖZGÜ SATENİ 5	34	% 100 Yün
B-4	BEZAYAĞI	21	% 100 Yün
B-5	BEZAYAĞI	24	% 100 Yün
B-6	BEZAYAĞI	18	% 100 Yün
B-7	DİMİ 2/1	29	% 100 Yün
B-8	DİMİ 2/1	26	% 100 Yün
B-9	DİMİ 2/1	23	% 100 Yün
B-10	PANAMA 3/3	36	% 100 Yün
B-11	PANAMA 3/3	33	% 100 Yün
B-12	PANAMA 3/3	30	% 100 Yün
B-13	DİMİ 2/1	29	45/55 Yün/PES
B-14	DİMİ 2/1	26	45/55 Yün/PES
B-15	DİMİ 2/1	23	45/55 Yün/PES
B-16	PANAMA 3/3	36	45/55 Yün/PES
B-17	PANAMA 3/3	33	45/55 Yün/PES
B-18	PANAMA 3/3	30	45/55 Yün/PES
B-19	ÇÖZGÜ SATENİ 5	31	45/55 Yün/PES
B-20	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28	45/55 Yün/PES
B-21	ÇÖZGÜ SATENİ 5	34	45/55 Yün/PES
B-22	BEZAYAĞI	21	45/55 Yün/PES
B-23	BEZAYAĞI	24	45/55 Yün/PES
B-24	BEZAYAĞI	18	45/55 Yün/PES

Çizelge 3.4. “B Grubu” kumaşların iplik çapı, iplik aralığı ve örtme oranı bilgileri

Kumaş Cinsi	(d) İplik Çapı (cm)	(n ₁) Nominal Çözü Sıklığı (tel/cm)	(P ₁) Çözü İpliği Aralığı (cm)	(n ₂) Nominal Atkı Sıklığı (tel/cm)	(P ₂) Atkı İpliği Aralığı (cm)	(C ₁) Çözü İpliği Örtme Oranı	(C ₂) Atkı İpliği Örtme Oranı	(C) Toplam Örtme Oranı
Bezayağı	0,020	26	0,039	18	0,056	0,51	0,36	0,69
	0,020	26	0,039	21	0,048	0,51	0,42	0,72
	0,020	26	0,039	24	0,042	0,51	0,48	0,75
Dimi 2/1 Z	0,020	26	0,039	23	0,043	0,51	0,46	0,74
	0,020	26	0,039	26	0,038	0,51	0,52	0,76
	0,020	26	0,039	29	0,034	0,51	0,58	0,79
Panama 3/3	0,020	26	0,039	30	0,033	0,51	0,60	0,80
	0,020	26	0,039	33	0,030	0,51	0,66	0,83
	0,020	26	0,039	36	0,028	0,51	0,72	0,86
Çözü Sateni 5	0,020	26	0,039	28	0,036	0,51	0,56	0,78
	0,020	26	0,039	31	0,032	0,51	0,62	0,81
	0,020	26	0,039	34	0,029	0,51	0,68	0,84

3. Grup (C Grubu):

Elyaf Cinsi ve Yüzdesi : % 100 PES **Çözü Sıklığı :** 60 tel/cm

Atkı ve Çözü iplik Nu.: 150 denye **Filament Sayısı :** 48

Çizelge 3.5. “C Grubu” Kumaşların elyaf içeriği, kumaş Cinsi ve atkı sıklıkları

NUMUNE KODU	KUMAŞ CİNSİ	MEKANİK	
		ATKI SIKLIĞI (tel/cm)	ELYAF CİNSİ VE ORANI
C-1	BEZAYAĞI	16	% 100 PES
C-2	BEZAYAĞI	19	% 100 PES
C-3	BEZAYAĞI	22	% 100 PES
C-4	DİMİ 2/1	20	% 100 PES
C-5	DİMİ 2/1	23	% 100 PES
C-6	DİMİ 2/1	26	% 100 PES
C-7	ÇÖZGÜ SATENİ 5	27	% 100 PES
C-8	ÇÖZGÜ SATENİ 5	30	% 100 PES
C-9	ÇÖZGÜ SATENİ 5	33	% 100 PES
C-10	PANAMA 3/3	42	% 100 PES
C-11	PANAMA 3/3	45	% 100 PES
C-12	PANAMA 3/3	48	% 100 PES

Çizelge 3.6. “C Grubu” kumaşların iplik aralığı ve örtme oranı bilgileri

Kumaş Cinsi	(d) İplik Çapı (cm)	(n ₁) Mekanik Çözümlü Sıklığı (tel/cm)	(P ₁) Çözümlü İpliği Aralığı (cm)	(n ₂) Mekanik Atkı Sıklığı (tel/cm)	(P ₂) Atkı İpliği Aralığı (cm)	(C ₁) Çözümlü İpliği Örtme Oranı	(C ₂) Atkı İpliği Örtme Oranı	(c) Toplam Örtme Oranı
Bezayağı	0,015	60	0,017	16	0,063	0,90	0,24	0,92
	0,015	60	0,017	19	0,053	0,90	0,29	0,93
	0,015	60	0,017	22	0,045	0,90	0,33	0,93
Dimi 2/1 Z	0,015	60	0,017	20	0,050	0,90	0,30	0,93
	0,015	60	0,017	23	0,043	0,90	0,35	0,93
	0,015	60	0,017	26	0,038	0,90	0,39	0,94
Panama 3/3	0,015	60	0,017	27	0,037	0,90	0,41	0,94
	0,015	60	0,017	30	0,033	0,90	0,45	0,95
	0,015	60	0,017	33	0,030	0,90	0,50	0,95
Çözümlü Sateni 5	0,015	60	0,017	42	0,024	0,90	0,63	0,96
	0,015	60	0,017	45	0,022	0,90	0,68	0,97
	0,015	60	0,017	48	0,021	0,90	0,72	0,97

4. Grup (D Grubu):

Elyaf Cinsi : % 100 PES

Atkı ve Çözümlü İplik Nu.: 150 Denye Filament İplik

Çizelge 3.7. “D Grubu” kumaşların elyaf içeriği, kumaş cinsi, filament sayısı ve atkı sıklıkları

NUMUNE KODU	KUMAŞ CİNSİ	MEKANİK		
		ATKI SIKLIĞI (tel/cm)	FİLAMENT SAYISI	ELYAF CİNSİ VE ORANI
D-1	BEZAYAĞI	16	48	% 100 PES
D-2	BEZAYAĞI	22	48	% 100 PES
D-3	ÇÖZGÜ SATENİ 5	25	48	% 100 PES
D-4	ÇÖZGÜ SATENİ 5	35	48	% 100 PES
D-5	BEZAYAĞI	16	72	% 100 PES
D-6	BEZAYAĞI	22	72	% 100 PES
D-7	ÇÖZGÜ SATENİ 5	25	72	% 100 PES
D-8	ÇÖZGÜ SATENİ 5	35	72	% 100 PES
D-9	BEZAYAĞI	16	96	% 100 PES
D-10	BEZAYAĞI	22	96	% 100 PES
D-11	ÇÖZGÜ SATENİ 5	25	96	% 100 PES
D-12	ÇÖZGÜ SATENİ 5	35	96	% 100 PES

Çizelge 3.8. “D Grubu” kumaşların iplik aralığı ve örtme oranı bilgileri

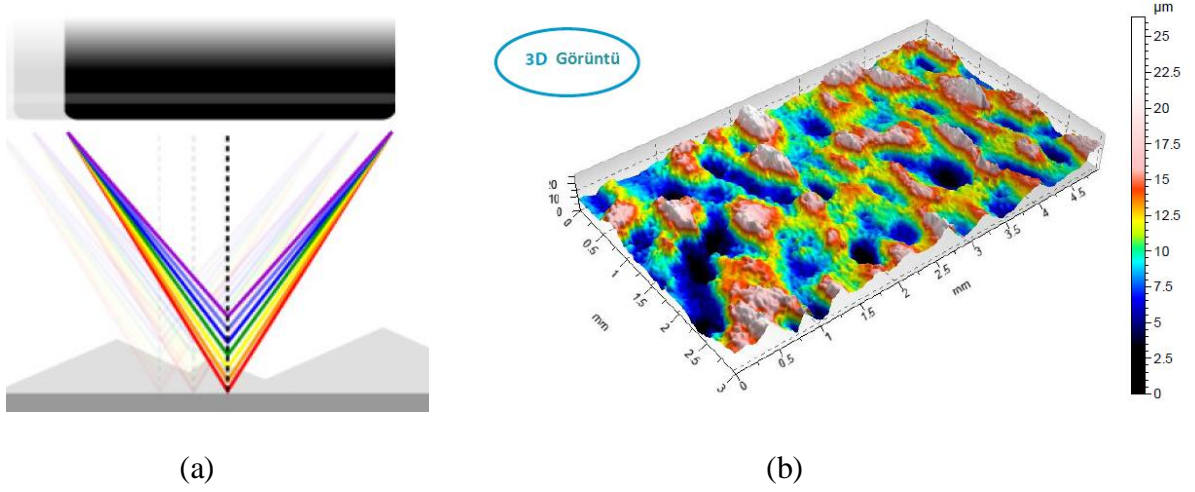
Kumaş Cinsi	(d) İplik Çapı (cm)	(n ₁) Mekanik Çözümlü Sıklığı (tel/cm)	(P ₁) Çözümlü İpliği Aralığı (cm)	(n ₂) Mekanik Atkı Sıklığı (tel/cm)	(P ₂) Atkı İpliği Aralığı (cm)	(C ₁) Çözümlü İpliği Örtme Oranı	(C ₁) Çözümlü İpliği Örtme Oranı	(C ₂) Atkı İpliği Örtme Oranı
Bezayağı	0,015	60	0,017	16	0,063	0,90	0,24	0,92
	0,015	60	0,017	22	0,045	0,90	0,33	0,93
Çözümlü Sateni 5	0,015	60	0,017	25	0,030	0,90	0,38	0,94
	0,015	60	0,017	35	0,019	0,90	0,53	0,95

3.2 Test Yöntemleri

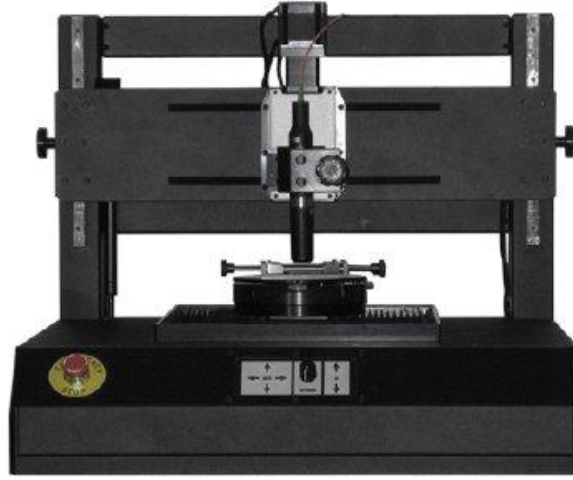
3.2.1 Topografik analiz ile pürüzlülük ölçümü

Leising tarafından (2014) belirtildiği üzere, temassız yöntemlerde kumaş yüzeyine ışık gönderilmesi ve yansıyan ışığa ait değerlerin opto-elektronik sistemler vasıtasıyla ölçülmesiyle kumaş yüzeyinin 3 boyutlu topografik görüntüsü ve pürüzlülük değerleri elde edilebilmektedir. Bu kapsamda, Afyon Kocatepe Üniversitesinde bulunan Şekil 3.2’deki 3 boyutlu temassız profilometre cihazı (Nanovea ST400) ile kumaş yüzeyinin Şekil 3.1 (b)’deki gibi 3 boyutlu profili (topografyası) ve pürüzlülük değerleri elde edilecektir. Eksensel tekniğin kullanıldığı bu cihazda beyaz ışık kaynağı vardır. Şekil 3.1 (a)’da görüldüğü gibi, ışık, mercek lensinden yüksek derecede kromatik sapma ile geçer. Lensin kırılma indisi, ışığın dalga boyuna göre değişiklik göstermektedir. Beyaz ışığı oluşturan her dalga boyu, lensten farklı bir mesafede odaklanacaktır. Ölçülen numune, muhtemel yükseklik aralıklarındayken, görüntü oluşturmak için tek bir monokromatik noktaya odaklanacaktır. Sistemin aynı odaklı konfigürasyonundan dolayı, sınırları belli filtreden sadece odaklanan dalga boyu yüksek verimlilikle geçecek, sonuçta diğer dalga boylarının odak dışında kalmasına yol açacaktır. Spektral analiz, kimimi ağı kullanılarak yapılır. Bu teknik, her bir dalga boyunu farklı bir pozisyona saptırır, CCD çizgisi oluşumunu engeller, sırayla maksimum yoğunluk pozisyonunu gösterir ve Z yükseklik pozisyonuna direk uyuşmaya izin verir. Prob teması veya interferometri (dalga boylarının girişimölçerle ölçülmesi) tekniğinden kaynaklanan hataların aksine, beyaz ışık eksensel kromatizma teknolojisi, odaktaki numunenin yüzeyine çarpan dalga boyunun ortaya çıkarılmasından direk olarak yüksekliği ölçer. Bu ölçüm, matematiksel yazılım kullanmadan yapılan direk ölçümdür. Bu durum,

ölçülen yüzey üzerinde emsalsiz doğruluk sağlamakta, çünkü bir veri noktası ya yazılım çevirisi olmadan direk ölçülecektir ya da hiç ölçülmeyecektir.



Şekil 3.2. (a) Profilometre cihazı ile ölçümde odaklanma
(b) Profilometre cihazı ile ölçümde 3 boyutlu görüntü (Leising 2014)



Şekil 3.3. Pürüzlülük ölçümlerinin yapıldığı Nanovea ST400 Cihazı

Ölçümler, 4000 x 4000 µm'lik mesafede gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonucunda numuneye ait x ve y eksenleri boyunca, ISO 4287 ve ISO 25178 standartlarında yer alan pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Numunelerin karşılaştırılmasında “Ra” değerleri kullanılmıştır. Toplam yüzey alanının pürüzlülük değeri olan “Sa” değerinin

hesaplanmasında, boşluklu yerler de değerlendirmeye alındığından; toplam pürüzlülük değeri olarak “Sa” kullanılmıştır. Her numuneden atkı ve çözgü yönünde ikişer ölçüm yapılmıştır.

3.2.2 Sürtünme katsayısı ölçümü

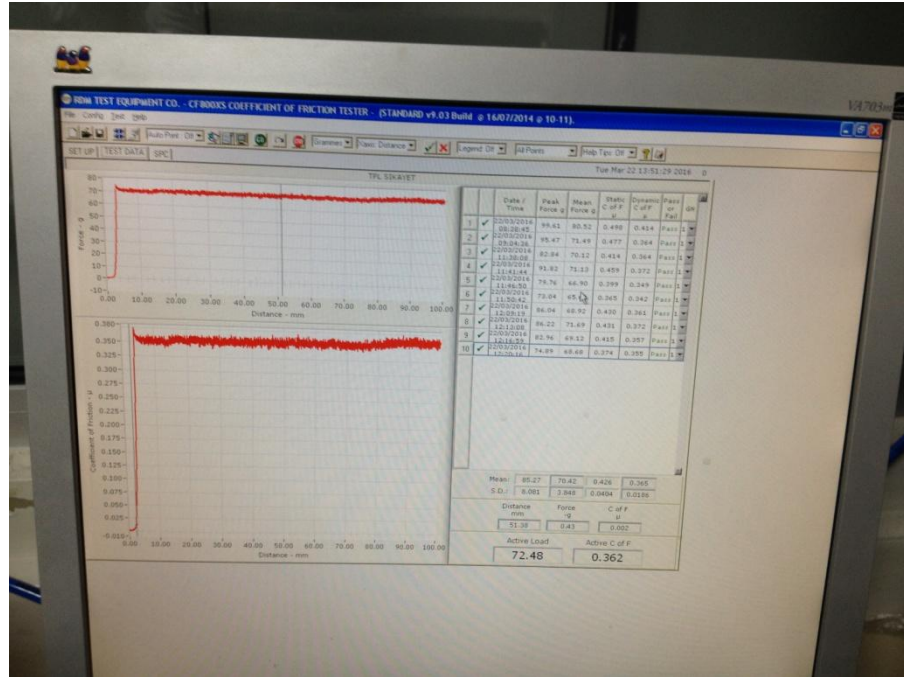
Kumaşlara ait sürtünme katsayılarının ölçümü için ASTM D 1894-08 : Plastik film ve kaplamaların statik ve kinetik sürtünme katsayıları için standart test metodu kullanılmıştır. Bu metoda göre testler Şekil 3.3’te gösterilen RDM Test Equipment cihazında gerçekleştirilmiştir. Yatay düzlemdeki yaklaşık 20x70 cm kumaşın üzerine, yüzeyine yine aynı kumaş gerilen 200 gramlık bağımsız ve taşınabilir 10x10 cm ebatında ağırlık yerleştirilmektedir. Söz konusu ağırlık, bağlantı ipiyle, cihaza bağlı olan ve hareket edebilen cihaz kafasına bağlanmaktadır. Cihazın çalıştırılmasıyla beraber, söz konusu aparat 150 mm/dakika sabit hızda 10 cm.lik mesafede ilerleyerek 200 g.lık ağırlığı da beraberinde sürüklemektedir. Bu ilerleme esnasında, kumaşın karşılaştığı direnç kuvveti sürekli olarak her yarım mm.de ölçülmekte ve kaydedilmektedir. Bu şekilde kumaşın ilk hareket ettiği andaki direnci olan kuvvetin, 200 gramlık kuvvete oranlanmasıyla statik sürtünme katsayısı, devamında ise kinetik sürtünme katsayıları ölçülerek kaydedilmekte ve 10 cm. boyunca elde edilen tüm kinetik sürtünme katsayılarının ortalaması hesaplanarak Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’teki ekranlarda görüntülenmektedir.



Şekil 3.4. RDM Sürtünme Katsayısı Ölçüm Cihazı



Şekil 3.5. RDM Sürtünme Katsayısı Ölçüm Cihazı Ölçüm Ekran Görüntüsü



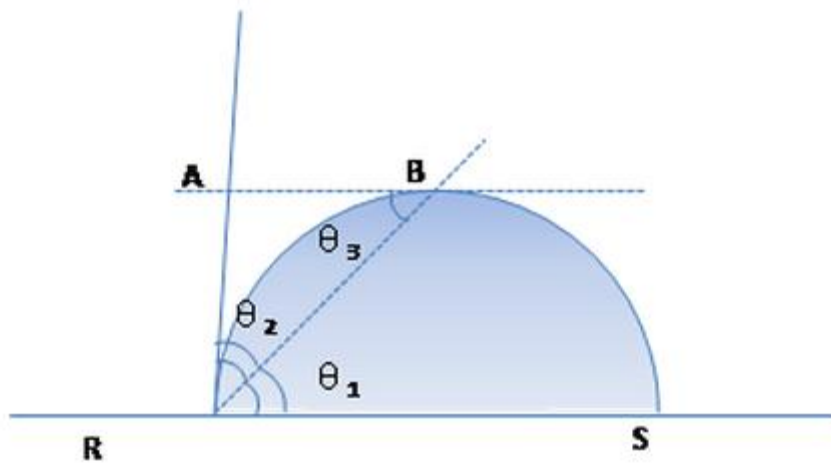
Şekil 3.6. RDM Sürtünme Katsayısı Ölçüm Cihazına Ait Mesafeye Bağlı Sürtünme Katsayısı/Sürtünme Kuvveti Değişimi Grafiklerinin Görüntüsü

3.2.3 Temas açısı ölçümü

A ve D Grubu kumaşlar teste tabi tutulmuş olup, D Grubu kumaşlara su itici apre uygulanmıştır. Su itici apre uygulanacak kumaşlar öncelikle 60°C’de yıkama işlemine tabi tutulmuş, daha sonra bir parti 20 g/lit su itici apre konsantrasyonundaki flottede, bir parti de 40 g/lit su itici apre konsantrasyonundaki flottede, alınan flotte % 80 olacak şekilde laboratuvar şartlarında emdirilerek kurutulmuş ve daha sonra fikse edilmiştir.

Temas Açısı Ölçümünde, “TS EN 828 Yapıştırıcılar-İslanabilirlik-Katı Yüzeyin Temas Açısının ve Kritik Yüzey Geriliminin Ölçülmesi Yoluyla Tayin Standardı”na göre, $\theta/2$ yöntemi esas alınarak ölçüm planlanmaktadır. 0,01 mililitre sıvı damla, katı yüzey (kumaş) üzerinde kendi yüzey gerilimi ile yaklaşık 1,33 mm çaptaki bir küre formuna gelmektedir. Bu mesafe, D grubu % 100 PES kumaşlarda 8 çözgü ipliği ve 2-4 atkı ipliğine karşılık gelmektedir. Yüksek hacimlerde yerçekiminin etkisi söz konusu olduğundan 1-5 ul hacim gerekmektedir. Hesaplama işleminde, yazılım, yakalanan görüntüden, sağ bitiş noktası, sol bitiş noktası ve damlanın tepe noktasını tespit eder. Damlanın çapı ve yüksekliği, tespit edilen bu 3 noktadan hesaplanmakta ve aşağıdaki formülden de $\theta/2$ hesaplanmaktadır:

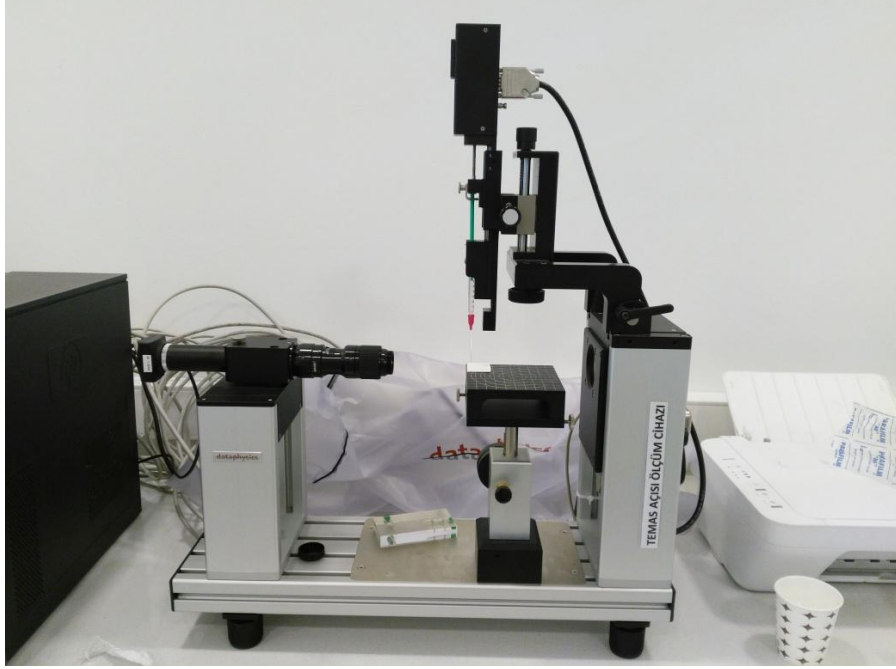
Damla 3 boyutlu kürenin bir parçası iken ve Şekil 3.6’daki gibi damlanın 2 boyutlu profili de bir daire iken,



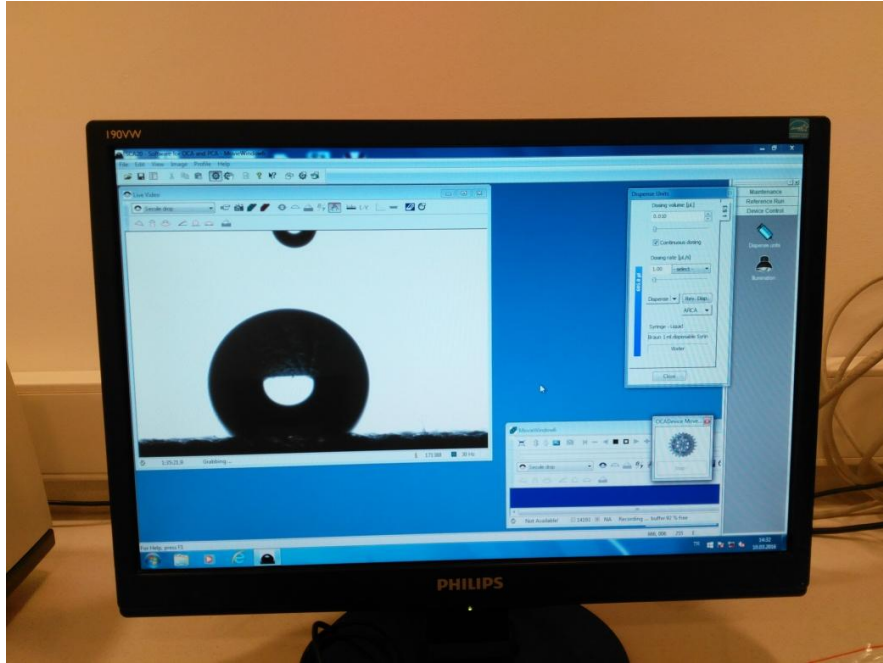
Şekil 3.7. “Temas Açısı”nın geometrik gösterimi

- $\theta_1 = \theta_3$ ($|AB|/|RS|$), $\theta_2 = \theta_3$ ($|AB|=|AR|$), $\theta_1 = \theta_2$, $2 \times \theta_1 = \theta$
- $\tan \theta_1 = h/r \rightarrow \theta = 2 \times \text{atan}(h/r)$

Temas açısı ölçümleri için Şekil 3.7’deki “Dataphysics” temas açısı ölçüm cihazından istifade edilmiştir. Damlanın görüntüsü Şekil 3.8’deki ekrana aktarılarak istenen zamanda hesaplama yapılabilmekte ve görüntü kaydı yapılabilmektedir.



Şekil 3.8. “Temas Açısı” ölçümlerinin yapıldığı cihaz



Şekil 3.9. “Temas Açısı” ölçümlerinin yapıldığı cihazdan alınan ekran görüntüsü

4. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR

4.1 Kumaş Yüzeylerinin Topografik Analizi

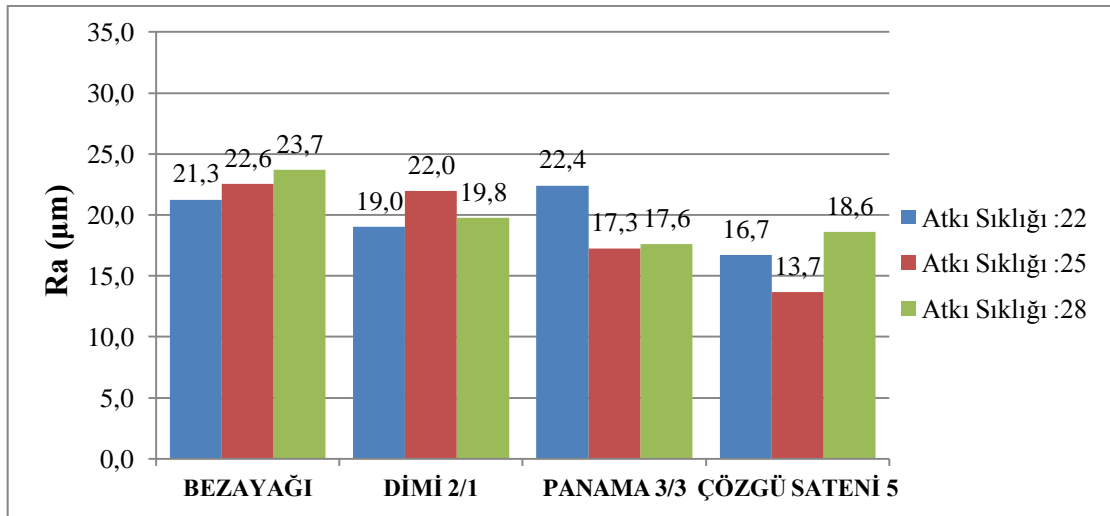
4.1.1 A Grubu (% 100 Pamuklu) kumaşların ölçüm sonuçları ve bulgular

A Grubu (% 100 Pamuklu) kumaşların hem atkı hem de çözgü yönünde pürüzlülük ölçümleri yapılmış olup, elde edilen veriler Çizelge 4.1'de, elde edilen verilerle hazırlanan grafikler ise Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. %100 pamuklu ham kumaşların çözgü, atkı yönündeki ve toplam pürüzlülük değerleri (Ra, Sa)

NUMUNE	Ra (μm , Atkı)						Ra (μm , Çözgü)						Sa (μm)
	Boşluksuz Bölge			Boşluklu Bölge			Boşluksuz Bölge			Boşluklu Bölge			
	1	2	ORT	1	2	ORT	1	2	ORT	1	2	ORT	
A-1	22,3	30,3	26,3	107,0	112,0	109,5	22,0	20,5	21,3	90,2	103,0	96,6	74,9
A-2	29,8	30,2	30,0	67,6	71,3	69,5	18,8	19,2	19,0	56,1	76,9	66,5	59,3
A-3	23,4	29,5	26,5	82,1	76,1	79,1	20,8	24,0	22,4	79,7	51,9	65,8	87,7
A-4	31,6	34,8	33,2	97,0	98,6	97,8	21,6	11,8	16,7	91,9	41,4	66,7	69,3
A-5	29,0	22,8	25,9	90,5	91,5	91,0	21,5	23,6	22,6	99,5	126,0	112,8	67,3
A-6	31,5	24,5	28,0	73,2	80,2	76,7	24,5	19,5	22,0	90,7	108,0	99,4	62,3
A-7	15,7	15,4	15,6	70,6	86,4	78,5	18,9	15,6	17,3	75,7	68,8	72,3	75,9
A-8	31,6	34,7	33,2	80,1	73,1	76,6	12,9	14,4	13,7	77,4	69,4	73,4	71,9
A-9	19,9	20,9	20,4	74,3	54,8	64,6	21,2	26,2	23,7	47,6	46,2	46,9	59,0
A-10	23,6	22,9	23,3	56,4	72,0	64,2	21,3	18,2	19,8	69,3	84,1	76,7	49,6
A-11	26,2	23,6	24,9	77,9	88,2	83,1	15,7	19,5	17,6	87,6	95,2	91,4	166,0
A-12	36,6	29,8	33,2	75,0	68,4	71,7	18,6	18,6	18,6	91,2	84,7	88,0	54,8

a. Çözgü yönündeki etkisi :



Şekil 4.1. % 100 Pamuklu kumaşlarda çözgü yönünde boşluksuz bölgede elde edilen pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı

Bulgular:

1. Çözgü yönünde en yüksek pürüzlülük değerleri bezayağı örgüde çıkmıştır. Atkı sıklığının artmasıyla panama kumaşta pürüzlülük değeri azalmış, bezayağı örgü türünde ise belirgin bir değişim görülmemiştir. Diğer kumaşlarda ise atkı sıklığı ile çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri arasında belirgin bir ilişki kurulamamıştır.

2. A grubundaki;

a. 22 atkı sıklığına sahip farklı kumaş cinslerine ait çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p_a=0,004$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
KUMAŞ CİNSİ	3	135.72	45.24	28.61	0.004
Hata	4	6.33	1.58		
Toplam	7	142.05			

$$S = 1.257 \quad R-Sq = 95.55\% \quad R-Sq(adj) = 92.21\%$$

b. 25 atkı sıklığına sahip farklı kumaş cinslerine ait çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p_b=0,051$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
KUMAŞ CİNSİ	3	105.80	35.27	6.48	0.051
Hata	4	21.78	5.45		
Toplam	7	127.58			

$$S = 2.333 \quad R-Sq = 82.93\% \quad R-Sq(adj) = 70.12\%$$

c. Bu durumda, $p_a=0,004 < 0,05$ ve $p_b=0,051 \approx 0,05$ olduğundan, kumaş cinsi ile çözgü yönünde pürüzlülük arasında % 95 güven limitleri dahilinde ilişki olduğu, yani kumaş cinsinin çözgü yönündeki pürüzlülüğe etkisi olduğu değerlendirilmektedir.

d. Farklı örgü türüne ait kumaşların, birim alandaki veya mesafedeki bağlantı ve atlama sayıları farklı olmaktadır. Bu durum ise kumaş geometrisinde önemli farklılıklar meydana getirmekte ve bu kumaş yüzeyinin profilini ve dolayısıyla da pürüzlülük değerlerini değiştirmektedir. Örgü türleri arasında birim alanda en çok bağlantı noktası ve atlama sayısına

sahip olan bezayağı türüdür. Birim mesafedeki bağlantı ve atlama sayısının yüksek olması ise, birim mesafedeki pik sayısının ve yüksekliğinin artmasına dolayısıyla da pürüzlülük değerinin yükselmesine yol açmaktadır. En düşük pürüzlülük değeri ise saten örgü türünde görülmektedir. Bunun nedeni ise; saten örgüde çözgü yönünde çözgü ipliğinin 4 atkı ipliği üzerinde yüzmesi sonucunda, bu mesafede düz bir yüzeyin oluşmasıdır.

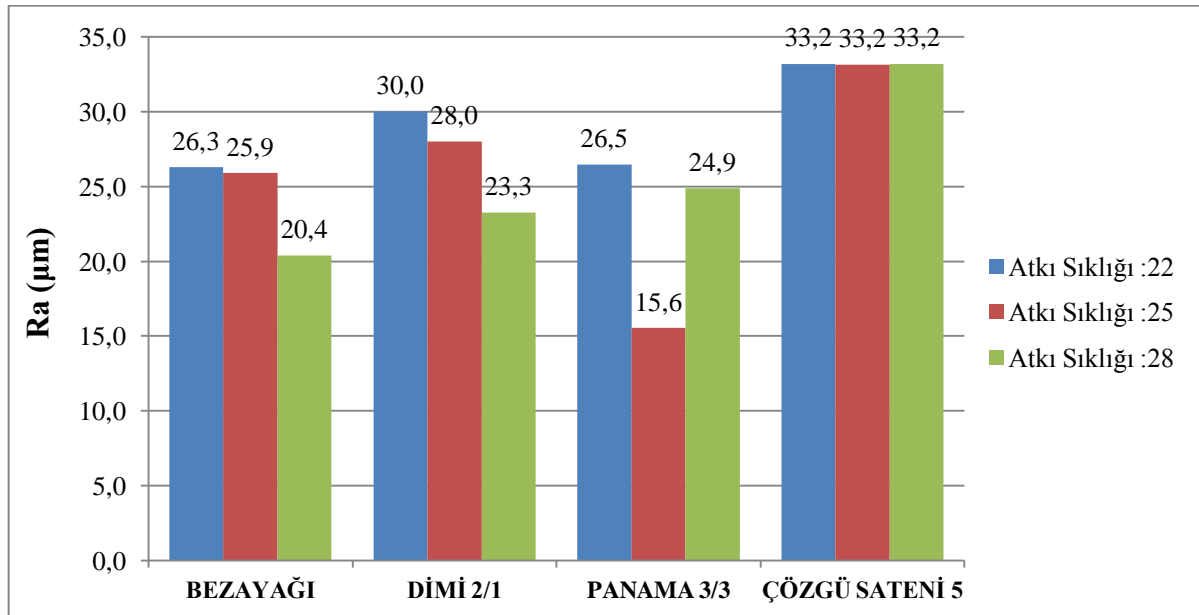
3. A grubundaki bezayağı kumaş türünde farklı atkı sıklıklarına sahip kumaşların çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,617$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	6.01	3.00	0.57	0.617
Hata	3	15.83	5.28		
Toplam	5	21.84			

S = 2.297 R-Sq = 27.52% R-Sq(adj) = 0.00%

Bu durumda, $p=0,617 > 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde pürüzlülük arasında % 95 güven limitleri dahilinde ilişki olmadığı, yani atkı sıklığının çözgü yönündeki pürüzlülüğe önemli bir etkisi olmadığı değerlendirilmektedir.

b. Atkı yönündeki etkisi:



Şekil 4.2. % 100 Pamuklu kumaşlarda atkı yönünde boşluksuz bölgede elde edilen pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı

Bulgular:

1. Bezayağı ve dimi kumaşlarda atkı sıklığının artmasıyla, atkı yönündeki pürüzlülük değerleri azalırken, satende belirgin bir değişim görülmemiştir. Panama kumaşta ise, atkı sıklığı ile atkı yönünde pürüzlülük arasında belirgin bir ilişki kurulamamıştır.

2. Atkı yönünde pürüzlülük değerleri en yüksek olan örgü türü saten olmuştur. Diğer örgü türlerinde birbirine yakın pürüzlülük değerleri görülmektedir. A grubundaki;

a. 22 atkı sıklığına sahip farklı kumaş cinslerine ait atkı yönündeki pürüzlülük değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p_a=0,333$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
KUMAŞ CİNSİ	3	64.9	21.6	1.55	0.333
Hata	4	55.8	14.0		
Toplam	7	120.7			
S = 3.735		R-Sq = 53.75%		R-Sq(adj) = 19.07%	

b. 25 atkı sıklığına sahip farklı kumaş cinslerine ait atkı yönündeki pürüzlülük değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p_b=0,253$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
KUMAŞ CİNSİ	3	73.7	24.6	2.02	0.253
Hata	4	48.6	12.1		
Toplam	7	122.3			
S = 3.485		R-Sq = 60.27%		R-Sq(adj) = 30.48%	

c. Bu durumda, $p_a=0,333 > 0,05$ ve $p_b=0,253 > 0,05$ olduğundan, kumaş cinsi ile atkı yönünde pürüzlülük arasında % 95 güven limitleri dahilinde ilişki olmadığı, yani kumaş cinsinin atkı yönündeki pürüzlülüğe önemli etkisi olmadığı değerlendirilmektedir.

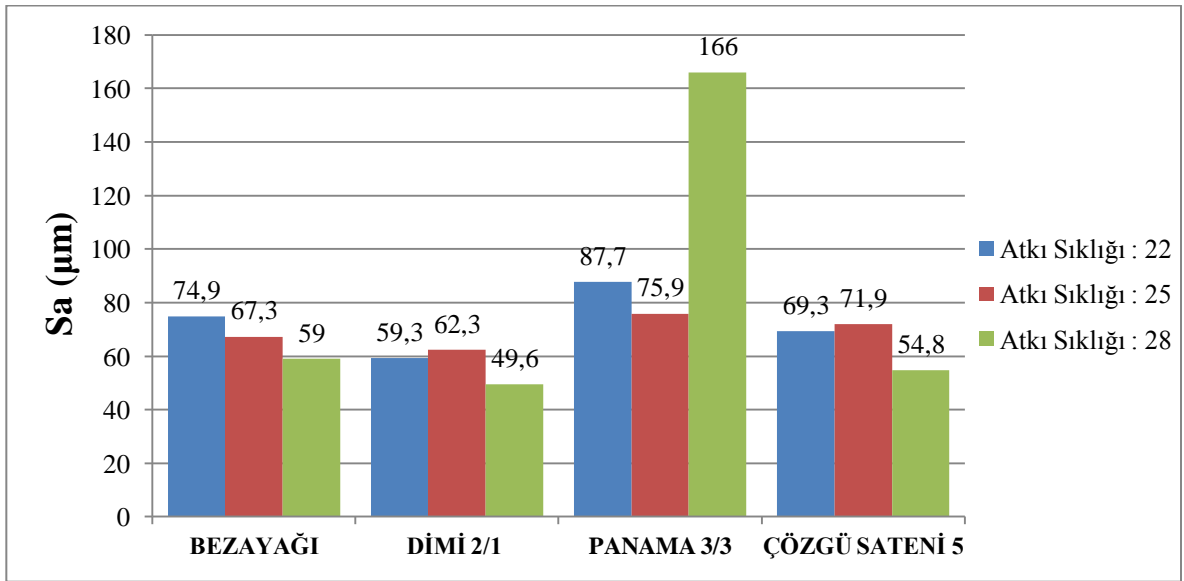
3. A grubundaki bezayağı örgü türünde farklı atkı sıklıklarına sahip kumaşların atkı yönündeki pürüzlülük değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,400$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	43.5	21.7	1.26	0.400
Hata	3	51.7	17.2		
Toplam	5	95.2			
S = 4.152		R-Sq = 45.67%		R-Sq(adj) = 9.45%	

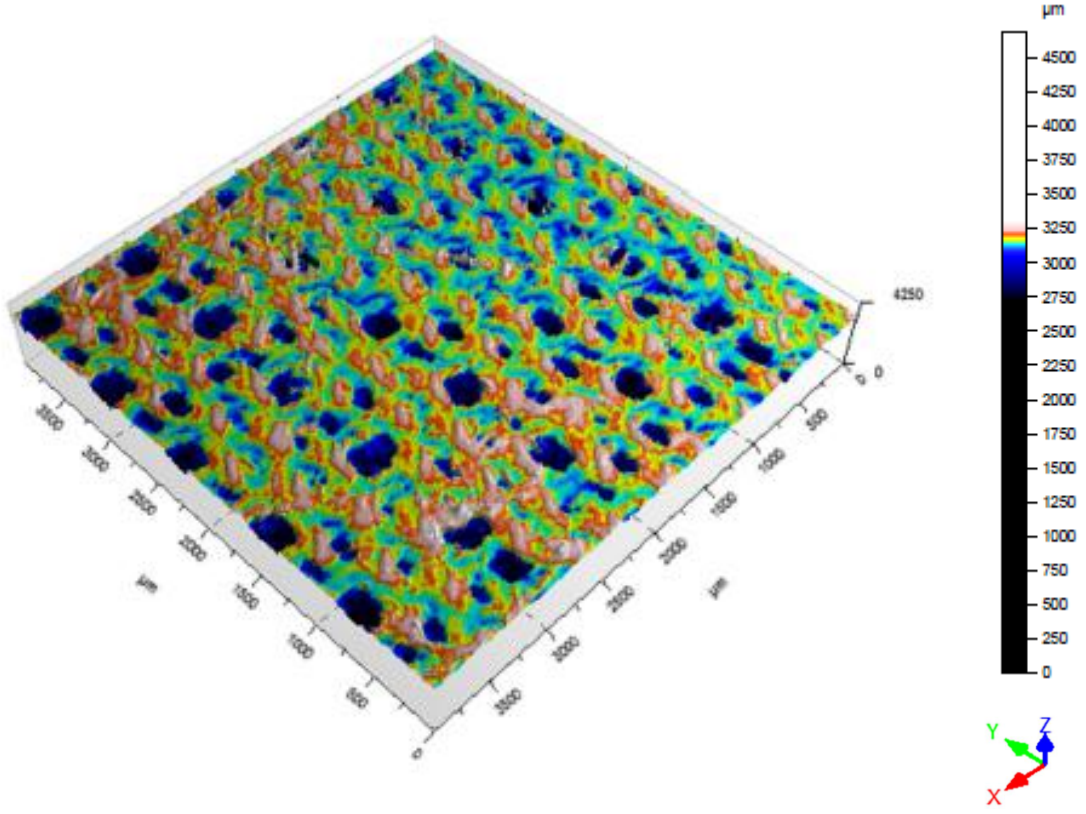
Bu durumda, $p=0,400 > 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile atkı yönünde pürüzlülük arasında % 95 güven limitleri dahilinde ilişki olmadığı, yani atkı sıklığının cinsinin atkı yönündeki pürüzlülüğe önemli etkisi olmadığı değerlendirilmektedir.

c. Toplam pürüzlülüğün (Sa) incelenmesi

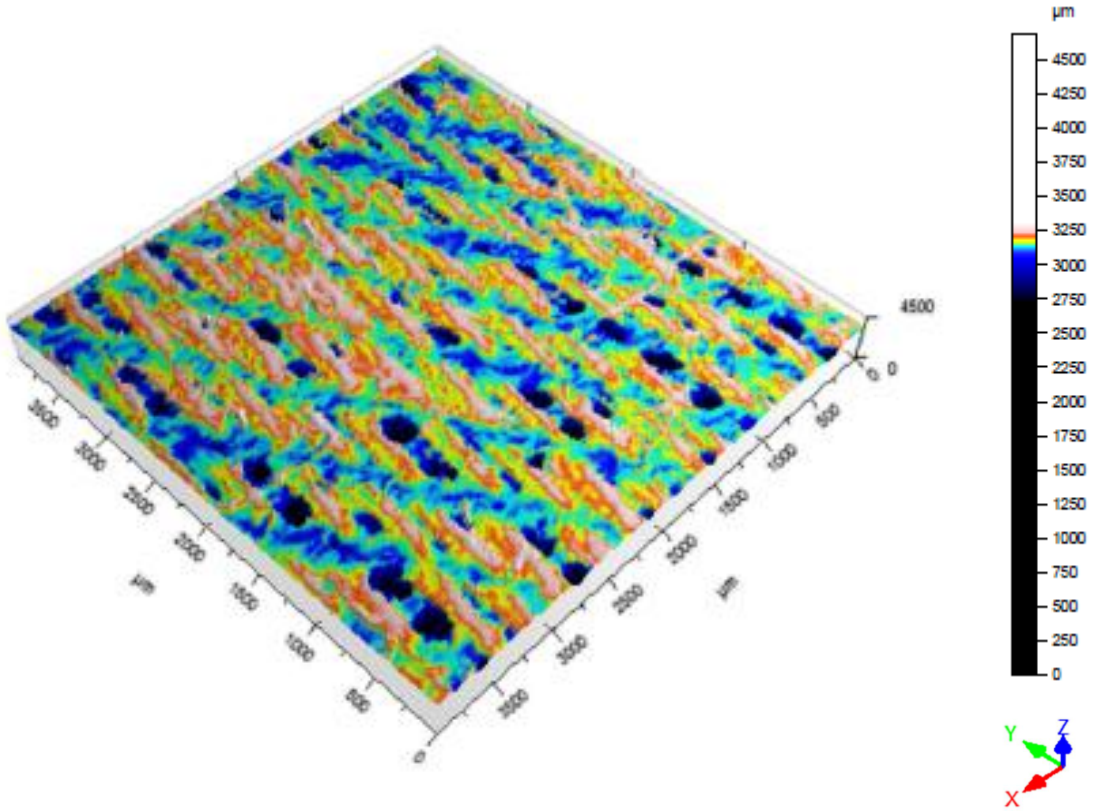
% 100 Pamuklu kumaşlara ait toplam pürüzlülük (Sa) verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Yine aynı kumaşlara ait topografik görüntüler Şekil 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7’de bulunmaktadır.



