DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİM KUMAŞLARIN DOKUNSAL KONFORUNUN ANALİZİ VE GELİŞTİRİLMESİ

Nazlı ÜREN

Ekim, 2018
İZMİR

DENİM KUMAŞLARIN DOKUNSAL KONFORUNUN ANALİZİ VE GELİŞTİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Nazlı ÜREN

Ekim, 2018

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

NAZLI ÜREN, tarafından **PROF. DR. AYŞE OKUR** yönetiminde hazırlanan **"DENİM KUMAŞLARIN DOKUNSAL KONFORUNUN ANALİZİ VE GELİŞTİRİLMESİ"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

.....

Prof. Dr. Ayşe OKUR

Yönetici

.....

Prof. Dr. Merih SARIIŞIK

Tez İzleme Komitesi Üyesi

.....

Prof. Dr. Meltem Evren TOYGAR

Tez İzleme Komitesi Üyesi

.....

Prof. Dr. Ahu Demirbaş Güz

Jüri Üyesi

.....

Prof. Dr. Sıtkı Bolamur

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ayşe OKUR başta olmak üzere, değerli görüşleriyle tezime katkıda bulunan tez izleme komitesi üyelerim Sayın Prof. Dr. Merih SARIIŞIK ve Sayın Prof. Dr. Meltem Evren TOYGAR'a destek ve katkıları için teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında tasarlanan dokunsal konforu geliştirilmiş denim kumaşların üretimini gerçekleştiren ve ticari denim kumaşları temin eden Orta Anadolu firmasına ve Sayın Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY'a teşekkür ederim. Denim kumaşlara uygulanan yıkama işlemlerinin gerçekleştirildiği FG Group Tekstil Konfeksiyon San. Tic. A.Ş.'ne, Ar-Ge bölümü çalışanlarına ve süreçle yakından ilgilenen Sayın Caner TAŞOĞLU'na teşekkür ederim. Kayma çerçevesi test aparatının tasarım aşamasında değerli görüşleri ile katkıda bulunan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat AKDAĞ'a, imalat aşamasındaki titiz çalışmasından dolayı Erfe Makina'ya ve Sayın Behzat ERTUGAY'a teşekkür ederim.

Duyusal testlerde yer alan Dokuz Eylül Üniversitesi öğrenci ve öğretim üyelerine, Ege Üniversitesi öğrenci ve öğretim üyelerine, FG Group çalışanlarına, yakınlarım ve arkadaşlarıma gönüllü katılımlarından dolayı teşekkür ederim. Tez çalışması sırasında verdikleri destek ve yardımlarından dolayı sevgili arkadaşlarım Dr. Öğr. Üyesi Eren ÖNER, Öğr. Gör. Dr. Özge ORAL ve Araş. Gör. Elif ŞAMLI'ya teşekkür ederim. Sonsuz güven ve inancını benden esirgemeyen sevgili aileme; annem Gül ÜREN, babam Prof. Dr. Ali ÜREN ve kardeşim Murat ÜREN'e, hayatımdaki varlıkları ve destekleri için teşekkür ederim.

Bu doktora çalışması, Yükseköğretim Kurulu Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı kapsamında Dokuz Eylül Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiş ve TÜBİTAK Doğrudan Doktora Burs Programı ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı ilgili kurumlara teşekkürlerimi sunarım.