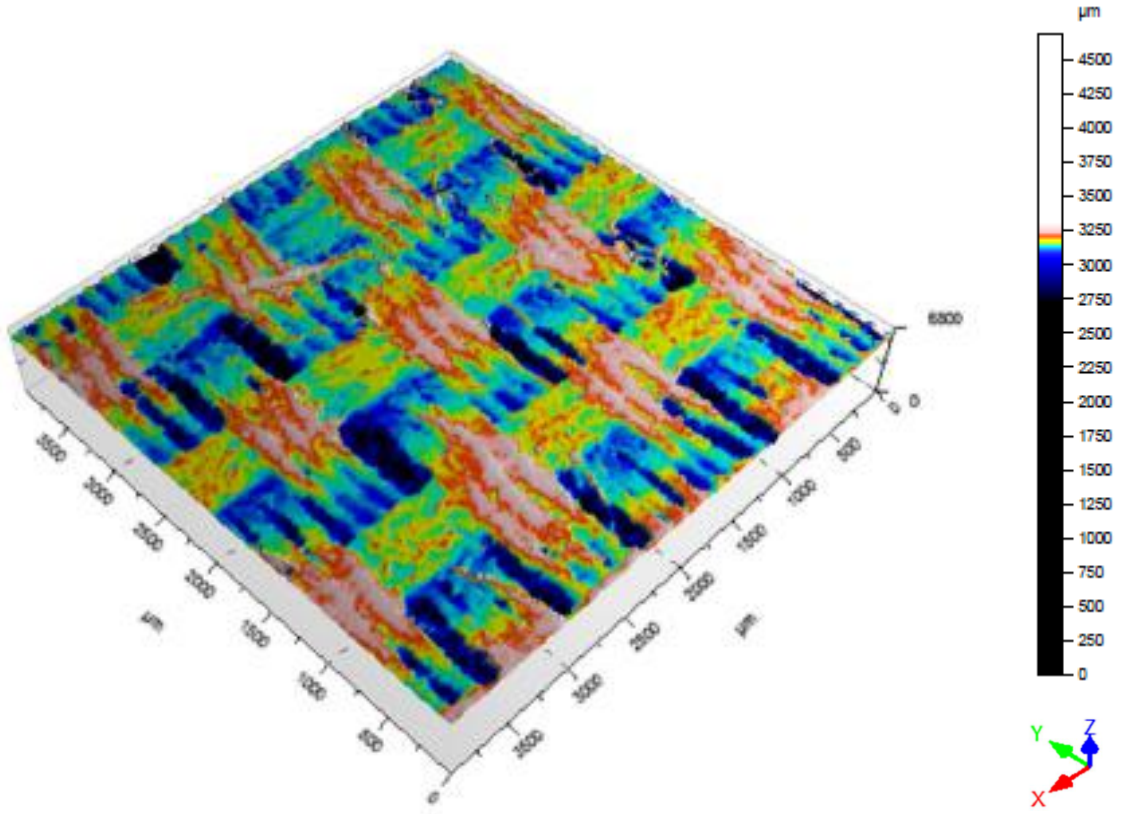
Şekil 4.3. % 100 Pamuklu kumaşlarda elde edilen toplam pürüzlülük değerlerinin (Sa) kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı



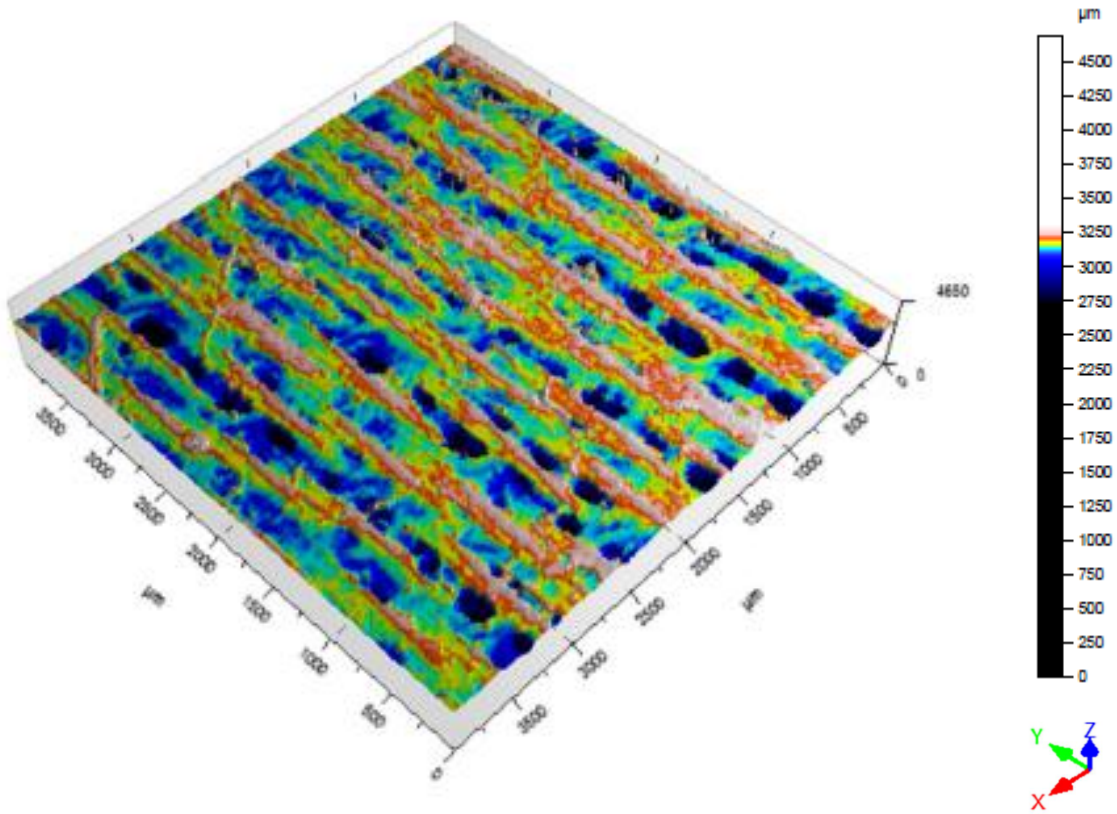
Şekil 4.4. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşın topografik görüntüsü



Şekil 4.5. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki dimi kumaşın topografik görüntüsü



Şekil 4.6. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki panama kumaşın topografik görüntüsü



Şekil 4.7. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki saten kumaşın topografik görüntüsü

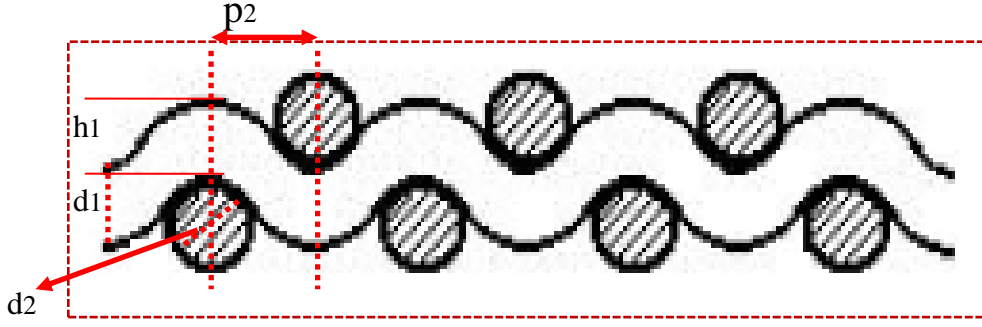
Bulgular: Atkı sıklığındaki artışın genellikle panama haricindeki tüm kumaş cinslerinde azalmaya neden olduğu, görülmektedir. Örgü türlerine göre inceleme yapılırsa; panama kumaşın pürüzlülük değerlerinin diğer kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin, örgünün yapısı gereği atkı ve çözgü ipliklerinin diğer iplikler üzerinde üç iplik boyunca yüzer pozisyonda olması sonucu birim mesafedeki pik hacminin daha fazla olmasıdır. Topografik görüntülerden de anlaşılacağı üzere, panama örgüdeki boşluklar diğer örgülere göre daha fazladır.

“A Grubu” (% 100 Pamuklu) Ham Kumaşların Analizi:

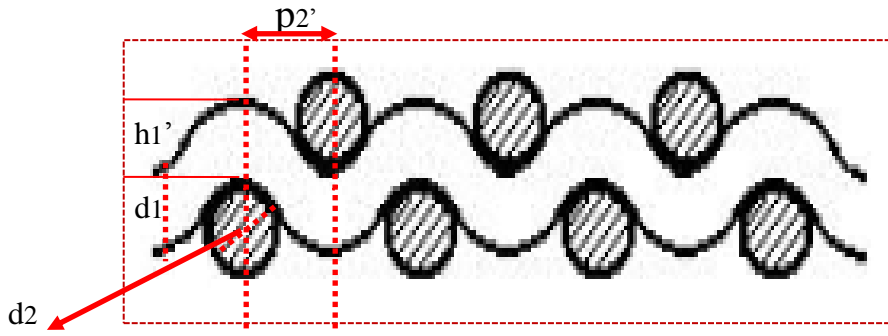
1. Örgü türüne göre incelendiğinde, atkı yönünde en yüksek pürüzlülük değerlerine saten kumaşların sahip olduğu; çözgü yönünde ise, atkı sıklığına göre durumun değişiklik gösterdiği görülmektedir.

2. Yapılan varyans analizleri sonucunda, atkı sıklığının çözgü veya atkı yönündeki pürüzlülük değerlerine belirgin bir etkisi olmadığı görülmektedir. Örgü türünün ise, sadece çözgü yönünde etkisi olduğu görülmüş olup, atkı yönünde belirgin bir etkisi olmadığı anlaşılmaktadır.

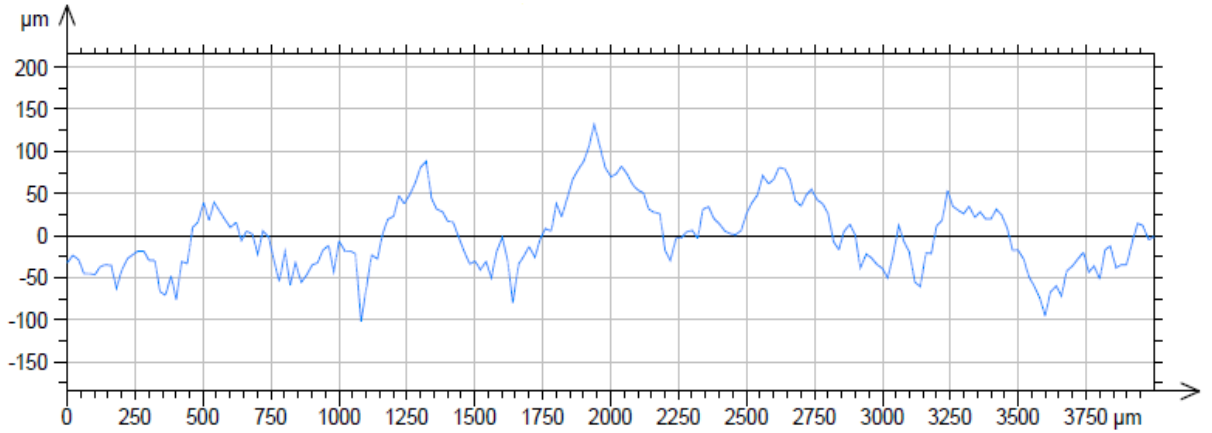
3. Atkı sıklığının artmasıyla, bezayağı kumaşta atkı iplikleri arasındaki mesafe azalacak ve çözgü kıvrımının artmasıyla Şekil 4.8’de görüldüğü gibi, Şekil 4.9’a göre çözgü yönünde daha kompakt bir yapı oluşacaktır. Bu durumda, birim mesafedeki pik sayısının artması beklenmektedir. Elde edilen veriler incelendiğinde de, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de de görüldüğü üzere atkı sıklığındaki artışın çözgü yönündeki pürüzlülüğü arttırması beklenmektedir. Ancak yapılan varyans analizi sonucu, bu etkinin önemli düzeyde olmadığı anlaşılmaktadır. Atkı sıklığının etkisinin en fazla hissedileceği bezayağı kumaşta, atkı sıklığının çözgü yönünde pürüzlülüğe belirgin bir etkisi görülmediğinden, diğer kumaş türlerinde de görülmemesi beklenmektedir. Nitekim verilere göre, diğer kumaş türlerinde de atkı sıklığı ile çözgü yönünde pürüzlülük değerleri arasında ilişki kurulamamıştır.



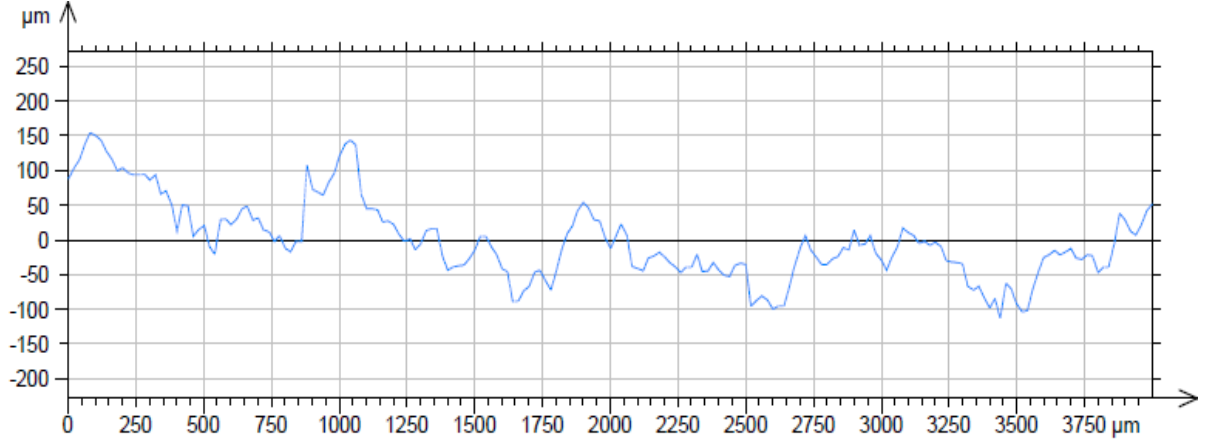
Şekil 4.8. Bezayağı kumaşta çözgü yönünde atkı ve çözgü ipliklerinin atkı sıklığının daha düşük olduğu durumdaki dizilimi (Taraıı olanlar atkı ipliği)



Şekil 4.9. Bezayağı kumaşta çözgü yönünde atkı ve çözgü ipliklerinin atkı sıklığının daha yüksek olduğu durumdaki dizilimi (Taraıı olanlar atkı ipliği)



Şekil 4.10. “22” Atkı sıklığındaki % 100 pamuklu bezayağı kumaşın çözgü yönündeki pürüzlülüğü



Şekil 4.11. “28” Atkı sıklığındaki % 100 pamuklu bezayağı kumaşın çözgü yönündeki pürüzlülüğü

4. Atkı sıklığının artmasıyla, bezayağı kumaşta çözgü sıklığında önemli bir değişim olmayacağından, çözgü iplikleri arasındaki mesafede de önemli bir değişim olmayacaktır. Bu nedenle, atkı kıvrımında da önemli bir değişim olması beklenmemektedir. Nitekim, elde edilen veriler de, atkı sıklığı ile atkı yönündeki pürüzlülük arasında belirgin bir ilişki olmadığı yönündedir.

4.1.2 “B Grubu” (Yünlü) kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

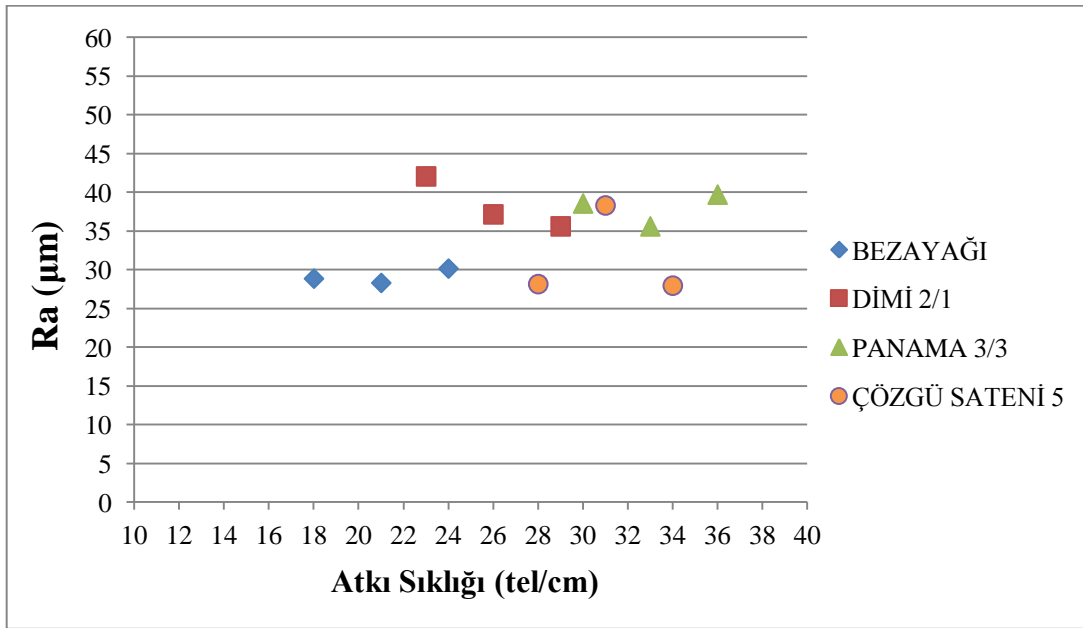
(1) %100 Yünlü kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

B Grubundaki kumaşlardan % 100 Yünlü kumaşların pürüzlülük ölçümlerinden elde edilen veriler Çizelge 4.2’de detaylı olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.2. %100 Yünlü kumaşların çözgü, atkı yönündeki ve toplam pürüzlülük değerleri (Ra,Sa)

NUMUNE	Ra (μm , Atkı)						Ra (μm , Çözgü)						Sa (μm)
	Boşluksuz Bölge			Boşluklu Bölge			Boşluksuz Bölge			Boşluklu Bölge			
	1	2	ORT	1	2	ORT	1	2	ORT	1	2	ORT	
B-1	37,7	43,5	40,6	49,2	51,9	50,6	34,6	42,0	38,3	52,7	64,6	58,7	75,8
B-2	53,7	47,8	50,8	96,4	74,3	85,4	29,9	26,4	28,2	107,0	121,0	114,0	88,9
B-3	35,9	35,0	35,5	43,5	46,8	45,2	26,7	29,2	28,0	44,2	58,7	51,5	66,7
B-4	25,7	30,0	27,9	141,0	127,0	134,0	24,4	32,2	28,3	191,0	247,0	219,0	106,0
B-5	39,1	35,3	37,2	93,7	93,0	93,4	23,6	36,7	30,2	73,6	74,8	74,2	80,2
B-6	24,9	29,7	27,3	182,0	170,0	176,0	28,2	29,5	28,9	102,0	108,0	105,0	118,0
B-7	39,8	31,9	35,9	74,5	85,6	80,1	35,2	36,0	35,6	62,9	62,2	62,6	78,2
B-8	43,5	37,9	40,7	78,9	85,7	82,3	35,2	39,1	37,2	210,0	213,0	211,5	98,3
B-9	41,2	44,0	42,6	121,0	182,0	151,5	34,9	49,2	42,1	129,0	142,0	135,5	90,6
B-10	44,2	34,3	39,3	73,2	65,1	69,2	36,0	43,4	39,7	83,3	74,4	78,9	77,9
B-11	28,6	30,0	29,3	71,1	64,9	68,0	35,6	35,6	35,6	139,0	113,0	126,0	84,1
B-12	36,3	36,4	36,4	74,1	96,0	85,1	38,9	38,2	38,6	151,0	125,0	138,0	106,0

Çözgü yönündeki Etkisi: % 100 Yünlü kumaşlarda boşluksuz bölgenin çözgü yönündeki pürüzlülük verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. % 100 Yünlü kumaşlarda çözgü yönünde boşluksuz bölgede elde edilen pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı

Bulgular:

1. Atkı sıklığındaki artışın bezayağı ve panama kumaşta atkı yönündeki pürüzlülük değerini önemli düzeyde etkilemediği, dimi örgüde ise azalttığı görülmektedir. Panama kumaşta ise, atkı sıklığı ile pürüzlülük değerleri arasında belirli bir ilişki kurulamamıştır. Kumaş cinslerine göre inceleme yapılırsa; panama ve dimi kumaşların pürüzlülük değerlerinin, saten ve bezayağı kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bezayağı kumaşın pürüzlülük değerinin düşük olmasının, atkı sıklığının diğer örgü türlerine göre daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Saten kumaşın çözgü yönündeki pürüzlülük değerinin diğer örgülere göre daha düşük olması ise, örgü yapısı nedeniyle yüzen çözgü ipliklerinden kaynaklanmaktadır.

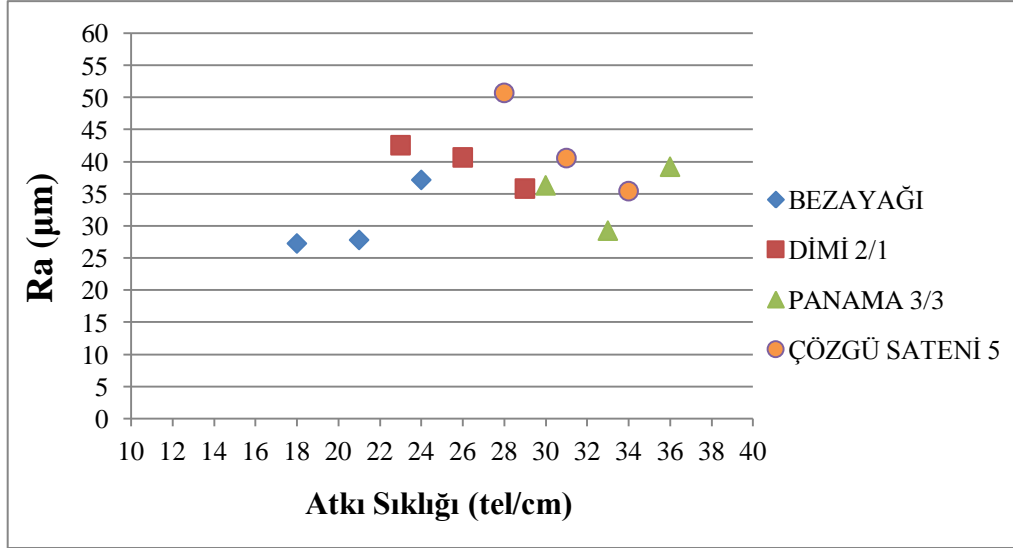
2. B grubundaki % 100 yünlü kumaşlardan bezayağı kumaş türünde farklı atkı sıklıklarına sahip kumaşların çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,993$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	3	4.5	1.5	0.03	0.993
Hata	2	116.2	58.1		
Toplam	5	120.7			

$S = 7.623$ $R-Sq = 3.69\%$ $R-Sq(adj) = 0.00\%$

Bu durumda, $p=0,993 > 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde pürüzlülük arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olmadığı değerlendirilmektedir.

Atkı yönündeki Etkisi: % 100 Yünlü kumaşlarda Boşluksuz bölgenin atkı yönündeki pürüzlülük verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. % 100 Yünlü kumaşlarda atkı yönünde boşluksuz bölgede elde edilen pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı

Bulgular:

1. Atkı sıklığındaki artışın bezayağı kumaşta atkı yönündeki pürüzlülük değerini arttırdığı, dimi ve satende ise azalttığı görülmektedir. Ancak bu değişimlerin, yapılan varyans analizleri sonucu % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı bir ilişki olmadığı anlaşılmıştır. Çözgü sateni kumaşta ise, atkı sıklığı ile pürüzlülük değerleri arasında belirli bir ilişki kurulamamıştır.

2. Örgü türlerine göre inceleme yapılırsa; atkı sıklığının 30 civarında olması durumunda tüm kumaş cinslerine ait pürüzlülük değerleri birbirine yakın olmaktadır. Düşük atkı sıklığında ise, saten kumaşın pürüzlülük değerleri, diğer kumaşlara göre daha yüksek olmaktadır. Ancak daha önce belirtildiği üzere, söz konusu olan bu farkların, yapılan varyans analizi sonucu anlamlı bir ilişki kurulabilecek düzeyde olmadığı anlaşılmıştır.

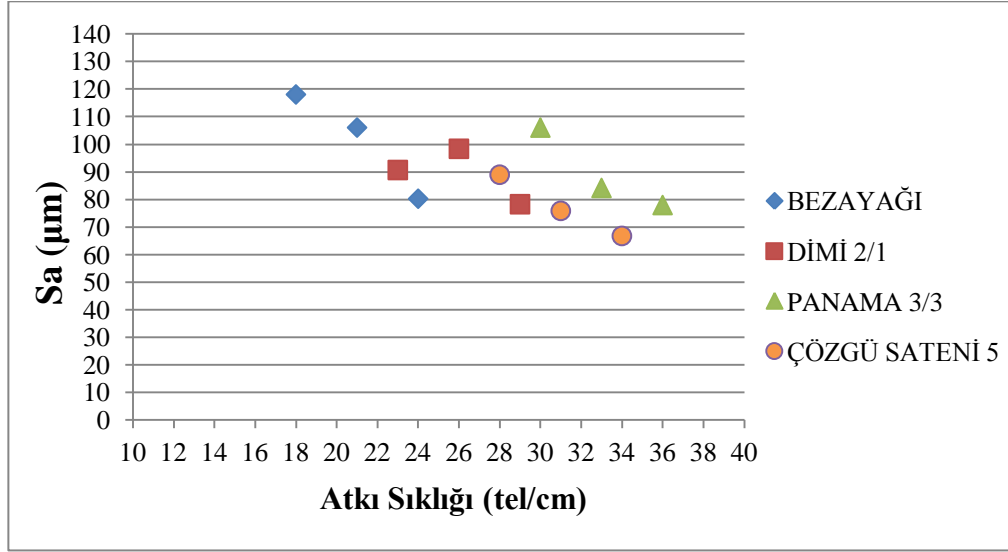
3. B grubundaki % 100 yünlü kumaşlardan bezayağı kumaş türünde farklı atkı sıklıklarına sahip kumaşların atkı yönündeki pürüzlülük değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,158$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	3	135.34	45.11	5.48	0.158
Hata	2	16.47	8.23		
Toplam	5	151.81			
S = 2.869		R-Sq = 89.15%	R-Sq(adj) = 72.89%		

Bu durumda, $p=0,158 > 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde pürüzlülük arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olmadığı değerlendirilmektedir.

c. Toplam pürüzlülüğün (Sa) incelenmesi

%100 Yünlü kumaşlara ait toplam pürüzlülük (Sa) verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. % 100 Yünlü kumaşlarda elde edilen toplam pürüzlülük değerlerinin (Sa) kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre dağılımı

Bulgular:

1. Atkı sıklığındaki artışın bezayağı, panama ve saten kumaş cinslerinde toplam pürüzlülük değerlerinde azalmaya neden olduğu anlaşılmaktadır. DİMİ kumaşta ise, pürüzlülük değeri ile atkı sıklığı arasında ilişki kurulamamıştır. Bu durumun nedeni, atkı sıklığındaki artışa paralel olarak boşluk miktarının azalması sonucu boşluklu bölgelerdeki pürüzlülüğün azalmasıdır.
2. Kumaş cinslerine göre inceleme yapılırsa; atkı sıklığının 30 olması durumunda panama kumaşın toplam pürüzlülük değerinin diğer kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni ise, panama kumaştaki boşluk miktarlarının diğer kumaşlara göre daha fazla olması sonucu boşluklu bölgelerdeki pürüzlülüğün daha yüksek olmasıdır.

(2) %45 Yün/ % 55 PES Kumaşların Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirmesi

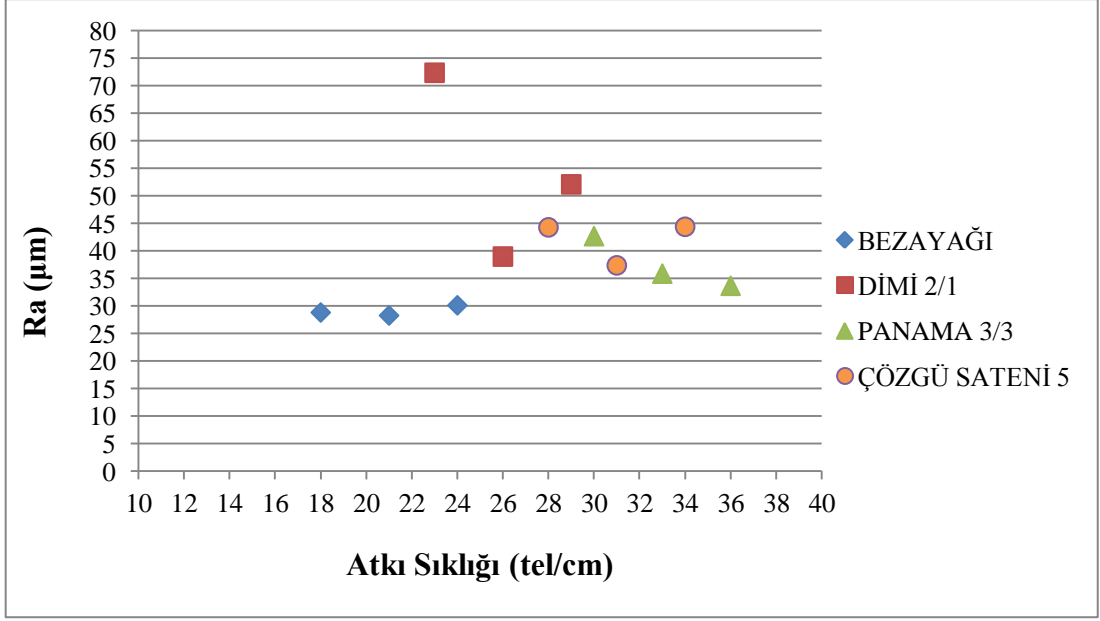
B Grubundaki kumaşlardan %45 Yün/% 55 PES kumaşların pürüzlülük ölçümlerinden elde edilen veriler Çizelge 4.3'te detaylı olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. %45 Yün/ % 55 PES kumaşların çözgü, atkı yönündeki ve toplam pürüzlülük değerleri (Ra, Sa)

NUMUNE	Ra (μm , Atkı)						Ra (μm , Çözgü)						Sa (μm)
	Boşluksuz Bölge			Boşluklu Bölge			Boşluksuz Bölge			Boşluklu Bölge			
	1	2	ORT	1	2	ORT	1	2	ORT	1	2	ORT	
B-13	35,0	34,0	34,5	85,0	65,4	75,2	30,5	37,7	52,1	59,4	44,8	52,1	58,9
B-14	43,1	44,9	44,0	96,9	105,0	101,0	36,7	39,0	39,0	99,5	68,7	84,1	75,4
B-15	60,8	52,9	56,9	146,0	166,0	156,0	65,2	79,5	72,4	140,0	165,0	152,5	180,0
B-16	41,0	56,5	48,8	62,8	81,8	72,3	44,4	49,9	47,2	71,9	61,4	66,7	90,3
B-17	51,3	39,1	45,2	125,0	136,0	130,5	55,6	44,8	50,2	156,0	124,0	140,0	125,0
B-18	41,7	47,0	44,4	141,0	141,0	141,0	38,0	49,7	43,9	116,0	160,0	138,0	135,0
B-19	63,0	56,0	59,5	90,7	96,0	93,4	40,3	34,5	37,4	105,0	91,1	98,1	90,5
B-20	46,5	56,5	94,5	90,6	46,3	42,3	46,3	42,3	44,3	78,4	62,8	70,6	84,6
B-21	49,7	45,1	47,4	84,1	83,5	83,8	44,5	44,3	44,4	63,6	82,5	73,1	79,0
B-22	31,7	32,0	31,9	84,5	101,0	92,8	33,0	34,4	33,7	246,0	263,0	254,5	103,0
B-23	28,4	30,9	29,7	98,9	84,9	91,9	31,6	40,2	35,9	155,0	106,0	130,5	83,6
B-24	44,8	41,2	43,0	107,0	109,0	108,0	37,7	47,7	42,7	254,0	210,0	232,0	136,0

a. Çözgü yönündeki etkisi

%45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



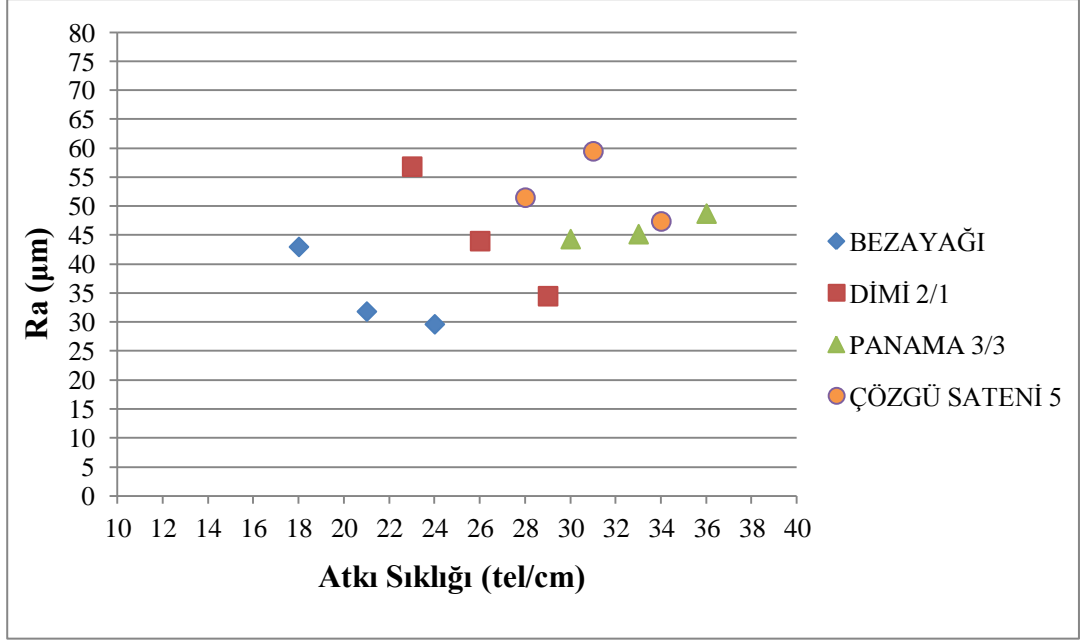
Şekil 4.15. %45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait çözgü yönündeki Ra pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi

Bulgular:

1. Panama örgü türünde atkı sıklığının artması çözgü yönündeki sürtünme katsayısını azaltırken, bezayağı kumaşta önemli bir etkisi görülmemiştir. Dimi ve saten kumaştaki atkı sıklığı ile pürüzlülük değeri arasında ilişki kurulamamıştır. Özellikle dimi örgüde 23 atkı sıklığında elde edilen pürüzlülük verisinin çok yüksek olmasının, tarama alanının boşluklu olma ihtimalinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan varyans analizlerine dayanarak, atkı sıklığındaki değişimden kaynaklanan varyasyonların, atkı sıklığı ile çözgü yönündeki pürüzlülük arasında belirgin bir ilişki kurulmasına yeterli olmadığı söylenebilir.

2. 30 atkı sıklığı civarında dimi örgünün pürüzlülük değerinin en düşük, saten örgünün değerinin ise en yüksek düzeyde olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun, atkı sıklığı arttıkça kumaşın daha kompakt yapıda olması sonucu pik yüksekliklerinin azalmasıyla bezayağı ve dimi örgülerde pürüzlülüğün de azalmasından, çözgü sateninde ise çözgü ipliğinin dört adet atkı ipliği üzerinde yüzen yapıda olması sonucunda pürüzlülük değerinde belirgin bir değişim olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Atkı yönündeki etkisi: %45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait atkı yönündeki pürüzlülük (Ra) verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. %45 Yün/ % 55 PES kumaşlara ait atkı yönündeki Ra pürüzlülük değerlerinin kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi

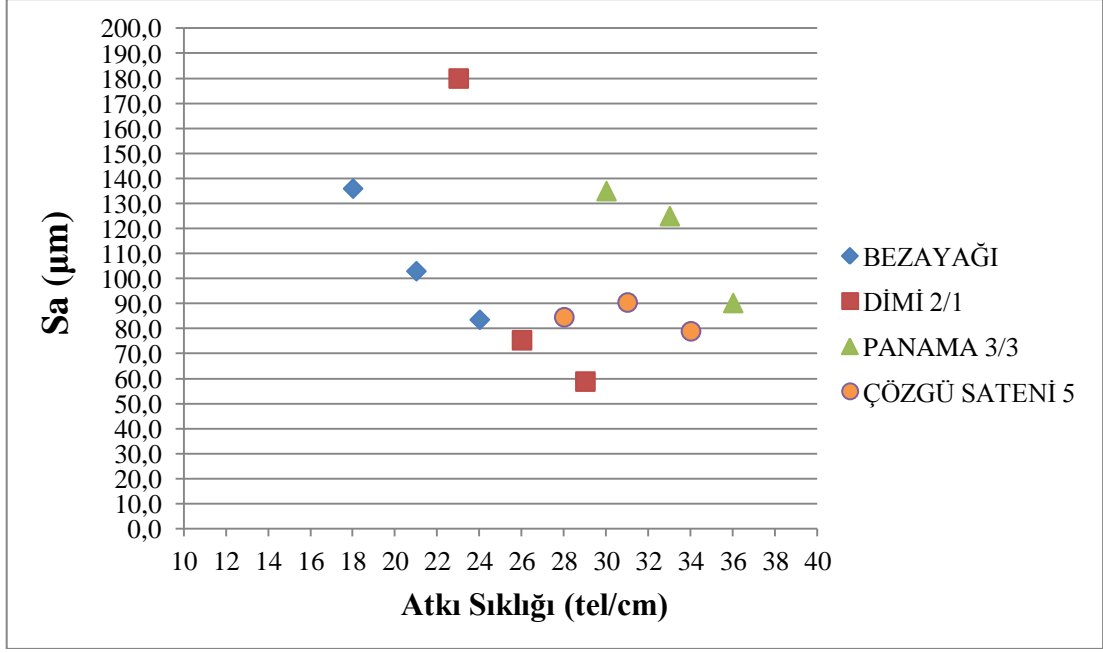
Bulgular:

1. Atkı sıklığındaki artış bezayağı ve dimi kumaşta atkı yönündeki sürtünme katsayısının azalmasına, panama kumaşta ise az da olsa artmasına yol açmıştır. Saten kumaşlarda ise, atkı sıklığı ile pürüzlülük değeri arasında ilişki kurulamamıştır. Ancak varyans analizlerine göre, atkı sıklığındaki değişimden kaynaklanan varyasyonların, atkı sıklığı ile atkı yönünde pürüzlülük arasında anlamlı bir ilişki kurulması için yeterli olmadığı görülmektedir.

2. Kumaş cinsleri incelendiğinde, 30 atkı sıklığı civarında en yüksek pürüzlülük değerine saten örgünün sahip olduğu görülmektedir. Ancak yapılan varyans analizleri sonucunda, örgü türündeki değişimden kaynaklanan varyasyonların, örgü türü ile atkı yönünde pürüzlülük arasında anlamlı bir ilişki kurulması için yeterli olmadığı anlaşılmaktadır.

Toplam pürüzlülüğün (Sa) incelenmesi

%45 Yün/ % 55 PES kumaşlara ait toplam pürüzlülük (Sa) verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. %45 Yün/ % 55 PES kumaşlara ait toplam pürüzlülük değerlerinin (Sa), kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi

Bulgular: Atkı sıklığındaki artış saten hariç tüm kumaşlarda atkı yönündeki sürtünme katsayısının azalmasına yol açmıştır. Saten kumaşlarda ise önemli bir etkisi görülmemektedir. Bu durumun nedeni, atkı sıklığındaki artışla beraber boşluk miktarındaki azalmadır. 30 atkı sıklığı civarında en yüksek pürüzlülük değeri panama kumaşta görülmektedir. Yine benzer şekilde, örgü yapısının nedeniyle panama kumaşın boşluk miktarının diğer örgü türlerine göre daha fazla olması bu duruma yol açmaktadır.

“B Grubu” (Yünlü) Kumaşların Analizi:

Atkı sıklığının etkisi incelendiğinde; atkı sıklığına bağlı olarak meydana gelen varyasyonların, atkı sıklığı ile pürüzlülük değerleri arasında anlamlı bir ilişki kurmaya yeterli olmadığı görülmektedir. Bezayağı kumaşlara ait pürüzlülük değerlerinin varyans analizi yapıldığında, atkı sıklığı ile, atkı ve çözgü yönündeki pürüzlülük arasında % 95 güven limitlerine göre ilişki olmadığı görülmüştür. Ancak dimi örgüde, hem atkı hem çözgü yönünde, hem % 100 Yünlü hem de Yün/PES karışımı kumaşlarda atkı sıklığı arttıkça pürüzlülük değerlerinin azalma eğiliminde olduğu söylenebilir.

Örgü türüne bakıldığında ise, hem % 100 yünlü ve hem de Yün/PES karışımında çözgü yönünde en düşük Ra değerleri bezayağında görülmektedir. Ancak bu durumun nedeni, bezayağı örgülerin atkı sıklığının diğer örgülere göre düşük olmasıdır.

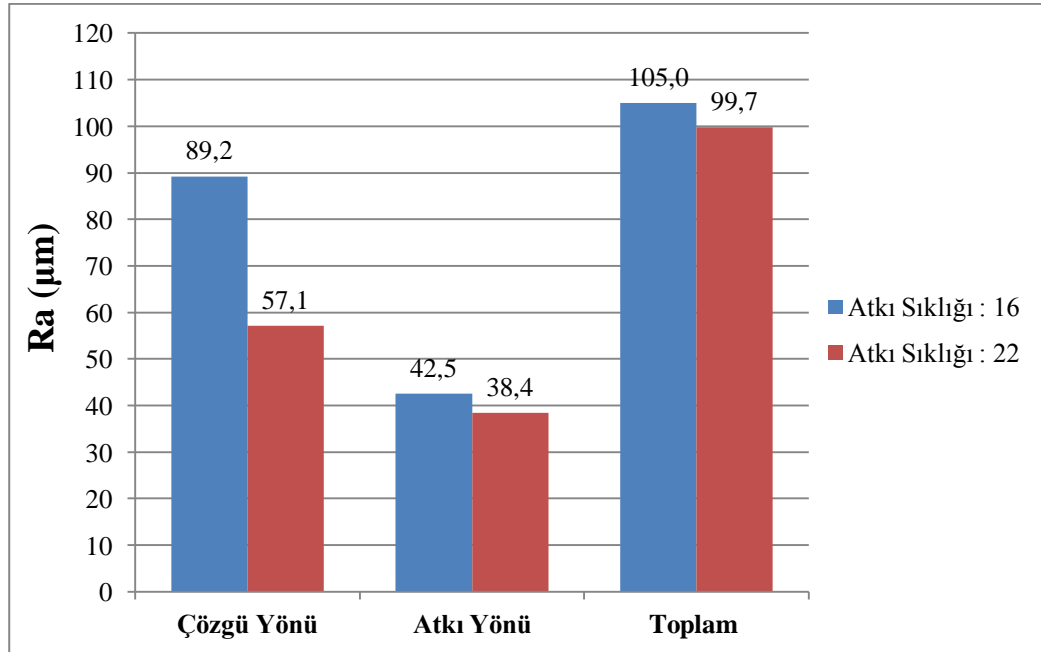
4.1.3 “C” Grubu (% 100 PES) kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesi

“C Grubundaki” kumaşların pürüzlülük ölçümlerinden elde edilen veriler Çizelge 4.4’te detaylı olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. “C Grubu” % 100 PES kumaşların çözgü, atkı yönündeki ve toplam pürüzlülük değerleri (Ra, Sa)

NUMUNE	Ra (μm , Atkı)						Ra (μm , Çözgü)						Sa (μm)
	Boşluksuz Bölge			Boşluklu Bölge			Boşluksuz Bölge			Boşluklu Bölge			
	1	2	ORT	1	2	ORT	1	2	ORT	1	2	ORT	
C-1	46,6	38,4	42,5	144,0	110,0	127,0	93,3	85,1	89,2	97,1	121,0	109,1	105,0
C-3	43,1	33,7	38,4	122,0	122,0	122,0	54,1	60,1	57,1	113,0	99,3	106,2	99,7
C-6	50,0	47,1	48,6	169,0	223,0	196,0	67,9	78,8	73,4	208,0	129,0	168,5	149,0
C-12	55,4	57,4	56,4	94,4	91,6	93,0	37,1	57,2	47,2	121,0	102,0	111,5	80,7

C Grubundaki % 100 PES kumaşların pürüzlülük ölçümlerine ait verilerden elde edilen grafik Şekil 4.18’tedir.

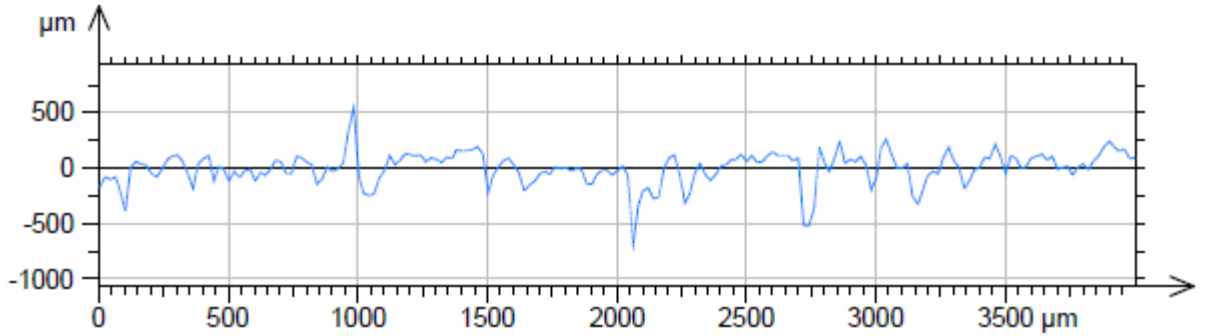


Şekil 4.18. % 100 PES 150 denye 48 filament bezayağı kumaşın atkı sıklığına bağlı olarak çözgü ve atkı yönündeki pürüzlülük değerleri ile toplam pürüzlülük değerlerinin değişimi

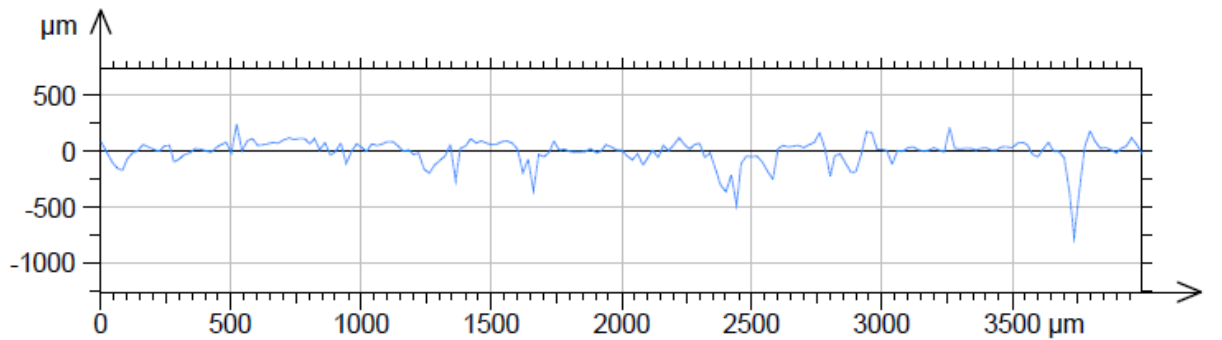
Bulgular: Atkı sıklığındaki artış bezayağı kumaşta pürüzlülük değerlerinin azalmasına yol açmıştır. Söz konusu azalma çözgü yönünde bariz şekilde görülmekteyken, atkı ve toplamda ise düşük orandadır. Söz konusu azalmanın nedeni, atkı sıklığının artması sonucu birim mesafedeki atlama sayısındaki artış nedeniyle pik sayısının artmasına rağmen pik (tepe) yüksekliklerinin düşmesi olduğu değerlendirilmektedir.

“C Grubu” (%100 PES) Kumaşların Analizi:

Atkı sıklığı bakımından incelendiğinde, bezayağı kumaşlarda atkı sıklığı arttıkça çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri azalmaktadır. % 100 Pamuk ve yünlü kumaşlarda ise atkı sıklığı arttıkça bezayağı kumaşlarda atkı sıklığı ile pürüzlülük arasında belirgin bir ilişki kurulamamıştır. Bu durumun, atkı sıklığındaki artışa bağlı olarak örgü yapısının seyrek yapıdan kompakt yapıya geçmesi sonucu atkı iplikleri arasındaki düşey mesafelerin azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Atkı sıklığındaki artış ile, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de de görüldüğü üzere, çözgü yönündeki pik yükseklikleri azaldığından, pürüzlülük değerlerinin de azaldığı görülmektedir.



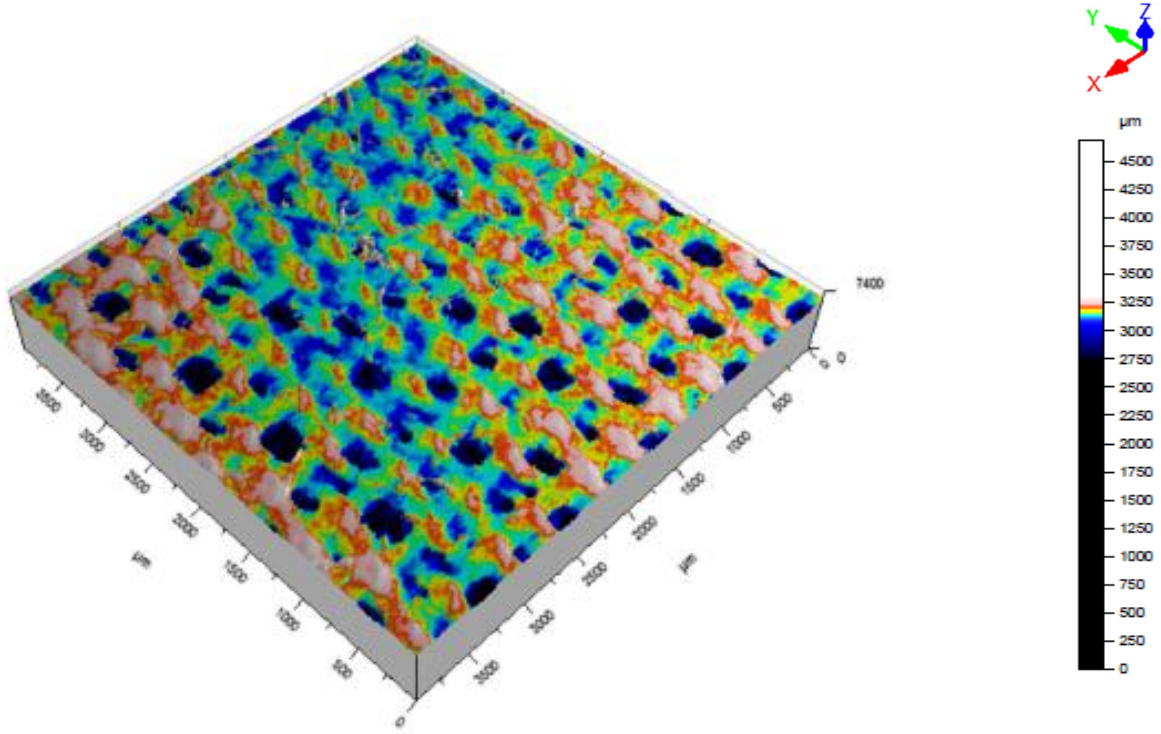
Şekil 4.19. 16 Atkı sıklığındaki bezayağı % 100 PES kumaşın çözgü yönündeki yüzey pürüzlülüğü



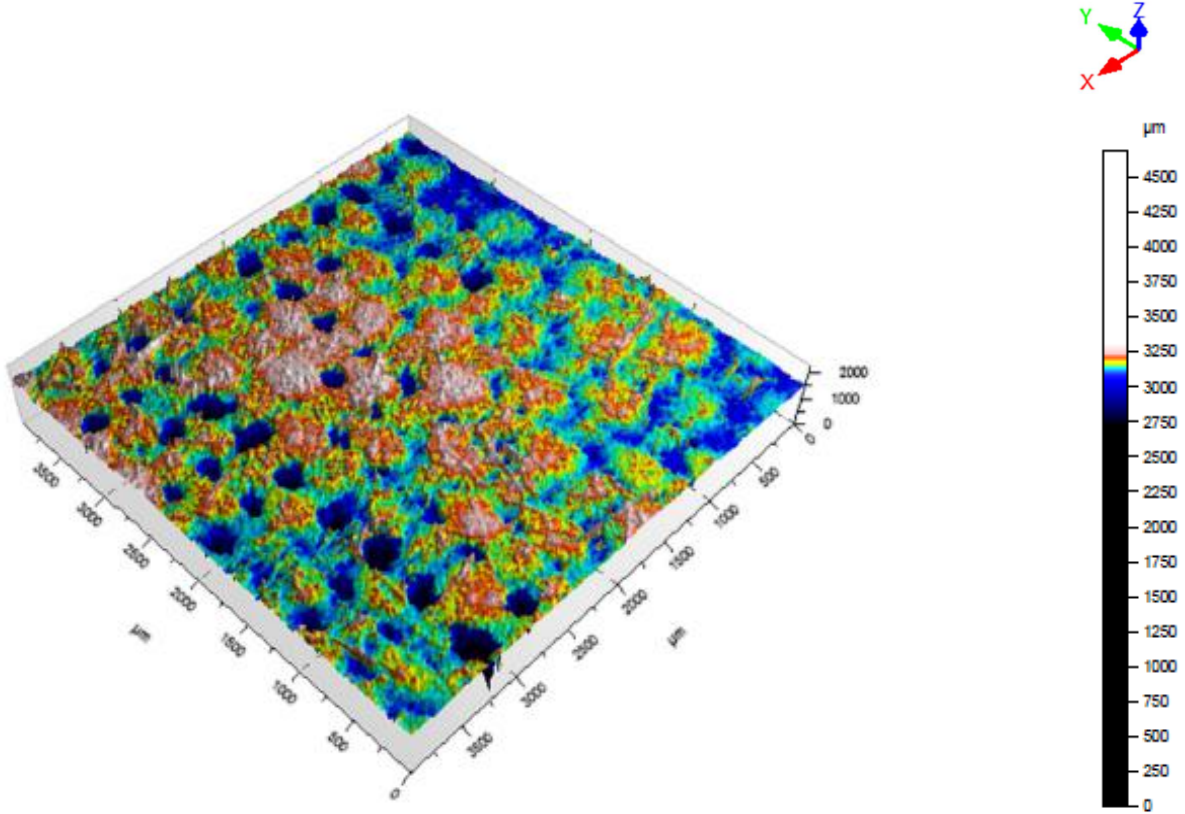
Şekil 4.20. 22 Atkı sıklığındaki bezayağı % 100 PES kumaşın çözgü yönündeki yüzey pürüzlülüğü

4.1.4 Elyaf içeriğinin pürüzlülük değerlerine etkisi

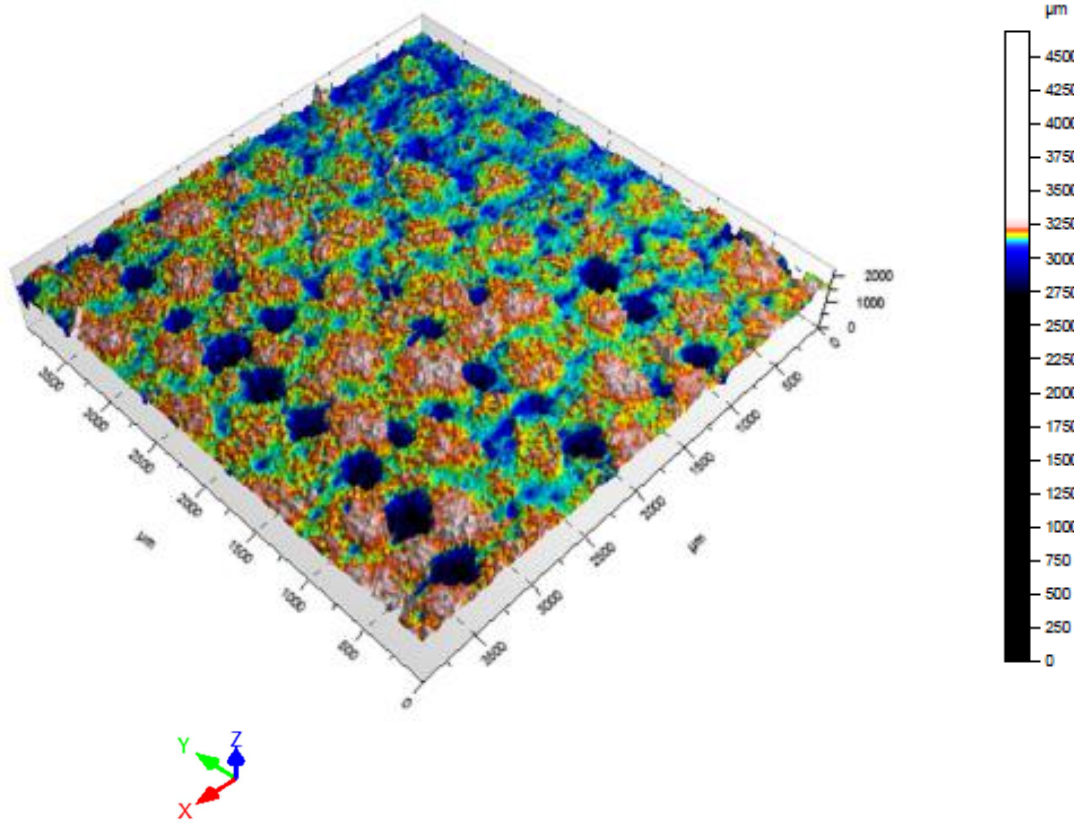
Farklı elyaf içeriğine sahip bezayağı kumaşlara ait topografik görüntüler Şekil 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24'de bulunmaktadır.



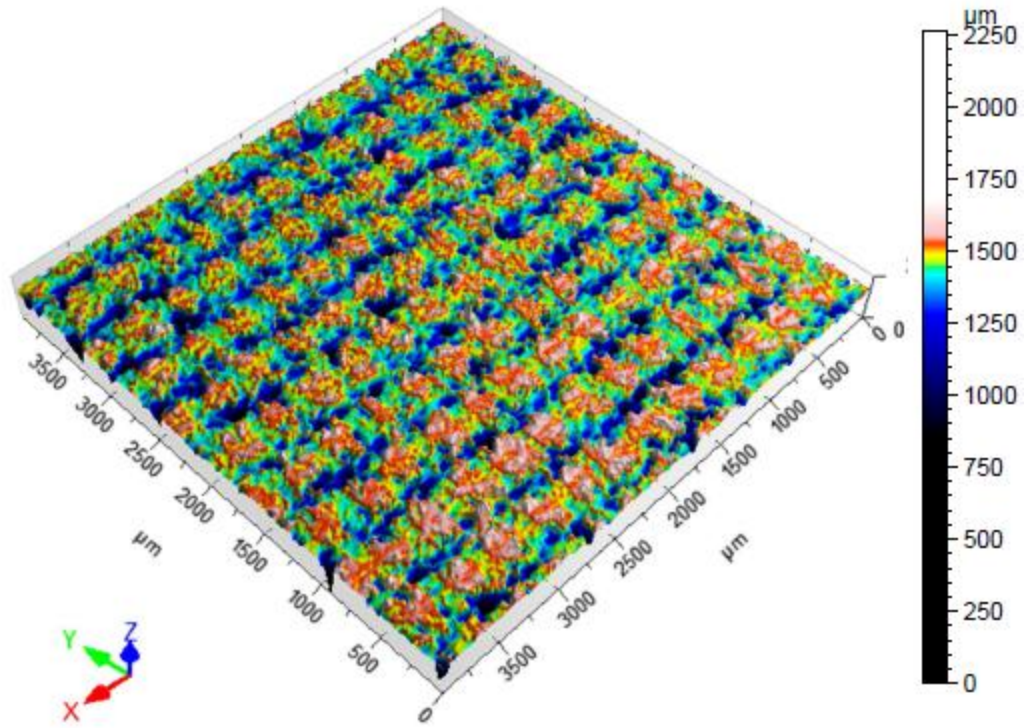
Şekil 4.21. % 100 Pamuklu 22 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşın topografik görüntüsü



Şekil 4.22. % 100 Yünlü 21 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşın topografik görüntüsü



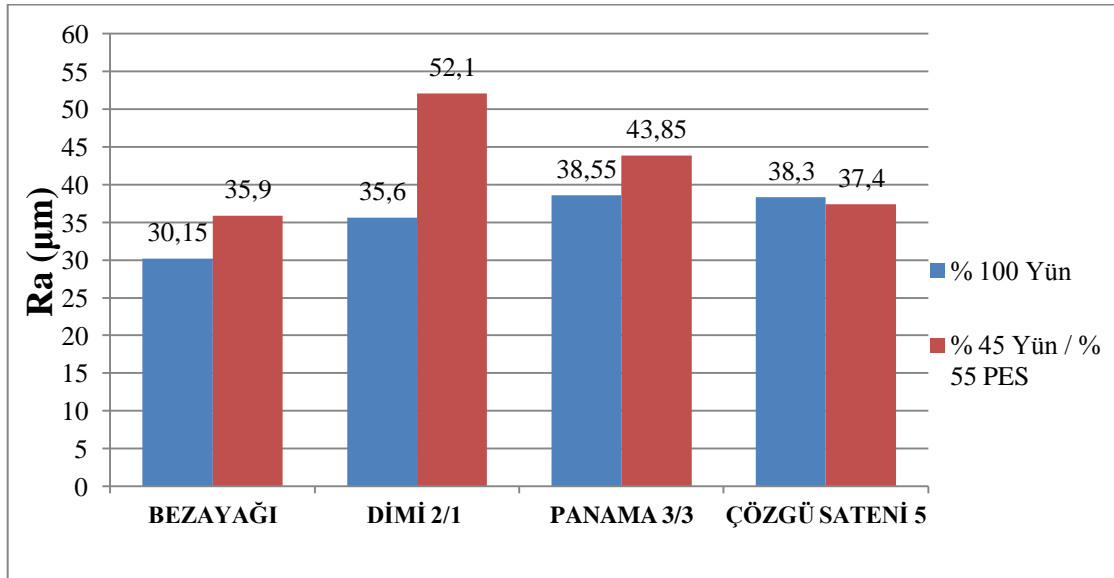
Şekil 4.23. % 45 Yün / % 55 PES içerikli 21 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşın topografik görüntüsü



Şekil 4.24. % 100 PES içerikli 22 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşın topografik görüntüsü

Aşağıdaki grafiklerde, her kumaş cinsi için, atkı ve çözgü sıklıklarının toplamı ve elyaf içeriğine göre kumaşların pürüzlülük değerlerinin değişimi yer almaktadır. Toplam pürüzlülük, atkı ve çözgü yönündeki boşluklu ve boşluksuz bölgelerdeki tüm pürüzlülükleri ifade etmekte olup, bu nedenle, birim alan olarak 1 cm²'deki atkı ve çözgü ipliği sayısının toplamı olarak iplik sayısına göre değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen grafikler Şekil 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29 ve 4.30'da gösterilmiştir.

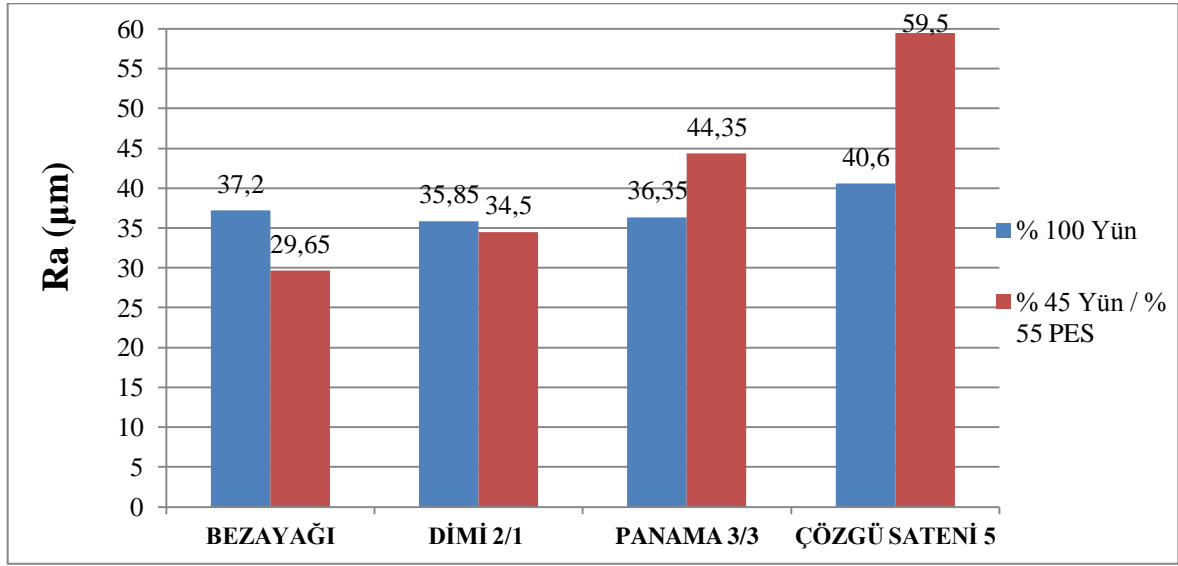
a. Çözgü Yönündeki Etkisi : Atkı ve çözgü sıklıklarındaki farklılıktan dolayı % 100 Pamuklu ve % 100 PES kumaşlar değerlendirmeye alınmamıştır. Atkı ve çözgü sıklıkları aynı olan % 100 Yünlü ve % 45 Yün / % 55 PES kumaşlar arasında karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 4.25. % 100 Yünlü ve % 45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait çözgü yönündeki pürüzlülük değerlerinin örgü türüne göre değişimi

Bulgular: Genel olarak çözgü sateni hariç % 45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait pürüzlülük değerleri daha yüksek çıkmıştır.

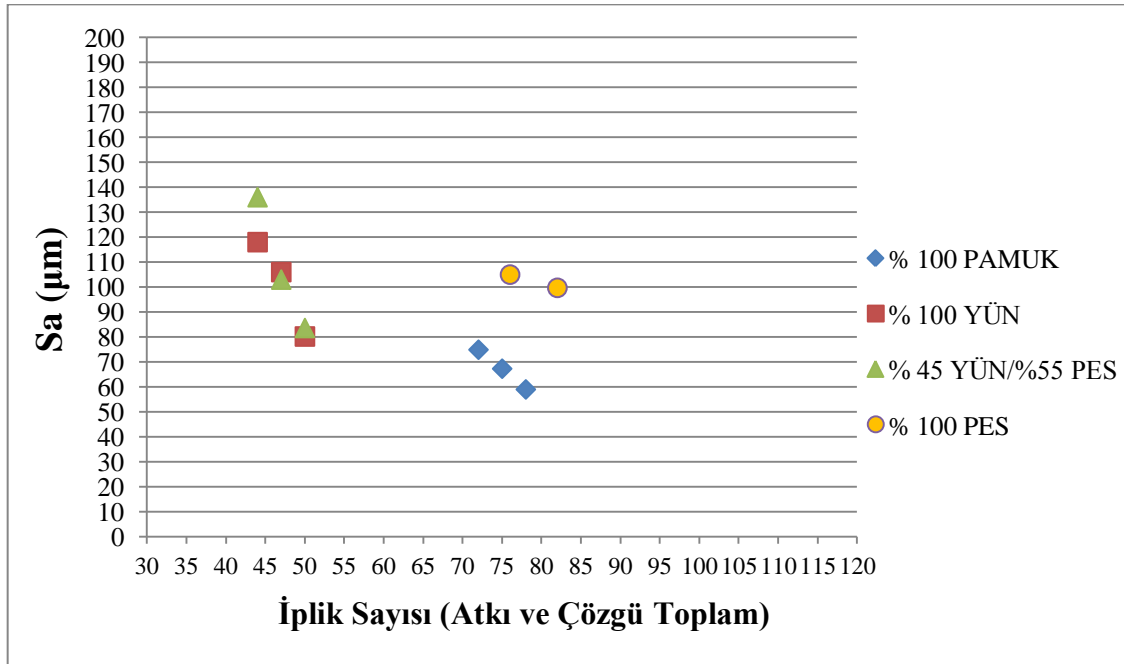
b. Atkı Yönündeki Etkisi:



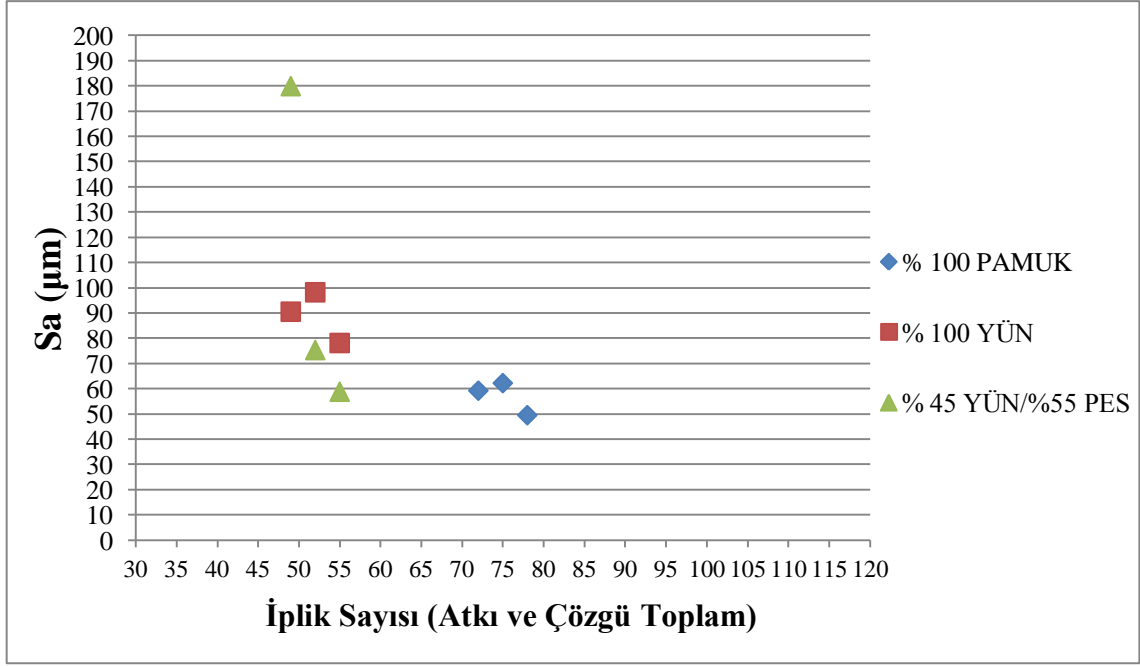
Şekil 4.26. % 100 Yünlü ve % 45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait atkı yönündeki pürüzlülük değerlerinin örgü türüne göre değişimi

Bulgular: Bezayağı örgü türünde, kumaştaki yün oranı azaldıkça, pürüzlülük de azalmıştır. Dimi örgüde önemli bir değişim olmazken, panama ve saten örgülerde ise artış meydana gelmiştir.

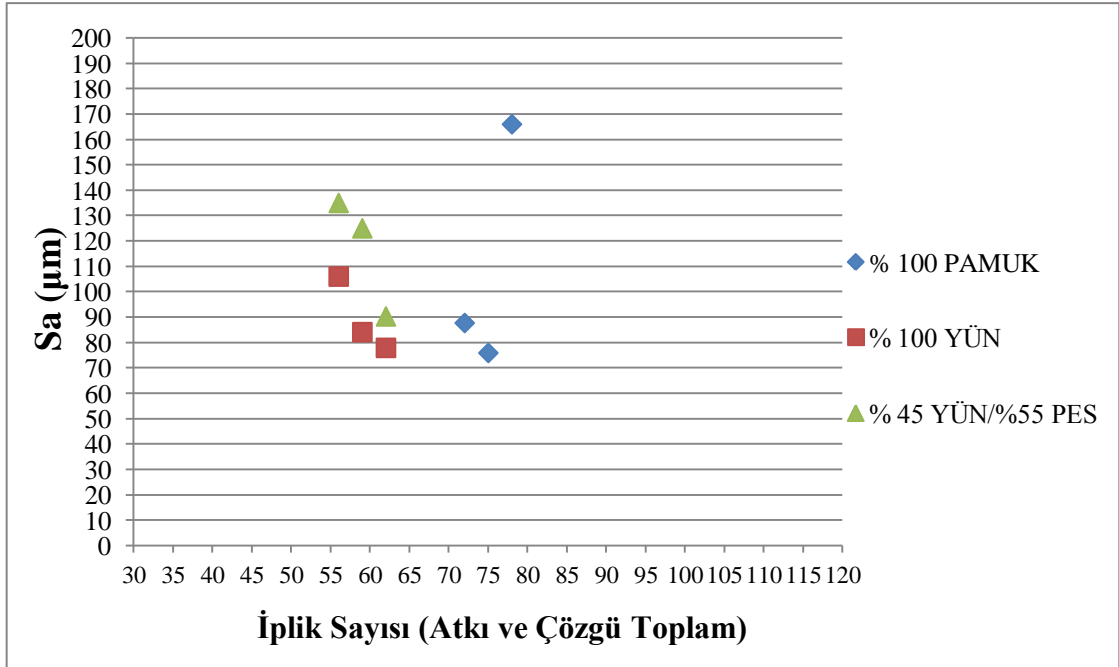
c. Toplam pürüzlülüğe (Sa) etkisi



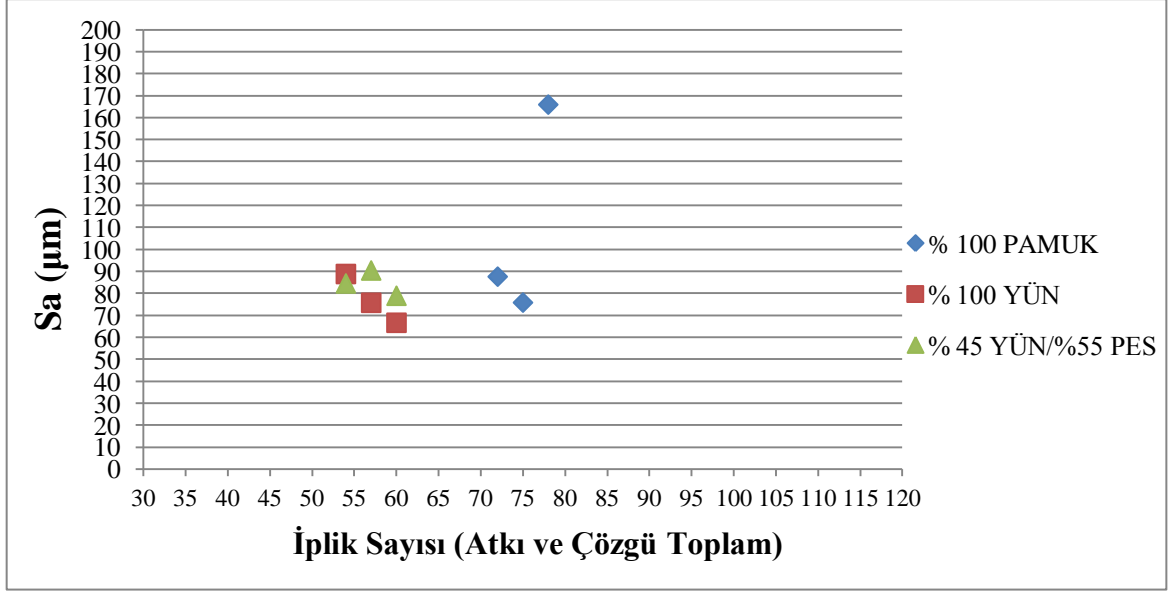
Şekil 4.27. Bezayağı kumaşta elyaf içeriğine ve 1 cm²'deki atkı ve çözgü toplam iplik sayısına göre toplam pürüzlülük değerlerinin değişimi



Şekil 4.28. Dime kumaşta elyaf içeriğine ve 1 cm²'deki atkı ve çözüğü toplam iplik sayısına göre toplam pürüzlülük değerlerinin değişimi



Şekil 4.29. Panama kumaşta elyaf içeriğine ve 1 cm²'deki atkı ve çözüğü toplam iplik sayısına göre toplam pürüzlülük değerlerinin değişimi



Şekil 4.30. Saten kumaşta elyaf içeriğine ve 1 cm²'deki atkı ve çözgü toplam iplik sayısına göre toplam pürüzlülük değerlerinin değişimi

Bulgular: % 100 Yünlü ve Yün /PES karışımı dimi ve bezayağı türüne ait toplam pürüzlülük değerleri, % 100 Pamuklu kumaşlarınkine göre daha yüksektir. Bunda, iplik sayısının daha düşük olmasıyla beraber, yünlü kumaşların daha hacimli olmasının da etkisi olduğu düşünülmektedir. Panama örgü türünde Yün /PES karışımı kumaşların % 100 Yünlü ve % 100 Pamuklu kumaşlara göre daha pürüzlü olduğu görülmektedir. Saten örgüde ise Yün /PES karışımı, % 100 Yünlü ve % 100 Pamuklu kumaşların toplam pürüzlülük değerlerinin birbirine yakın oldukları görülmektedir. 28 Atkı sıklığındaki % 100 pamuklu kumaşa ait toplam pürüzlülük değerleri aşırı yüksek çıkmış olup, analiz yapılırken değerlendirmeye alınmamıştır.

“A, B, ve C Grubu” Kumaşların Genel Analizi

Farklı elyaftan imal edilen farklı kumaş cinslerindeki kumaşların Ra ve Sa pürüzlülük değerleri incelendiğinde; elyaf içeriğine, kumaş cinsine ve atkı sıklığına göre Ra değerleri değişmekte olup; elyaf tipine veya kumaş cinsine göre genelleme yapmak mümkün olmamaktadır. Bununla beraber; çözgü yönündeki pürüzlülük değerlerinin PES/Yün karışımı kumaşlarda % 100 Yünlü kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmekte olup, bu ilişki yapılan varyans analizi ile de ortaya konmuştur. Atkı yönünde ise, % 95 güven limitlerine göre herhangi ilişki söz konusu değildir. Toplam pürüzlülük bakımından ise, bezayağı ve dimi

kumaşlarda Yün/PES karışımı ve % 100 Yünlü kumaşların pürüzlülük değerlerinin % 100 Pamuklu kumaşlarınkinden daha yüksek oldukları anlaşılmaktadır.

4.1.5 Topografik Analiz Yöntemi ile Temas Eden Yönteme Ait Verilerin Karşılaştırması

3-Boyutlu Topografik Görüntü Analizi yöntemine göre çalışan Naovea cihazı ile ölçümden elde edilen pürüzlülük değerleri, temaslı yöntem üzerine çalışan Zeiss Surfcom 5000 cihazı ile ölçüm sonucu elde edilen veriler karşılaştırılmak üzere Çizelge 4.5'te sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Topografik Analiz Yöntemi ile Temaslı Yöntem ölçüm sonuçlarının karşılaştırması (Nanovea: Temasız Yöntem, Surfcom: Temaslı Yöntem)

NUMUNE	Ra(Çözü) (μm)			Ra(Atkı) (μm)		
	Nanovea boşluksuz	Nanovea boşluklu	Surfcom	Nanovea boşluksuz	Nanovea boşluklu	Surfcom
B-3	28,0	45,2	20,4	35,5	51,5	37,8
B-4	28,3	134	21,9	27,9	219	34,2

3-Boyutlu Topografik Görüntü Analizi yöntemine göre elde edilen verilerin temaslı yöntemle göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Yalnızca %100 yünlü olan bez (B-4) ve çözgü sateni (B-3) örgülü kumaşlar için yapılan ölçüm sonuçlarında; bu farkın, temaslı yöntemde uygulanan çok düşük miktardaki kuvvetten kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak bu farkın, bağlantı sayısının az olduğu ölçüm mesafelerinde, basıncın etkisinin azalmasından dolayı daha az olduğu değerlendirilmiştir.

4.2 Kumaş Yüzeylerinin Sürtünme Katsayısı Ölçümü

Ölçümler atkı ve çözgü olmak üzere iki yönde yapılmış ve toplamları da alınarak toplam sürtünme katsayıları elde edilmiştir. Her numuneden 6 ölçüm yapılarak ortalamanın yanında standart sapma ve varyasyon katsayıları da dikkate alınmıştır. Hem statik hem de dinamik sürtünme katsayılarının ölçümü yapılmıştır.

4.2.1 “A Grubu” Pamuklu kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

“A Grubundaki” kumaşların sürtünme katsayısı ölçümlerinden elde edilen veriler Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de detaylı olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.6. % 100 Pamuklu kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki statik sürtünme katsayıları

NUMUNE	1	2	3	4	5	6	ORT	ÖRGÜ CİNSİ	MEK. ATKI SIK. (tel/cm)
A-1 (ATKI)	1,077	0,971	0,879	0,791	0,894	0,858	0,912	BEZAYAĞI	22
A-1 (ÇÖZGÜ)	0,928	0,761	0,736	0,656	0,752	0,755	0,765	BEZAYAĞI	22
A-2 (ATKI)	1,036	0,942	0,974	0,897	0,868	0,843	0,927	DİMİ 2/1	22
A-2 (ÇÖZGÜ)	0,905	0,824	0,712	0,748	0,706	0,732	0,771	DİMİ 2/1	22
A-3 (ATKI)	0,996	0,878	0,842	0,791	0,844	0,793	0,857	PANAMA 3/3	22
A-3 (ÇÖZGÜ)	0,873	0,746	0,703	0,644	0,647	0,69	0,717	PANAMA 3/3	22
A-4 (ATKI)	0,996	0,877	0,85	0,91	0,86	0,807	0,883	ÇÖZGÜ SATENİ 5	22
A-4 (ÇÖZGÜ)	0,859	0,672	0,611	0,708	0,716	0,661	0,705	ÇÖZGÜ SATENİ 5	22
A-5 (ATKI)	1,07	0,927	0,895	0,869	0,969	1,035	0,961	BEZAYAĞI	25
A-5 (ÇÖZGÜ)	0,962	0,868	0,828	0,838	0,826	0,818	0,857	BEZAYAĞI	25
A-6 (ATKI)	1,128	0,962	1,11	1,006	1,029	0,982	1,036	DİMİ 2/1	25
A-6 (ÇÖZGÜ)	1,056	0,923	0,9	0,856	0,82	0,826	0,897	DİMİ 2/1	25
A-7 (ATKI)	0,824	0,798	0,867	0,892	0,689	0,739	0,802	PANAMA 3/3	25
A-7 (ÇÖZGÜ)	0,999	0,913	0,882	0,851	0,939	0,776	0,893	PANAMA 3/3	25
A-8 (ATKI)	0,822	0,86	0,718	0,784	0,894	0,817	0,816	ÇÖZGÜ SATENİ 5	25
A-8 (ÇÖZGÜ)	0,796	0,783	0,727	0,732	0,685	0,773	0,749	ÇÖZGÜ SATENİ 5	25
A-9 (ATKI)	1,157	0,986	0,968	0,92	0,947	0,913	0,982	BEZAYAĞI	28
A-9 (ÇÖZGÜ)	0,987	0,802	0,774	0,871	0,768	0,841	0,841	BEZAYAĞI	28
A-10 (ATKI)	1,123	0,994	0,969	0,9	0,908	0,901	0,966	DİMİ 2/1	28
A-10 (ÇÖZGÜ)	1,017	0,823	0,784	0,803	0,784	0,779	0,832	DİMİ 2/1	28
A-11 (ATKI)	1,095	0,962	0,952	0,892	0,895	0,816	0,935	PANAMA 3/3	28
A-11 (ÇÖZGÜ)	0,894	0,76	0,78	0,847	0,688	0,736	0,784	PANAMA 3/3	28
A-12 (ATKI)	1,055	0,937	0,898	0,834	0,99	0,913	0,938	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28
A-12 (ÇÖZGÜ)	0,954	0,837	0,775	0,839	0,777	0,795	0,830	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28

Çizelge 4.7. % 100 Pamuklu kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayıları

NUMUNE	1	2	3	4	5	6	ORT	ÖRGÜ CİNSİ	MEK. ATKI SIK. (tel/cm)
A-1 (ATKI)	0,681	0,644	0,63	0,604	0,614	0,594	0,628	BEZAYAK	22
A-1 (ÇÖZGÜ)	0,59	0,555	0,527	0,487	0,54	0,536	0,539	BEZAYAK	22
A-2 (ATKI)	0,656	0,629	0,654	0,61	0,594	0,587	0,622	DİMİ 2/1	22
A-2 (ÇÖZGÜ)	0,565	0,538	0,539	0,519	0,498	0,5	0,527	DİMİ 2/1	22
A-3 (ATKI)	0,617	0,571	0,572	0,55	0,572	0,55	0,572	PANAMA 3/3	22
A-3 (ÇÖZGÜ)	0,617	0,571	0,572	0,55	0,572	0,55	0,572	PANAMA 3/3	22
A-4 (ATKI)	0,661	0,627	0,574	0,57	0,601	0,553	0,598	ÇÖZGÜ SATENİ 5	22
A-4 (ÇÖZGÜ)	0,52	0,487	0,475	0,469	0,467	0,461	0,480	ÇÖZGÜ SATENİ 5	22
A-5 (ATKI)	0,691	0,648	0,637	0,628	0,606	0,6	0,635	BEZAYAK	25
A-5 (ÇÖZGÜ)	0,605	0,572	0,559	0,545	0,546	0,544	0,562	BEZAYAK	25
A-6 (ATKI)	0,678	0,639	0,684	0,638	0,667	0,632	0,656	DİMİ 2/1	25
A-6 (ÇÖZGÜ)	0,65	0,62	0,598	0,586	0,569	0,566	0,598	DİMİ 2/1	25
A-7 (ATKI)	0,572	0,579	0,578	0,606	0,601	0,555	0,582	PANAMA 3/3	25
A-7 (ÇÖZGÜ)	0,617	0,554	0,562	0,55	0,508	0,534	0,554	PANAMA 3/3	25
A-8 (ATKI)	0,603	0,614	0,556	0,58	0,585	0,559	0,583	ÇÖZGÜ SATENİ 5	25
A-8 (ÇÖZGÜ)	0,539	0,495	0,477	0,476	0,464	0,48	0,489	ÇÖZGÜ SATENİ 5	25
A-9 (ATKI)	0,734	0,686	0,671	0,638	0,654	0,633	0,669	BEZAYAK	28
A-9 (ÇÖZGÜ)	0,612	0,577	0,576	0,587	0,569	0,574	0,583	BEZAYAK	28
A-10 (ATKI)	0,713	0,695	0,689	0,664	0,672	0,661	0,682	DİMİ 2/1	28
A-10 (ÇÖZGÜ)	0,645	0,612	0,617	0,607	0,593	0,584	0,610	DİMİ 2/1	28
A-11 (ATKI)	0,703	0,65	0,639	0,626	0,632	0,603	0,642	PANAMA 3/3	28
A-11 (ÇÖZGÜ)	0,569	0,539	0,544	0,526	0,494	0,493	0,528	PANAMA 3/3	28
A-12 (ATKI)	0,669	0,647	0,592	0,592	0,649	0,586	0,623	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28
A-12 (ÇÖZGÜ)	0,623	0,593	0,576	0,564	0,566	0,55	0,579	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28

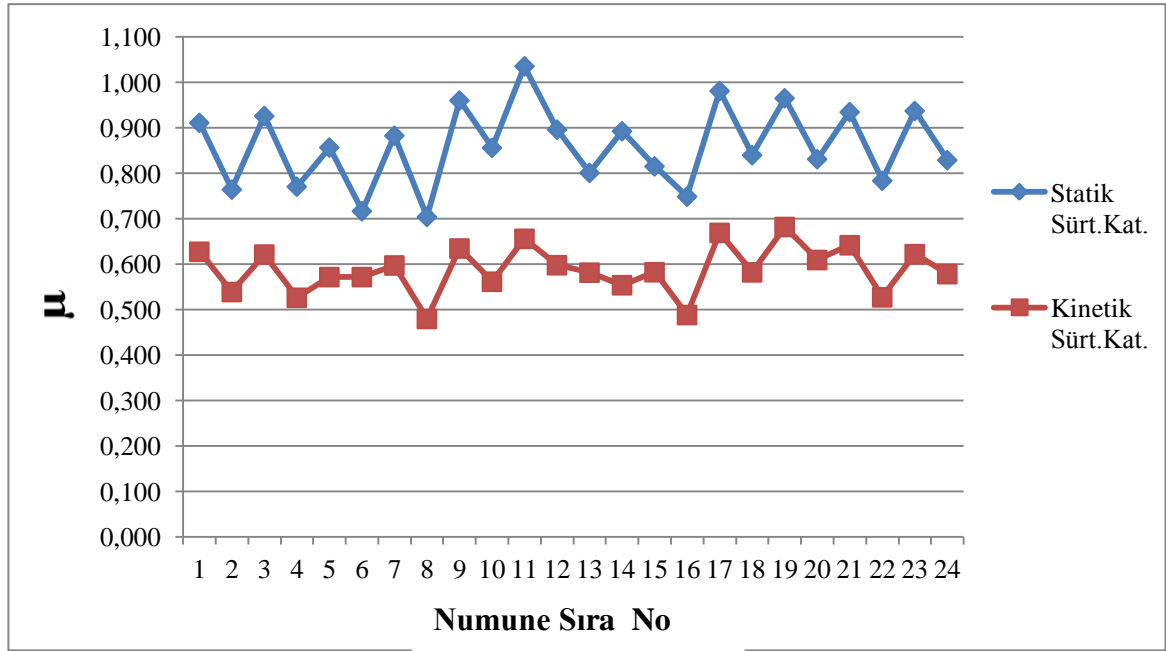
Statik ve Kinetik Sürtünme Katsayıları Arasındaki İlişki

Yapılan her testte, numunelere ait hem statik hem de kinetik sürtünme katsayıları ölçülmektedir. Statik ve kinetik sürtünme katsayıları incelendiğinde, % 100 pamuklu kumaştan elde edilen veriler kullanılarak hazırlanan aşağıdaki Şekil 4.31'teki grafikte gösterildiği gibi, kinetik sürtünme katsayısının statik sürtünme katsayısına oranının, aynı elyaf cinsine ait tüm kumaş cinslerinde birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Çizelge 4.8'deki verilere göre, % 5 varyasyon ile ortalama 0,685'lik oran elde edilmiştir. Yine yapılan incelemede, kinetik sürtünme katsayısı değerleri arasındaki varyasyonun % 4 düzeyinde,

statik sürtünme katsayısındaki varyasyonun ise yaklaşık % 8 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, veri kirliliğinin önlenmesi ve analizlerin sadeleştirilmesi amacıyla; kumaş yapısal parametrelerinin sürtünme katsayısına etkisini tespit etmek üzere yapılan analizlerde, kinetik sürtünme katsayısı verileri kullanılmıştır.