Nazlı ÜREN

DENİM KUMAŞLARIN DOKUNSAL KONFORUNUN ANALİZİ VE GELİŞTİRİLMESİ

ÖZ

Bu tez kapsamında, Türkiye'nin tekstil ihracatında büyük bir paya sahip olan denim kumaşların dokunsal konforu nesnel ve duyusal testler ile analiz edilmiş, dokunsal konforun geliştirilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın amacı, denim kumaşların dokunsal konforunun geliştirilmesine yönelik önerilerde bulunulması ve önerilen işlemlerin etkinliğinin, nesnel ve duyusal testler ile değerlendirilmesidir. Bu amaçla pazarda mevcut çeşitli denim kumaşlar temin edilmiş ve seçilen kumaş tiplerine iki farklı yıkama işlemi uygulanmıştır. Çalışmada, dokunsal konforu geliştirilmiş sistematik denim kumaşlar üretilmiş; hammadde, örgü raporu, sıklık ve yıkama işlemlerinin etkisi değerlendirilmiştir. Kumaşların; kalınlık, sıkıştırılabilme oranı, uzama yeteneği, eğilme direnci, kayma direnci, sürtünme katsayıları ve yüzey profili değerleri ölçülmüştür. Kayma direnci testleri için yeni bir kayma çerçevesi test aparatı tasarlanmış ve kullanılmıştır. Duyusal değerlendirmeler ile kumaşların; sertlik-yumuşaklık puanı, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı, sıcak-soğuk hissi puanı ve tutum skoru belirlenmiştir.

Duyusal test bulgularının; eğilme direnci, kayma direnci ve halkadan çekme testi sonuçları başta olmak üzere; nesnel test sonuçları ile yüksek korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek dokunsal konfor skorları; viskon, viskon-ipek veya viskon-yün karışımı atkı ipliğine sahip ve taş yıkama işlemine tabi tutulmuş sistematik denim kumaşlar için elde edilmiştir. Ticari denim kumaşlar içerisinde ise, taş yıkama işlemine tabi tutulmuş kumaş tipi başta olmak üzere, pamuk-poliester karışımı özlü iplik içeren kumaşların yüksek tutum skoruna sahip olduğu görülmüştür.

Bulgular bir arada değerlendirildiğinde, taş yıkama işleminin dokunsal konforun iyileştirilmesinde en etkili yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Enzim yıkama işlemi, dokuma parametrelerinin değiştirilmesi ve poliester-viskon karışımı atkı ipliklerinde

viskon oranının arttırılması da, dokunsal konforda belirgin bir iyileşme sağlamıştır. Bununla birlikte, viskon ile karışım halinde kullanılan hayvansal liflerin etkisi nispeten düşük bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Denim, dokunsal konfor, kumaş tutumu, duyusal değerlendirme, kayma çerçevesi

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF TACTILE COMFORT OF DENIM FABRICS

ABSTRACT

In this study, tactile comfort of denim fabrics, which have a high share in textile and clothing exports of Turkey, was investigated via objective and sensory evaluations, and studies were carried out to improve tactile comfort.

The aim of the study is to propose suggestions regarding tactile comfort enhancement and to investigate the efficiency of suggested procedures with objective and sensory tests. For this purpose, various commercially available denim fabrics were supplied and two different washing processes were carried out with the selected fabric types. In the study, systematic denim fabrics with improved tactile properties were produced and effects of raw material, weave pattern, yarn setting and washing processes were evaluated. Thickness, compression ability, extension ability, bending rigidity, shear rigidity, friction coefficients and surface profile properties of fabrics were experimentally determined. For shear rigidity measurements, a new shear frame apparatus was designed and used. Stiffness-softness, roughness-smoothness, warm-cool feeling and tactile scores of fabrics were determined by sensory tests.

Sensory test results were found to be highly correlated with objective measurements, especially for bending rigidity, shear rigidity and fabric pull out test results. The highest tactile comfort scores were obtained for systematic denim fabrics which were subjected to stone washing process and have weft yarns with viscose, viscose-silk or viscose-wool blends. The commercial denim fabrics with polyester-cotton core yarns, especially the stone washed type, were found out to have high tactile comfort scores.

All in all, stone washing was found out to be the most effective method that improves tactile comfort. It was also observed that enzyme washing, change in weaving parameters and increase of viscose content in polyester-viscose blend weft

yarns provide a significant improvement in tactile comfort. None the less, the effect of protein fibers used in viscose blends, was found out to be relatively small.