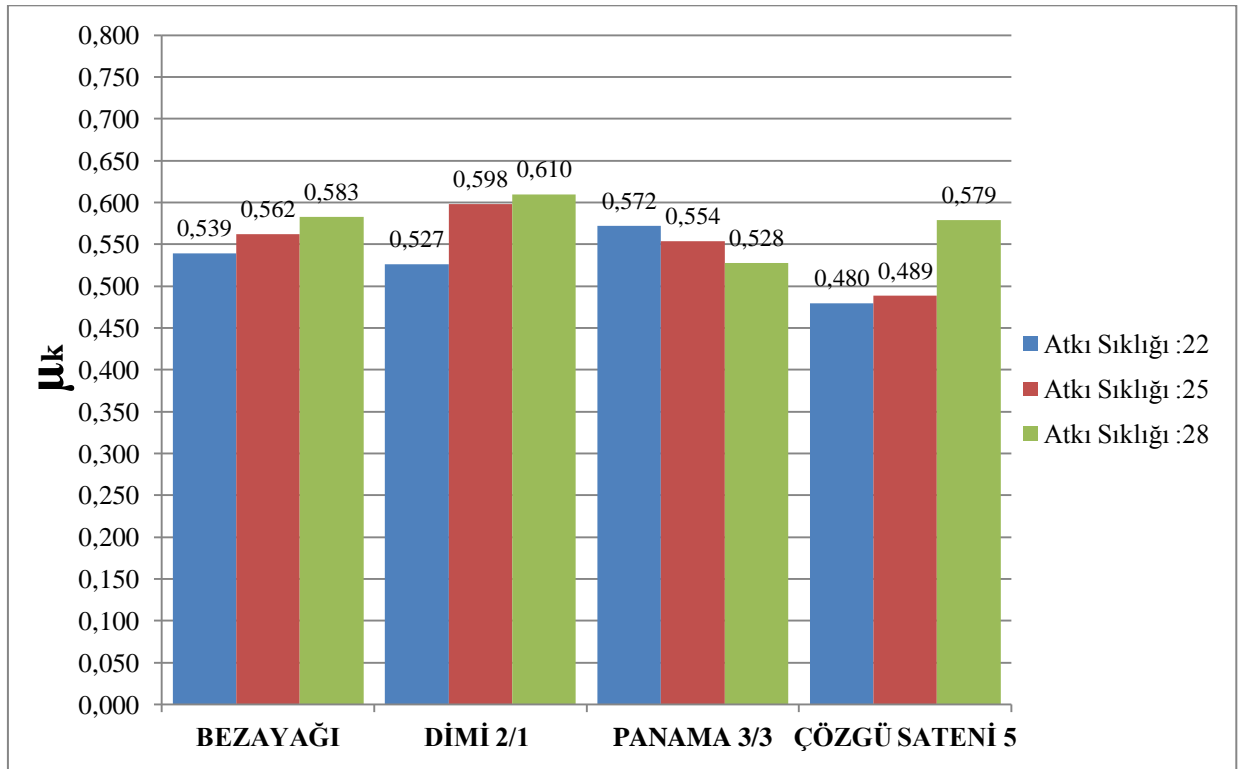
Çizelge 4.8. % 100 Pamuklu kumaşlarda kinetik sürtünme katsayılarının statik sürtünme katsayılarına oranı

SIRA NU.	NUMUNE	μ_s	μ_k	μ_k / μ_s
1	A-1 (ATKI)	0,912	0,628	0,689
2	A-1 (ÇÖZGÜ)	0,765	0,539	0,705
3	A-2 (ATKI)	0,927	0,622	0,671
4	A-2 (ÇÖZGÜ)	0,771	0,527	0,683
5	A-3 (ATKI)	0,857	0,572	0,667
6	A-3 (ÇÖZGÜ)	0,717	0,572	0,798
7	A-4 (ATKI)	0,883	0,598	0,677
8	A-4 (ÇÖZGÜ)	0,705	0,480	0,681
9	A-5 (ATKI)	0,961	0,635	0,661
10	A-5 (ÇÖZGÜ)	0,857	0,562	0,656
11	A-6 (ATKI)	1,036	0,656	0,633
12	A-6 (ÇÖZGÜ)	0,897	0,598	0,667
13	A-7 (ATKI)	0,802	0,582	0,726
14	A-7 (ÇÖZGÜ)	0,893	0,554	0,620
15	A-8 (ATKI)	0,816	0,583	0,714
16	A-8 (ÇÖZGÜ)	0,749	0,489	0,652
17	A-9 (ATKI)	0,982	0,669	0,682
18	A-9 (ÇÖZGÜ)	0,841	0,583	0,693
19	A-10 (ATKI)	0,966	0,682	0,706
20	A-10 (ÇÖZGÜ)	0,832	0,610	0,733
21	A-11 (ATKI)	0,935	0,642	0,687
22	A-11 (ÇÖZGÜ)	0,784	0,528	0,673
23	A-12 (ATKI)	0,938	0,623	0,664
24	A-12 (ÇÖZGÜ)	0,830	0,579	0,698



Şekil 4.31. % 100 Pamuklu kumaşlarda yapılan statik ve kinetik sürtünme katsayıları

Çözü yönündeki etkisi : % 100 pamuklu kumaşlara ait kinetik sürtünme katsayısı verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.32’de gösterilmiştir.



Şekil 4.32. % 100 Pamuklu kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi

Bulgular:

1. Bezayağı, dimi ve saten kumaşta atkı sıklığındaki artış, çözgü yönündeki sürtünme katsayısını da attırmaktayken; panama kumaştaki sürtünme katsayısını azaltmaktadır. Çözgü yönündeki sürtünme katsayısındaki artışa neden olan durum; atkı sıklığındaki artış nedeniyle birim mesafedeki pik sayısındaki artışla ve kumaşlar arası temas eden yüzey alanı miktarının artmasıyla ifade edilebilir. Panama kumaşta ise, panama kumaş türünün pürüzlülüğü etileyen en önemli parametre olduğu dikkate alındığında, atkı sıklığındaki artışla beraber kumaş dokusundan kaynaklı olarak, birim mesafedeki yüzen iplik uzunluğunun azalmasına bağlı olarak temas eden yüzeyin azalması sonucu, sürtünme katsayısının da düştüğü görülmektedir.

2. Düşük atkı sıklığında panama kumaşın çözgü yönündeki sürtünme katsayısı yüksekken, sateninki düşüktür. Yüksek atkı sıklığında ise dimi kumaşın çözgü yönündeki sürtünme katsayısı diğer kumaş cinslerine göre daha yüksek, panama kumaşınki ise düşüktür.

3. A grubuna ait farklı atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,033$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.005637	0.002819	4.33	0.033
Hata	15	0.009759	0.000651		
Toplam	17	0.015397			
S = 0.02551	R-Sq = 36.61%		R-Sq(adj) = 28.16%		

Bu durumda, $p=0,033 > 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

4. A grubuna ait farklı atkı sıklığına sahip dimi kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.024370	0.012185	16.94	0.000
Hata	15	0.010790	0.000719		
Toplam	17	0.035160			
S = 0.02682	R-Sq = 69.31%		R-Sq(adj) = 65.22%		

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

5. A grubuna ait farklı atkı sıklığına sahip panama kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,068$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.006019	0.003009	3.22	0.068
Hata	15	0.014000	0.000933		
Toplam	17	0.020019			

S = 0.03055 R-Sq = 30.07% R-Sq(adj) = 20.74%

Bu durumda, $p=0,068 > 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olmadığı değerlendirilmektedir. Ancak değer 0,05'e yakın olması, panama kumaşta atkı sıklığı arttıkça çözgü yönünde pürüzlülüğün az oranda da olsa azaldığını destekleyen bir durum olarak değerlendirilebilir.

6. A grubuna ait farklı atkı sıklığına sahip saten kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,550$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	1	0.000225	0.000225	0.38	0.550
Hata	10	0.005878	0.000588		
Toplam	11	0.006104			

S = 0.02425 R-Sq = 3.69% R-Sq(adj) = 0.00%

Bu durumda, $p=0,550 > 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olmadığı değerlendirilmektedir.

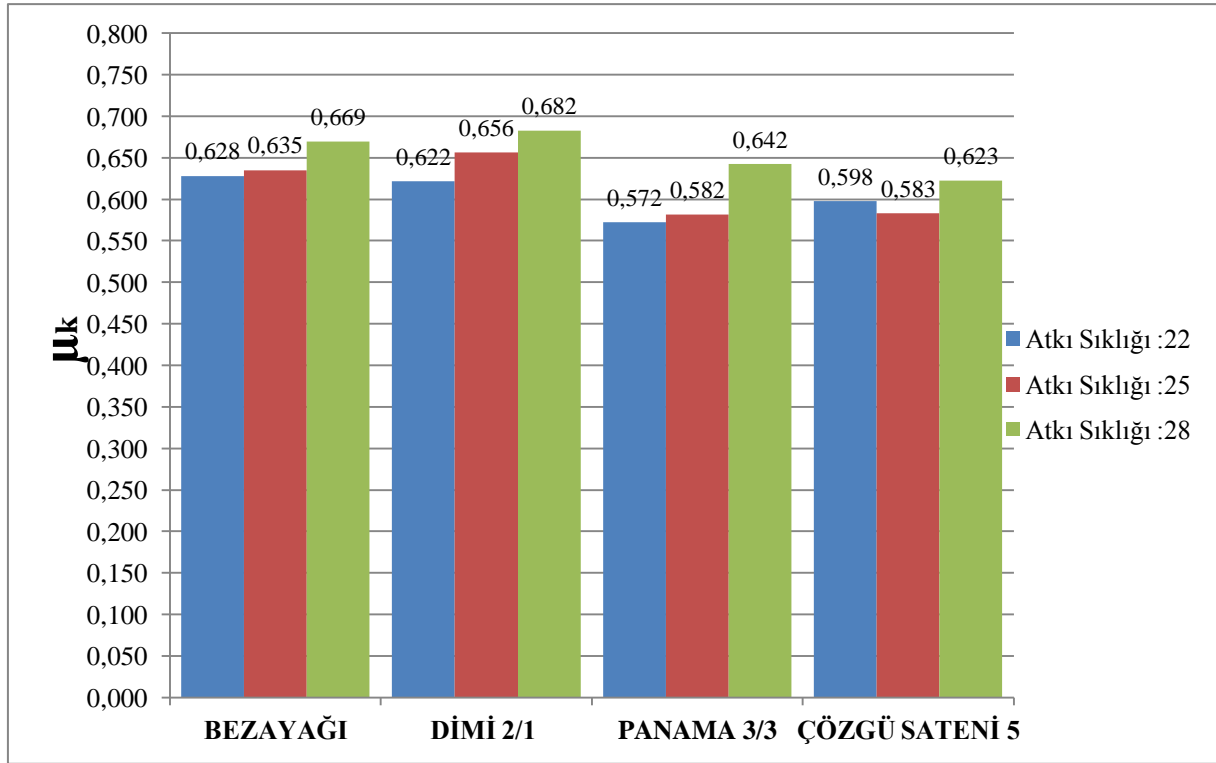
7. A grubuna ait 25 atkı sıklığına sahip farklı tür kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
KUMAŞ CİNSİ	3	0.037547	0.012516	13.80	0.000
Hata	20	0.018142	0.000907		
Toplam	23	0.055689			

S = 0.03012 R-Sq = 67.42% R-Sq(adj) = 62.54%

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ olduğundan, kumaş cinsi ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

Atkı yönündeki etkisi : Dimi kumaşlara ait verilerden elde edilen grafik Şekil 4.33'te gösterilmiştir.



Şekil 4.33. % 100 pamuklu kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi

Bulgular:

1. Saten hariç tüm kumaş cinslerinde atkı sıklığındaki artış, atkı yönündeki sürtünme katsayısını attırmaktadır. Bu durum, atkı sıklığındaki artışa paralel olarak birim alandaki iplik sayısındaki artış nedeniyle birbiriyle temas eden yüzey alanının ya da bir başka deyişle örtme oranının artması sonucu sürtünme katsayısının artması ile açıklanabilir. Saten kumaşta ise, kumaş dokusundan kaynaklı olarak birbiriyle temas eden yüzey alanında önemli bir değişiklik

olmadığı anlaşılmaktadır.

2. Düşük atkı sıklığında bezayağı ve dimi kumaşın atkı yönündeki sürtünme katsayısı yüksekken, panama kumaşınki düşüktür. Yüksek atkı sıklığında ise, dimi kumaşın atkı yönündeki sürtünme katsayısı diğer kumaş cinslerine göre daha yüksek, sateninki ise düşüktür.

3. A grubuna ait farklı atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,112$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.00590	0.00295	2.54	0.112
Hata	15	0.01742	0.00116		
Toplam	17	0.02332			
S = 0.03408		R-Sq = 25.32%		R-Sq(adj) = 15.36%	

Bu durumda, $p=0,112 > 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile atkı yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olmadığı değerlendirilmektedir.

4. A grubuna ait farklı atkı sıklığına sahip dimi kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,002$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.011116	0.005558	9.26	0.002
Hata	15	0.009002	0.000600		
Toplam	17	0.020118			
S = 0.02450		R-Sq = 55.25%		R-Sq(adj) = 49.29%	

Bu durumda, $p=0,002 < 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile atkı yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

5. A grubuna ait farklı atkı sıklığına sahip panama kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,001$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.017320	0.008660	12.42	0.001
Hata	15	0.010456	0.000697		
Toplam	17	0.027776			
S = 0.02640		R-Sq = 62.36%	R-Sq(adj) = 57.34%		

Bu durumda, $p=0,001 < 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile atkı yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

6. A grubuna ait farklı atkı sıklığına sahip saten kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,454$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	1	0.00066	0.00066	0.61	0.454
Hata	10	0.01088	0.00109		
Toplam	11	0.01154			
S = 0.03299		R-Sq = 5.72%	R-Sq(adj) = 0.00%		

Bu durumda, $p=0,454 > 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile atkı yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olmadığı değerlendirilmektedir.

7. A grubuna ait farklı kumaş türünde 25 atkı sıklığına sahip farklı tür kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
KUMAŞ CİNSİ	3	0.025435	0.008478	13.60	0.000
Hata	20	0.012471	0.000624		
Toplam	23	0.037906			
S = 0.02497		R-Sq = 67.10%	R-Sq(adj) = 62.17%		

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ olduğundan, kumaş cinsi ile atkı yönünde sürtünme

katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

“A Grubu” (% 100 Pamuklu) ham kumaşların analizi:

1. Atkı sıklığı artıkça, saten haricindeki diğer kumaş türlerinde atkı yönündeki sürtünme katsayısı artmıştır. Çözü yönünde ise, bezayağı ve dimide yine artmış, panamada ise azalmıştır. Birim mesafedeki bağlantı sayısının artması sonucu genel olarak sürtünme katsayıları artmakta iken, panama örgüde yüzen iplik mesafesi uzun olduğundan çözgü yönündeki sürtünme katsayısının artmadığı hatta çözgü yönünde azaldığı görülmektedir.

2. Aynı atkı sıklığındaki kumaş cinsine göre inceleme yapıldığında, atkı yönünde her üç atkı sıklığında da bezayağı örgüde sürtünme kuvveti genel olarak daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni, birim mesafedeki bağlantı sayısı ve atlama sayısının daha fazla olmasıdır. Panama ve saten örgüde ise diğer kumaşlara göre daha düşük çıkmıştır. Çözü yönünde ise, 22 ve 25 atkı sıklığında yüzey alanının daha fazla olmasından dolayı panama örgünün sürtünme katsayısı daha yüksek çıkmasına rağmen, 28 atkı sıklığında panama örgünün sürtünme katsayısı değeri diğer kumaşlardan daha düşük çıkmıştır.

3. Atkı yönünde 22 atkı sıklığındaki panama en düşük değerde, 28 sıklıktaki dimi en yüksek değerde; çözgü yönünde 22 sıklıktaki saten en düşük değerde, 28 sıklıktaki saten en yüksek değerde; toplamda ise 22 sıklıktaki saten en düşük değerde, 28 sıklıktaki dimi en yüksek değerde çıkmıştır.

4. Yapılan varyans analizleri sonucunda, kumaş türü ile sürtünme katsayısı arasında anlamlı ilişki olduğu ortaya konmuştur. Atkı sıklığının etkisi incelendiğinde ise, anlamlı ilişki kurulması kumaş türüne göre farklılık göstermektedir.

5. Sonuç olarak, ham pamuklu kumaşlarda atkı sıklığının sürtünme kuvvetini etkileyen önemli bir parametre olduğu ve atkı sıklığındaki artışın genellikle sürtünme kuvvetini arttırdığı; kumaş cinsinin de yine atkı sıklığı gibi sürtünme kuvvetine önemli etkisi olduğu, ancak atkı sıklığına bağlı olarak kumaş cinslerinin etkisinin de değiştiği görülmüştür.

4.2.2 “B Grubu” % 100 yünlü kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

“B Grubundaki” kumaşlardan % 100 yünlü kumaşların sürtünme katsayısı ölçümlerinden elde edilen veriler Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10’da detaylı olarak belirtilmiştir.

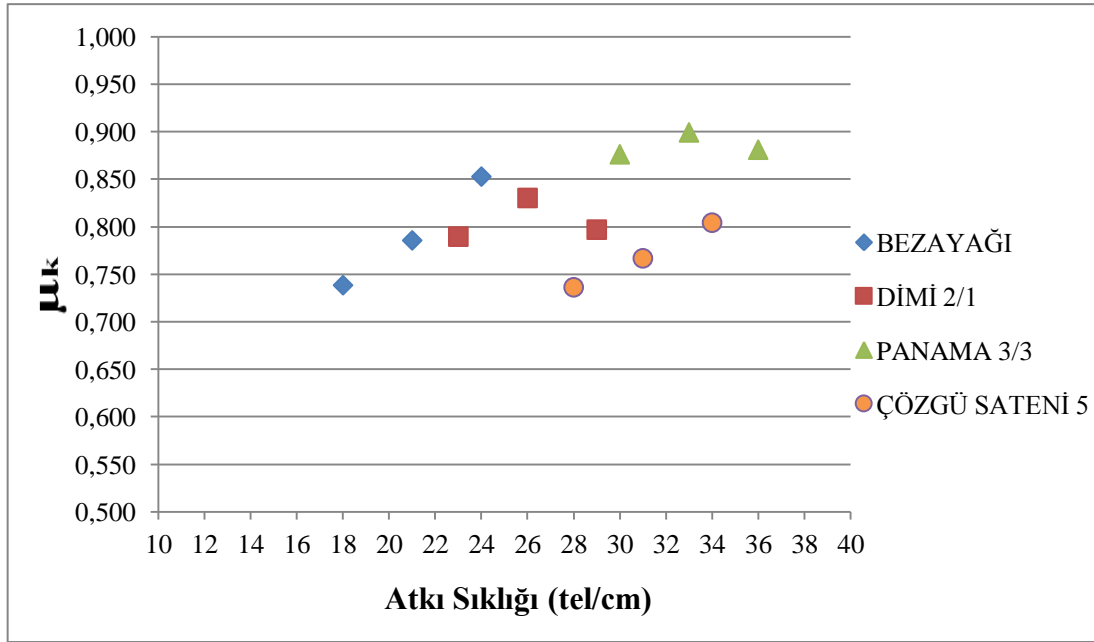
Çizelge 4.9. %100 Yünlü kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki statik sürtünme katsayıları

NUMUNE	1	2	3	4	5	6	ORT	KUMAŞ CİNSİ	MEK. ATKI SIK. (tel/cm)
B-1 (ATKI)	1,042	1,054	1,068	1,014	1,026	1,032	1,039	ÇÖZGÜ SATENİ 5	31
B-1 (ÇÖZGÜ)	0,939	0,905	0,892	0,897	0,886	0,876	0,899	ÇÖZGÜ SATENİ 5	31
B-2 (ATKI)	1,113	1,032	1,058	1,024	1,023	1,004	1,042	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28
B-2 (ÇÖZGÜ)	0,882	0,869	0,893	0,819	0,839	0,826	0,855	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28
B-3 (ATKI)	1,12	1,06	1,079	1,005	1,067	0,996	1,055	ÇÖZGÜ SATENİ 5	34
B-3 (ÇÖZGÜ)	0,954	0,936	0,947	0,929	0,919	0,928	0,936	ÇÖZGÜ SATENİ 5	34
B-4 (ATKI)	1,037	0,981	0,998	0,961	0,958	0,958	0,982	BEZAYAĞI	21
B-4 (ÇÖZGÜ)	0,954	0,919	0,921	0,913	0,903	0,901	0,919	BEZAYAĞI	21
B-5 (ATKI)	1,126	1,037	1,06	1,039	1,015	1,046	1,054	BEZAYAĞI	24
B-5 (ÇÖZGÜ)	1,061	1,013	1,003	0,976	0,979	0,957	0,998	BEZAYAĞI	24
B-6 (ATKI)	1,06	0,991	0,976	1,002	0,967	0,96	0,993	BEZAYAĞI	18
B-6 (ÇÖZGÜ)	0,891	0,855	0,87	0,835	0,835	0,809	0,849	BEZAYAĞI	18
B-7 (ATKI)	1,119	1,073	1,082	1,057	1,046	1,028	1,068	2/1 DİMİ	29
B-7 (ÇÖZGÜ)	1,001	0,96	0,895	0,916	0,914	0,891	0,930	2/1 DİMİ	29
B-8 (ATKI)	1,083	1,021	1,007	0,985	0,976	0,951	1,004	2/1 DİMİ	26
B-8 (ÇÖZGÜ)	1,016	0,964	0,948	0,951	0,943	0,94	0,960	2/1 DİMİ	26
B-9 (ATKI)	1,062	1,016	1,017	0,977	0,985	1,005	1,010	2/1 DİMİ	23
B-9 (ÇÖZGÜ)	0,972	0,934	0,917	0,896	0,898	0,889	0,918	2/1 DİMİ	23
B-10 (ATKI)	1,092	1,013	0,981	0,995	1,011	1,001	1,016	3/3 PANAMA	36
B-10 (ÇÖZGÜ)	1,123	1,051	1,055	1,041	1,043	0,982	1,049	3/3 PANAMA	36
B-11 (ATKI)	1,064	0,993	1,002	0,996	0,905	0,982	0,990	3/3 PANAMA	33
B-11 (ÇÖZGÜ)	1,117	1,057	1,081	1,048	1,036	1,068	1,068	3/3 PANAMA	33
B-12 (ATKI)	1,056	1,016	1,021	0,99	1,017	1,01	1,018	3/3 PANAMA	30
B-12 (ÇÖZGÜ)	1,088	1,019	1,038	1,004	1,006	1,013	1,028	3/3 PANAMA	30

Çizelge 4.10. %100 Yünlü kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayıları

NUMUNE	1	2	3	4	5	6	ORT	KUMAŞ CİNSİ	MEK. ATKI SIK. (tel/cm)
B-1 (ATKI)	0,946	0,905	0,892	0,897	0,886	0,876	0,900	ÇÖZGÜ SATENİ 5	31
B-1 (ÇÖZGÜ)	0,78	0,766	0,777	0,767	0,757	0,755	0,767	ÇÖZGÜ SATENİ 5	31
B-2 (ATKI)	0,91	0,9	0,883	0,852	0,866	0,854	0,878	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28
B-2 (ÇÖZGÜ)	0,757	0,743	0,751	0,713	0,731	0,724	0,737	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28
B-3 (ATKI)	0,926	0,892	0,887	0,862	0,881	0,848	0,883	ÇÖZGÜ SATENİ 5	34
B-3 (ÇÖZGÜ)	0,829	0,799	0,811	0,786	0,807	0,795	0,805	ÇÖZGÜ SATENİ 5	34
B-4 (ATKI)	0,849	0,838	0,848	0,843	0,833	0,825	0,839	BEZAYAĞI	21
B-4 (ÇÖZGÜ)	0,809	0,79	0,781	0,777	0,783	0,775	0,786	BEZAYAĞI	21
B-5 (ATKI)	0,929	0,896	0,9	0,889	0,884	0,884	0,897	BEZAYAĞI	24
B-5 (ÇÖZGÜ)	0,877	0,859	0,858	0,849	0,843	0,832	0,853	BEZAYAĞI	24
B-6 (ATKI)	0,863	0,85	0,835	0,848	0,833	0,838	0,845	BEZAYAĞI	18
B-6 (ÇÖZGÜ)	0,755	0,736	0,743	0,731	0,739	0,728	0,739	BEZAYAĞI	18
B-7 (ATKI)	0,936	0,911	0,913	0,895	0,895	0,885	0,906	2/1 DİMİ	29
B-7 (ÇÖZGÜ)	0,817	0,796	0,799	0,79	0,798	0,783	0,797	2/1 DİMİ	29
B-8 (ATKI)	0,874	0,852	0,855	0,839	0,832	0,834	0,848	2/1 DİMİ	26
B-8 (ÇÖZGÜ)	0,86	0,831	0,836	0,825	0,825	0,806	0,831	2/1 DİMİ	26
B-9 (ATKI)	0,891	0,875	0,872	0,85	0,845	0,85	0,864	2/1 DİMİ	23
B-9 (ÇÖZGÜ)	0,815	0,794	0,794	0,78	0,777	0,779	0,790	2/1 DİMİ	23
B-10 (ATKI)	0,91	0,881	0,863	0,859	0,869	0,857	0,873	3/3 PANAMA	36
B-10 (ÇÖZGÜ)	0,921	0,894	0,893	0,87	0,867	0,843	0,881	3/3 PANAMA	36
B-11 (ATKI)	0,895	0,858	0,869	0,862	0,859	0,848	0,865	3/3 PANAMA	33
B-11 (ÇÖZGÜ)	0,924	0,902	0,911	0,892	0,881	0,887	0,900	3/3 PANAMA	33
B-12 (ATKI)	0,883	0,873	0,871	0,845	0,861	0,852	0,864	3/3 PANAMA	30
B-12 (ÇÖZGÜ)	0,903	0,871	0,885	0,872	0,863	0,865	0,877	3/3 PANAMA	30

a. Çözgü yönündeki etkisi : % 100 Yünlü kumaşlara ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı verilerin den elde edilen grafik Şekil 4.34'da gösterilmiştir.



Şekil 4.34. % 100 Yünlü kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi

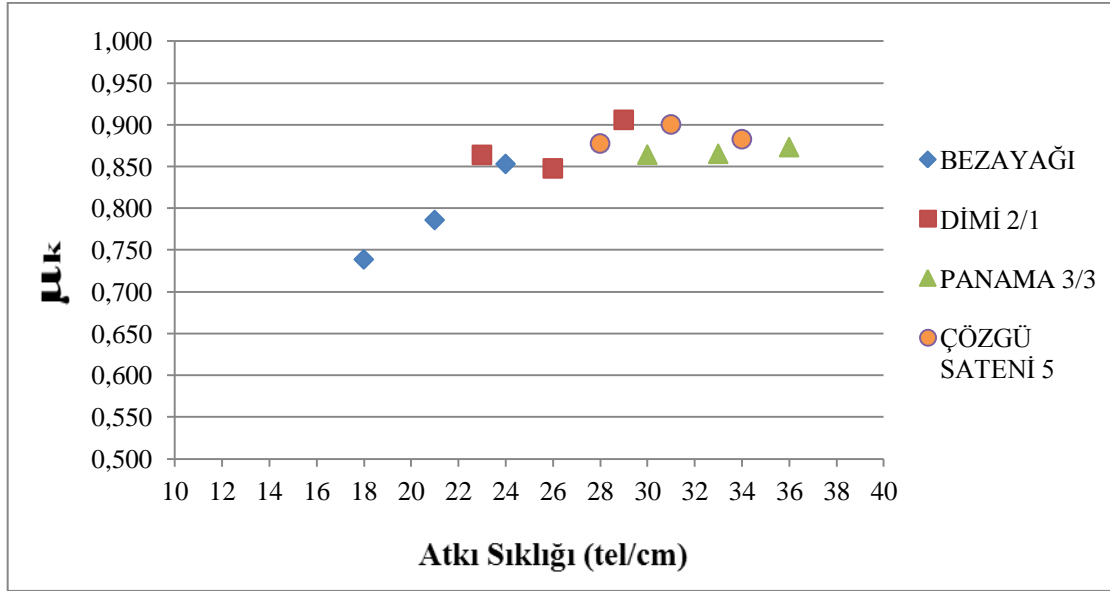
Bulgular:

1. Bezayağı ve saten kumaşlarda atkı sıklığı arttıkça, çözgü yönündeki sürtünme katsayısı da artmaktadır. Diğer kumaşlarda ise önemli bir değişim görülmemektedir.
2. Atkı sıklığı kumaş cinslerine göre değiştiğinden, kumaş cinsleri bakımından kesin bir değerlendirme yapılamamaktadır. Ancak 30 atkı sıklığı civarında bezayağı (mevcut veriler ışığında 0,90-0,95 arasında olması öngörülmekte) ve panama kumaşların sürtünme katsayısının, dimi ve saten kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir.
3. B grubuna ait % 100 yünlü kumaşlardan farklı atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.039616	0.019808	121.76	0.000
Hata	15	0.002440	0.000163		
Toplam	17	0.042056			
S = 0.01275		R-Sq = 94.20%		R-Sq(adj) = 93.42%	

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

b. Atkı yönündeki etkisi: % 100 Yünlü kumaşlara ait atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.35’de gösterilmiştir.



Şekil 4.35. % 100 Yünlü kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi

Bulgular:

1. Bezayağı ve dimi kumaşlarda atkı sıklığı arttıkça, atkı yönündeki sürtünme katsayısı da artmaktadır. Diğer kumaşlarda ise önemli bir değişim görülmemektedir.

2. Atkı sıklığı kumaş cinslerine göre değiştiğinden, kumaş cinsleri bakımından kesin bir değerlendirme yapılamamaktadır. Ancak 30 atkı sıklığı civarında bezayağı (mevcut veriler ışığında 0,90-0,95 arasında olması öngörülmekte) tüm kumaş türlerine ait sürtünme katsayılarının birbirine yakın olduğu anlaşılmaktadır.

3. B grubuna ait % 100 yünlü kumaşlardan farklı atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
KUMAŞ CİNSİ	3	0.025435	0.008478	13.60	0.000
Hata	20	0.012471	0.000624		
Toplam	23	0.037906			
S = 0.02497 R-Sq = 67.10% R-Sq(adj) = 62.17%					

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile atkı yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

4.2.3 “B Grubu” % 45 Yün / % 55 PES kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

“B Grubundaki” kumaşlardan % 45 Yün / % 55 PES kumaşların sürtünme katsayısı ölçümlerinden elde edilen veriler Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de detaylı olarak belirtilmiştir.

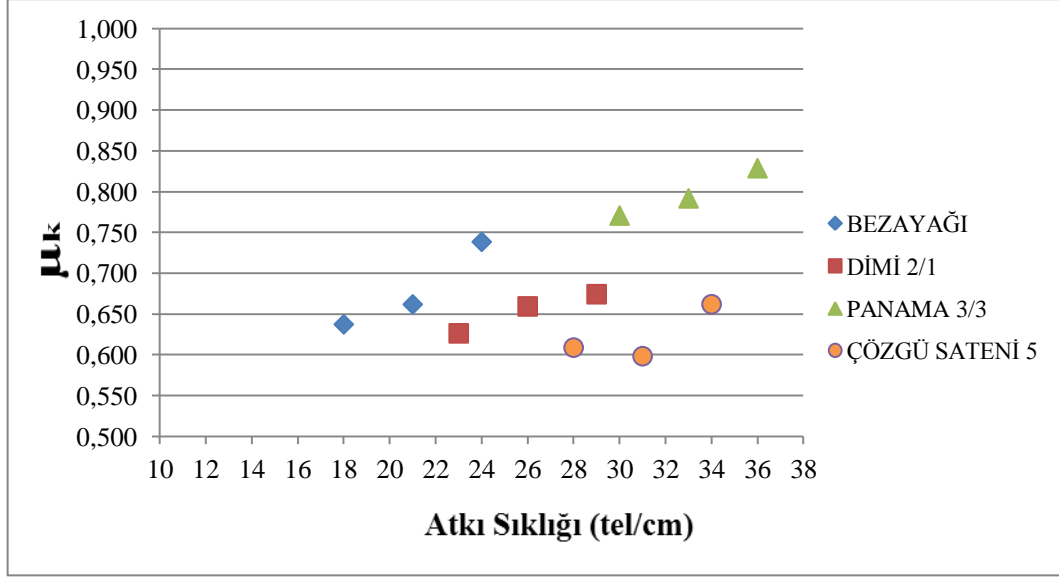
Çizelge 4.11. %45 Yün / %55 PES kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki statik sürtünme katsayıları

NUMUNE	1	2	3	4	5	6	ORT	ÖRGÜ CİNSİ	MEK. ATKI SIK. (tel/cm)
B-13 (ATKI)	0,995	0,937	0,946	0,918	0,899	0,913	0,935	2/1 DİMİ	29
B-13 (ÇÖZGÜ)	0,887	0,852	0,817	0,819	0,801	0,813	0,832	2/1 DİMİ	29
B-14 (ATKI)	1,017	0,973	0,963	0,929	0,959	0,926	0,961	2/1 DİMİ	26
B-14 (ÇÖZGÜ)	0,837	0,784	0,786	0,757	0,781	0,74	0,781	2/1 DİMİ	26
B-15 (ATKI)	1,007	0,931	0,979	0,939	0,913	0,95	0,953	2/1 DİMİ	23
B-15 (ÇÖZGÜ)	0,789	0,773	0,752	0,725	0,725	0,727	0,749	2/1 DİMİ	23
B-16 (ATKI)	0,911	0,865	0,878	0,832	0,853	0,865	0,867	PANAMA 3/3	36
B-16 (ÇÖZGÜ)	1,088	1,075	1,002	0,972	0,974	0,969	1,013	PANAMA 3/3	36
B-17 (ATKI)	0,928	0,849	0,85	0,85	0,851	0,866	0,866	PANAMA 3/3	33
B-17 (ÇÖZGÜ)	1,039	0,992	0,982	0,975	0,949	1,002	0,990	PANAMA 3/3	33
B-18 (ATKI)	0,965	0,895	0,893	0,875	0,855	0,862	0,891	PANAMA 3/3	30
B-18 (ÇÖZGÜ)	1,021	0,965	0,943	0,943	0,919	0,927	0,953	PANAMA 3/3	30
B-19 (ATKI)	1,051	0,955	0,983	0,944	0,944	0,924	0,967	ÇÖZGÜ SATENİ 5	31
B-19 (ÇÖZGÜ)	0,758	0,691	0,719	0,694	0,68	0,687	0,705	ÇÖZGÜ SATENİ 5	31
B-20 (ATKI)	1,016	0,937	0,976	0,957	0,958	0,949	0,966	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28
B-20 (ÇÖZGÜ)	0,8	0,755	0,758	0,721	0,743	0,72	0,750	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28
B-21 (ATKI)	1,065	0,961	0,98	0,953	0,938	0,916	0,969	ÇÖZGÜ SATENİ 5	34
B-21 (ÇÖZGÜ)	0,855	0,8	0,791	0,769	0,795	0,75	0,793	ÇÖZGÜ SATENİ 5	34
B-22 (ATKI)	1,018	0,947	0,886	0,892	0,896	0,859	0,916	BEZAYAĞI	21
B-22 (ÇÖZGÜ)	0,841	0,809	0,811	0,788	0,764	0,799	0,802	BEZAYAĞI	21
B-23 (ATKI)	0,961	0,904	0,944	0,929	0,88	0,904	0,920	BEZAYAĞI	24
B-23 (ÇÖZGÜ)	0,954	0,912	0,887	0,871	0,892	0,857	0,896	BEZAYAĞI	24
B-24 (ATKI)	0,96	0,891	0,879	0,884	0,881	0,879	0,896	BEZAYAĞI	18
B-24 (ÇÖZGÜ)	0,838	0,781	0,774	0,746	0,744	0,759	0,774	BEZAYAĞI	18

Çizelge 4.12. %45 Yün / %55 PES kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayıları

NUMUNE	1	2	3	4	5	6	ORT	ÖRGÜ CİNSİ	MEK. ATKI SIK. (tel/cm)
B-13 (ATKI)	0,793	0,769	0,788	0,772	0,764	0,76	0,774	2/1 DİMİ	29
B-13 (ÇÖZGÜ)	0,689	0,677	0,673	0,673	0,662	0,673	0,675	2/1 DİMİ	29
B-14 (ATKI)	0,816	0,795	0,786	0,776	0,782	0,776	0,789	2/1 DİMİ	26
B-14 (ÇÖZGÜ)	0,68	0,666	0,669	0,652	0,65	0,64	0,660	2/1 DİMİ	26
B-15 (ATKI)	0,788	0,762	0,786	0,776	0,763	0,767	0,774	2/1 DİMİ	23
B-15 (ÇÖZGÜ)	0,649	0,637	0,629	0,615	0,619	0,61	0,627	2/1 DİMİ	23
B-16 (ATKI)	0,745	0,719	0,727	0,712	0,713	0,705	0,720	3/3 PANAMA	36
B-16 (ÇÖZGÜ)	0,864	0,852	0,826	0,812	0,824	0,796	0,829	3/3 PANAMA	36
B-17 (ATKI)	0,738	0,715	0,72	0,707	0,705	0,7	0,714	3/3 PANAMA	33
B-17 (ÇÖZGÜ)	0,817	0,799	0,798	0,783	0,779	0,776	0,792	3/3 PANAMA	33
B-18 (ATKI)	0,731	0,707	0,722	0,714	0,72	0,709	0,717	3/3 PANAMA	30
B-18 (ÇÖZGÜ)	0,807	0,784	0,781	0,759	0,754	0,741	0,771	3/3 PANAMA	30
B-19 (ATKI)	0,81	0,789	0,788	0,776	0,764	0,772	0,783	ÇÖZGÜ SATENİ 5	31
B-19 (ÇÖZGÜ)	0,627	0,605	0,605	0,585	0,593	0,576	0,599	ÇÖZGÜ SATENİ 5	31
B-20 (ATKI)	0,797	0,767	0,783	0,764	0,772	0,761	0,774	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28
B-20 (ÇÖZGÜ)	0,636	0,621	0,613	0,595	0,605	0,584	0,609	ÇÖZGÜ SATENİ 5	28
B-21 (ATKI)	0,817	0,79	0,783	0,773	0,775	0,75	0,781	ÇÖZGÜ SATENİ 5	34
B-21 (ÇÖZGÜ)	0,682	0,665	0,675	0,657	0,647	0,647	0,662	ÇÖZGÜ SATENİ 5	34
B-22 (ATKI)	0,772	0,772	0,744	0,746	0,74	0,734	0,751	BEZAYAĞI	21
B-22 (ÇÖZGÜ)	0,681	0,669	0,67	0,657	0,643	0,652	0,662	BEZAYAĞI	21
B-23 (ATKI)	0,792	0,77	0,789	0,767	0,762	0,76	0,773	BEZAYAĞI	24
B-23 (ÇÖZGÜ)	0,764	0,749	0,733	0,723	0,737	0,726	0,739	BEZAYAĞI	24
B-24 (ATKI)	0,774	0,758	0,741	0,732	0,742	0,723	0,745	BEZAYAĞI	18
B-24 (ÇÖZGÜ)	0,662	0,644	0,642	0,628	0,625	0,624	0,638	BEZAYAĞI	18

a. Çözgü yönündeki etkisi: % 45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı verilerin den elde edilen grafik Şekil 4.36'da gösterilmiştir.



Şekil 4.36. %45 Yün / %55 PES bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının kumaş cinsi ve atkı sıklığına bağlı olarak değişimi

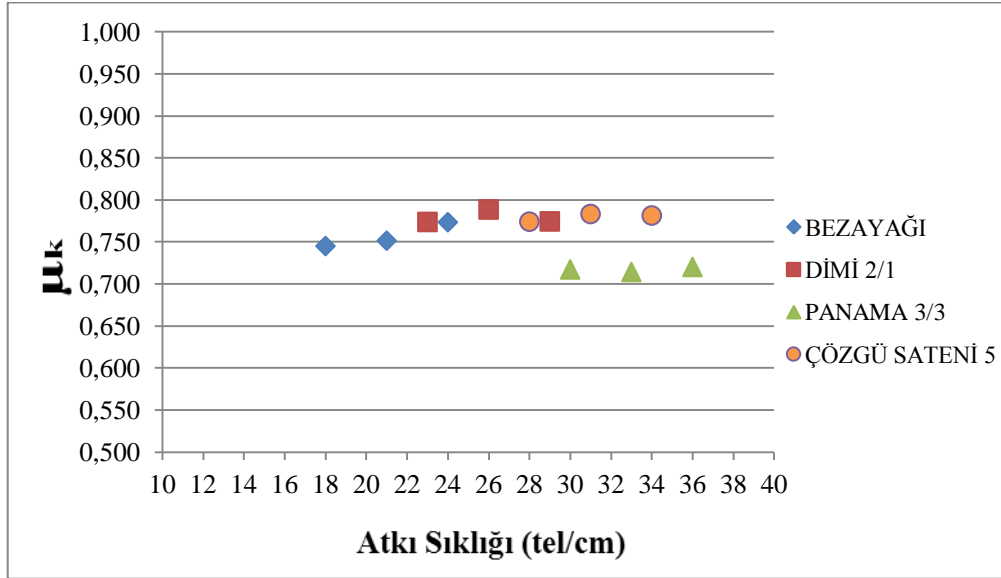
Bulgular:

1. Atkı sıklığının artmasıyla, tüm kumaş cinslerinde çözgü yönündeki sürtünme katsayısında artış meydana gelmiştir.
2. Atkı sıklığı kumaş cinslerine göre değiştiğinden, kumaş cinsleri bakımından kesin bir değerlendirme yapılamamaktadır. Ancak 30 atkı sıklığı civarında bezayağı (mevcut veriler ışığında 0,80-0,85 arasında olması öngörülmekte) ve panama kumaşların sürtünme katsayısının, dimi ve saten kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bezayağı kumaşta bu durum bağlantı sayısındaki artış oranı ile, panama kumaşta ise aynı zamanda yüzey alanının genişliği ile açıklanabilir.
3. B grubuna ait Yün/PES karışımı kumaşlardan farklı atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.033425	0.016713	77.35	0.000
Hata	15	0.003241	0.000216		
Toplam	17	0.036666			
S = 0.01470		R-Sq = 91.16%	R-Sq(adj) = 89.98%		

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

a. Atkı yönündeki etkisi: % 45 Yün / % 55 PES kumaşlara ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı verilerin den elde edilen grafik Şekil 4.37’de gösterilmiştir.



Şekil 4.37. %45 Yün / %55 PES bezayağı kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının kumaş cinsi ve atkı sıklığına bağlı olarak değişimi

Bulgular:

1. Atkı sıklığındaki artışla beraber, çözgü yönündeki sürtünme katsayısı değerleri tüm örgü türlerinde artarken; atkı yönünde ise sadece bezayağı türünde artmaktadır. Bu durum, çözgü yönündeki sürtünmeyi etkileyen atkı sıklığındaki artışla birim mesafedeki bağlantı sayısının ve dolayısıyla da pik sayısının artması ile açıklanmaktadır.

2. Atkı sıklığı kumaş cinslerine göre değiştiğinden, kumaş cinsleri bakımından kesin bir değerlendirme yapılamamaktadır. 30 atkı sıklığı civarında çözgü yönünde panama örgü türüne ait kumaşların sürtünme katsayısının diğer örgü türlerinin değerlerine göre daha yüksekken; atkı yönünde ise bezayağı (mevcut veriler ışığında 0,80-0,85 arasında olması öngörülmekte), dimi ve saten kumaşların sürtünme katsayısının, panama kumaşa göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, çözgü sıklığının atkı sıklığından daha yüksek olması ile açıklanabilir.

3. B grubuna ait Yün/PES karışımı kumaşlardan farklı atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,022$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.002654	0.001327	4.97	0.022
Hata	15	0.004005	0.000267		
Toplam	17	0.006658			
S = 0.01634		R-Sq = 39.86%	R-Sq(adj) = 31.84%		

Bu durumda, $p=0,022 < 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

“B Grubu” kumaşların genel analizi

1. % 100 Yün ve Yün/PES karışımı 22 atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ELYAF CİNSİ	1	0.040717	0.040717	79.16	0.000
Hata	10	0.005143	0.000514		
Toplam	11	0.045860			
S = 0.02268		R-Sq = 88.78%	R-Sq(adj) = 87.66%		

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ olduğundan, elyaf içeriği ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

2. Bezayağı kumaşta yapılan varyans analizi sonucunda, atkı sıklığı ile hem çözgü hem de atkı yönündeki sürtünme katsayıları arasında anlamlı ilişki olduğu görülmüştür. Diğer örgü türlerinde atkı sıklığındaki artış, genellikle özgül yönündeki sürtünme katsayısını da arttırmış; ancak atkı yönünde genel olarak önemli bir değişim görülmemiştir.

3. Örgü türüne bakıldığında ise, çözgü yönünde panama örgünün sürtünme katsayısının diğer örgülere göre daha yüksek, saten örgünün ise iplik sayısı göz önüne alındığında daha düşük olduğu; atkı yönünde ise tüm örgü türlerinin değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.

4.2.4 “C Grubu” % 100 PES kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

C Grubundaki” kumaşların sürtünme katsayısı ölçümlerinden elde edilen veriler Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14’te detaylı olarak belirtilmiştir.

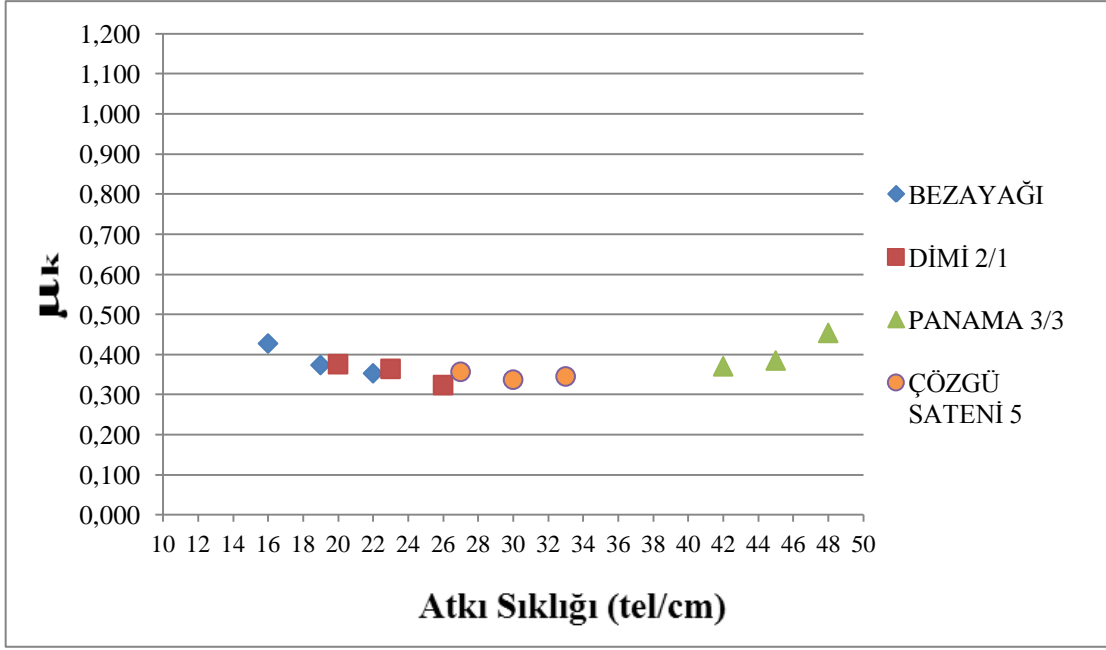
Çizelge 4.13. % 100 PES kumaşların farklı atkı sıklıklarındaki atkı ve çözgü yönündeki statik sürtünme katsayıları

NUMUNE	1	2	3	4	5	6	ORT	KUMAŞ CİNSİ	MEKANİK ATKI SIK. (tel/cm)
C-1 (ATKI)	1,224	1,289	1,225	1,23	1,206	1,222	1,233	BEZAYAĞI	16
C-1 (ÇÖZGÜ)	0,479	0,483	0,46	0,468	0,456	0,454	0,467	BEZAYAĞI	16
C-2 (ATKI)	1,249	1,266	1,225	1,208	1,184	1,19	1,220	BEZAYAĞI	19
C-2 (ÇÖZGÜ)	0,463	0,425	0,434	0,434	0,415	0,394	0,428	BEZAYAĞI	19
C-3 (ATKI)	1,168	1,107	1,12	1,13	1,115	1,13	1,128	BEZAYAĞI	22
C-3 (ÇÖZGÜ)	0,406	0,39	0,402	0,41	0,397	0,388	0,399	BEZAYAĞI	22
C-4 (ATKI)	1,207	1,219	1,18	1,179	1,165	1,139	1,182	DİMİ 2/1	20
C-4 (ÇÖZGÜ)	0,425	0,409	0,397	0,399	0,409	0,395	0,406	DİMİ 2/1	20
C-5 (ATKI)	1,113	1,084	1,12	1,087	1,065	1,098	1,095	DİMİ 2/1	23
C-5 (ÇÖZGÜ)	0,427	0,417	0,428	0,405	0,423	0,424	0,421	DİMİ 2/1	23
C-6 (ATKI)	1,054	1,028	0,977	1,026	0,979	0,985	1,008	DİMİ 2/1	26
C-6 (ÇÖZGÜ)	0,369	0,356	0,361	0,368	0,35	0,384	0,365	DİMİ 2/1	26
C-7 (ATKI)	0,828	0,81	0,815	0,833	0,815	0,809	0,818	ÇÖZGÜ SATENİ 5	27
C-7 (ÇÖZGÜ)	0,406	0,397	0,395	0,395	0,401	0,397	0,399	ÇÖZGÜ SATENİ 5	27
C-8 (ATKI)	1,014	0,999	0,971	0,975	0,975	0,952	0,981	ÇÖZGÜ SATENİ 5	30
C-8 (ÇÖZGÜ)	0,382	0,369	0,364	0,362	0,358	0,349	0,364	ÇÖZGÜ SATENİ 5	30
C-9 (ATKI)	1,025	0,983	0,993	1,011	1,011	0,977	1,000	ÇÖZGÜ SATENİ 5	33
C-9 (ÇÖZGÜ)	0,391	0,37	0,369	0,364	0,372	0,368	0,372	ÇÖZGÜ SATENİ 5	33
C-10 (ATKI)	0,969	0,99	0,89	0,961	0,875	0,891	0,929	PANAMA 3/3	42
C-10 (ÇÖZGÜ)	0,445	0,432	0,4	0,441	0,417	0,433	0,428	PANAMA 3/3	42
C-11 (ATKI)	0,876	0,863	0,716	0,755	0,795	0,78	0,798	PANAMA 3/3	45
C-11 (ÇÖZGÜ)	0,481	0,443	0,454	0,439	0,435	0,447	0,450	PANAMA 3/3	45
C-12 (ATKI)	0,821	0,839	0,757	0,77	0,735	0,687	0,768	PANAMA 3/3	48
C-12 (ÇÖZGÜ)	0,569	0,592	0,552	0,553	0,495	0,522	0,547	PANAMA 3/3	48

Çizelge 4.14. % 100 PES kumaşların farklı atkı sıklıklarındaki atkı ve çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayıları

NUMUNE	1	2	3	4	5	6	ORT	KUMAŞ CİNSİ	MEKANİK ATKI SIK. (tel/cm)
C-1 (ATKI)	1,11	1,065	1,05	1,07	1,1	1,102	1,083	BEZAYAĞI	16
C-1 (ÇÖZGÜ)	0,433	0,424	0,43	0,429	0,428	0,424	0,428	BEZAYAĞI	16
C-2 (ATKI)	1,086	1,067	1,046	1,061	1,02	1,04	1,053	BEZAYAĞI	19
C-2 (ÇÖZGÜ)	0,386	0,376	0,373	0,368	0,375	0,367	0,374	BEZAYAĞI	19
C-3 (ATKI)	0,985	0,963	0,977	0,964	0,937	0,971	0,966	BEZAYAĞI	22
C-3 (ÇÖZGÜ)	0,359	0,354	0,354	0,356	0,351	0,348	0,354	BEZAYAĞI	22
C-4 (ATKI)	1,064	1,061	1,034	1,017	1,018	1,011	1,034	DİMİ 2/1	20
C-4 (ÇÖZGÜ)	0,388	0,383	0,367	0,375	0,375	0,371	0,377	DİMİ 2/1	20
C-5 (ATKI)	0,973	0,969	0,991	0,951	0,944	0,963	0,965	DİMİ 2/1	23
C-5 (ÇÖZGÜ)	0,374	0,364	0,359	0,36	0,367	0,365	0,365	DİMİ 2/1	23
C-6 (ATKI)	0,901	0,888	0,872	0,897	0,848	0,866	0,879	DİMİ 2/1	26
C-6 (ÇÖZGÜ)	0,335	0,328	0,324	0,322	0,319	0,318	0,324	DİMİ 2/1	26
C-7 (ATKI)	0,769	0,767	0,742	0,748	0,745	0,758	0,755	ÇÖZGÜ SATENİ 5	27
C-7 (ÇÖZGÜ)	0,364	0,361	0,352	0,36	0,356	0,352	0,358	ÇÖZGÜ SATENİ 5	27
C-8 (ATKI)	0,936	0,924	0,893	0,918	0,894	0,89	0,909	ÇÖZGÜ SATENİ 5	30
C-8 (ÇÖZGÜ)	0,348	0,341	0,338	0,335	0,333	0,332	0,338	ÇÖZGÜ SATENİ 5	30
C-9 (ATKI)	0,941	0,903	0,912	0,916	0,925	0,899	0,916	ÇÖZGÜ SATENİ 5	33
C-9 (ÇÖZGÜ)	0,354	0,345	0,344	0,344	0,344	0,344	0,346	ÇÖZGÜ SATENİ 5	33
C-10 (ATKI)	0,809	0,8	0,782	0,755	0,79	0,757	0,782	PANAMA 3/3	42
C-10 (ÇÖZGÜ)	0,38	0,376	0,37	0,369	0,367	0,365	0,371	PANAMA 3/3	42
C-11 (ATKI)	0,665	0,674	0,655	0,663	0,667	0,642	0,661	PANAMA 3/3	45
C-11 (ÇÖZGÜ)	0,406	0,386	0,379	0,384	0,381	0,378	0,386	PANAMA 3/3	45
C-12 (ATKI)	0,569	0,565	0,558	0,561	0,528	0,54	0,554	PANAMA 3/3	48
C-12 (ÇÖZGÜ)	0,456	0,464	0,488	0,452	0,44	0,427	0,455	PANAMA 3/3	48

a. Çözgü yönündeki etkisi : % 100 PES kumaşlara ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.38’de gösterilmiştir.



Şekil 4.38. % 100 PES kumaşların kumaş cinsine ve atkı sıklığına bağlı olarak çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının değişimi

Bulgular:

1. Bezayağı ve dimi kumaşta atkı sıklığının artmasıyla çözgü yönündeki sürtünme katsayısı azalırken, panama kumaşta artmıştır. Bu durumun, atkı sıklığındaki artışa bağlı olarak bezayağı ve dimi örgüde örgü yapısının seyrek yapıdan kompakt yapıya geçmesi sonucu atkı iplikleri arasındaki düşey mesafelerin ve dolayısıyla da pürüzlülüğün azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Panama kumaşta ise atlama sayısı bezayağı ve dimi örgüdeki kadar artmadığından ve atkı sıklığının da zaten yüksek olmasından dolayı benzer durum söz konusu olmamıştır. Saten kumaşta ise, belirgin bir değişim gözlenmemiştir.

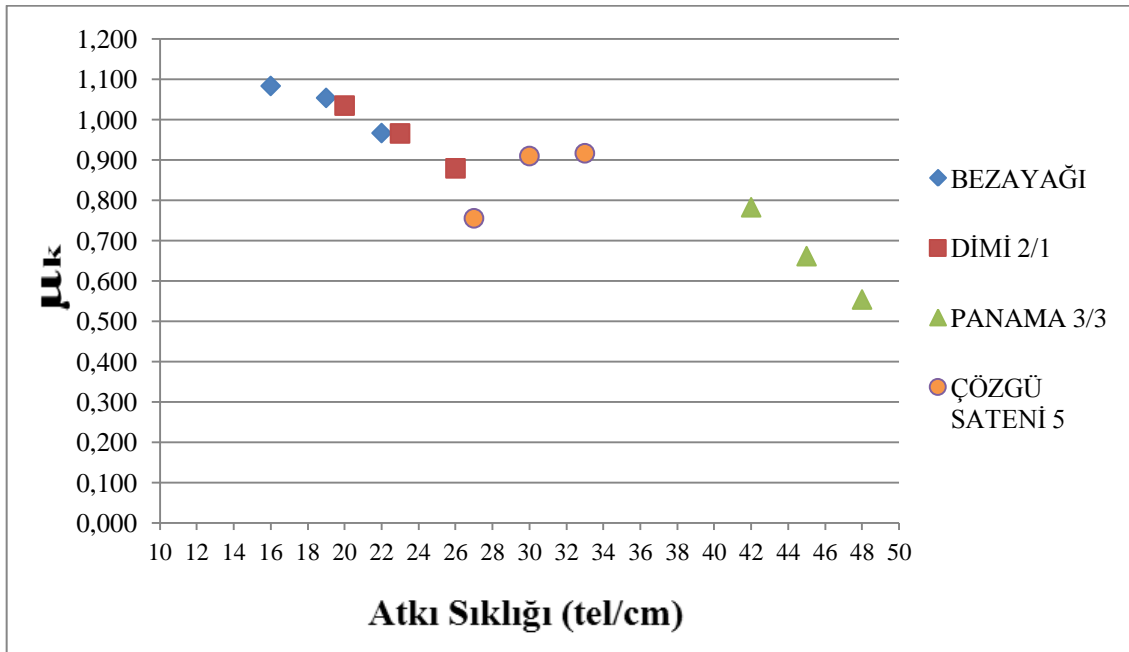
2. Kumaş cinsinin etkisine bakıldığında ise, kumaşların atkı sıklıkları farklı olduğundan, kesin bir değerlendirme yapılamamaktadır. Bununla beraber, çözgü yönündeki sürtünme katsayılarının tüm kumaş cinslerinde hemen hemen aynı düzeyde (0,3-0,4) olduğu gözlenmiş olup, aralarında önemli bir fark görülmemiştir.

3. C grubuna ait kumaşlardan farklı atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.0176874	0.0088437	358.37	0.000
Hata	15	0.0003702	0.0000247		
Toplam	17	0.0180576			
S = 0.004968		R-Sq = 97.95%	R-Sq(adj) = 97.68%		

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

b. Atkı yönündeki etkisi : % 100 PES kumaşlara ait atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.39'da gösterilmiştir.



Şekil 4.39. % 100 PES kumaşların kumaş cinsine ve atkı sıklığına bağlı olarak atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının değişimi

Bulgular:

1. Bezayağı, dimi ve panama kumaşta atkı sıklığının artmasıyla atkı yönündeki sürtünme katsayısı azalmaktayken, saten kumaşta ise artmaktadır. Saten kumaştaki artışın nedeni, yüzen kumaş yüzeyinde bulunan bağlantı noktalarının artması sonucu birim alandaki pik sayısının artmasıdır.

2. Kumaş cinsinin etkisine bakıldığında ise, kumaşların atkı sıklıkları farklı olduğundan, kesin bir değerlendirme yapılamamaktadır.

3. C grubuna ait % 100 PES kumaşlardan farklı atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

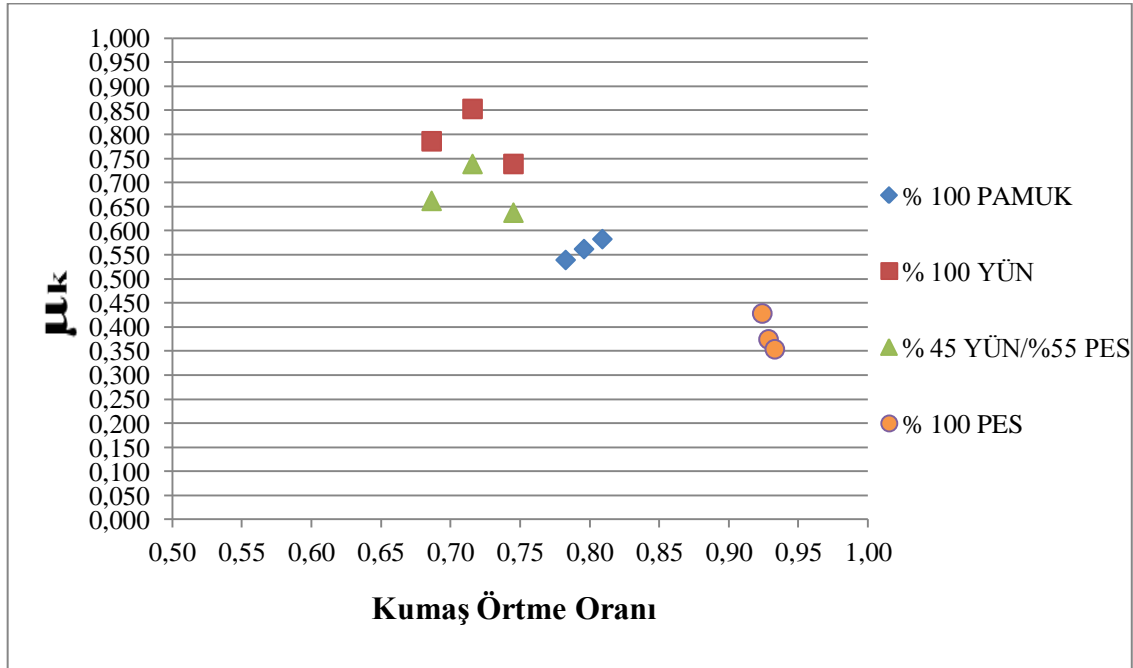
Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	0.044159	0.022079	47.47	0.000
Hata	15	0.006977	0.000465		
Toplam	17	0.051136			
S = 0.02157	R-Sq = 86.36%	R-Sq(adj) = 84.54%			

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ olduğundan, atkı sıklığı ile atkı yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu düşünülmektedir.

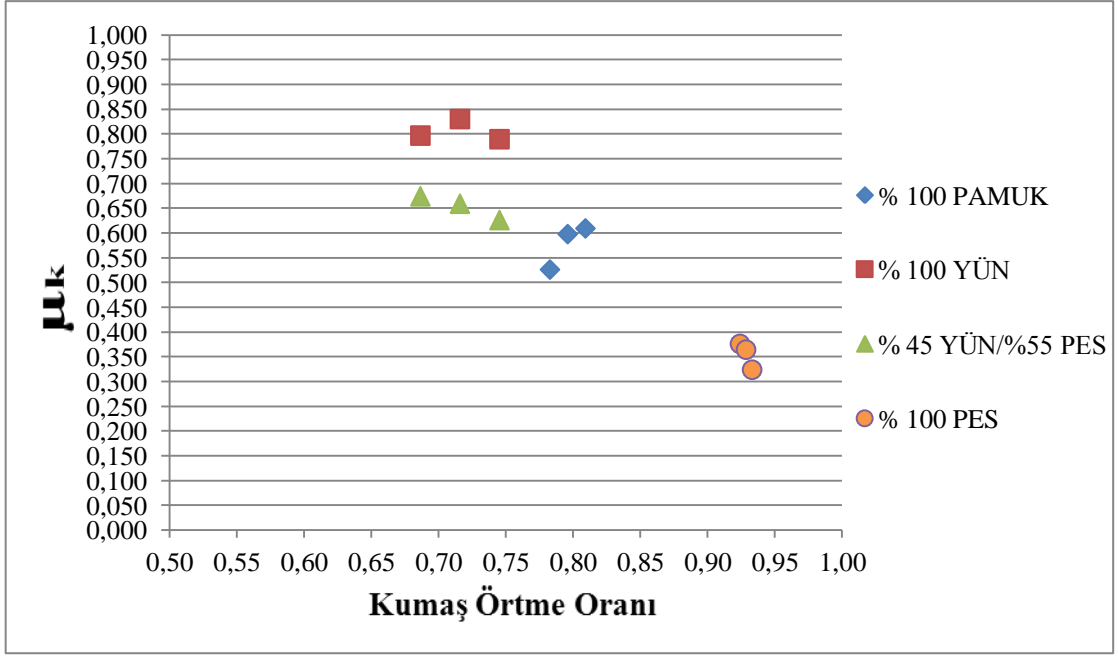
Elyaf içeriğinin etkisi

a. Çözü yönündeki etkisi:

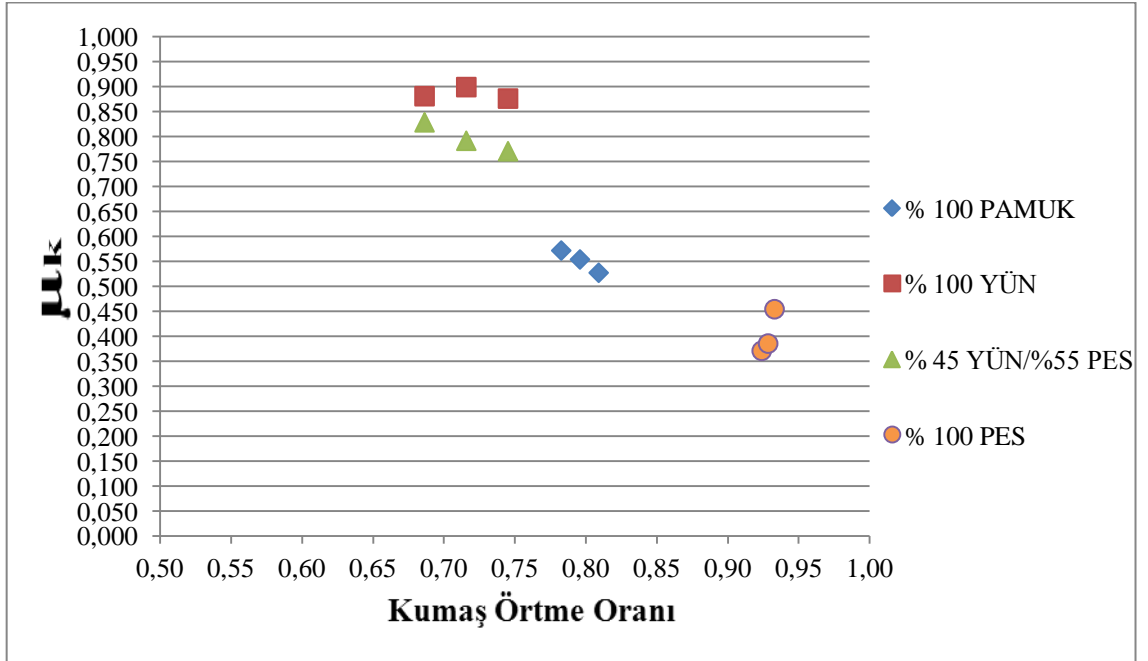
Tüm kumaşlara ait toplam örtme oranı ve çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı verilerinden elde edilen grafikler Şekil 4.40, 4.41, 4.42, 4.43, 4.44, 4.45, 4.46 ve Şekil 4.47’de gösterilmiştir.



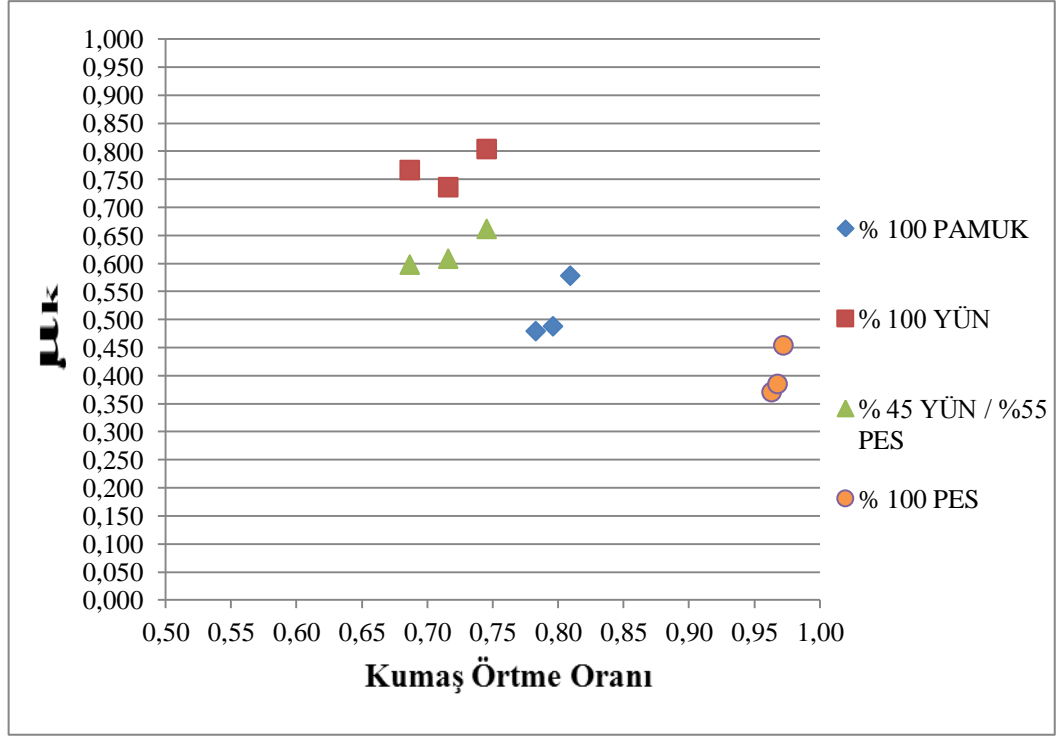
Şekil 4.40. “Bezayağı” kumaşa ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi



Şekil 4.41. “Dimi” kumaşa ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi



Şekil 4.42. “Panama” kumaşa ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi



Şekil 4.43. Saten kumaşa ait çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi

Bulgular:

1. Çözgü yönündeki sürtünme katsayıları incelendiğinde; en yüksek sürtünme katsayısının % 100 yünlü kumaşlarda, daha sonra sırasıyla yün/PES karışımı, % 100 pamuklu kumaş ve en düşük değerde ise % 100 PES kumaşlar görülmektedir. En düşük sürtünme katsayısına sahip kumaşların % 100 PES kumaşlar olması, ilk akla gelen durum olarak PES elyafının daha kaygan yüzeye sahip olması ile açıklanabilir. % 100 yünlü kumaşlarda ise, iplik çapının daha yüksek olmasının yanında, yün elyafının yüzeyindeki pul tabakasının sürtünme katsayısını arttırdığı tahmin edilmektedir.

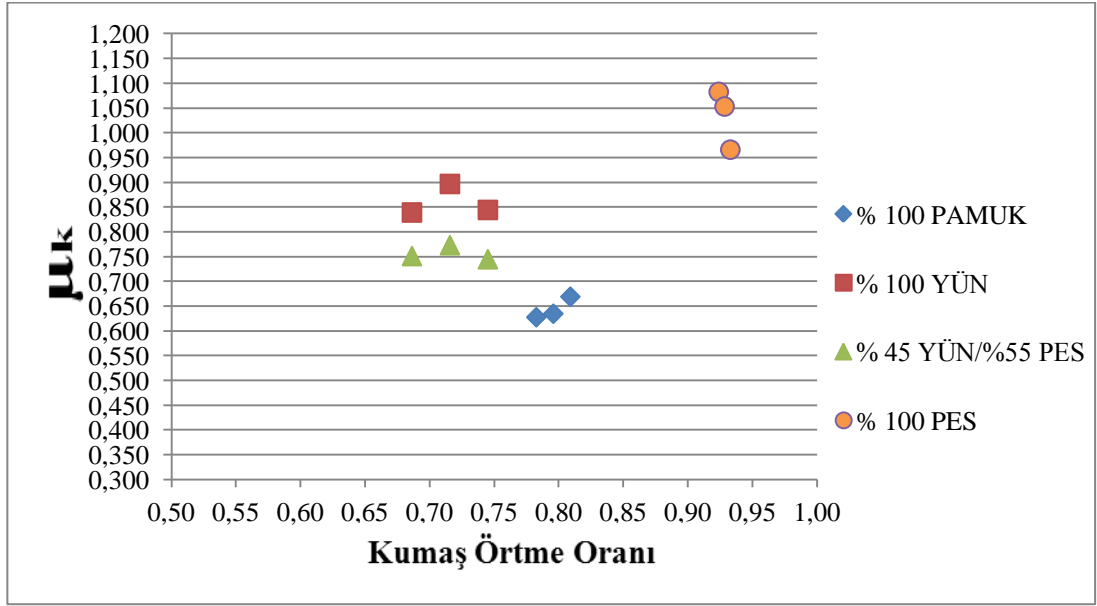
2. Farklı elyaf türünde 22 atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ELYAF CİNSİ	3	0.611272	0.203757	541.26	0.000
Hata	20	0.007529	0.000376		
Toplam	23	0.618801			

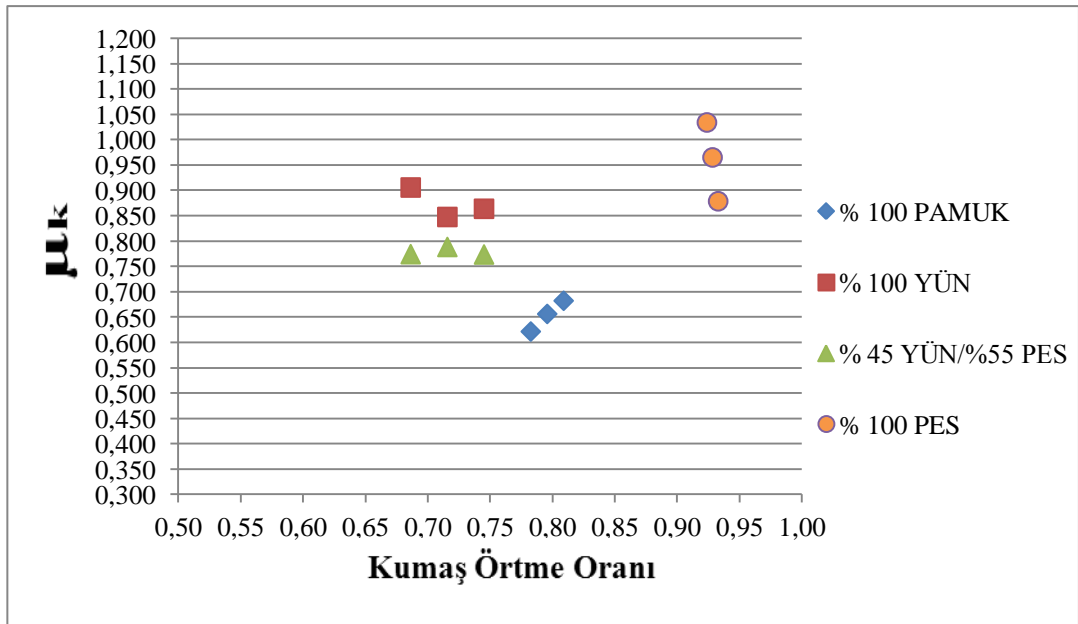
S = 0.01940 R-Sq = 98.78% R-Sq(adj) = 98.60%

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ olduğundan, elyaf içeriği ile çözgü yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir. Ancak çözgü sıklığındaki farklılardan kaynaklanan varyasyon da dikkate alınması gerektiği unutulmamalıdır.

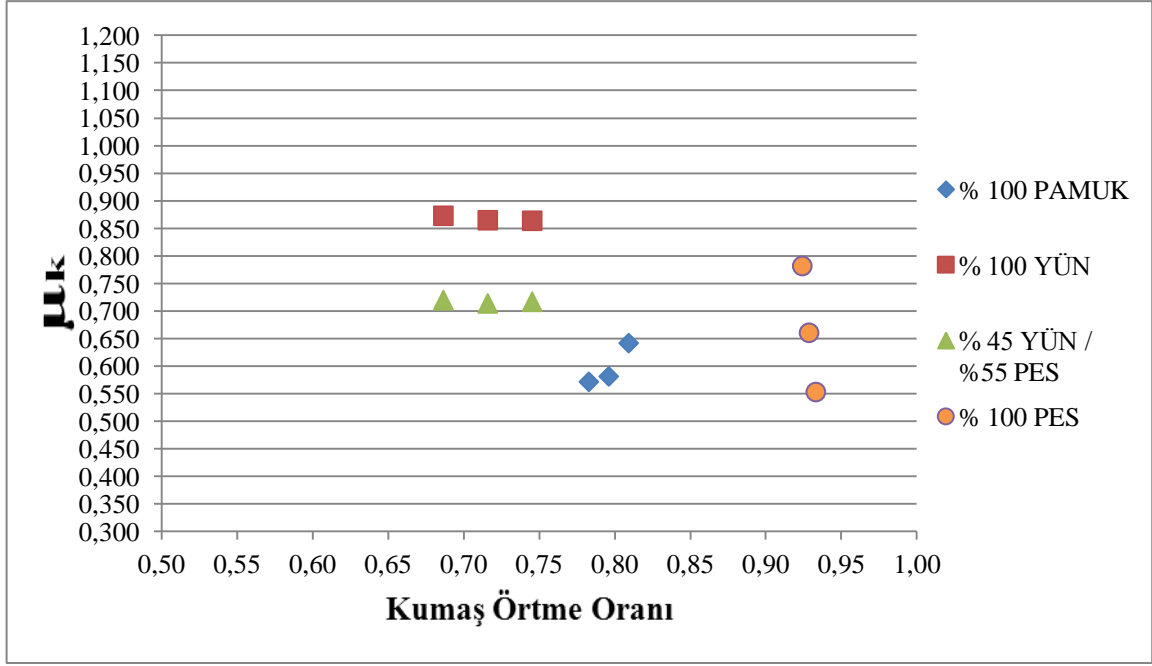
b. Atkı yönündeki etkisi:



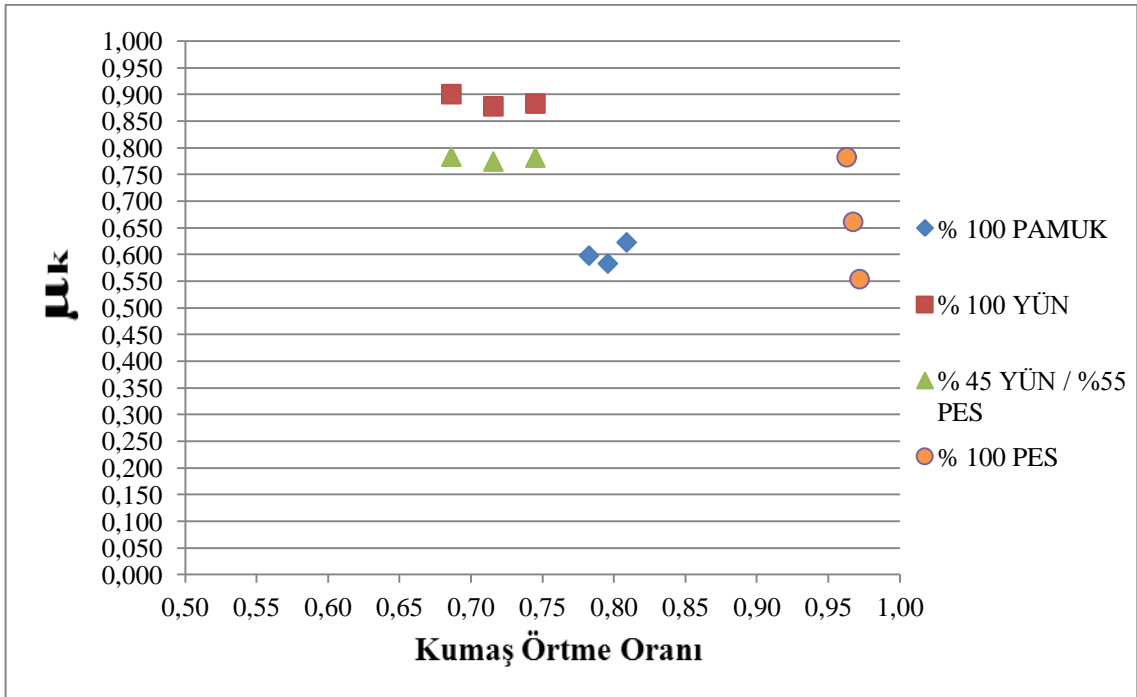
Şekil 4.44. Bezayağı kumaşa ait atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi



Şekil 4.45. Dimi kumaşa ait atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi



Şekil 4.46. Panama kumaşa ait atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi



Şekil 4.47. Saten kumaşa ait atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısının toplam örtme oranına göre değişimi

Bulgular:

1. Atkı yönündeki sürtünme katsayıları incelendiğinde; kumaş cinsine göre atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayıları bakımından sıralamanın değiştiği görülmektedir. % 100 yünlü kumaşların atkı önündeki kinetik sürtünme katsayıları, yün/PES karışımı kumaşlarınkinden; yün/PES karışımı kumaşların sürtünme katsayıları da % 100 pamuklu kumaşlardan daha yüksek çıkmıştır. Değişkenlik % 100 PES kumaşlara ait olup; bezayağı kumaşta diğer kumaşlardan yüksek değerlerdeyken, dimi ve panama kumaşlarda daha düşük sürtünme katsayısına sahip olduğundan diğer kumaşların değerlerine yaklaşmaktadır. Bu durum; bezayağı kumaşta atkı yönündeki sürtünmeyi etkileyen çözgü sıklığının, atkı sıklığından çok daha yüksek olması ile açıklanabilir. Ayrıca, bezayağı dışındaki kumaşlarda çözgü ipliklerinin dizilimine göre birim mesafedeki atlama sayısı daha az olduğundan ve bu durum da pürüzlülüğün azalmasına yol açtığından; % 100 PES kumaşlarda bezayağı türüne ait atkı yönündeki sürtünme katsayısı, diğer kumaş türlerine göre daha yüksek çıkmıştır.

2. Farklı elyaf türünde 22 atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir. Bu durumda, elyaf içeriği ile atkı yönünde sürtünme katsayısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

“A, B ve C Grubu” Kumaşların Genel Analizi:

1. % 100 PES elyaf içeren bezayağı kumaşların atkı sıklığındaki artışa bağlı olarak sürtünme katsayısı azalmaktayken, diğer elyaf içerikli kumaşlarda ise arttığı görülmektedir. Diğer kumaş türlerinde ise elyaf içeriğine göre durum değişkenlik göstermektedir. Tüm elyaf içeriklerinde bezayağı kumaşlarda yapılan varyans analizleri sonucunda, atkı sıklığı ile atkı veya çözgü yönündeki sürtünme katsayıları arasında anlamlı ilişki olduğu ortaya konmuştur.

2. Örgü türü açısından incelendiğinde, yine elyaf içeriğine göre atkı veya çözgü yönündeki sürtünme katsayıları değişkenlik göstermektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda, kumaş türü ile atkı ve çözgü yönündeki sürtünme katsayıları arasında anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

3. Elyaf içeriğine göre değerlendirme yapılırsa; çözgü yönünde % 100 yün kumaşların sürtünme katsayıları en yüksek, % 100 PES elyaf içeren kumaşların değerlerinin ise en düşük

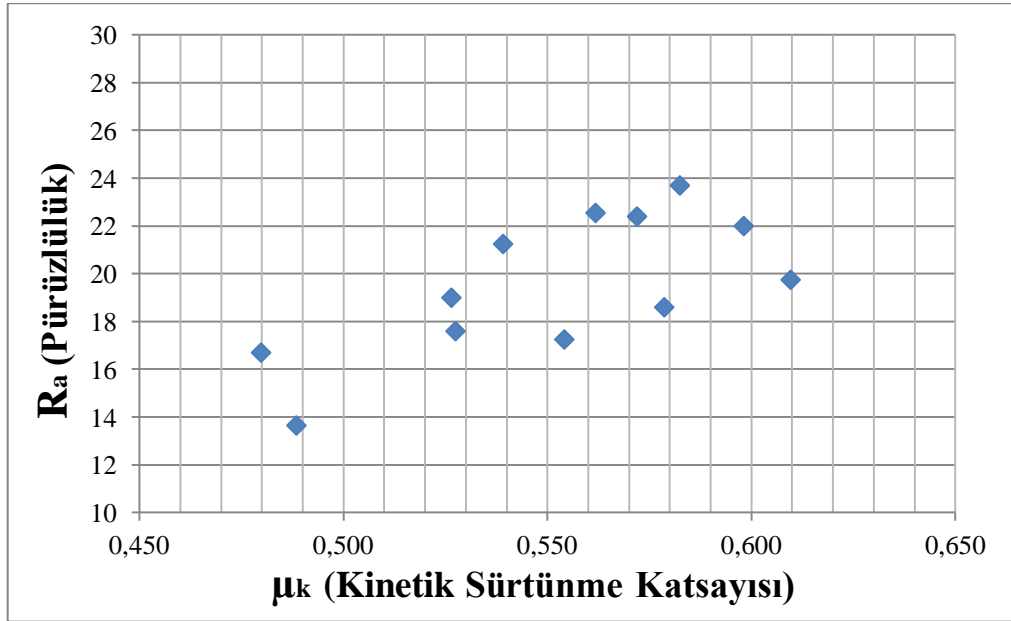
olduğu görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda, elyaf içeriği ile atkı ve çözgü yönündeki sürtünme katsayıları arasında anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

4.3 Kumaş Pürüzlülüğü ile Kinetik Sürtünme Katsayısı Arasındaki İlişki

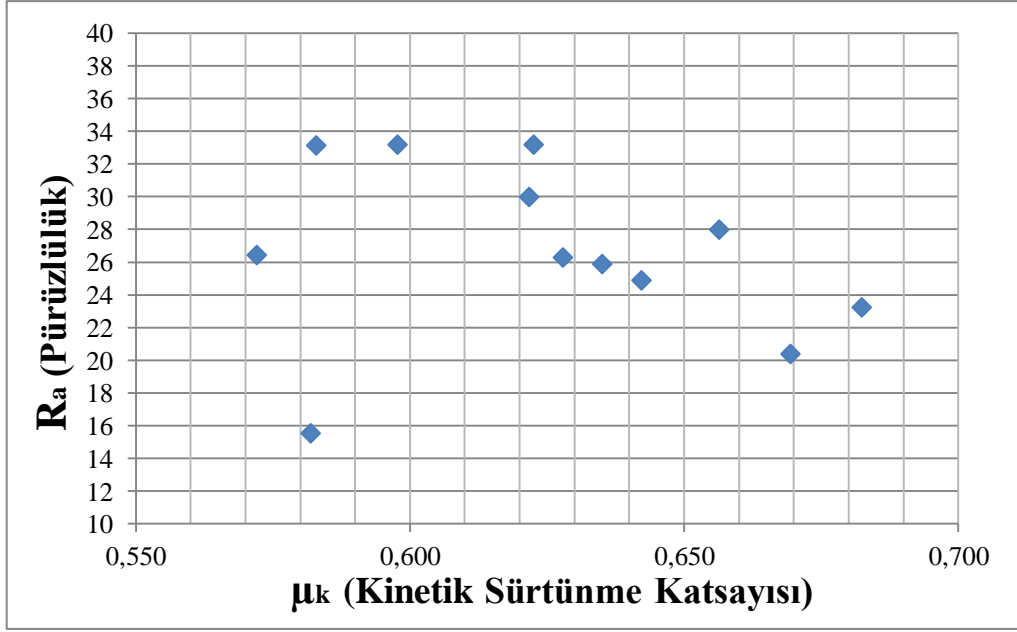
Kumaşların pürüzlülük değerleri ile sürtünme katsayıları arasındaki ilişkinin tespiti için korelasyon analizi yapılmıştır. Yapılan korelasyon analizleri sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.15'te, verilere ait grafikler ise Şekil 4.48, Şekil 4.49, Şekil 4.50, Şekil 4.51, Şekil 4.52, Şekil 4.53, Şekil 4.54 ve Şekil 4.55'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. Kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayıları arasındaki korelasyonun elyaf içeriğine göre değişimi

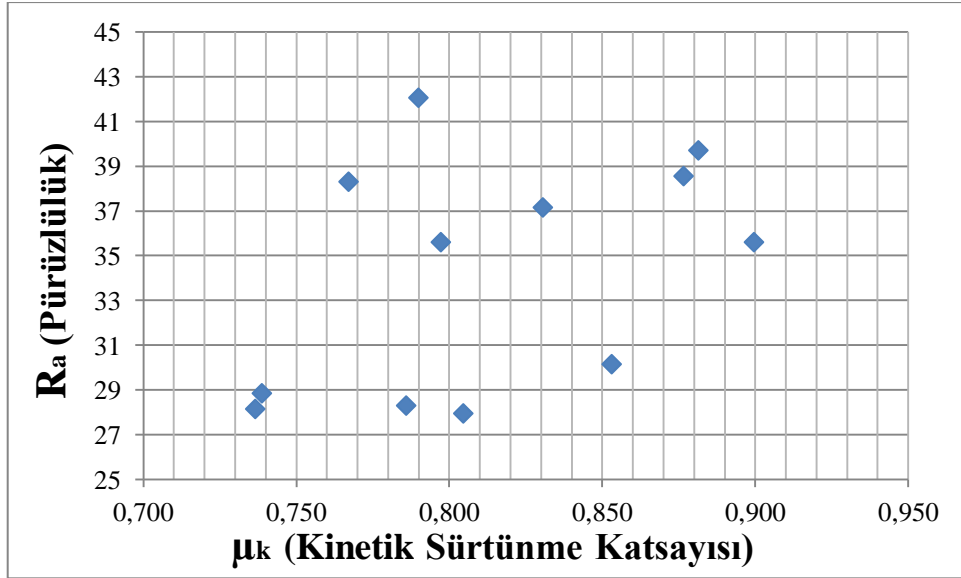
Elyaf İçeriği	R (Korelasyon)	
	Çözgü	Atkı
% 100 Pamuk	0,699	-0,218
% 100 Yün	0,429	0,381
% 45 Yün / % 55 PES	-0,019	0,094
% 100 PES	0,489	-0,268



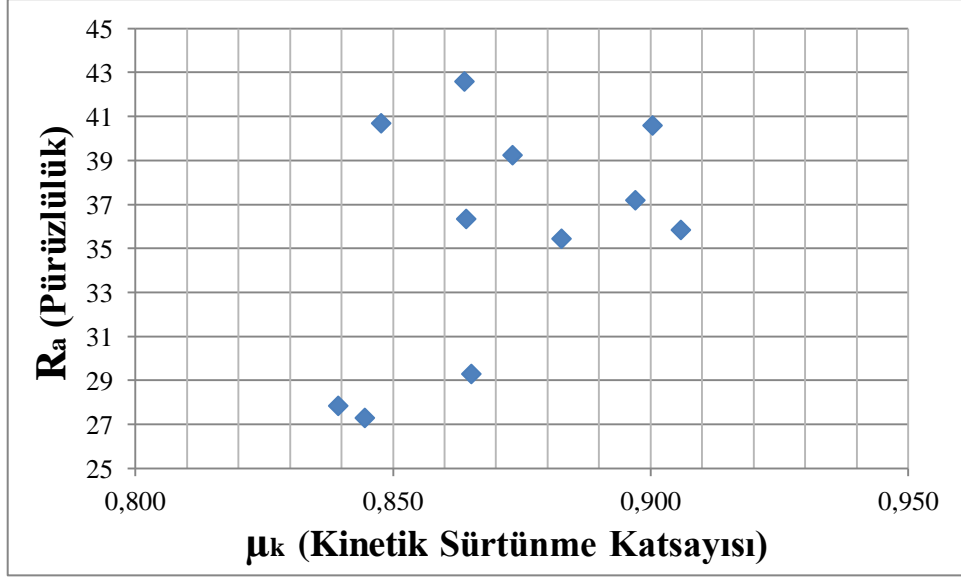
Şekil 4.48. % 100 Pamuklu kumaşların çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı



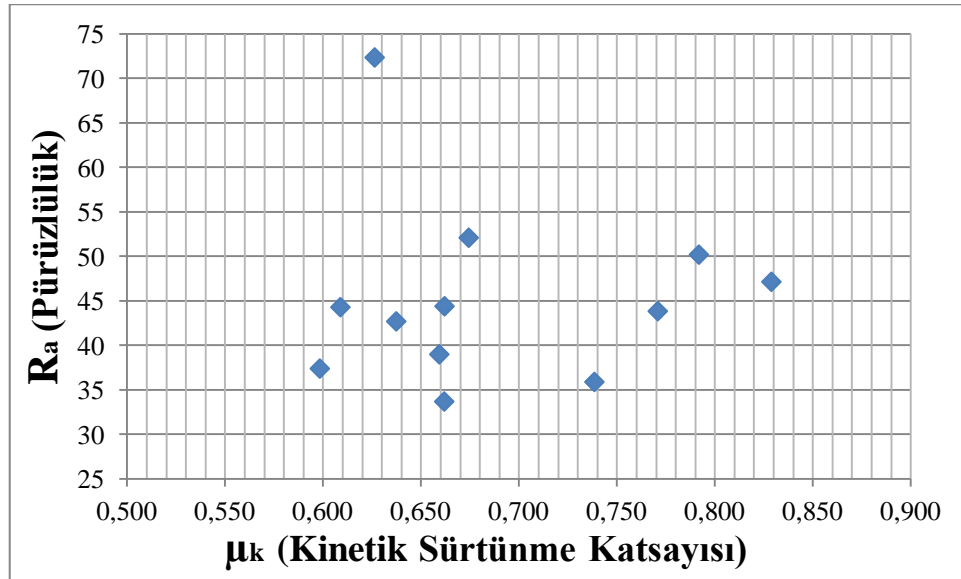
Şekil 4.49. % 100 Pamuklu kumaşların atkı yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı



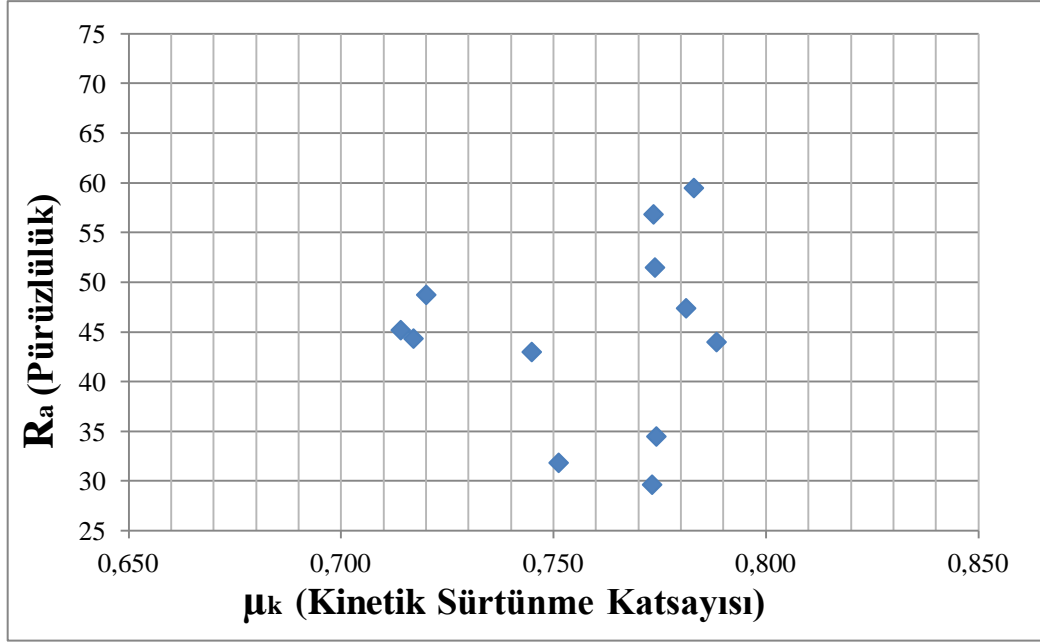
Şekil 4.50. % 100 Yünlü kumaşların çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı



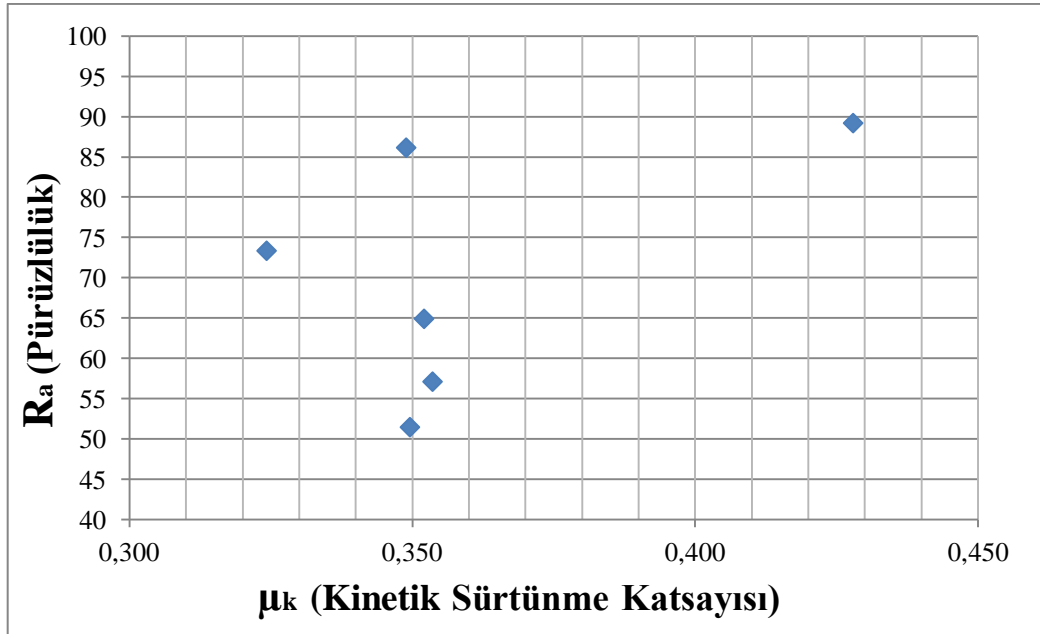
Şekil 4.51. % 100 Yünlü kumaşların atkı yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı



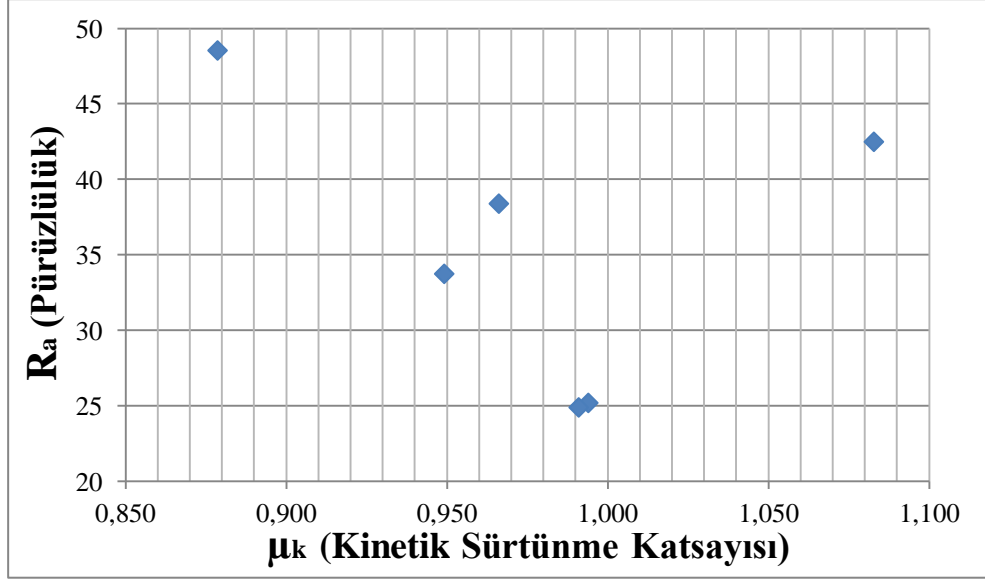
Şekil 4.52. % 45 Yün / % 55 PES kumaşların çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı



Şekil 4.53. % 45 Yün / % 55 PES kumaşların atkı yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı



Şekil 4.54. % 100 PES kumaşların çözüğü yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı



Şekil 4.55. % 100 PES kumaşların atkı yönündeki pürüzlülük değerleri ile kinetik sürtünme katsayılarının dağılımı

Bulgular:

Yapılan korelasyon analizleri sonucunda elde edilen “R” değerleri incelendiğine, sadece çözümlü yönündeki % 100 pamuklu kumaşlarda “R” değerinin 0,5’in üzerinde olduğu görülmektedir. Diğer tüm kumaş gruplarında “R” değerleri 0,5’in altındadır. Bu sonuçlar bazında; kumaş pürüzlülük değeri ile sürtünme katsayısı arasında anlamlı bir ilişki olduğundan bahsetmek son derece güçtür.