Keywords: Denim fabrics, tactile comfort, fabric hand, sensory evaluation, shear frame

İÇİNDEKİLER

Sayfa

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT vi
ŞEKİLLER LİSTESİ xv
TABLOLAR LİSTESİ xx

BÖLÜM BİR – GİRİŞ 1

1.1 Denim Kumaş Üretimi ve Genel Özellikleri 3
1.1.1 Denime Özel İşlemler 4
1.1.1.1 Yıkama ve Eskitme İşlemleri 5
1.1.1.1.1 Rinse Yıkama. 5
1.1.1.1.2 Enzim Yıkama ve Taş Yıkama. 5
1.1.1.1.3 Ağartma Efekti. 7
1.1.1.1.4 Diğer İşlemler. 8
1.1.2 Denim Kumaş Özelliklerine İlişkin Önceki Çalışmalar 9
1.1.2.1 Hammadde ve İplik Tipinin Etkisi 9
1.1.2.2 Bitim İşlemlerinin Etkisi 11
1.2 Dokunsal Konfor ve Tutum 14
1.2.1 Dokunma Duyusu ve Deri 15
1.2.1.1 Temas ve Kuvvet Algısı 17
1.2.1.2 Isı Algısı 17
1.2.1.3 Kaşınma ve Acı Hissi 18
1.2.1.4 Yüzey Yapısının Algılanması 19
1.2.2 Kumaş Tutumunun Subjektif Olarak Değerlendirilmesi 19
1.2.2.1 Panelist Seçimi 20
1.2.2.2 Skala Seçimi 20

1.2.2.3 Kavramların İfade Edilmesi 21
1.2.3 Kumaş Tutumunun Objektif Testlerle Belirlenmesi 21
1.2.4 Dokunsal Konfora İlişkin Önceki Çalışmalar 25
1.2.4.1 Sıcak-Soğuk Hissi 25
1.2.4.2 Batma Hissi 27
1.2.4.3 Tutum ve Mekanik Özellikler Arasındaki İlişkiler 33
1.2.4.4 Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi 39
1.2.4.5 Halkadan Çekme Testi 44
1.3 Kumaşların Düzlem İçi Kayma Davranışı 47
1.3.1 Kayma Deformasyonunun Tanımı 47
1.3.1.1 Kumaşlarda Kayma Deformasyonu 50
1.3.1.1.1 Basit Kayma. 50
1.3.1.1.2 Kayma kuvveti (F_k). 51
1.3.1.1.3 Kayma gerilmesi (τ_{xy}). 51
1.3.1.1.4 Kayma deformasyonu (ε_{xy}). 51
1.3.1.1.5 Kayma açısı (γ). 51
1.3.1.1.6 Yer değiştirme (d). 52
1.3.1.1.7 Kayma direnci (G). 52
1.3.1.1.8 Kritik kayma açısı (γ_c). 52
1.3.2 Kayma Deformasyonu Test Yöntemleri 53
1.3.2.1 Basit Kayma 54
1.3.2.2 Treloar'ın Basit Kayma Test Aparatı 55
1.3.2.3 KES-FB1-A Kayma Gerilmesi Test Cihazı 56
1.3.2.4 Çapraz Yönlü Uzama Testi 58
1.3.2.5 FAST Sistemi ile Çapraz Yönlü Uzama Testi 60
1.3.2.6 Alternatif Çapraz Yönlü Uzama Testleri 60
1.3.2.7 İplik Çekme Yöntemi 62
1.3.2.8 Kayma Çerçevesi Yöntemi 64
1.3.2.9 Kayma Davranışının Modellenmesine İlişkin Çalışmalar 70
1.3.3 Kayma Deformasyonu Test Yöntemlerinin Değerlendirilmesi 72

BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE METOD 74

2.1 Denim Kumaşlar 74
2.1.1 Durum Analizi Numune Grubundaki Denim Kumaşlar 75
2.1.1.1 Dokunsal Konforun Geliştirilmesi 77
2.1.1.1.1 Dispergatörün Özellikleri. 79
2.1.1.1.2 Selülaz Enziminin Özellikleri. 79
2.1.1.1.3 Islatıcının Özellikleri. 80
2.1.1.1.4 Kırık Önleyicinin Özellikleri. 80
2.1.1.1.5 Mikro Silikonun Özellikleri. 80
2.1.2 Sistematik Denim Kumaşlar 80
2.1.2.1 Hammadde 81
2.1.2.2 Yapısal İplik Parametreleri 82
2.1.2.3 Yapısal Kumaş Parametreleri 83
2.1.2.4 Boyama 85
2.1.2.5 Yıkama İşlemleri 85
2.2 Kayma Deformasyonu Test Aparatının Tasarlanması 87
2.2.1 Tasarım 88
2.2.1.1 Ana Gövde 88
2.2.1.2 Kavrama Mekanizması 89
2.2.1.3 Açı Sabitleme Mekanizması 90
2.2.1.4 Çerçeve ve Numune Boyutları 90
2.2.1.5 Mafsal Mekanizması 91
2.2.1.6 Bağlantı Parçaları 92
2.2.2 Sınama Testleri 92
2.2.2.1 Ön Gerilme ve Kayma Açısının Analizi 92
2.2.2.2 Kalibrasyon 94
2.2.2.3 Validasyon 95
2.2.2.4 Test Hızı 96
2.2.2.5 Dinlendirme İşleminin Etkinliğinin Sınanması 97
2.2.2.6 Genel Uygulanabilirlik 98

2.3 Fiziksel Tekstil Testleri 98
2.3.1 İplik Özellikleri 99
2.3.2 Kumaş Yapısal Özellikleri 100
2.3.3 Sıkıştırılabilme Oranı 100
2.3.4 Düşük Yük Altında Uzama Yeteneği 101
2.3.5 Eğilme Direnci 101
2.3.6 Kayma Direnci 102
2.3.6.1 Çapraz Yönlü Uzama Testi 102
2.3.6.2 Kayma Çerçevesi Testi 103
2.3.7 Halkadan Çekme Testi 105
2.3.8 Sürtünme Katsayısı 107
2.3.9 Yüzey Profili 109
2.3.9.1 Yüzey profili parametreleri 111
2.3.9.1.1 Ra (Ortalama Mutlak Sapma). 111
2.3.9.1.2 Rq (Standart Sapma). 111
2.3.9.1.3 Rp (Tepe Yüksekliği). 112
2.3.9.1.4 RΔq (Profil Eğimi). 113
2.3.9.1.5 Rmrd (Materyal Oranı). 113
2.3.10 Kumaş Kopma Mukavemeti ve Uzaması 114
2.4 Duyusal Testler 115
2.4.1 Tüketici Tutum Değerlendirmesi 115
2.4.1.1 Değerlendirme Skalası 115
2.4.1.2 Değerlendirme Süreci 116
2.4.2 Uzman Jüri Değerlendirmesi 117
2.4.2.1 Sertlik-Yumuşaklık Değerlendirmesi Prosedürü 118
2.4.2.2 Pürüzlü Yüzey-Düzgün Yüzey Değerlendirmesi Prosedürü 119
2.4.2.3 Değerlendirme Skalası 120
2.4.2.4 Numunelerin Hazırlanması 121
2.4.2.5 Referans Kumaşların Belirlenmesi 121
2.4.2.6 Değerlendirme Süreci 122
2.4.3 Önkol Testi ile Sıcak-Soğuk Hissinin Değerlendirilmesi 123

2.4.3.1 Sıcak-Soğuk Hissi Değerlendirmesi Prosedürü 123
2.4.3.2 Değerlendirme Skalası 124
2.4.3.3 Değerlendirme Süreci 125
2.5 İstatistiksel Analiz 126