Pürüzlülük ile sürtünme katsayıları arasında yeterli bir korelasyon olmamasında; pürüzlülük tamamen yüzey profilinin varyasyonuna yönelik bir değer iken, sürtünme katsayısının örgü cinsi, atkı sıklığı gibi parametreler yanında yüzey alanı parametresinin de üzerinde etkili olduğu sürtünme kuvvetine duyarlı olmasının neden olduğu ifade edilebilir. Diğer taraftan elde edilen pürüzlülük değerlerinin temassız optik yöntem ile ölçülmesinin de önemli etkisi olduğu düşünülebilir. Pürüzlülük değerlerinde birim mesafedeki lif miktarından kaynaklanan varyasyonlar sonuca herhangi etki etmezken, lif-lif sürtünmesini arttıracak olan lif miktarındaki artış sürtünme katsayısını arttırabilmektedir. Bununla birlikte; pürüzlülük pek çok parametre ile ifade edilmeye çalışılmakla beraber, birim mesafedeki tepe (pik) sayısının ve ortalama tepe yüksekliğinin sürtünme katsayısına etki eden pürüzlülüğü daha iyi ifade edebileceği değerlendirilmektedir.

4.4 Kumaş Yüzeylerinin Temas Açısı Ölçümü

4.4.1 “A Grubu” % 100 Pamuklu kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

Kumaş numunelerinin su damlasının ilk temas anında ve 30 saniye sonrasında olmak üzere iki farklı zamandaki temas açıları ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

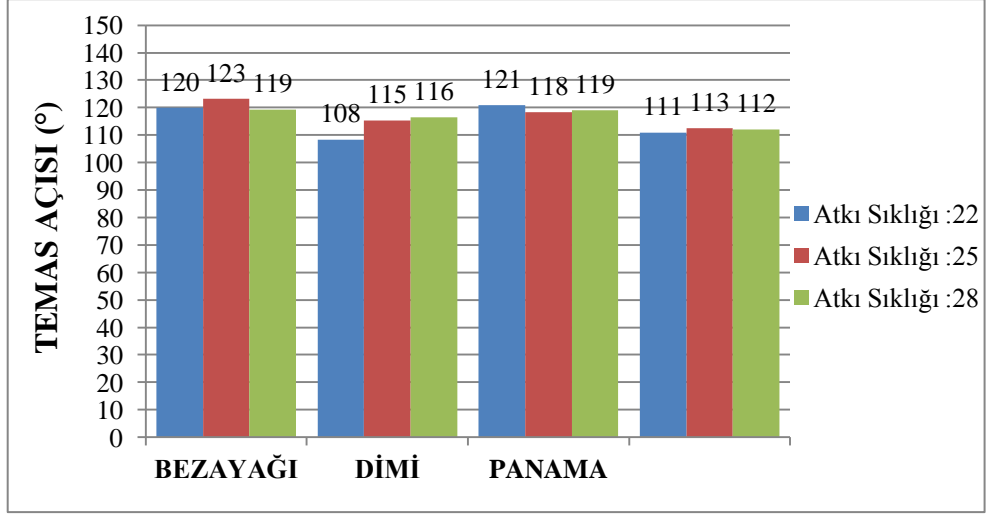
(1) Başlangıç Temas Açısı Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirmesi

“A Grubundaki” dokuma olması nedeniyle çözümlü ipliği haşlı olan % 100 pamuklu ham kumaşların başlangıç temas açısı ölçümlerinden elde edilen veriler Çizelge 4.16’da detaylı olarak belirtilmiştir. Ancak çözümlü sıklığının değişmemesi nedeniyle, çözümlü ipliği haşlı olmasından kaynaklanabilecek varyasyonun söz konusu olmayacağı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.16. % 100 Pamuklu ham kumaşların su damlasının kumaş yüzeyine bırakıldığı ilk andaki (başlangıç) temas açısı değerleri

NUMUNE	MEKANİK ATKI SIKLIĞI	KUMAŞ CİNSİ	BAŞLANGIÇ TEMAS AÇISI (°)								ORT
			1	2	3	4	5	6	7	8	
A-1	22	BEZAYAĞI	120	112	125	117	119	122	119	125	120
A-2	22	DİMİ 2/1 Z	106	113	106	113	107	106	107	109	108
A-3	22	PANAMA 3/3	120	124	120	117	125	117	119	126	121
A-4	22	ÇÖZGÜ SATENİ 5	105	111	110	121	109	106	110	115	111
A-5	25	BEZAYAĞI	118	121	120	130	121	126	125	124	123
A-6	25	DİMİ 2/1 Z	113	116	114	114	119	115	117	115	115
A-7	25	PANAMA 3/3	125	120	117	113	120	116	118	117	118
A-8	25	ÇÖZGÜ SATENİ 5	117	113	108	113	103	120	115	112	113
A-9	28	BEZAYAĞI	120	115	120	126	120	121	107	126	119
A-10	28	DİMİ 2/1 Z	118	113	114	111	114	124	119	118	116
A-11	28	PANAMA 3/3	113	117	118	120	125	130	114	116	119
A-12	28	ÇÖZGÜ SATENİ 5	115	109	116	108	110	117	114	108	112

a. Atkı sıklığının etkisi : Tüm kumaşlara ait verilerden elde edilen grafik Şekil 4.56’da gösterilmiştir.



Şekil 4.56. % 100 Pamuklu ham kumaşların başlangıç temas açılarının kumaş cinsi ve atkı sıklığına göre değişimi

Bulgular:

1. A grubuna ait kumaşlardan farklı atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların başlangıç temas açısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,269$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	66.3	33.2	1.40	0.269
Hata	21	497.6	23.7		
Toplam	23	564.0			
S = 4.868		R-Sq = 11.76% R-Sq(adj) = 3.36%			

Bu durumda, $p=0,269 > 0,05$ olduğundan atkı sıklığı ile başlangıç temas açısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olmadığı değerlendirilmektedir.

2. A grubuna ait kumaşlardan farklı atkı sıklığına sahip dimi kumaşların başlangıç temas açısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	304.0	152.0	15.08	0.000
Hata	21	211.6	10.1		
Toplam	23	515.6			
S = 3.174		R-Sq = 58.96% R-Sq(adj) = 55.05%			

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ atkı sıklığı ile başlangıç temas açısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

3. A grubuna ait kumaşlardan farklı atkı sıklığına sahip panama kumaşların başlangıç temas açısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,457$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	31.6	15.8	0.81	0.457
Hata	21	408.4	19.4		
Toplam	23	440.0			
S = 4.410	R-Sq = 7.18%		R-Sq(adj) = 0.00%		

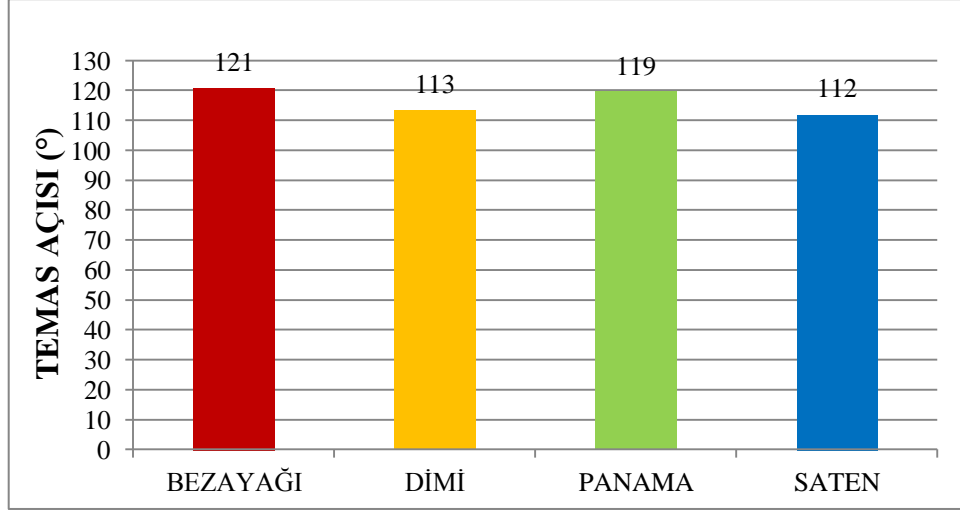
Bu durumda, $p=0,457 > 0,05$ atkı sıklığı ile başlangıç temas açısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olmadığı değerlendirilmektedir.

4. A grubuna ait kumaşlardan farklı atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların başlangıç temas açısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,757$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
ATKI SIKLIĞI	2	13.4	6.7	0.28	0.757
Hata	20	475.2	23.8		
Toplam	22	488.6			
S = 4.874	R-Sq = 2.75%		R-Sq(adj) = 0.00%		

Bu durumda, $p=0,757 > 0,05$ atkı sıklığı ile başlangıç temas açısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olmadığı değerlendirilmektedir.

b. Kumaş Cinsinin Etkisi: Tüm kumaşlara ait verilerden elde edilen grafik Şekil 4.57'de gösterilmiştir.



Şekil 4.57. % 100 Pamuklu kumaşlarda kumaş cinsine bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi

Bulgular:

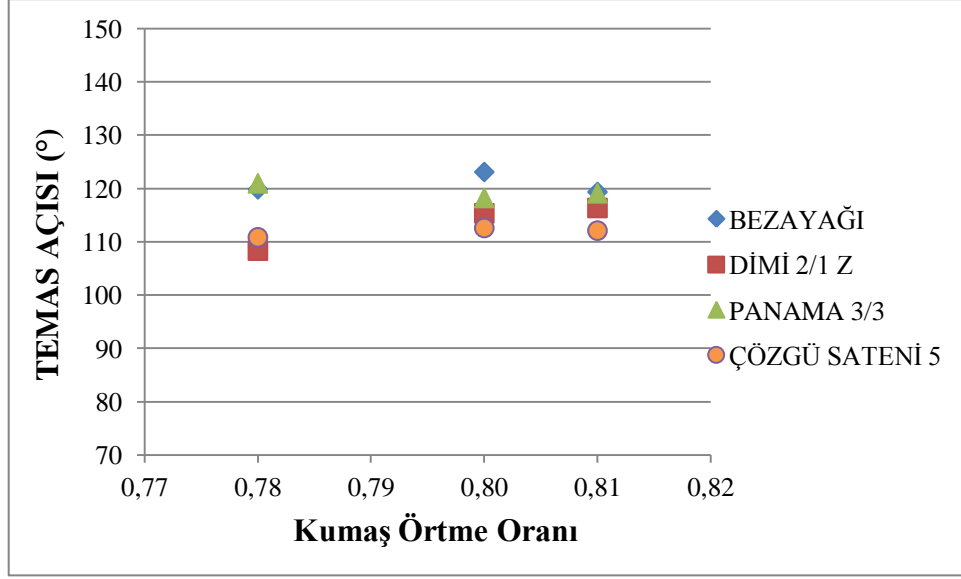
1. A grubuna ait kumaşlardan 25 atkı sıklığına sahip farklı tür kumaşların başlangıç temas açısı değerleri kullanılarak yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,000$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
KUMAŞ CİNSİ	3	483.1	161.0	10.94	0.000
Hata	28	412.1	14.7		
Toplam	31	895.2			
$S = 3.837$		$R-Sq = 53.96\%$		$R-Sq(adj) = 49.03\%$	

Bu durumda, $p=0,000 < 0,05$ kumaş cinsi ile başlangıç temas açısı arasında % 95 güven limitleri dahilinde anlamlı ilişki olduğu değerlendirilmektedir.

2. Panama ve bezayağı örgü türlerine ait başlangıç temas açılarının, dimi ve saten örgüye ait değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Toplam pürüzlülük değerlerine (Sa) bakıldığında da, panama ve dimi kumaşlara ait pürüzlülük değerlerinin diğer örgülere göre daha yüksek olduğu daha önce belirtilmişti. Bu durumda, pürüzlülüğün ham pamuklu kumaşlarda temas açısını etkilemekte olduğu söylenebilir.

c. Örtme oranının etkisi: Tüm kumaşlara ait verilerden elde edilen grafik Şekil 4.58’de gösterilmiştir.



Şekil 4.58. % 100 PES kumaşların, kumaş örtme oranına bağlı olarak başlangıç temas açıları

Bulgular:

1. A grubuna ait kumaşlardan farklı örtme oranına ait farklı örgülerdeki kumaşlar incelendiğinde, bu deneyde farklı çözgü sıklıkları olmadığından, atkı sıklığındaki etkinin aynısı görülecektir. Bu durumda ise, yine dimi örgüde örtme oranının artması ile ilk temas açısının artacağı, diğer örgü türlerinde belirgin bir etki olmayacağı anlaşılmaktadır.
2. Atkı sıklığındaki değişimin, başlangıç temas açısına önemli bir etkisi olmamakla beraber, sadece dimi kumaşta az oranda arttırdığı görülmektedir. Genel olarak ise, bezayağı ve panama kumaşlara ait değerlerin, diğer kumaşlardan yaklaşık % 5 daha yüksek olduğu söylenebilir. Örtme faktörü ile başlangıç temas açısı arasında ise anlamlı ilişki kurulamamıştır.

(2) “30 Saniye” sonraki ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

Su damlasının kumaşın içine dağılma hızının ölçülebilmesi için, su damlasının 30 saniye sonraki temas açısı ölçülmüş ve başlangıçtaki temas açısı ile arasındaki fark hesaplanmıştır. “A Grubundaki” kumaşlardan su damlası damlatıldıktan 30 saniye sonra elde edilen veriler Çizelge 4.17’de detaylı olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.17. % 100 Ham Pamuklu kumaşların su damlasının başlangıç temas açısı ile 30 saniye sonraki temas açısı değerleri arasındaki fark

NUMUNE	MEKANİK ATKI SIKLIĞI (tel/cm)	KUM. CİNSİ	TEMAS AÇISI FARKI (°) (0-30 SANİYE)								ORT
			1	2	3	4	5	6	7	8	
A-1	22	BEZAYAĞI	26	18	16	22	23	14	14	21	19
A-2	22	DİMİ 2/1 Z	28	36	38	20	15	24	31	22	27
A-3	22	PANAMA 3/3	10	19	13	29	32	30	25	11	21
A-4	22	ÇÖZGÜ SATENİ 5	21	24	33	38	33	26	22	28	28
A-5	25	BEZAYAĞI	23	25	10	25	17	35	28	32	24
A-6	25	DİMİ 2/1 Z	33	29	32	25	22	22	26	21	26
A-7	25	PANAMA 3/3	30	27	19	15	21	35	22	21	24
A-8	25	ÇÖZGÜ SATENİ 5	23	19	24	26	20	36	27	21	25
A-9	28	BEZAYAĞI	16	19	17	24	20	14	15	22	18
A-10	28	DİMİ 2/1 Z	31	28	22	22	30	28	25	29	27
A-11	28	PANAMA 3/3	21	17	18	12	28	8	26	13	18
A-12	28	ÇÖZGÜ SATENİ 5	23	28	25	10	18	15	26	16	20

Bulgular: Saten kumaşta atki sıklığı arttıkça temas açısı değişiminin azaldığı görülmekte olup, diğer kumaş cinslerinde ise herhangi ilişki kurulamamıştır. Bezayağı ve panama kumaşlara ait temas açısı farkı değerleri, dimi ve satene göre yaklaşık % 15-20 oranında daha düşüktür. Yani bezayağı ve saten kumaşın yüzeyinde su damlasının yayılma hızı daha yavaştır. Bunun durum ise; dimi ve panama kumaşın örgü yapısı itibarı ile kanallı yapıda olması sonucu su damlasının yayılmasına daha elverişli olması ile açıklanabilir. Yani ham pamuklu kumaşlar içerisinde bezayağı ve panama kumaşların su iticilik performanslarının dimi ve saten kumaşlara göre kısmen daha iyi olduğu söylenebilir.

4.4.2 “D Grubu” % 100 PES kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

D grubu kumaşlar olan 150 denye % 100 PES kumaşlar 20 g/lt ve 40 g/lt su itici apre ile işleme tutulmuştur. İşlem sonucunda kumaşların başlangıç temas açısı ve 10 dakika sonraki temas açıları ölçülmüş ve aralarındaki farklar hesaplanmıştır.

(1) Başlangıç temas açısının ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

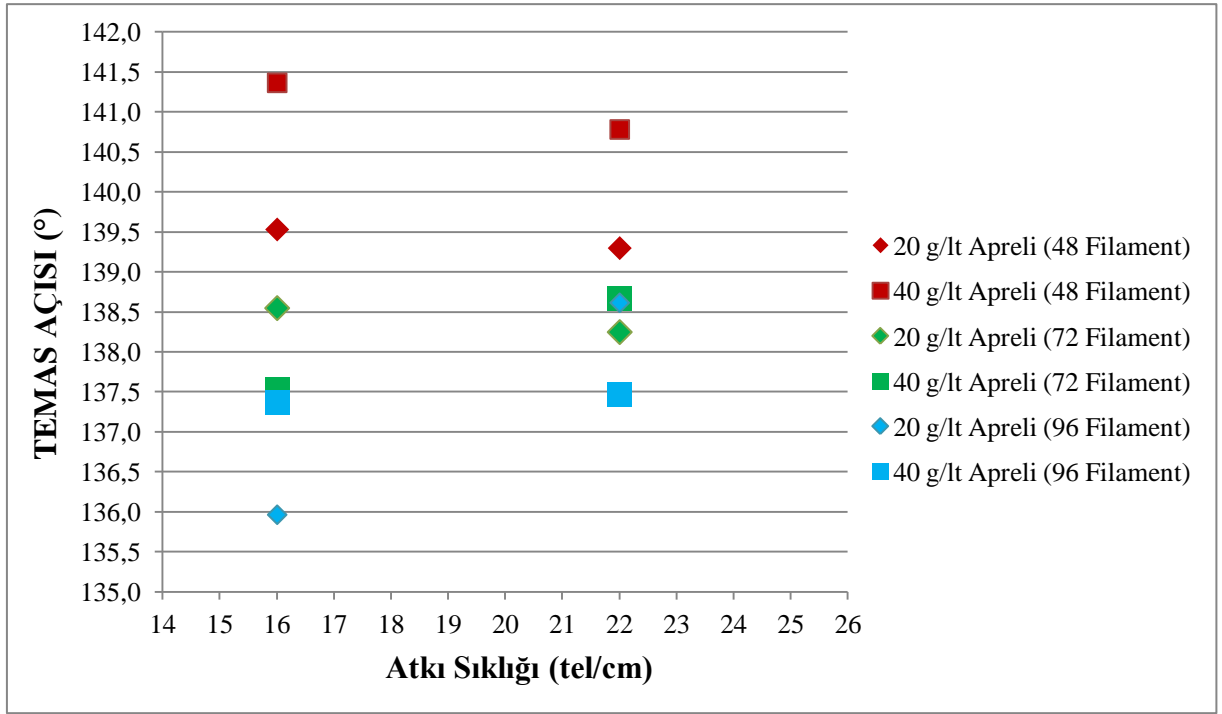
“A Grubundaki” kumaşların başlangıç temas açısı ölçümlerinden elde edilen veriler Çizelge 4.18’de detaylı olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.18. % 100 PES kumaşların 20 g/lt ve 40 g/lt apre işlemi gördükten sonraki başlangıç temas açısı ölçüm değerleri

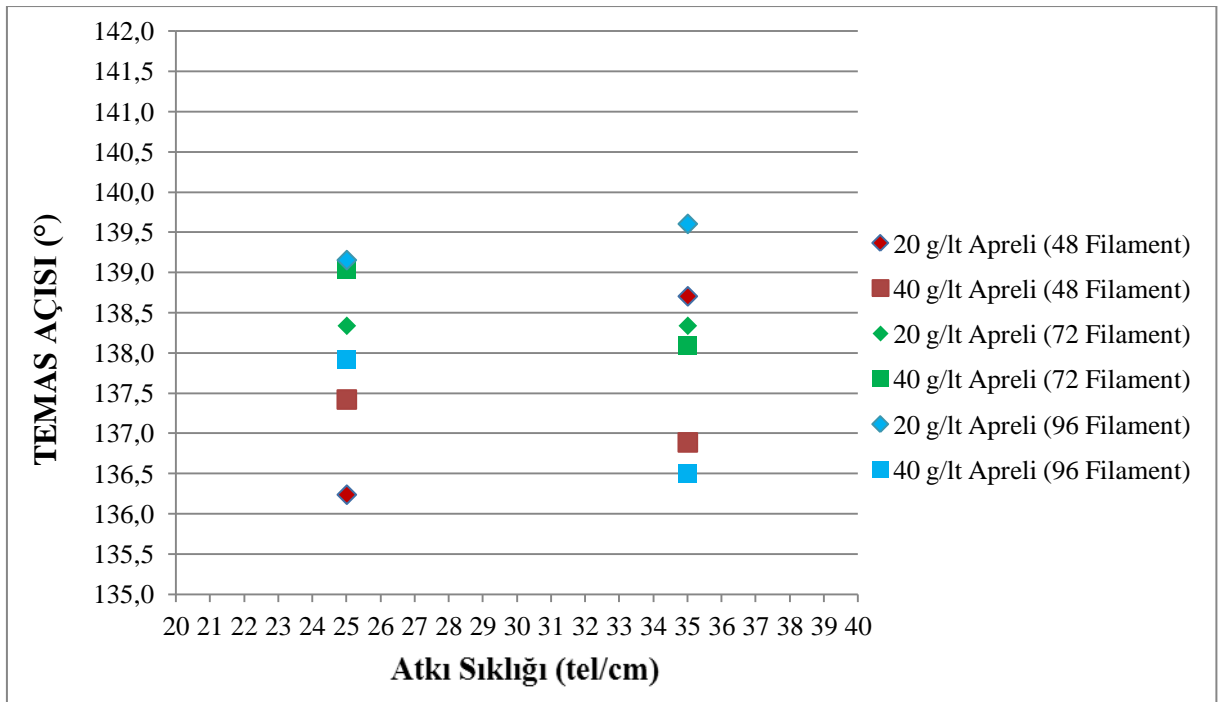
NUMUNE	APRE KONS. (g/lt)	KUMAŞ CİNSİ	FİL. SAY.	MEK. ATKI SIK. (tel/cm)	BAŞLANGIÇ TEMAS AÇISI (°)						ORT
					1	2	3	4	5	6	
D-1-1	20	BEZAYAĞI	48	16	140,3	142,5	139,9	138,1	137,6	138,8	139,5
D-1-2	40	BEZAYAĞI	48		141,4	142,8	140,5	141,5	141,2	140,8	141,4
D-2-1	20	BEZAYAĞI	48	22	140,3	142	138	140,6	135,2	139,7	139,3
D-2-2	40	BEZAYAĞI	48		144,4	135,6	146,1	137,3	141,4	139,9	140,8
D-3-1	20	ÇÖZGÜ SATENİ 5	48	25	136,2	135,2	136,2	138,2	134,2	137,4	136,2
D-3-2	40	ÇÖZGÜ SATENİ 5	48		139	139,7	139,5	136,2	139,5	138,3	138,7
D-4-1	20	ÇÖZGÜ SATENİ 5	48	35	137,5	136,8	135,3	138,5	139,7	136,7	137,4
D-4-2	40	ÇÖZGÜ SATENİ 5	48		136,4	139,1	136,1	136,4	136,7	136,6	136,9
D-5-1	20	BEZAYAĞI	72	16	140	138,6	137,1	140,0	139,5	136,1	138,6
D-5-2	40	BEZAYAĞI	72		137,2	137,8	138,7	137,1	136,8	137,6	137,5
D-6-1	20	BEZAYAĞI	72	22	140	136,1	143,9	137,7	132,7	139,1	138,3
D-6-2	40	BEZAYAĞI	72		143	137,8	137,7	138,8	137,9	136,8	138,7
D-7-1	20	ÇÖZGÜ SATENİ 5	72	25	138	138,2	139,8	139,1	135,9	139	138,3
D-7-2	40	ÇÖZGÜ SATENİ 5	72		137,7	140	138	138,7	137,8	137,8	138,3
D-8-1	20	ÇÖZGÜ SATENİ 5	72	35	140,4	139,4	138,8	139,4	137,5	138,7	139,0
D-8-2	40	ÇÖZGÜ SATENİ 5	72		138,1	136,9	134,7	137,8	140,1	140,9	138,1
D-9-1	20	BEZAYAĞI	96	16	131,2	134,1	138,5	137,7	136,7	137,6	136,0
D-9-2	40	BEZAYAĞI	96		137,7	141,8	135,7	134,8	139,1	135,1	137,4
D-10-1	20	BEZAYAĞI	96	22	142,1	137,2	138,6	134,5	139,2	140,1	138,6
D-10-2	40	BEZAYAĞI	96		139,1	140,1	135,3	136,0	139,2	135,1	137,5
D-11-1	20	ÇÖZGÜ SATENİ 5	96	25	138,2	140	138,9	142,5	137,9	137,4	139,2
D-11-2	40	ÇÖZGÜ SATENİ 5	96		139,5	138,2	139,4	140,3	140	140,2	139,6
D-12-1	20	ÇÖZGÜ SATENİ 5	96	35	138,1	141,9	137,2	136,7	135,1	138,5	137,9
D-12-2	40	ÇÖZGÜ SATENİ 5	96		137,6	139,2	137,3	133,3	134,3	137,3	136,5

("-1" uzantılı numune kodları 20 g/lt, "-2" uzantılı numune kodları ise 40 g/lt apre işlemi gören kumaşları temsil etmektedir.

a. Atkı sıklığının etkisi : % 100 PES kumaşların su itici apre konsantrasyonuna ve atkı sıklığına bağlı olarak başlangıç temas açısı değerlerini gösteren grafik Şekil 4.59 ve Şekil 4.60'dadır.

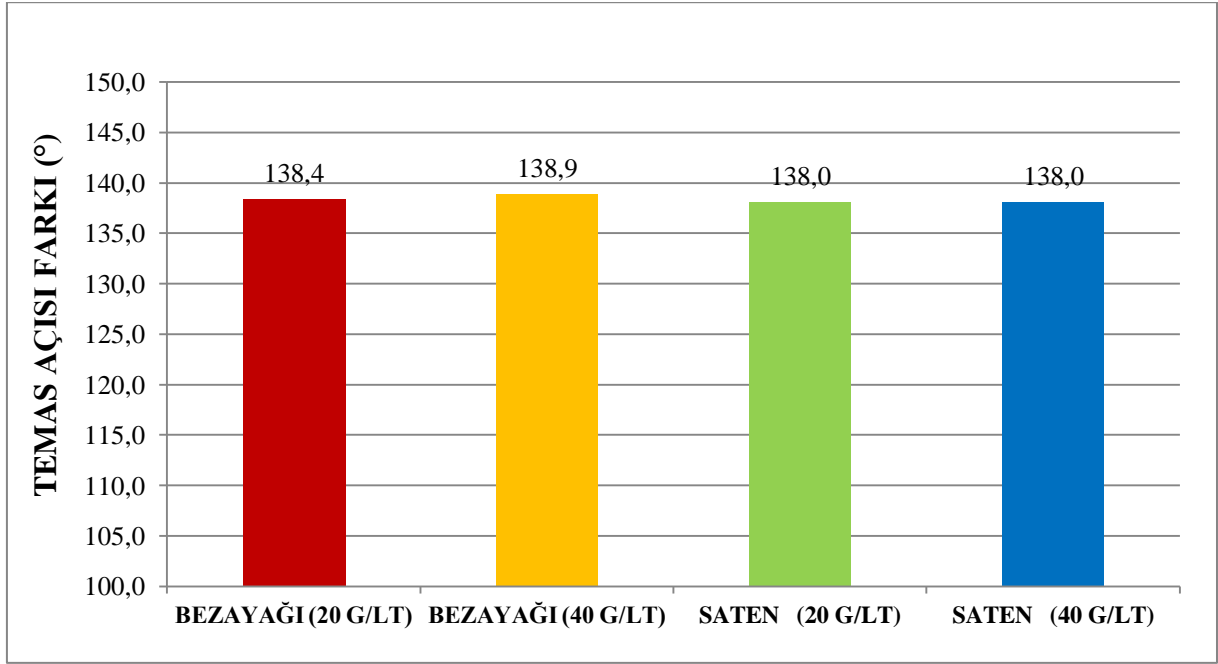


Şekil 4.59. % 100 PES Bezayağı kumaşa atkı sıklığına bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi



Şekil 4.60. % 100 PES Saten kumaşa atkı sıklığına bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi

b. Kumaş cinsinin etkisi: % 100 PES kumaşların su itici apre konsantrasyonuna ve kumaş cinsine bağlı olarak başlangıç temas açısı değerlerini gösteren grafik Şekil 4.61'dedir.



Şekil 4.61. % 100 PES kumaşlarda örgü cinsine bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi

Bulgular:

Atkı sıklığı ile başlangıç temas açısı arasında herhangi ilişki tespit edilmemiştir. Aynı şekilde, kumaş cinsi ile başlangıç temas açısı arasında herhangi ilişki tespit edilmemiştir. D grubu kumaşlardan 22 atkı sıklığındaki bezayağı kumaş ile 25 atkı sıklığındaki saten kumaşlara ait başlangıç temas açısı verilerinin tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p=0,257$ sonucu elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
KUM.CİNSİ	1	13.02	13.02	1.44	0.257
Hata	10	90.29	9.03		
Toplam	11	103.31			

S = 3.005 R-Sq = 12.60% R-Sq(adj) = 3.86%

Bu durumda; $p=0,257 > 0,05$ olduğundan, kumaş cinsi ile başlangıç temas açısı arasında anlamlı bir ilişkiden söz edilemez.

(2) “10 Dakika” Sonraki Temas Açısının Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirmesi

“D Grubundaki” kumaşların saf su damlatıldıktan 10 dakika sonrasında yapılan ölçümlerinden elde edilen veriler Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.19’da detaylı olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.19. % 100 PES kumaşların 20 g/lt ve 40 g/lt apre işlemine müteakiben su damlasının başlangıç ve kumaş yüzeyine bırakıldıktan “10 dakika” sonraki temas açısı ölçüm değeri farkı

NUMUNE	APRE KONS.	KUMAŞ CİNSİ	FİL. SAY.	MEK. ATKI SIK. (tel/cm)	TEMAS AÇISI DEĞİŞİMİ (°)			ORT
					1	2	3	
D-1-1	20 g/lt	BEZAYAĞI	48	16	1,8	0,8	1,2	1,3
D-1-2	40 g/lt	BEZAYAĞI	48		4	3,3	2,9	3,4
D-2-1	20 g/lt	BEZAYAĞI	48	22	2,8	1,7	2,4	2,3
D-2-2	40 g/lt	BEZAYAĞI	48		1,4	3,2	2,5	2,4
D-3-1	20 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	48	25	2,5	4,7	2,7	3,3
D-3-2	40 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	48		2,1	3	1,9	2,3
D-4-1	20 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	48	35	1,4	1,6	2,1	1,7
D-4-2	40 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	48		2,4	2,4	1,7	2,2
D-5-1	20 g/lt	BEZAYAĞI	72	16	3,8	3,2	2,1	3,0
D-5-2	40 g/lt	BEZAYAĞI	72		2,6	2,9	2,9	2,8
D-6-1	20 g/lt	BEZAYAĞI	72	22	3,1	2,3	3,9	3,1
D-6-2	40 g/lt	BEZAYAĞI	72		2,8	1,4	3,7	2,6
D-7-1	20 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	72	25	2,4	2,1	1,6	2,0
D-7-2	40 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	72		1,1	0,7	1,1	1,0
D-8-1	20 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	72	35	1,3	1,6	2,2	1,7
D-8-2	40 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	72		2,8	1,3	1,7	1,9
D-9-1	20 g/lt	BEZAYAĞI	96	16	3,5	2,8	2,8	3,0
D-9-2	40 g/lt	BEZAYAĞI	96		2,4	2	3,1	2,5
D-10-1	20 g/lt	BEZAYAĞI	96	22	2,8	1,7	2,8	2,4
D-10-2	40 g/lt	BEZAYAĞI	96		2,4	1,5	2,5	2,1
D-11-1	20 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	96	25	1,6	3,1	2,3	2,3
D-11-2	40 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	96		3,5	2,2	2	2,6
D-12-1	20 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	96	35	2,3	1,3	0,9	1,5
D-12-2	40 g/lt	ÇÖZGÜ SATENİ 5	96		2,1	3,4	1,9	2,5

(“-1” uzantılı numune kodları 20 g/lt, “-2” uzantılı numune kodları ise 40 g/lt apre işlemi gören kumaşları temsil etmektedir.)

Bulgular : Atkı sıklığının artışıyla temas açısı farkında önemli bir değişim görülmemiştir. Yine aynı şekilde, kumaş cinsinin temas açısı farkına önemli bir etkisi olmamıştır. Ancak atkı sıklığının artmasıyla, apre konsantrasyonu ve filament sayısından kaynaklanan varyasyonların oldukça azaldığı ve temas açısı değerlerinin birbirine çok yaklaştığı görülmektedir. Bu durum ise, atkı sıklığının artması ile, örgü yapısının daha kompakt hale gelmesi sonucu yüzey varyasyonunun ve dolayısıyla da pürüzlülüğün azalması ile izah edilebilir. Nitekim bezayağı kumaşların pürüzlülük değerlerine bakıldığında atkı sıklığı arttıkça azaldığı görülmektedir.

“D Grubu (% 100 PES)” Kumaşların Analizi:

Başlangıç Temas Açısı bakımından değerlendirme yapıldığında, genel olarak atkı sıklığı ve kumaş türünün başlangıç temas açısı üzerine önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Sadece, bezayağı kumaşta filament sayısı arttıkça başlangıç temas açısının çok az düzeyde de olsa (yaklaşık % 2-3) azalmış olduğu dikkat çekmektedir.

Su iticilik performansını belirleyen bir diğer parametre olarak, damlatılan suyun kumaşa yayılma hızı incelendiğinde ise, 10 dakika sonraki yayılma durumuna bakıldığında atkı sıklığı ve kumaş türünün söz konusu yayılma hızıyla anlamlı bir ilişkisi tespit edilememiştir. Bununla beraber, elde edilen söz konusu verilerin 45 dakika sonraki yayılma durumlarına ait verilerle desteklenmesi, kesin bir sonuç çıkartılması için önem arz etmektedir. İleride yapılacak ayrı bir çalışma ile, elde edilen veriler tekrar değerlendirilebilir.

4.4.3 “B Grubu” Yünlü kumaşların ölçüm sonuçları ve değerlendirmesi

B grubu kumaşların başlangıç temas açılarının ölçümü esnasında, su damlasının 1 (bir) saniyeden daha kısa sürede tamamen kumaşın içerisine yayılmakta olduğu tespit edilmiştir. Bu şartlarda başlangıç temas açısının sağlıklı olarak ölçülmesi mümkün olamamıştır. Dolayısıyla, B ve C grubu kumaşların incelenen yapısal parametrelerinin başlangıç temas açısıyla ilişkisi araştırılmamıştır.

“A (%100 Pamuk) ve D (% 100 PES) Grubu” Kumaşların Genel Analizi:

Ham pamuklu kumaşlarda kısmen su iticilik söz konusu olduğundan, kumaş geometrisine etki eden parametrelerin su iticilik performansına ve su damlasının kumaş içerisine yayılma hızına az da olsa etkisi görülmektedir. Ancak su iticilik apresi uygulanmış olan ve iplik düzgünsüzlüğü doğal liflere göre daha az olan filament iplikten dokunmuş %

100 PES kumaşlarda, kumaş geometrisine etki eden faktörlerin başlangıç temas açısına herhangi etkisi görülememiştir. Su damlasının yayılma hızının çok yavaş olması nedeniyle, söz konusu yapısal parametrelerin su damlasının yayılma hızına etkisi hakkında ise kesin bir yargıya varılamamıştır. Kesin bir yargıya varılabilmesi için ise, ayrı bir çalışma kapsamında yaklaşık 45 dakikalık bekleme sürelerini içeren ölçümler yapılması gerektiği değerlendirilmektedir.

4.5 Su İticilik Apresi ve Filament Sayısının Pürüzlülük, Sürtünme Katsayısı ve Temas Açısına Etkisi ve Bulgular

D Grubu % 100 PES kumaşların atkı ve çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri Çizelge 4.20’de, kinetik sürtünme katsayısı değerleri ise Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.20. “D Grubu” % 100 PES kumaşların atkı ve çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri

NUMUNE	Ra(Atkı) (µm)						Ra(Çözgü) (µm)						Sa (µm)
	Boşluksuz Bölge			Boşluklu Bölge			Boşluksuz Bölge			Boşluklu Bölge			
	1	2	ORT	1	2	ORT	1	2	ORT	1	2	ORT	
D-2	35,3	32,2	33,8	108,0	80,5	94,3	51,0	51,9	51,5	109,0	112,0	110,5	88,7
D-2-2	25,0	32,6	28,8	57,1	34,3	45,7	35,7	36,2	36,0	37,2	39,8	38,5	48,5
D-4	35,7	33,6	34,7	49,7	42,7	46,2	33,1	39,9	36,5	46,7	34,0	40,4	48,0
D-6	24,1	26,3	25,2	147,0	133,0	140,0	61,8	68,0	64,9	149,0	129,0	139,0	103,0
D-6-2	40,7	32,8	36,8	94,9	85,9	90,4	38,0	38,0	38,0	48,3	71,6	60,0	63,0
D-8	26,9	31,9	29,4	38,7	35,9	37,3	21,1	27,6	24,4	36,8	32,5	34,7	45,0
D-10	25,3	24,5	24,9	153,0	148,0	150,5	89,8	82,5	86,2	149,0	157,0	153,0	109,0
D-10-1	26,7	28,9	27,8	70,8	67,8	69,3	36,7	33,3	35,0	56,1	45,7	50,9	55,4
D-10-2	47,9	33,4	40,7	96,5	105,0	100,8	46,7	44,8	45,8	80,0	70,9	75,5	67,1
D-12	32,4	29,7	31,1	42,2	46,4	44,3	29,6	34,5	32,1	42,7	37,4	40,1	44,0
D-12-2	21,6	22,4	22,0	24,1	24,7	24,4	25,8	23,5	24,7	24,4	22,9	23,7	37,0

(“-1” uzantılı numune kodları 20 g/lt, “-2” uzantılı numune kodları ise 40 g/lt apre işlemi gören kumaşları temsil etmektedir.)

Çizelge 4.21. “D Grubu” % 100 PES kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri

NUMUNE	1	2	3	4	5	6	ORT	ÖRGÜ CİNSİ	FİL. SAY.	ATKI SIK.
D-1 (ÇÖZGÜ)	0,402	0,391	0,393	0,396	0,392	0,393	0,395	BEZAYAĞI	48	16
D-1 (ÇÖZGÜ)-1	0,485	0,476	0,486	0,475	0,466	0,457	0,474	BEZAYAĞI	48	16
D-1 (ÇÖZGÜ)-2	0,47	0,458	0,471	0,45	0,453	0,446	0,458	BEZAYAĞI	48	16
D-2 (ÇÖZGÜ)	0,358	0,348	0,346	0,350	0,352	0,344	0,350	BEZAYAĞI	48	22
D-2 (ÇÖZGÜ)-1	0,409	0,397	0,397	0,380	0,385	0,378	0,391	BEZAYAĞI	48	22
D-2 (ÇÖZGÜ)-2	0,389	0,374	0,372	0,355	0,357	0,36	0,368	BEZAYAĞI	48	22
D-3 (ÇÖZGÜ)	0,382	0,376	0,384	0,373	0,375	0,38	0,378	ÇÖZGÜ SATENİ	48	25
D-3 (ÇÖZGÜ)-1	0,427	0,419	0,422	0,406	0,417	0,412	0,417	ÇÖZGÜ SATENİ	48	25
D-3 (ÇÖZGÜ)-2	0,391	0,376	0,389	0,381	0,38	0,375	0,382	ÇÖZGÜ SATENİ	48	25
D-4 (ÇÖZGÜ)	0,347	0,339	0,339	0,342	0,332	0,335	0,339	ÇÖZGÜ SATENİ	48	35
D-4 (ÇÖZGÜ)-1	0,377	0,369	0,354	0,354	0,349	0,344	0,358	ÇÖZGÜ SATENİ	48	35
D-4 (ÇÖZGÜ)-2	0,328	0,324	0,329	0,324	0,329	0,322	0,326	ÇÖZGÜ SATENİ	48	35
D-5 (ÇÖZGÜ)	0,435	0,424	0,421	0,426	0,425	0,425	0,426	BEZAYAĞI	72	16
D-5 (ÇÖZGÜ)-1	0,514	0,491	0,498	0,492	0,497	0,486	0,496	BEZAYAĞI	72	16
D-5 (ÇÖZGÜ)-2	0,46	0,456	0,451	0,447	0,443	0,442	0,450	BEZAYAĞI	72	16
D-6 (ÇÖZGÜ)	0,361	0,354	0,346	0,352	0,350	0,35	0,352	BEZAYAĞI	72	22
D-6 (ÇÖZGÜ)-1	0,400	0,387	0,396	0,389	0,386	0,39	0,391	BEZAYAĞI	72	22
D-6 (ÇÖZGÜ)-2	0,382	0,373	0,370	0,374	0,365	0,369	0,372	BEZAYAĞI	72	22
D-7 (ÇÖZGÜ)	0,386	0,375	0,388	0,370	0,378	0,372	0,378	ÇÖZGÜ SATENİ	72	25
D-7 (ÇÖZGÜ)-1	0,444	0,432	0,425	0,422	0,412	0,428	0,427	ÇÖZGÜ SATENİ	72	25
D-7 (ÇÖZGÜ)-2	0,389	0,383	0,373	0,368	0,373	0,373	0,377	ÇÖZGÜ SATENİ	72	25
D-8 (ÇÖZGÜ)	0,375	0,37	0,368	0,368	0,368	0,37	0,370	ÇÖZGÜ SATENİ	72	35
D-8 (ÇÖZGÜ)-1	0,397	0,393	0,390	0,362	0,367	0,360	0,378	ÇÖZGÜ SATENİ	72	35
D-8 (ÇÖZGÜ)-2	0,383	0,38	0,385	0,371	0,368	0,374	0,377	ÇÖZGÜ SATENİ	72	35
D-9 (ÇÖZGÜ)	0,422	0,416	0,416	0,414	0,411	0,411	0,415	BEZAYAĞI	96	16
D-9 (ÇÖZGÜ)-1	0,503	0,487	0,491	0,481	0,473	0,484	0,487	BEZAYAĞI	96	16
D-9 (ÇÖZGÜ)-2	0,472	0,465	0,454	0,454	0,448	0,451	0,457	BEZAYAĞI	96	16
D-10(ÇÖZGÜ)	0,354	0,348	0,349	0,348	0,346	0,349	0,349	BEZAYAĞI	96	22
D-10(ÇÖZGÜ)-1	0,395	0,39	0,389	0,384	0,376	0,379	0,386	BEZAYAĞI	96	22
D-10(ÇÖZGÜ)-2	0,388	0,38	0,385	0,379	0,383	0,379	0,382	BEZAYAĞI	96	22
D-11(ÇÖZGÜ)	0,378	0,37	0,365	0,383	0,403	0,409	0,385	ÇÖZGÜ SATENİ	96	25
D-11(ÇÖZGÜ)-1	0,394	0,387	0,385	0,377	0,379	0,381	0,384	ÇÖZGÜ SATENİ	96	25
D-11(ÇÖZGÜ)-2	0,394	0,383	0,394	0,371	0,358	0,383	0,381	ÇÖZGÜ SATENİ	96	25
D-12(ÇÖZGÜ)	0,358	0,353	0,351	0,351	0,353	0,349	0,353	ÇÖZGÜ SATENİ	96	35
D-12(ÇÖZGÜ)-1	0,386	0,379	0,377	0,377	0,373	0,373	0,378	ÇÖZGÜ SATENİ	96	35
D-12(ÇÖZGÜ)-2	0,377	0,36	0,367	0,35	0,344	0,354	0,359	ÇÖZGÜ SATENİ	96	35

(“-1” uzantılı numune kodları 20 g/lt, “-2” uzantılı numune kodları ise 40 g/lt apre işlemi gören kumaşları temsil etmektedir.)

Çizelge 4.22. “D Grubu” % 100 PES kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayısı değerleri

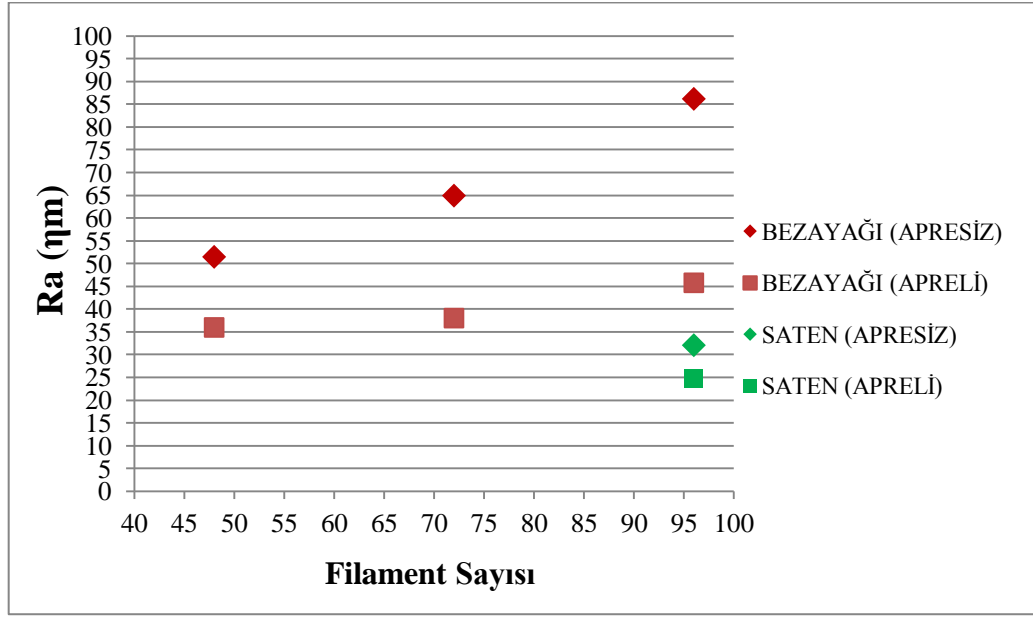
NUMUNE	1	2	3	4	5	6	ORT	ÖRGÜ CİNSİ	FİL. SAY.	ATKI SIK.
D-1 (ATKI)	1,145	1,151	1,144	1,151	1,115	1,148	1,142	BEZAYAĞI	48	16
D-1 (ATKI)-1	1,191	1,162	1,14	1,162	1,133	1,154	1,157	BEZAYAĞI	48	16
D-1 (ATKI)-2	1,049	1,044	1,042	1,036	1,01	1,046	1,038	BEZAYAĞI	48	16
D-2 (ATKI)	0,935	0,980	0,952	0,952	0,938	0,938	0,949	BEZAYAĞI	48	22
D-2 (ATKI)-1	0,976	0,973	0,95	0,96	0,955	0,957	0,962	BEZAYAĞI	48	22
D-2 (ATKI)-2	0,93	0,895	0,925	0,922	0,912	0,932	0,919	BEZAYAĞI	48	22
D-3 (ATKI)	0,896	0,868	0,872	0,862	0,879	0,862	0,873	ÇÖZGÜ SATENİ	48	25
D-3 (ATKI)-1	0,899	0,899	0,891	0,886	0,884	0,89	0,892	ÇÖZGÜ SATENİ	48	25
D-3 (ATKI)-2	0,780	0,783	0,764	0,766	0,783	0,757	0,772	ÇÖZGÜ SATENİ	48	25
D-4 (ATKI)	1,098	1,057	1,078	1,067	1,062	1,075	1,073	ÇÖZGÜ SATENİ	48	35
D-4 (ATKI)-1	1,049	1,059	1,057	1,044	1,007	1,04	1,043	ÇÖZGÜ SATENİ	48	35
D-4 (ATKI)-2	0,961	0,965	0,953	0,949	0,937	0,957	0,954	ÇÖZGÜ SATENİ	48	35
D-5 (ATKI)	1,195	1,204	1,174	1,189	1,19	1,185	1,190	BEZAYAĞI	72	16
D-5 (ATKI)-1	1,157	1,118	1,124	1,192	1,189	1,175	1,159	BEZAYAĞI	72	16
D-5 (ATKI)-2	1,135	1,112	1,121	1,107	1,113	1,121	1,118	BEZAYAĞI	72	16
D-6 (ATKI)	1,029	1,009	1,004	0,967	0,978	0,977	0,994	BEZAYAĞI	72	22
D-6 (ATKI)-1	0,970	0,973	0,974	0,972	0,95	0,993	0,972	BEZAYAĞI	72	22
D-6 (ATKI)-2	0,946	0,916	0,958	0,923	0,915	0,949	0,935	BEZAYAĞI	72	22
D-7 (ATKI)	0,806	0,798	0,784	0,805	0,796	0,788	0,796	ÇÖZGÜ SATENİ	72	25
D-7 (ATKI)-1	0,775	0,773	0,771	0,755	0,792	0,753	0,770	ÇÖZGÜ SATENİ	72	25
D-7 (ATKI)-2	0,687	0,693	0,685	0,683	0,698	0,701	0,691	ÇÖZGÜ SATENİ	72	25
D-8 (ATKI)	1,019	0,995	0,998	0,975	0,97	0,975	0,989	ÇÖZGÜ SATENİ	72	35
D-8 (ATKI)-1	0,948	0,939	0,915	0,895	0,933	0,917	0,925	ÇÖZGÜ SATENİ	72	35
D-8 (ATKI)-2	0,900	0,879	0,878	0,894	0,887	0,889	0,888	ÇÖZGÜ SATENİ	72	35
D-9 (ATKI)	1,195	1,16	1,156	1,162	1,139	1,134	1,158	BEZAYAĞI	96	16
D-9 (ATKI)-1	1,234	1,194	1,181	1,211	1,206	1,200	1,204	BEZAYAĞI	96	16
D-9 (ATKI)-2	1,070	1,098	1,132	1,108	1,097	1,117	1,104	BEZAYAĞI	96	16
D-10 (ATKI)	0,988	0,992	0,992	0,991	0,983	1,000	0,991	BEZAYAĞI	96	22
D-10 (ATKI)-1	0,981	0,976	0,948	0,974	0,954	0,948	0,964	BEZAYAĞI	96	22
D-10 (ATKI)-2	0,966	0,957	0,931	0,961	0,950	0,949	0,952	BEZAYAĞI	96	22
D-11 (ATKI)	0,831	0,816	0,797	0,799	0,806	0,809	0,810	ÇÖZGÜ SATENİ	96	25
D-11 (ATKI)-1	0,780	0,767	0,767	0,785	0,774	0,771	0,774	ÇÖZGÜ SATENİ	96	25
D-11 (ATKI)-2	0,787	0,777	0,765	0,76	0,765	0,797	0,775	ÇÖZGÜ SATENİ	96	25
D-12 (ATKI)	0,997	0,994	0,995	0,971	0,948	0,974	0,980	ÇÖZGÜ SATENİ	96	35
D-12 (ATKI)-1	0,972	0,974	0,948	0,978	0,98	0,943	0,966	ÇÖZGÜ SATENİ	96	35
D-12 (ATKI)-2	0,969	0,979	0,943	0,964	0,968	0,963	0,964	ÇÖZGÜ SATENİ	96	35

(“-1” uzantılı numune kodları 20 g/lt, “-2” uzantılı numune kodları ise 40 g/lt apre işlemi gören kumaşları temsil etmektedir.)

4.5.1 Su iticilik apresinin pürüzlülük, sürtünme katsayısı ile temas açısına etkisi ve bulgular

a. Su itici Aprenin Pürüzlülüğe (Ra) Etkisi

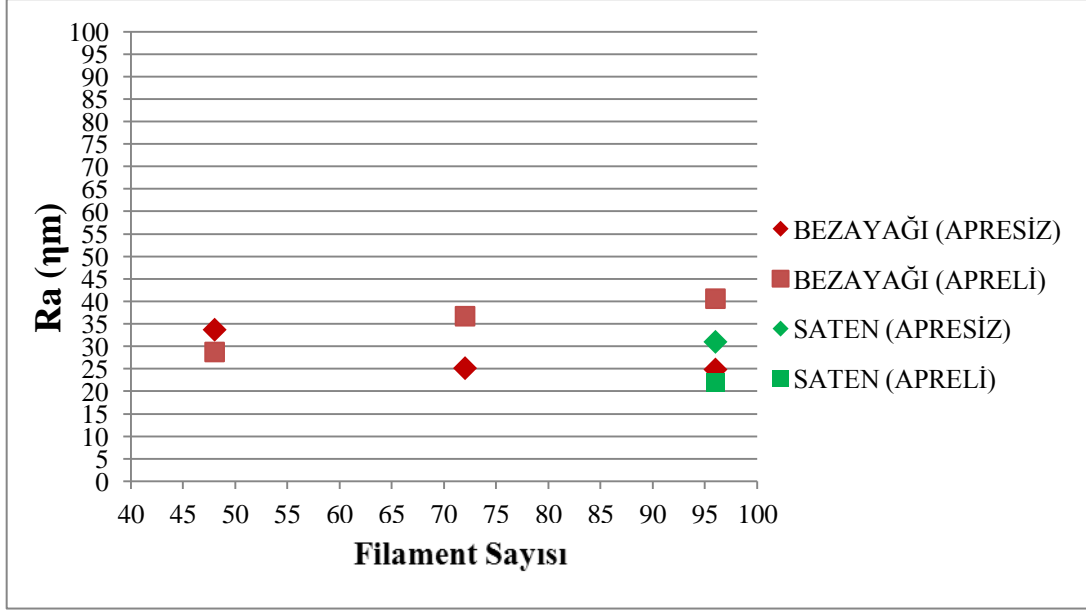
Çözü yönündeki etkisi : Bezayağı ve saten kumaşlara ait verilerden elde edilen grafikler Şekil 4.62’de gösterilmiştir.



Şekil 4.62. % 100 PES kumaşların apresiz ve 40 g/lt su itici apreli durumdaki çözgü yönündeki pürüzlülük değerlerinin filament sayısına göre değişimi

Bulgular: Su itici apreli kumaşın çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri, apre işlemi görmemiş kumaşlara göre daha düşüktür. Bu düşüş oranı, bezayağı kumaşta filament sayısı arttıkça artmaktadır.

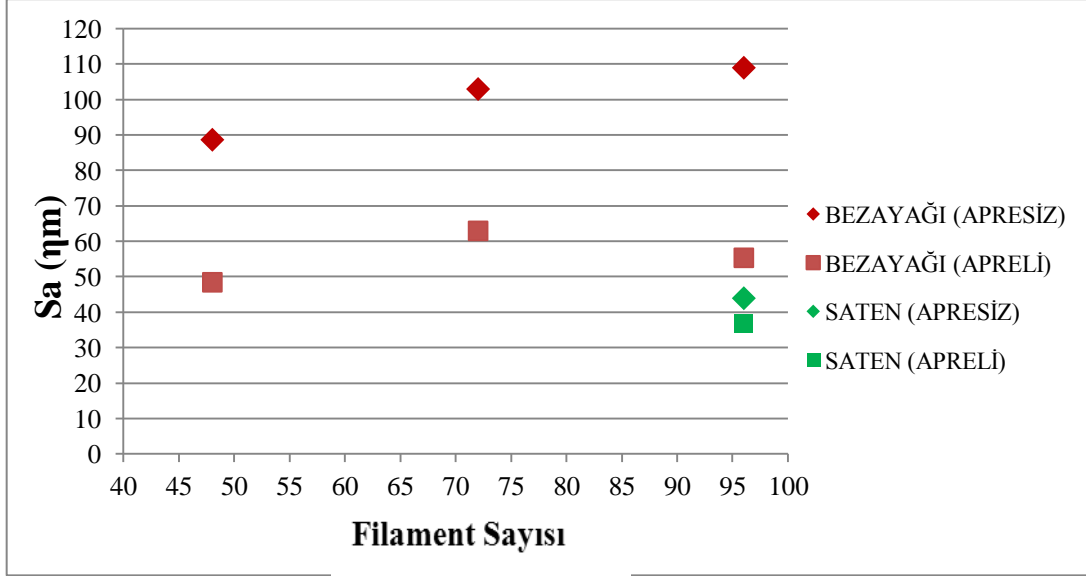
Atkı yönündeki etkisi : Bezayağı ve saten kumaşlara ait verilerden elde edilen grafikler Şekil 4.63’te gösterilmiştir.



Şekil 4.63. % 100 PES kumaşların apresiz ve 40 g/lt su itici apreli durumdaki atkı yönündeki pürüzlülük değerlerinin filament sayısına göre değişimi

Bulgu: Apresiz bezayağı örgüde atkı yönündeki pürüzlülük değeri, filament sayısı arttıkça azalmakta, apreli kumaşın değerleri ise artmaktadır. Bu nedenle, 48 filament iplikten oluşan apresiz bezayağı kumaşın pürüzlülüğü daha yüksekken, 96 filamentte apreli kumaşın pürüzlülük değerleri daha yüksektir. Satende ise, apresiz kumaşın pürüzlülük değerleri daha düşük çıkmakla beraber, önemli bir fark görülmemiştir.

Toplam pürüzlülüğe etkisi: Bezayağı ve saten kumaşlara ait verilerden elde edilen grafikler Şekil 4.64'te gösterilmiştir.

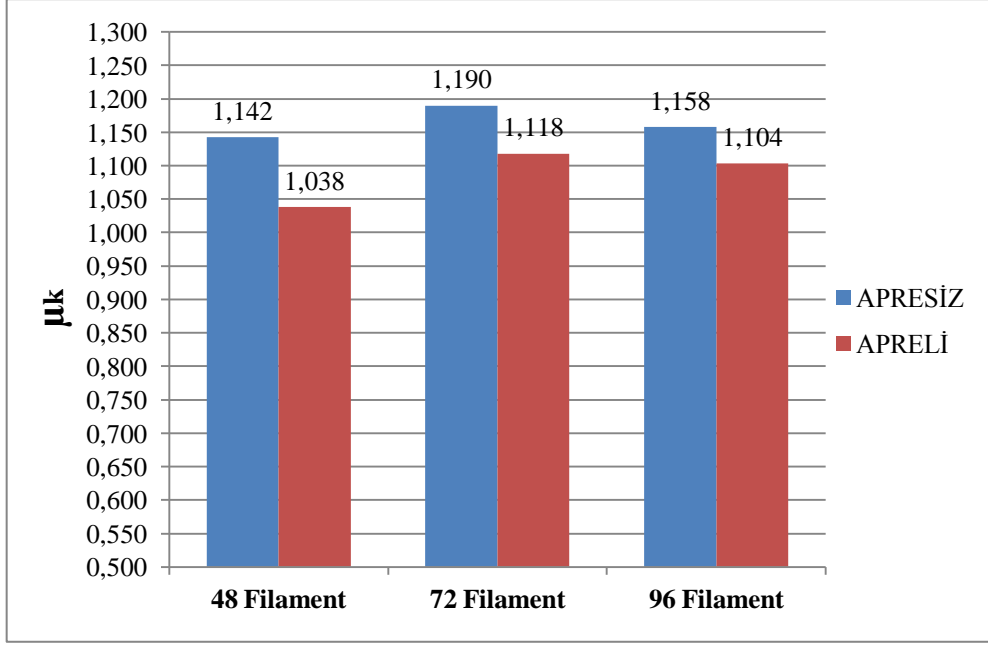


Şekil 4.64. % 100 PES kumaşların apresiz ve 40 g/lt su itici apreli durumdaki toplam pürüzlülük değerlerinin filament sayısına göre değişimi

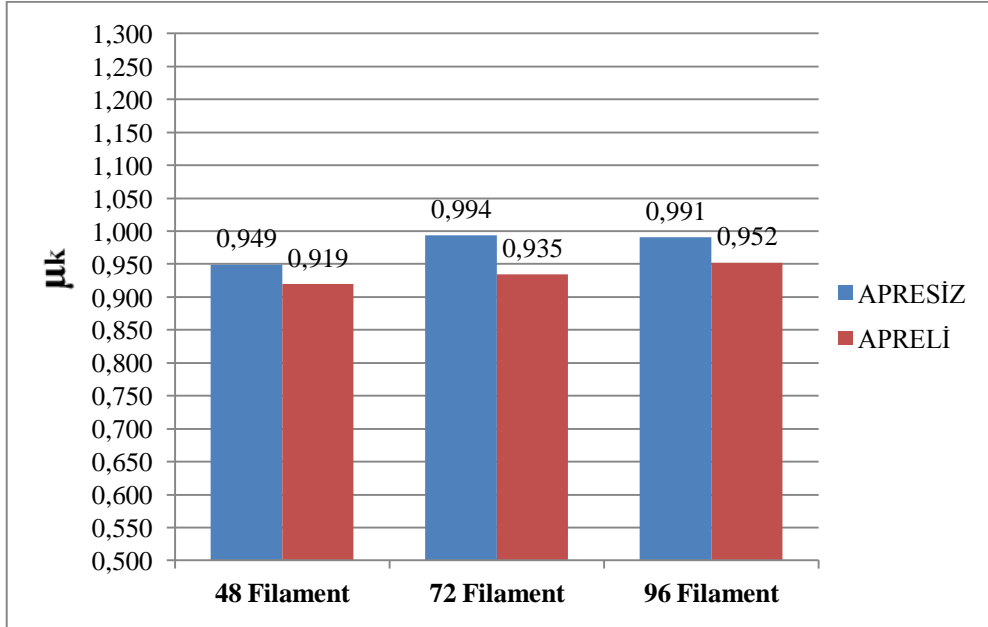
Bulgu: Su itici apreli kumaşın toplam pürüzlülük değerleri, apre işlemi görmemiş kumaşlara göre daha düşüktür. Bu düşüş oranı, bezayağı kumaşta, satene göre daha bariz hissedilmektedir. Bu durum, su itici aprenin iplikler arasındaki boşlukları kısmen doldurarak pürüzlülüğü azaltması şeklinde açıklanabilir. Saten kumaşta ise, iplikler daha çok yüzen pozisyonda olduğundan bağlantı sayısı daha azdır, bu nedenle de pürüzlülük değerindeki azalma sınırlı düzeydedir.

b. Su iticilik apresinin sürtünme katsayısına etkisi

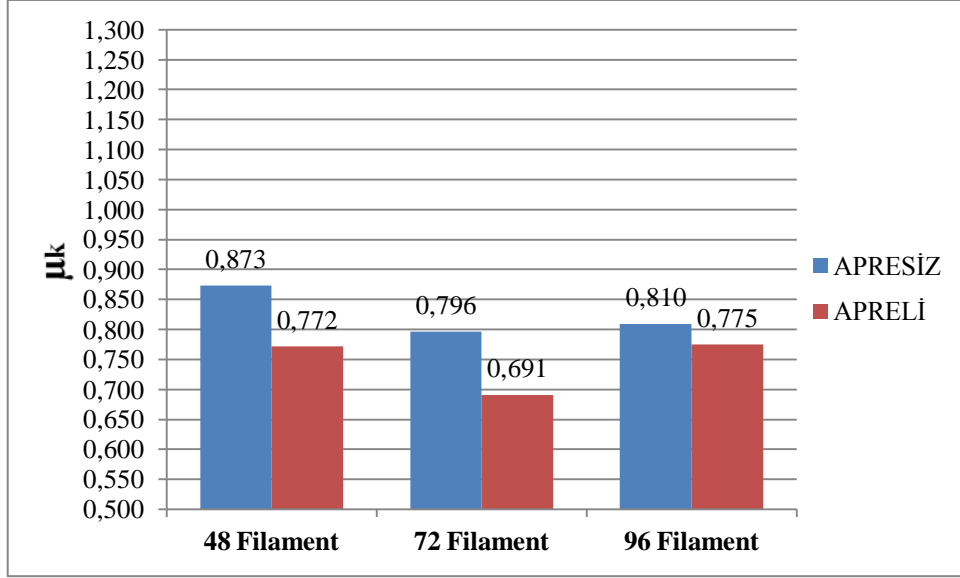
Atkı yönündeki etkisi: % 100 PES bezayağı ve saten kumaşların atkı yönündeki sürtünme katsayıları verilerinden elde edilen grafikler Şekil 4.65, 4.66, 4.67 ve 4.68'de gösterilmiştir.



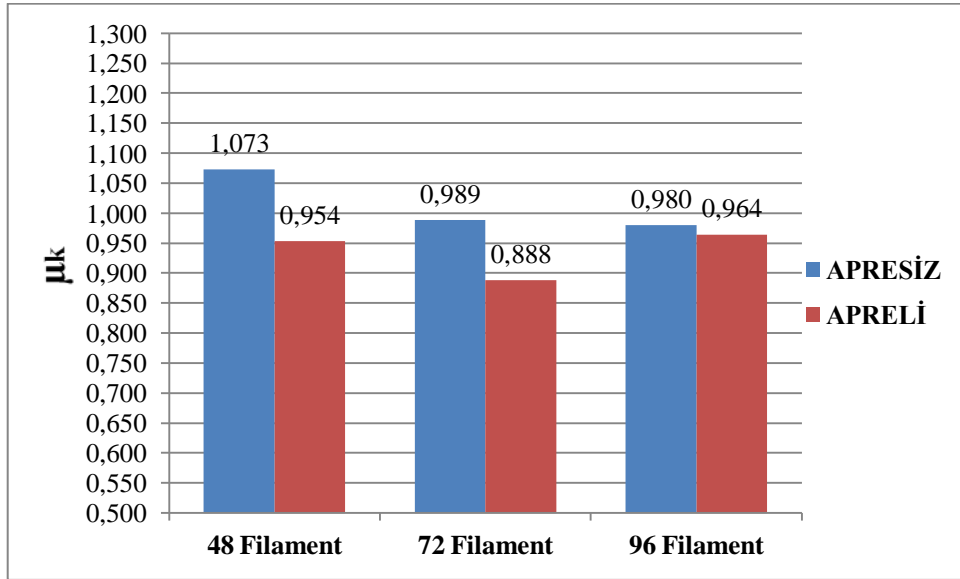
Şekil 4.65. % 100 PES, 150 denye ve 16 atk sıklığındaki bezayağı kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi



Şekil 4.66. % 100 PES, 150 denye ve 22 atk sıklığındaki bezayağı kumaşların atkı yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi



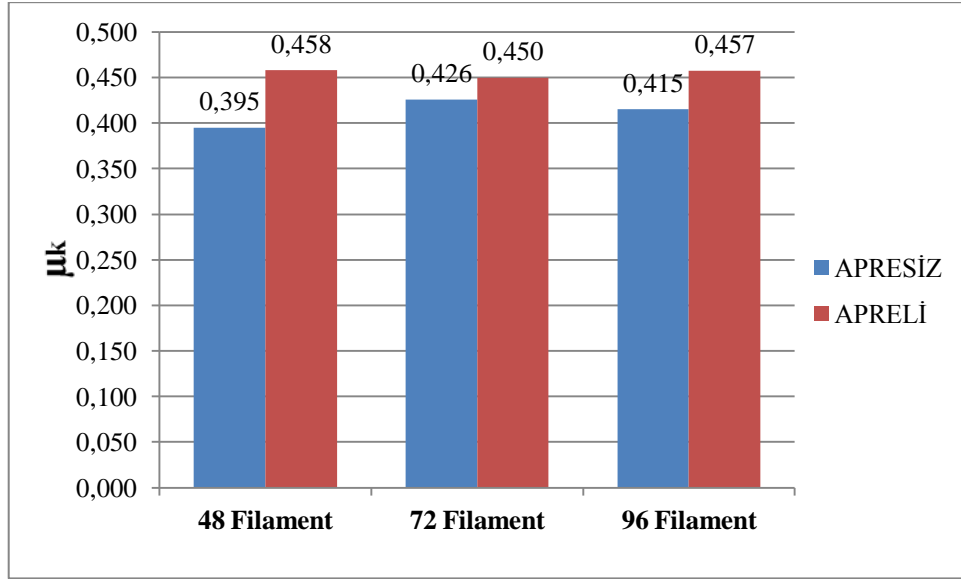
Şekil 4.67. % 100 PES, 150 denye ve 25 atkı sıklığındaki saten kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi



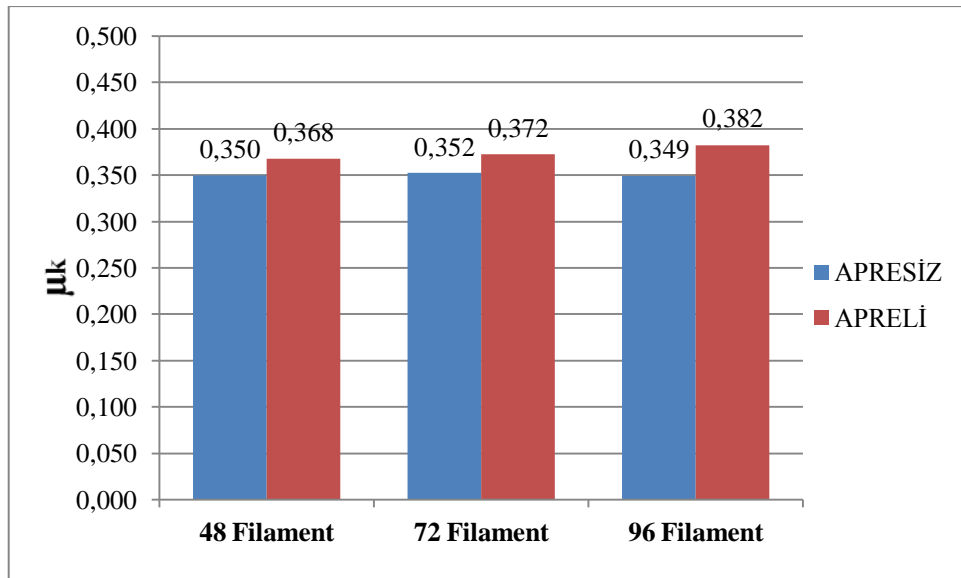
Şekil 4.68. % 100 PES, 150 denye ve 35 atkı sıklığındaki saten kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi

Bulgular: Tüm filament sayılarında bezayağı ve saten kumaşta su itici apre uygulamasının atkı yönündeki sürtünme katsayısını azalttığı görülmüştür. Ancak bu farkın, 96 filament iplikten oluşan kumaşlarda daha az olduğu göze çarpmaktadır. Bu durum, artan filament sayısına bağlı olarak liflerin toplam yüzey alanındaki artış ile açıklanabilir.

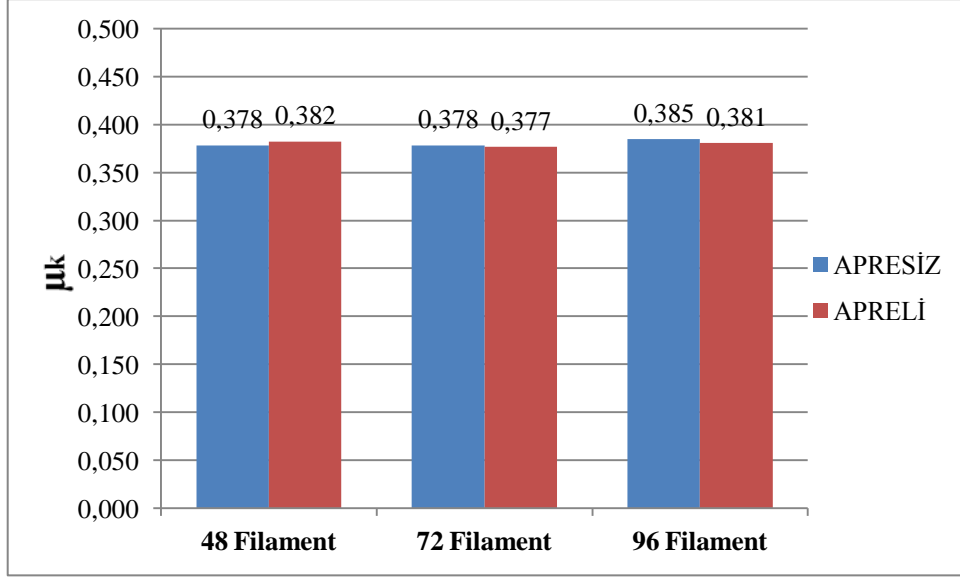
Çözü yönündeki etkisi: % 100 PES bezayağı ve saten kumaşların çözü yönündeki sürtünme katsayıları verilerinden elde edilen grafikler Şekil 4.69, 4.70, 4.71 ve 4.72’de gösterilmiştir.



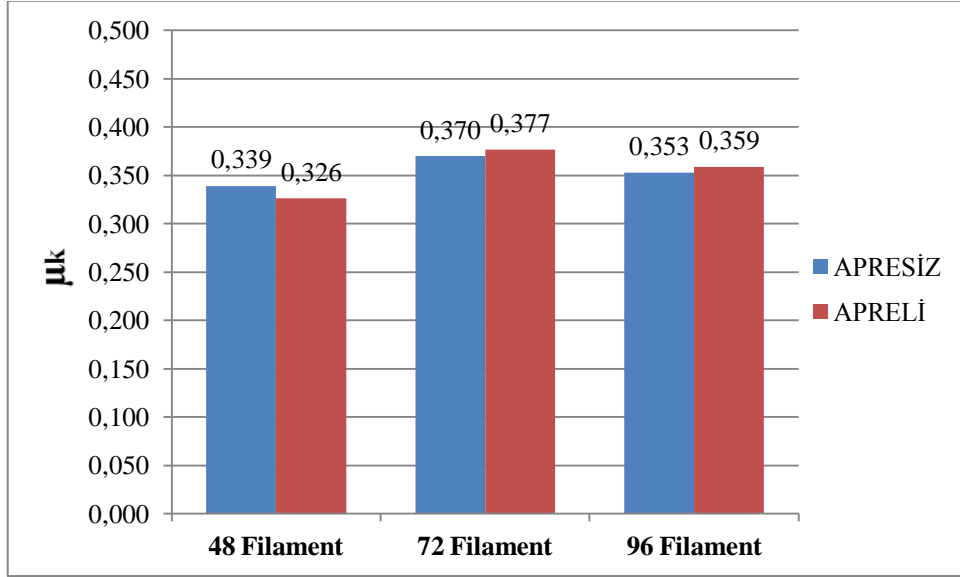
Şekil 4.69. % 100 PES, 150 denye ve 16 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşların çözü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi



Şekil 4.70. % 100 PES, 150 denye ve 22 atkı sıklığındaki bezayağı kumaşların çözü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi



Şekil 4.71. % 100 PES, 150 denye ve 25 atkı sıklığındaki saten kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi

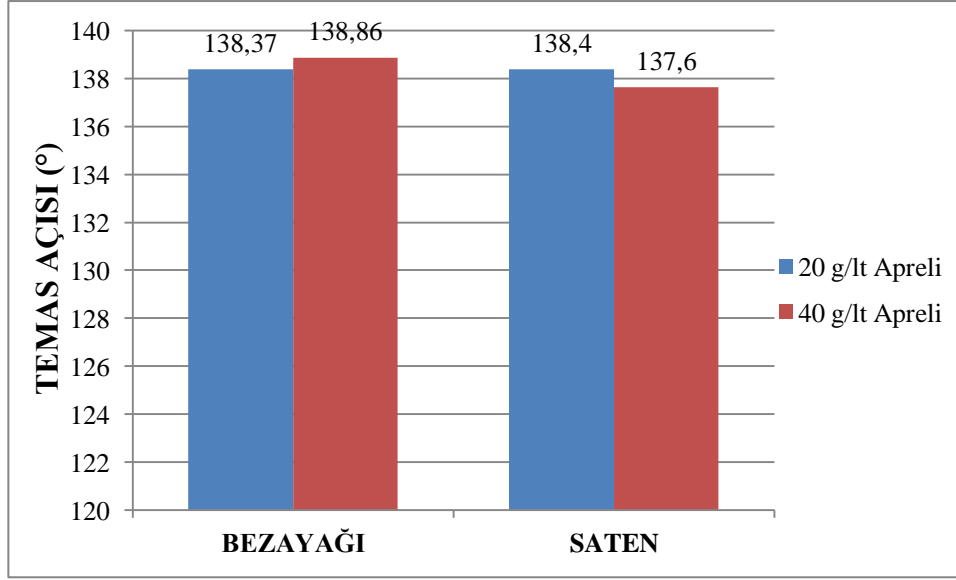


Şekil 4.72. % 100 PES, 150 denye ve 35 atkı sıklığındaki saten kumaşların çözgü yönündeki kinetik sürtünme katsayılarının filament sayısı ve apre durumuna göre değişimi

Bulgular: Tüm filament sayılarında bezayağı ve dimi örgüde su itici apre uygulamasının çözgü yönündeki sürtünme katsayısını arttırdığı, panama ve saten örgüde ise belirgin bir etkisi olmadığı görülmektedir.

d. Su iticilik apresinin su iticilik performansına etkisi: % 100 PES kumaşlara ait başlangıç temas açısı verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.73'tedir.

(1) Su iticilik apresinin başlangıç temas açısına etkisi



Şekil 4.73. % 100 PES kumaşların apre konsantrasyonuna bağlı olarak ortalama başlangıç temas açıları

Bulgular:

1. D grubuna ait 16 atkı sıklığına sahip bezayağı kumaşların farklı apre konsantrasyonlarındaki başlangıç temas açısı verilerini tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p_1=0,044$ sonucu elde edilmiştir.
2. Yine aynı şekilde, 25 atkı sıklığına sahip saten kumaşların farklı apre konsantrasyonlarındaki başlangıç temas açısı verilerini tek yönlü varyans analizi sonucunda; $p_2=0,012$ sonucu elde edilmiştir.
3. Bu durumda, $p_1=0,044 < 0,05$ ve $p_2=0,012 < 0,05$ olduğundan, apre konsantrasyonu ile başlangıç temas açısı arasında anlamlı ilişkiden söz edilebilir.
4. Ancak 22 atkı sıklığına sahip bezayağı ve 35 atkı sıklığına sahip saten örgülerde aynı sonuçlar elde edilemediğinden dolayı, apre konsantrasyonunun ilk temas açısına etkisi hususunda genel bir ifade kullanmak doğru olmayacaktır.

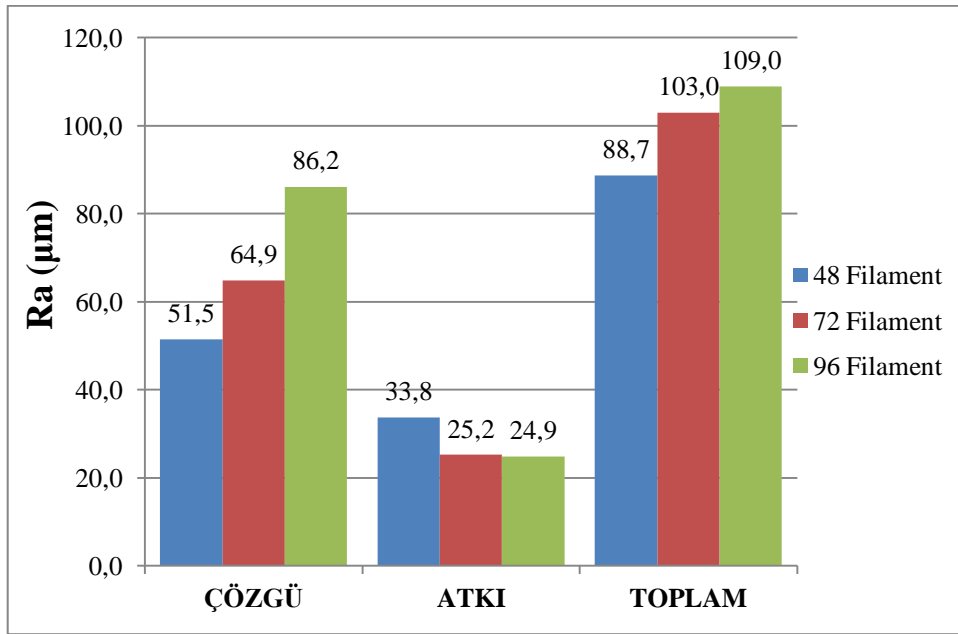
(2) Su iticilik apresinin temas açısı değişimine etkisi

Su iticilik apresi konsantrasyonunun temas açısı değişimine yani damlanın yayılma hızına önemli bir etkisi olmadığı değerlendirilmektedir.

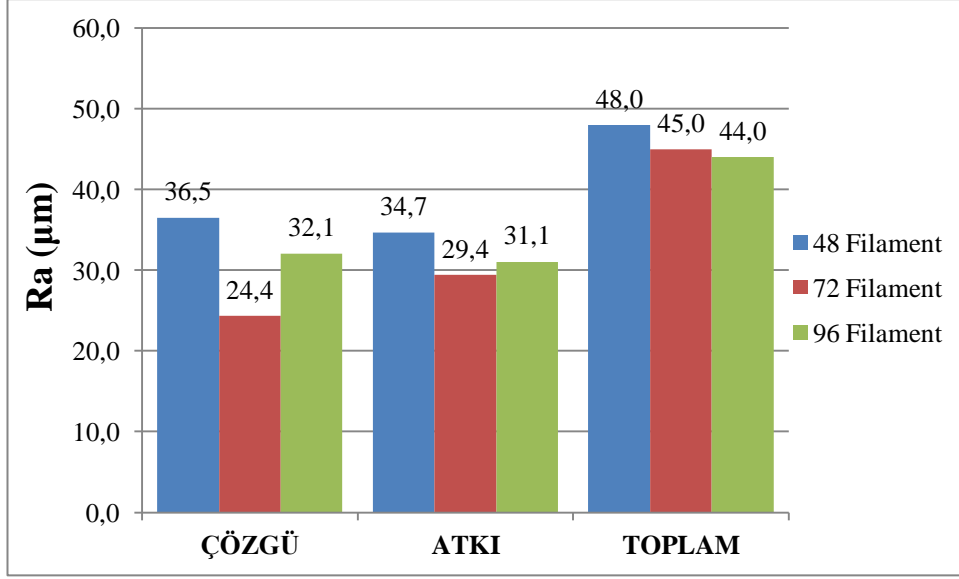
4.5.2 Filament sayısının pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve temas açısına etkisi ve bulgular

a. Filament sayısının pürüzlülüğe etkisi ve bulgular

D Grubu % 100 PES bezayağı ve saten kumaşların atkı ve çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri verilerinden elde edilen grafikler Şekil 4.74 ve Şekil 4.75'tedir.



Şekil 4.74. % 100 PES bezayağı kumaşların çözgü ve atkı yönündeki (Ra) ile toplam pürüzlülük (Sa) değerlerinin filament sayısına göre değişimi

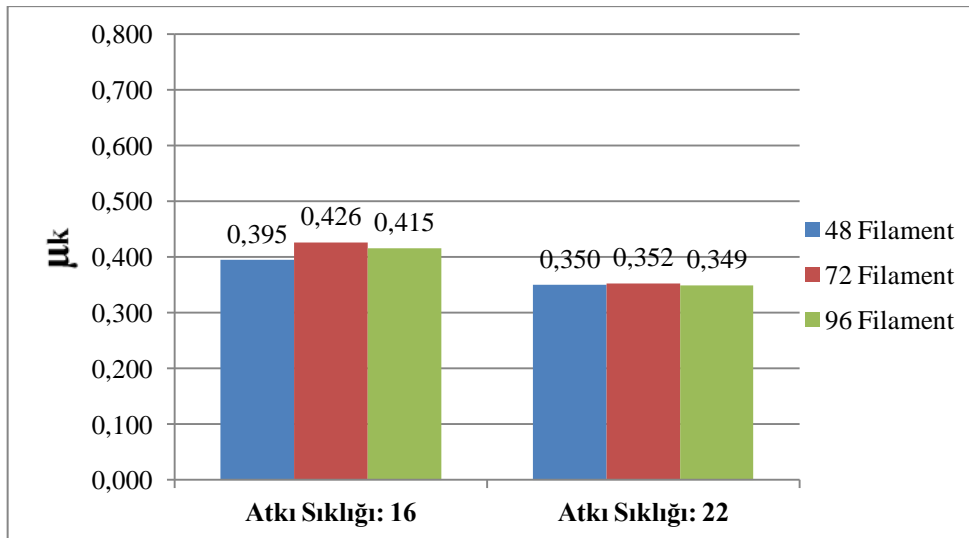


Şekil 4.75. % 100 PES saten kumaşların çözgü ve atkı yönündeki (Ra) ile toplam pürüzlülük (Sa) değerlerinin filament sayısına göre değişimi

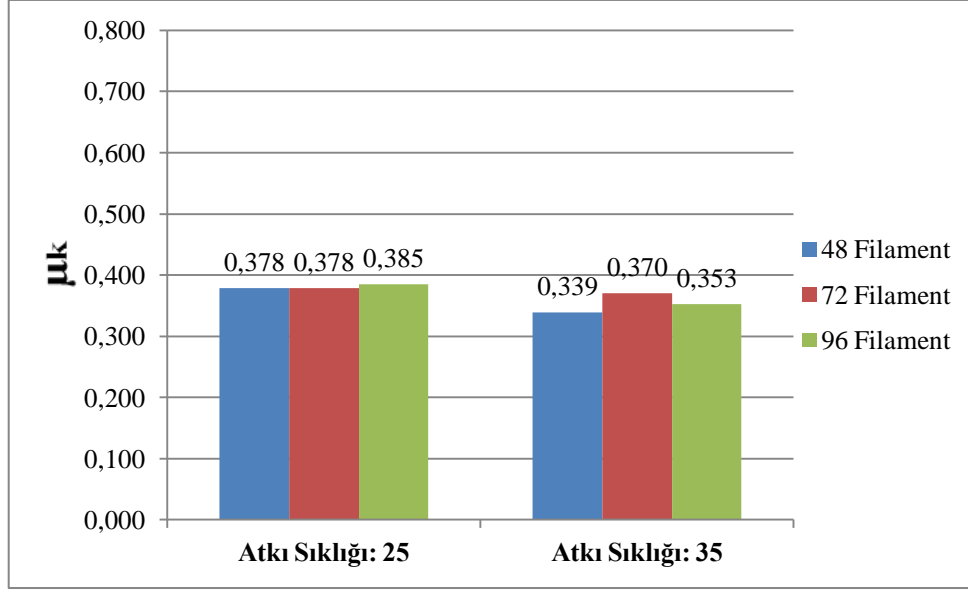
Bulgular: Bezayağı kumaşta, filament sayısı arttıkça çözgü yönündeki ve toplam pürüzlülük değerleri de artmakta, atkı yönünde ise azalmaktadır. Saten kumaşta ise, önemli bir değişiklik gözlenmemiştir.

b. Filament sayısının sürtünme katsayısına etkisi ve bulgular

Çözgü Yönündeki Etkisi : % 100 PES bezayağı ve saten kumaşlara ait çözgü yönünde kinetik sürtünme katsayısı verilerinden elde edilen grafikler Şekil 4.76 ve Şekil 4.77’de gösterilmiştir.



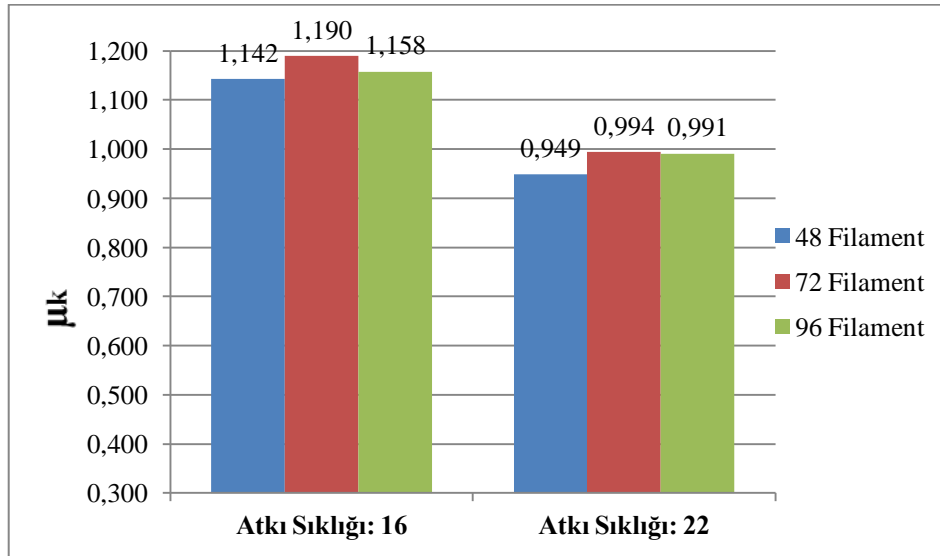
Şekil 4.76. 150 denye % 100 PES bezayağı kumaşların filament sayısına ve atkı sıklığına bağlı olarak çözgü yönünde kinetik sürtünme katsayısının değişimi



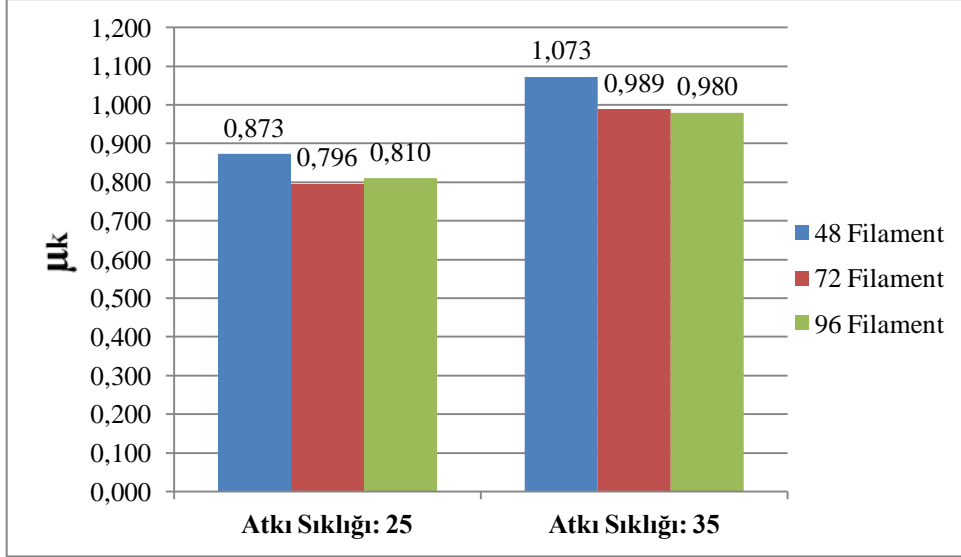
Şekil 4.77. 150 denye % 100 PES saten kumaşların filament sayısına ve atkı sıklığına bağlı olarak çözgü yönünde kinetik sürtünme katsayısının değişimi

Bulgular: Bezayağı ve saten kumaşta filament sayısının önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir.

Atkı yönündeki etkisi: % 100 PES bezayağı ve saten kumaşlara ait atkı yönünde kinetik sürtünme katsayısı verilerinden elde edilen grafikler Şekil 4.78 ve Şekil 4.79’da gösterilmiştir.



Şekil 4.78. 150 denye % 100 PES bezayağı kumaşların filament sayısına ve atkı sıklığına bağlı olarak atkı yönünde kinetik sürtünme katsayısının değişimi



Şekil 4.79. 150 denye % 100 PES saten kumaşların filament sayısına ve atkı sıklığına bağlı olarak atkı yönünde kinetik sürtünme katsayısının değişimi

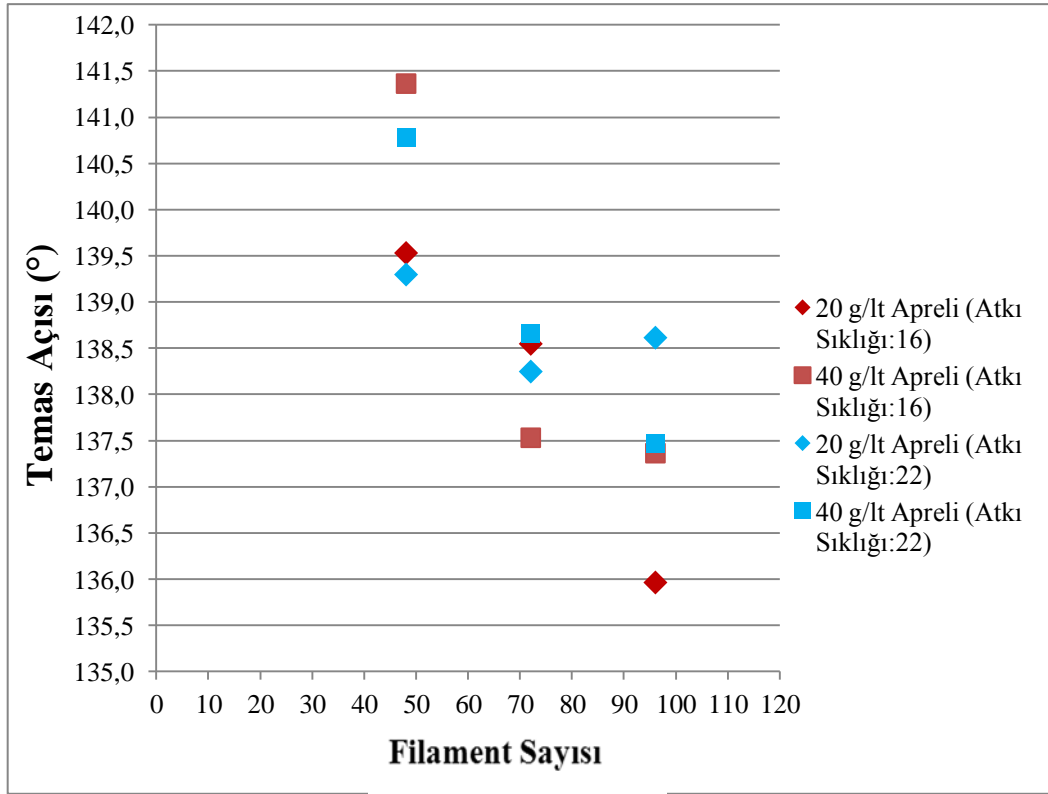
Bulgular: Bezayağı örgüde filament sayısının önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir. Saten örgüde ise filament sayısı arttıkça, sürtünme katsayısında azalma görülmektedir.

Analiz : Filament sayısının toplam sürtünme katsayısına etkisine bakıldığında ise, çok büyük bir değişim olmamakla beraber; bezayağı kumaşta 72 ve 96 filament kumaşların, 48 filament kumaşlara göre daha yüksek sürtünme katsayısına sahip oldukları görülmektedir. Saten kumaşlarda ise, 72 ve 96 filament kumaşların, 48 filament kumaşlara göre daha düşük sürtünme katsayısına sahip oldukları görülmektedir.

c. Filament sayısının su iticilik performansına etkisi

(1) Filament sayısının başlangıç temas açısına etkisi

% 100 PES Bezayağı ve saten kumaşlara ait başlangıç temas açısı verilerinden elde edilen grafikler Şekil 4.80 ve Şekil 4.81’te gösterilmiştir.

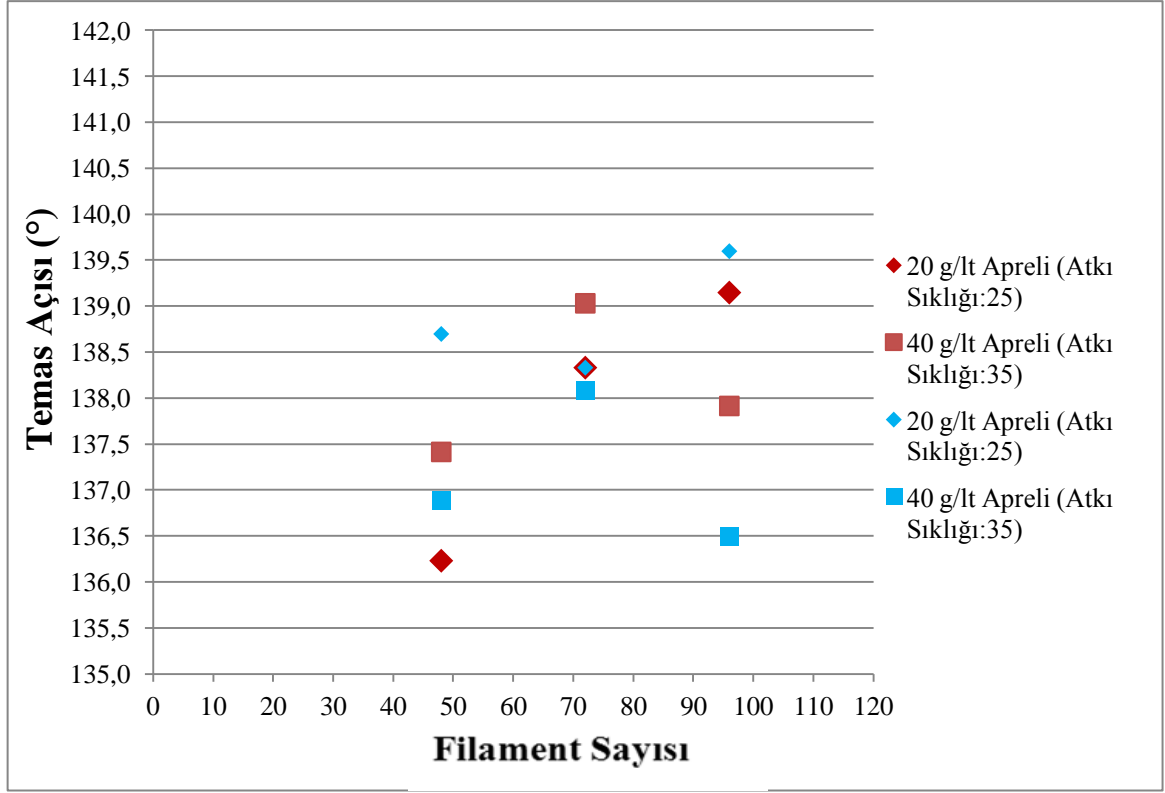


Şekil 4.80. % 100 PES Bezayağı kumaşların, apre konsantrasyonu ve filament sayısına bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi

D grubu kumaşlardan 22 atkı sıklığına sahip farklı filament sayısındaki bezayağı kumaşların başlangıç temas açısı değerleri kullanılarak yapılan varyans analizi sonucunda, $p=0,179$ değeri elde edilmiştir.

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
FİL.SAYISI	2	33.84	16.92	1.94	0.179
Hata	15	131.11	8.74		
Toplam		17	164.96		
S = 2.957		R-Sq = 20.52%		R-Sq(adj) = 9.92%	

Bu durumda; $p=0,179 > 0,05$ olduğundan, filament sayısı ile başlangıç temas açısı arasında anlamlı bir ilişkiden bahsedilemez.



Şekil 4.81. % 100 PES Saten kumaşların, apre konsantrasyonu ve filament sayısına bağlı olarak başlangıç temas açısının değişimi

Bulgular: Filament sayısındaki artışla beraber, bezayağı kumaşta başlangıç temas açısı az da olsa (yaklaşık % 3) azalmış, ancak saten kumaşta filament sayısı ile başlangıç temas açısı arasında ilişki kurulamamıştır.

(2) Filament sayısının temas açısı değişimine etkisi

Temas açısı farkının değişimi ile filament sayısı arasında belirgin bir ilişki kurulamamıştır.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

5.1 Kumaş Yapısal Parametreleri ile Pürüzlülük, Sürtünme Katsayısı ve Temas Açısı Değerlerinin İlişkileri

5.1.1 Atkı sıklığının etkisi

Pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve temas açısı değerlerinin atkı sıklığına bağlı olarak değişimi Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Elyaf içeriği ve örgü türüne göre atkı sıklığı ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi

İlk Değişken	İkinci Değişken	Örgü Cinsi			
		Bezayağı	Dimi 2/1	Panama 3/3	Çözümlü Sateni 5’li
% 100 Pamuklu Kumaşlar					
Atkı sıklığı artıkça	Ra (çözgü)	↗	↗↘	≈ ↘	↗↘
	Ra (atkı)	↘	↘	↗↘	↔
	Sa	↘	≈ ↘	≈ ↘	≈ ↘
	μk (çözgü)	↗	↗	↘	↗
	μk (atkı)	↗	↗	↗	↗↘
	İlk temas açısı	↔	↗	↔	↔
% 100 Yünlü Kumaşlar					
Atkı sıklığı artıkça	Ra (çözgü)	↔	↘	↗↘	↗↘
	Ra (atkı)	↗	↘	↗↘	↘
	Sa	↘	↘	↘	↘
	μk (çözgü)	↗	↗↘	↗↘	↗
	μk (atkı)	↗	↗↘	↔	↗↘
	İlk temas açısı	Değerlendirme yapılamamıştır.			
% 45 Yün / % 55 PES Kumaşlar					
Atkı sıklığı artıkça	Ra (çözgü)	↔	↗↘	↘	↗↘
	Ra (atkı)	↘	↘	↔	↗↘
	Sa	↘	↘	↘	≈ ↘
	μk (çözgü)	↗	↗	↗	≈ ↗
	μk (atkı)	↗	↗↘	↔	≈ ↗
	İlk temas açısı	Değerlendirme yapılamamıştır.			
% 100 Polyester Kumaşlar					
Atkı sıklığı artıkça	Ra (çözgü)	↘	Ölçüm yapılmamıştır.		
	Ra (atkı)	↘	Ölçüm yapılmamıştır.		
	Sa	↘	Ölçüm yapılmamıştır.		
	μk (çözgü)	↘	↘	↘	↘
	μk (atkı)	↘	↘	≈ ↗	↗↘
	İlk temas açısı	↔	Ölçüm yapılmamıştır.		

↗ : Artış eğilimi ↘ : Azalma eğilimi ↔ : Değişim yok ↗↘ : Dalgalanma
≈ ilişkinin yaklaşık olduğunu vurgular

% 100 Pamuklu kumaşlar ele alındığında, yapılan varyans analizleri sonucu, bezayağı kumaşta atkı sıklığı ile çözgü veya atkı yönünde pürüzlülük değerleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. Yapılan analiz sonucu saten haricindeki diğer kumaş türlerinde atkı sıklığı ile hem atkı hem de çözgü yönündeki sürtünme katsayıları arasında anlamlı ilişki olduğu anlaşılmaktadır.

Yünlü kumaşlarda bezayağı kumaşta yapılan analiz sonucu, atkı sıklığı ile çözgü veya atkı yönünde pürüzlülük değerleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. Bezayağı kumaşlarda yapılan analiz sonucu atkı sıklığı ile hem atkı hem de çözgü yönündeki sürtünme katsayıları arasında anlamlı ilişki olduğu ortaya konmuştur.

% 100 PES kumaşlar atkı sıklığı bakımından incelendiğinde, bezayağı kumaşlarda atkı sıklığı arttıkça çözgü yönündeki pürüzlülük değerleri azalmaktadır. % 100 Pamuk ve yünlü kumaşlarda ise bu durumun tam tersidir. Bu durumun, PES liflerinin rijit yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Atkı sıklığındaki artış ile, çözgü yönündeki pik yükseklikleri azaldığından, pürüzlülük değerlerinin de azaldığı görülmektedir. % 100 PES kumaşlarda da, % 100 Yünlü ve Yün/PES kumaşlarda olduğu gibi, bezayağı kumaşlarda yapılan analiz sonucu atkı sıklığı ile hem atkı hem de çözgü yönündeki sürtünme katsayıları arasında anlamlı ilişki olduğu ortaya konmuştur.

5.1.2 Filament sayısının etkisi

Yapılan varyans analizi sonucunda, filament sayısı ile ilk temas açısı arasında anlamlı bir ilişki ortaya konamamış olup, ölçümler neticesinde filament sayısına bağlı olarak pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı verilerinin değişimi Çizelge 5.2'dedir.

Çizelge 5.2. % 100 PES kumaşlarda kumaş örgü cinsine bağlı olarak filament sayısı ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi

İlk Değişken	İkinci Değişken	Örgü Cinsi	
		Bezayağı	Çözümlü Sateni 5'li
Filament sayısı arttıkça	Ra (çözgü)	↗	↗ ↘
	Ra (atki)	↘	↔
	Sa	↗	↔
	μk (çözgü)	↔	↔
	μk (atki)	↗	↘
	İlk temas açısı	↔	↔

↗ : Artış eğilimi ↘: Azalma eğilimi ↔ : Değişim yok ↗ ↘: Dalgalanma
 ≈ ilişkinin yaklaşık olduğunu vurgular

5.1.3 Örgü türünün etkisi

% 100 Pamuklu ham kumaşlarda örgü türü ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi Çizelge 5.3'te gösterilmiştir. Diğer elyaf içerikli kumaşlarda çözgü sıklıklarının farklı olmasından dolayı analiz yapılmamıştır.

Çizelge 5.3. % 100 Pamuklu ham kumaşlarda örgü cinsi ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi ((+) : İlişki var (-) İlişki yok)

İlk Değişken	İkinci Değişken	İlişki Durumu
Örgü Türü	Ra (çözgü)	(+)
	Ra (atki)	(-)
	Sa	(+)
	μk (çözgü)	(+)
	μk (atki)	(+)
	İlk temas açısı	(+)

Yapılan varyans analizleri sonucunda, atkı yönündeki pürüzlülük haricindeki diğer parametrelerle örgü türü arasında anlamlı ilişki olduğu ortaya konmuştur. % 100 Pamuklu kumaşlarda, aynı atkı ve çözgü sıklığındaki farklı kumaş türleri ile atkı ve çözgü yönündeki sürtünme katsayıları arasında da anlamlı ilişki söz konusudur.

Örgü cinsi, hem pürüzlülük hem de sürtünme katsayısında belirleyici bir faktör olarak göze çarpmaktadır. Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5'te, farklı kumaş türlerindeki % 100 pamuklu kumaşların pürüzlülük ve sürtünme katsayısı değerleri gösterilmiştir. Çözgü yönünde bezayağı ve dimi örgülerin pürüzlülük ve sürtünme katsayılarının panama ve saten örgülere göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Atkı yönünde ise en yüksek pürüzlülük değerine sahip saten örgü olurken, en düşük değer panama örgüde görülmektedir. Sürtünme katsayısı bakımından ise bezayağı ve dimi örgülerin değerlerinin yine daha yüksek olduğu açıktır. Bu değerlere göre, aynı elyaf içeriğine sahip kumaşlar içerisinde kumaş geometrisinin değişmesi sonucu pürüzlülük değerlerindeki değişime paralel şekilde sürtünme katsayısı değerlerinin de değiştiği görülmektedir. Ancak farklı elyaf içeriğine sahip aynı veya çok yakın kumaş geometrisindeki kumaşlar için aynı durum söz konusu olmamaktadır.

Çizelge 5.4. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki kumaşların örgü türüne göre çözgü yönündeki pürüzlülük ve sürtünme katsayılarının dağılımı

Örgü Cinsi	Nominal / Fiili Çözgü Sıklığı (tel/cm)	Nominal / Fiili Atkı Sıklığı (tel/cm)	Pürüzlülük (Ra, µm)	Sürtünme Katsayısı (µk)
Bezayağı	49 / 50,3	25 / 25,2	22,6	0,544
Dimi 2/1 Z	49 / 50	25 / 25,2	22	0,566
Panama 3/3	49 / 50,3	25 / 24,9	17,3	0,534
Çözgü Sateni 5	49 / 50,6	25 / 24,9	13,2	0,48

Çizelge 5.5. % 100 Pamuklu 25 atkı sıklığındaki kumaşların örgü türüne göre atkı yönündeki pürüzlülük ve sürtünme katsayılarının dağılımı

Örgü Cinsi	Nominal / Fiili Çözgü Sıklığı (tel/cm)	Nominal / Fiili Atkı Sıklığı (tel/cm)	Pürüzlülük (Ra, µm)	Sürtünme Katsayısı (µk)
Bezayağı	49 / 50,3	25 / 25,2	25,9	0,6
Dimi 2/1 Z	49 / 50	25 / 25,2	28	0,632
Panama 3/3	49 / 50,3	25 / 24,9	15,6	0,555
Çözgü Sateni 5	49 / 50,6	25 / 24,9	33,7	0,559

5.1.4 Elyaf içeriğinin etkisi

Elyaf içeriği ile pürüzlülük ve sürtünme katsayısı parametrelerinin ilişkisi Çizelge 5.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Elyaf içeriği ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi (+) : İlişki var (-) İlişki yok)

İlk Değişken	İkinci Değişken	İlişki Durumu
Elyaf İçeriği	Ra (çözgü)	(+)
	Ra (atkı)	(-)
	Sa	(+)
	μ_k (çözgü)	(+)
	μ_k (atkı)	(+)

İplik çapına göre değerlendirme yapılırsa, en yüksek pürüzlülük değerlerinin yünlü kumaşlarda olması beklenmektedir. Aynı veya birbirine çok yakın atkı sıklığına sahip olan farklı elyaf içeriğindeki kumaşlara ait pürüzlülük ve kinetik sürtünme katsayısı değerlerini gösteren aşağıdaki Çizelge 5.7'den anlaşılacağı üzere, en yüksek pürüzlülük değerine sahip kumaşlar % 100 PES kumaşlardır. Ancak en düşük sürtünme katsayısına sahip kumaşlar da % 100 PES kumaşlar olarak görülmektedir. Bu durum, PES liflerinin daha kaygan yüzey yapısı ile açıklanabilir. Buradan, pürüzlülük değerleri ile sürtünme katsayısı arasında herhangi bir ilişki olmadığı anlaşılmaktadır. Elyaf içeriğine göre çözgü yönünde pürüzlülük ve sürtünme katsayısı değerlerini içeren bilgiler Çizelge 5.7'de sunulmuştur. Atkı yönündeki veriler, kumaşlara ait çözgü sıklıkları farklı olduğundan değerlendirilmemiştir.

Çizelge 5.7. Bezayağı kumaşın elyaf cinsine göre çözgü yönündeki pürüzlülük ve sürtünme katsayılarının dağılımı

Elyaf Cinsi	İplik Çapı (cm)	Mekanik Çözgü Sıklığı (tel/cm)	Mekanik Atkı Sıklığı (tel/cm)	Pürüzlülük (Ra, μm)	Sürtünme Katsayısı (μ_k)
% 100 Pamuk	0,014	49 / 50	22 / 22,6	21,3	0,539
% 100 Yün	0,02	26 / 26,7	21 / 21,5	28,3	0,786
% 45 Yün/ % 55 PES	0,02	26 / 26,6	21 / 21,4	33,7	0,662
% 100 PES	0,015	60 / 61,6	22 / 22,5	38,4	0,354

5.2 Kumaş Yüzey Pürüzlülüğü ile Sürtünme Katsayısının İlişkisi

Pürüzlülük değerleri ile sürtünme katsayısı değerlerini arasındaki korelasyonun analizi sonucunda, genel olarak aralarında anlamlı bir korelasyon elde edilememiştir. Bu durum, sürtünmenin daha çok fiziksel temasa dayalı olması ile açıklanmıştır. Sürtünmeye etki eden pürüzlülüğün, standartlarla belirtilen terimler dışında farklı şekilde ifadesine ihtiyaç duyulduğu değerlendirilmektedir.

5.3 Su İtici Apre Uygulaması ile Pürüzlülük, Sürtünme Katsayısı ve Temas Açısı Değerlerinin İlişkileri

% 100 PES 150 Denye 48 filament olacak şekilde 16 atkı sıklığında bezayağı ve 25 atkı sıklığında saten kumaşlara ait ilk temas açısı verilerine ait varyans analizine göre su itici apre konsantrasyonu ile ilk temas açısı arasında anlamlı ilişki söz konusu olsa da, farklı atkı sıklığı ve filament sayısındaki kumaşlara ait veriler bu sonuçları desteklememektedir. Su itici apre uygulamalarına bağlı olarak pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı değerlerinin değişimi Çizelge 5.8'dedir.

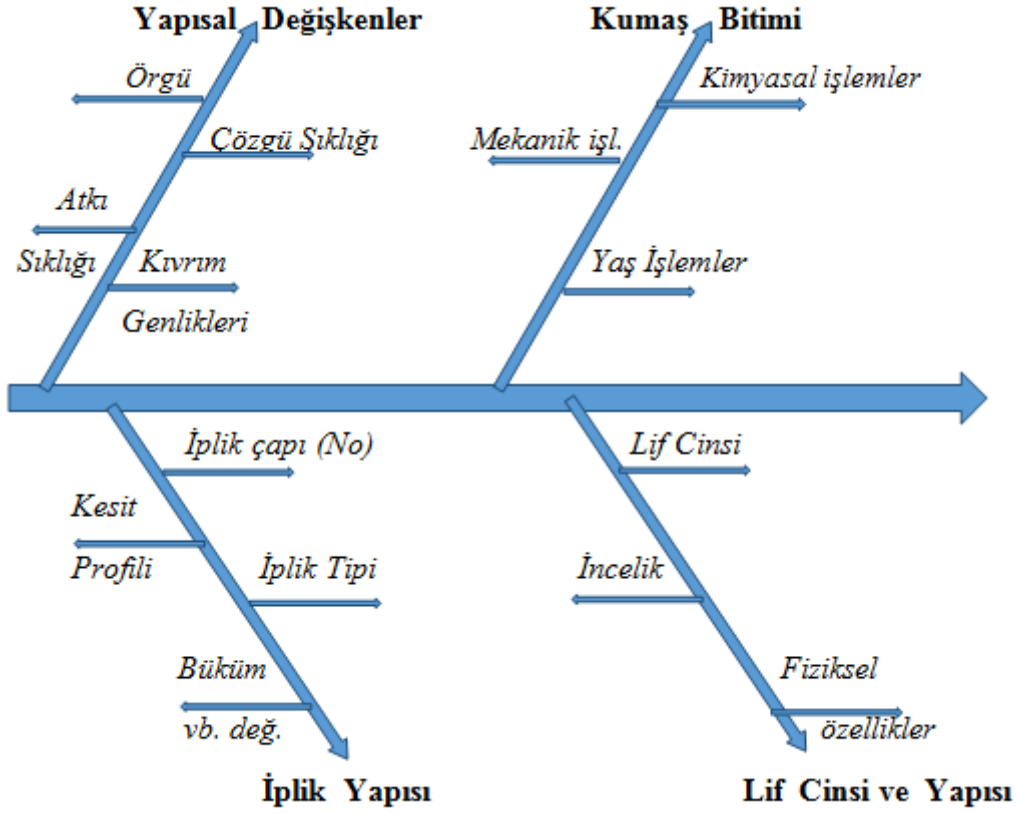
Çizelge 5.8. % 100 PES kumaşlarda kumaş örgü cinsine bağlı olarak su itici apre uygulanması ile pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve ilk temas açısı parametrelerinin ilişkisi

İlk Değişken	İkinci Değişken	Örgü Cinsi	
		Bezayağı	Çözü Sateni 5'li
Su itici apre uygulandığında	Ra (çözgü)	↘	↘
	Ra (atkı)	↗	↘
	Sa	↘	↔
	μk (çözgü)	↗	↔
	μk (atkı)	↘	↘
Su itici apre konsantrasyonu arttığında	İlk temas açısı	↔	↔

↗ : Artış eğilimi ↘: Azalma eğilimi ↔ : Değişim yok ↗ ↘: Dalgalanma
≈ ilişkinin yaklaşık olduğunu vurgular

5.4 Dokuma Kumaş Pürüzlülüğü Üzerinde Etkisi Olan Faktörler

Dokuma kumaşlarda pürüzlülüğe pek çok faktör etki etmekle beraber, temel faktörler Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Dokuma kumaş pürüzlülüğüne etki eden temel faktörler

5.5 Sonuç

Dokuma kumaşlarda yüzey pürüzlülüğüne pek çok parametre etki etmekle beraber, tüm parametrelerin aynı anda incelenmesi mümkün olmadığından, bu çalışmada temel parametrelerden atkı sıklığı, örgü türü, elyaf cinsi, filament sayısı gibi bazı parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, Sular ve ark. tarafından 2013 yılında yapılan çalışmada, atkı sıklığındaki artışın hem pürüzlülük hem de sürtünme katsayısını düşürdüğü görülmektedir. Yine aynı çalışmaya göre % 100 Polyester kumaşların sürtünme katsayısı, % 100 Pamuklu kumaşlarınkinden daha düşüktür.

Yapılan bu çalışma kapsamındaki analizler neticesinde, söz konusu parametrelerden özellikle atkı sıklığı, elyaf içeriği ve örgü türünün çözgü yönündeki pürüzlülük değerlerini etkilediği görülmüştür. Söz konusu etkilerin sürtünme katsayısı değerleri üzerinde de incelemesi yapılmıştır. Ancak sadece % 100 PES kumaşlarda incelenen parametrelerle pürüzlülük ve sürtünme katsayısı arasındaki ilişkilerin benzer olduğu görülmüştür. Bu durum; sentetik lifler ile doğal liflerin yapısal farkını daha somut olarak ortaya koymaktadır. Polyester lifleri yapısı itibarıyla doğal liflere göre daha rijit ve kaygan yapıda olduğundan, çalışma kapsamında ölçümü yapılan yüzey pürüzlülüğünün sürtünme katsayısına etkisi belirgin olmuştur. Ayrıca polyester lifinin yüzeyi daha pürüzsüz olduğundan, lif yüzeyinden kaynaklanan pürüzlülüklerin oluşturacağı direnç daha az olmaktadır. Lif yüzeyindeki pürüzlülük değerleri ise, yapılan çalışmadaki ölçümü yapılan pürüzlülük değerlerinin oluşumunda belirleyici konumda değildir. Sular ve ark. tarafından yapılan çalışmayla karşılaştırma yapıldığında, sonuçların kısmen benzer nitelikte olduğu, özellikle sürtünme katsayısı bakımından farklılık olduğu görülmektedir. Bu durumun, pürüzlülük ve sürtünme katsayısı ölçümlerinin yapıldığı cihaz ve yöntem farklılığından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle optik olan temassız pürüzlülük ölçüm tekniğinin farkı ve tarama alanının sınırlı olması başlıca etkenler arasında sayılabilir.

İplik ve örgüden kaynaklı pürüzlülüğün ana belirleyici olduğu pürüzlülük değerleri ile ilk temas açısı değerlerinin ilişkisi incelendiğinde, atkı sıklığı, örgü cinsi ve filament sayısının su iticilik performansına belirgin bir etkisi görülmemiştir. Söz konusu parametrelerin etkisi oldukça sınırlı düzeyde olup, kısmen su itici durumdaki bu sınırlı etki ancak %100 pamuklu ham kumaşlarda görülebilmektedir. Bununla beraber, incelenen yapısal parametrelerin sürtünme katsayısı üzerine etkisi daha bariz ve sürtünme katsayısı ölçüm değerleri daha az varyasyona sahip olduğundan, öncelikle tekstil yüzeylerinde sürtünme katsayısının ölçülebileceği uluslararası bir standart ölçüm yöntemi tespitine ve dokuma kumaşlarda aşınma dayanımını ile kumaş tutumunu iyileştirme amaçlı kumaş tasarımlarına yönelik çalışmaların daha faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ajayi, J.O. (1992). Fabric Smoothness, Friction, and Handle. *Textile Research Journal*, 62(1), 52-59.
- Ajayi, J.O. (1992). Effects of Fabric Structure on Frictional Properties, *Textile Research Journal*, 62(2), 87-93.
- Akgün M., Becerir B., Alpay H.R. (2012). The Effect Of Fabric Constructional Parameters On Percentage Reflectance And Surface Roughness Of Polyester Fabrics. *Textile Research Journal*, 82(7): 700–707.
- Akgün M. (2014). Assessment of the Surface Roughness of Cotton Fabrics through Different Yarn and Fabric Structural Properties. *Fibers and Polymers*, 15(2): 405-413.
- Akgün M. (2015). Effect of Yarn Filament Fineness on the Surface Roughness of Polyester Woven Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(2): 121-128.
- Akgün M, Alpay HR, Becerir B (2012). Kumaş Yapısal Parametreleri İle Reflektans Değerleri Arasındaki İlişkilerin Değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17: 93-196.
- Aksoy A., Kaplan S. (2011). Tekstil Materyallerinde Sıvı Transfer Mekanizmaları ve Ölçüm Yöntemleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2): 51-67.
- Apurba Das, V. K. Kothari, Nagaraju Vandana. (2005). A Study On Frictional Characteristics of Woven Fabrics. *AUTEX Research Journal*, 5(3): 133-140.
- Bae JH (2007). Color In Ink-Jet Printing: Influence of Structural and Optical Characteristics Of Textiles. (Doktora Tezi), North Caroline State University Textile Technology Management, Raleigh, North Caroline, USA.
- Babaarslan O., Kalebek N.A. (2007). Tekstil Yüzeylerinde Sürtünme ve Dokusuz Yüzeyleme Bakış. II. Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi.
- Balcı, H., (2006). Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, “Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apret ve Performans Özellikleri”. (Yüksek Lisan Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bardal LM (2010). Aerodynamic Properties Of Textiles. (Lisans Tezi), Norwegian University of Science and Technology-Department of Energy and Environment Engineering Energy and Process Technology, Trondheim, Norway.
- Behary N, Perwuelz A (2012). Atomic Force Microscopy-For Investigating Surface Treatment of Textile Fibers, Atomic Force Microscopy-Imaging, Measuring and Manipulating Surfaces at the Atomic Scale, Dr. Victor Bellitto. InTech, Rijeka, Croatia, 231-256.

- Berberi P, Tabaku B (2007). Specific Effects of Use of Laser Triangulation Method for Measurements of Roughness of Textiles. American Institute of Physics AIP Conference Proceedings, Melville, New York, USA, 354-404.
- Calvimontes, A., Synytska, A., Dutschk, V., Bell, and Ch., Lehmann, B. (2006). Einfluss der Struktur von Polyestergewebe auf ihre Benetzbarkeit, Melliand Textilberichte, 1(2), 64–67; Melliand English, 1(2), E16–E18.
- Calvimontes A. (2009). Topographic Characterization of Polymer Materials at Different Length Scales and the Mechanistic Understanding of Wetting Phenomena, PhD Thesis, Technische Universität Dresden, Germany.
- Calvimontes, A., Dutschk, V., Stamm, M., (2010). Advances in Topographic Characterization of Textile Materials, Textile Research Journal, Vol 80(11): 2010, 1004–1015.
- Carr, W.W., Posey, J.E., Tincher, W.C. (1988). Frictional Characteristics of Apparel Fabrics. Textile Research Journal, 58(3): 129-136.
- Cassie, A.B.D., Baxter, S. (1944). Wettability of porous surfaces. Trans. Faraday Soc., 40:546-551.
- Das, A., Kothari, V.K., Vandana, N. (2005). A Study on Frictional Characteristics of Woven Fabrics. Autex Research Journal, 5(3): 133-140.
- Dave MacKenzie (2008). Surface Texture Measurement Fundamentals. Technical Seminar Metrology Center Open House.
- De Oliveira RRL, Albuquerque DAC, Cruz TGS, Yamaji FM, Leite FL (2012). Measurement of the Nanoscale Roughness by Atomic Force Microscopy: Basic Principles and Applications, Dr. Victor Bellitto. InTech, Rijeka, Croatia, 147-174.
- Dembický, J., Wiener, J., Fikerová, L. (2005). Contact Angle Measurement On Textile Fibers. 4th Central European Conference, “Fibre-Grade Polymers, Chemical Fibres and Special Textiles”, Liberec, Czech Republic.
- Dutschk, V., Myat, S., Martin, J., Stolz, M., Breitzke, B., Cherif, Ch., and Heinrich, G., A (2007). Comparative Analysis between Different Ether Carboxylic Acids with Respect to Wettability and Surface Topography of Abrasively Treated Polyester Fabrics, Tenside Surfactant Det., 44(6), 248–254.
- Fangueiro, R., Filgueiras, A., Soutinho, F., Meidi, X. (2010). Wicking Behavior and Drying Capability of Functional Knitted Fabrics. Textile Research Journal, 80(15): 1522–1530.
- Gider A (2004). An Online Fabric Database To Link Fabric Drape And End-Use Properties. (Yüksek Lisans Tezi), Louisiana State University The School of Human Ecology, Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Gupta, B.S. and Mogahzy, Y.E.E. (1991). Friction in Fibrous Materials, Textile Research Journal, 61(9): 547-555.

- Gül, M. (2008) Yünlü Dokuma Kumasların Sürtünme Özelliklerinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hasan, M. M. B., Calvimontes, A., Synytska, A., and Dutschk, V. (2008). Effects of Topographic Structure on Wettability of Differently Woven Fabrics, *Textile Research Journal*, 78(11), 996–1003
- Hermann, D., Ramkumar, S.S., Seshaiyer, P., Parameswaren, S. (2004). Frictional Study of Woven Fabrics: The Relationship Between the Friction and Velocity of Testing. *Journal of Applied Polymer Science*, 91(6): 2420-2424.
- Hoffman, R.M., Beste, L.F. (1951). Some Relations of Fiber Properties to Fabric Hand. *Textile Research Journal*, 21(2): 66-77.
- Hollies, N. R. S., Kaessinger, M. M., Watson, B. S., Bogaty, H. (1957), Water Transport Mechanisms in Textiles Materials Part II: Capillary-Type Penetration in Yarns and Fabrics. *Textile Research Journal*, 27(1):8-13.
- Howell, H. G., Mieszkis, K. W. Tabor, D. (1959). *Friction in Textiles*. Butterworths Scientific Publications, London.
- Jeddi, A.A.A., Shams, S., Nosraty, H. Sarsharzadeh, A. (2003). Relations Between Fabric Structure and Friction Part I: Woven Fabrics. *Journal of Textile Institute*, 94: 223-234.
- Jeddi, A.A.A., Khorram-Toussi Z., Maleki, V. Yazdanifar, K. (2003). Relations Between Fabric Structure and Friction Part II: Weft Knitted Fabrics, *Journal of Textile Institute*, 85: 1-9.
- Jeddi, A.A.A., Arshi, A., Maleki, V. Fakhr, V. (2006). Relations Between Fabric Structure and Friction Part III: Warp Kitted Fabrics. *The Journal of the Textile Institute*, 97: 103-109.
- Karahan, M., Eren, R., (2006), Experimental Investigation of the Effect of Fabric Parameters on Static Water Absorption in Terry Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14(2): 59-63.
- Kılınç, F. S. (2004), A Study of Nature of Fabric Comfort: Design-Oriented Fabric Comfort Model. PhD Thesis, Auburn University, Auburn, Alabama.
- Kim, J., Hamouda, H., Shalev, I. and Barker, R.L. (1993). Instrumental Methods for Measuring the Surface Frictional Properties of Softener Treated Fabrics, *Textile Chemist and Colorist*, 25: 15-20.
- Kovan, V., Şekercioglu, T. (2005). Yapıştırma Bağlantılarında Yapışma Teorileri ve Yüzey Enerjilerinin İncelenmesi. *Yüzey İşlemler*, 42: 22-26.
- Layton, J. M. (2003). *Friction in Textiles*. The Textile Institute, 34: 1-92.

- Lee H, Owens J (2011). Superhydrophobic Superoleophobic Woven Fabrics, Prof. Han-Yong Jeon. InTech, Rijeka, Croatia, 235-266.
- Leising, C (2014). Processed Leather Surface Finish Using 3D Profilometry. Nanovea, <http://nanovea.com/App-Notes/leather-surface-finish.pdf> (erişim tarihi, 17 Şubat 2014)
- Martin A, Bustamante P, Chun AHC (1993). Interfacial Phenomena. Physical Pharmacy 4th ed., (Ed: A Martin, P Bustamante, AHC Chun), Williams&Wiikins, Maryland, 362-367.
- Moorthy, R.R., Kandhavadi, P. (2015). Surface Friction Characteristics of woven fabrics with Nonconventional fibers and their blends, Journal of Textile And Apparel Technology and Management, 9(3): 1-14.
- Nazanin Ezazshahi, Mohammad Amani Tehran, Masoud Latifi, Khosro Madanipour (2015). Surface Roughness Assessment of Woven Fabrics Using Fringe Projection Moiré Techniques. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 23(3):76-84.
- Okur, A. (2002). Kumaşların Sürtünme Davranışları Üzerine Bir Araştırma Bölüm I: Aynı Cins Kumaşlar Arasındaki Statik ve Kinetik Sürtünme Dirençlerinin İncelenmesi. Tekstil Maraton, 12(59): 47-57.
- Okur, A. (2002). Kumaşların Sürtünme Davranışları Üzerine Bir Araştırma Bölüm II: Viskon Kumaşlarda Bazı Yapısal Özelliklerin Sürtünme Özelliklerine Etkileri. Tekstil Maraton, 12(59): 58-62.
- Özçelik G, Özdi N., Mengüç G (2012). Sensorial Comfort of Textile Materials. Woven Fabrics, Prof. Han-Yong Jeon. InTech, Rijeka, Croatia, 179-196.
- Ramgulam RB, Amirbayat J, Porat I (1993). Measurement of Roughness by a Non-Contact Method. Journal Textile Institute, 84: 99-106.
- Patnaik, A., Rengasamy, R, S., Kothari, V, K., Ghosh, A. (2006). Wetting And Wicking in Fibrous Materials. Textile Progress, 38(1):1-105.
- Persson, B.N.J. (1998). Sliding Friction Physical Principles and Applications. Springer, Berlin.
- Prahsarn, C. (2001), Factors Influencing Liquid and Moisture Vapor Transport in Knit Fabrics. Doctorate Thesis, North Carolina State University, Raleigh.
- Romdhani Z., Baffoun A., Hamdaoui M., Maatoug N. and Roudesli S. (2013). Surface Roughness Evaluation of Treated Woven Cotton. International Conference of Applied Research in Textile, CIRAT-5, Monastir, Tunisia.
- Saha, R. (2010). Roughness-induced capillary uptake of liquids into textile structures. Master Thesis, Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology, Technische Universität Dresden, Germany.

- Saha, R (2011). Advances In Topographical Analysis of Textile Materials. Journal of Innovation & Development Strategy (JIDS), 5: 67-74.
- Searle, C.M. (1990). Evaluation of the Comfort Properties of Selected Lingerie Fabrics. Doktora Tezi, Kansas State University, College of Human Ecology, Manhattan, Kansas.
- Sengupta A.K., Murthy, H.V.S. (1985), Wicking İn Ring Spun Vis-A-Vis Rotor Spun Yarn. Indian J.Textile Research Journal, 10(4): 155-157.
- Smile, C. B. (2004), Critical Evaluation of Wicking in Performance Fabrics. Master Thesis, Georgia Institute of Technology, USA.
- Sular V., Öner E., Okur A. (2013). Roughness and Frictional Properties of Cotton and Polyester Woven Fabrics. Indian Journal of Fibre & Textile Research 38: 349-356.
- Vorburger T.V. (2010). Methods For Characterizing Surface Topography. Tutorial in Optics, OSA Annual Meeting, Rochester NY, Optical Society of America.
- Tandon S, Matsudaira M (2010). Improved Discrimination and Prediction of Drapability of Fabrics. Research Journal of Textile & Apparel, 14: 62-76.
- Xin B (2009). Characterization Of Fabric Appearance Based On Image Analsis. (Doktora Tezi), The Hong Kong Polytechnic University Institute Of Textiles and Clothing, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong.
- Wilson, D. (1963). A study of fabric–on–fabric dynamic friction. Journal of Textile Institute, 55(2): 163-164.
- Yoon, H. N. ve Buckley, A. (1984). Improved Comfort Polyester Part I: Transport Properties and Thermal Comfort of Polyester/Cotton Blend Fabrics. Textile Research Journal, 54(5): 289-298.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Karabük'te dünyaya gelen Şener ÖZTÜRK, orta öğrenimini Zonguldak Atatürk Anadolu Lisesi'nde, lise öğrenimini ise Zonguldak Fen Lisesi'nde tamamladıktan sonra öğrenimine Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde devam etmiştir. 2003 yılında üniversite öğrenimini tamamladıktan sonra 1,5 yıl Özen Mensucat A.Ş.'de Ar-Ge Mühendisi olarak görev yapmıştır. 2005 yılında ise, halen mensubu olduğu Milli Savunma Bakanlığındaki çalışma hayatına başlamıştır. Evli ve bir erkek çocuk babası olan Şener ÖZTÜRK, iyi derecede İngilizce bilmektedir.