BÖLÜM ÜÇ – SONUÇ 128

3.1 Yapısal ve Mekanik Özelliklere İlişkin Bulgular 128
3.1.1 İplik Özellikleri 128
3.1.1.1 İpliklerin Kopma Yükü ve Kopma Uzaması Değerleri 128
3.1.1.2 İpliklerin Tüylülük Değerleri 129
3.1.2 Kumaş Kalınlığı ve Sıkıştırılabilme Oranı 130
3.1.2.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları 130
3.1.2.2 Sistematik Denim Kumaşlar 134
3.1.2.3 Kumaş Kalınlığı ve Sıkıştırılabilme Oranına İlişkin Korelasyonlar 137
3.1.3 Düşük Yük Altında Uzayabilme Yeteneği 139
3.1.3.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları 139
3.1.3.2 Sistematik Denim Kumaşlar 142
3.1.3.3 Düşük Yük Altında Uzayabilme Yeteneğine İlişkin Korelasyonlar 146
3.1.4 Eğilme Direnci 148
3.1.4.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları 148
3.1.4.2 Sistematik Denim Kumaşlar 152
3.1.4.3 Eğilme Direncine İlişkin Korelasyonlar 156
3.1.5 Kayma Direnci - Çapraz Yönlü Uzama Yöntemi 157
3.1.5.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları 157
3.1.5.2 Sistematik Denim Kumaşlar 160
3.1.6 Kayma Direnci - Kayma Çerçevesi Yöntemi 164
3.1.6.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları 164
3.1.6.2 Sistematik Denim Kumaşlar 168
3.1.6.3 Kayma Direncine İlişkin Korelasyonlar 173
3.1.7 Halkadan Çekme Testi Sonuçları 174
3.1.7.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları 174

3.1.7.2 Sistematik Denim Kumaşlar 179
3.1.7.3 Halkadan Çekme Testi Sonuçlarına İlişkin Korelasyonlar 185
3.1.8 Kumaş Kopma Yükü ve Kopma Uzaması 186
3.1.8.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları..... 187
3.1.8.2 Sistematik Denim Kumaşlar 192
3.2 Yüzey Özelliklerine İlişkin Bulgular..... 198
3.2.1 Sürtünme Katsayısı..... 198
3.2.1.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları..... 198
3.2.1.2 Sistematik Denim Kumaşlar 201
3.2.1.3 Sürtünme Katsayılarına İlişkin Korelasyonlar 204
3.2.2 Yüzey Pürüzlülüğü 205
3.2.2.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları..... 206
3.2.2.2 Sistematik Denim Kumaşlar 209
3.2.2.3 Yüzey Pürüzlülüğüne İlişkin Korelasyonlar..... 211
3.2.3 Yüzey Profili Tepe Yüksekliği 213
3.2.3.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları..... 213
3.2.3.2 Sistematik Denim Kumaşlar 215
3.2.3.3 Yüzey Profili Tepe Yüksekliğine İlişkin Korelasyonlar..... 217
3.2.4 Yüzey Profili Eğimi 218
3.2.4.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları..... 218
3.2.4.2 Sistematik Denim Kumaşlar 220
3.2.4.3 Yüzey Profili Eğimine İlişkin Korelasyonlar..... 222
3.2.5 Yüzey Profili Materyal Oranı 223
3.2.5.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları..... 223
3.2.5.2 Sistematik Denim Kumaşlar 226
3.2.5.3 Yüzey Profili Materyal Oranına İlişkin Korelasyonlar 228
3.3 Duyusal Değerlendirme Bulguları 229
3.3.1 Tüketici Tutum Değerlendirmesi Sonuçları..... 229
3.3.1.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları..... 229
3.3.1.2 Sistematik Denim Kumaşlar 237
3.3.1.3 Tutum Skoruna İlişkin Korelasyonlar 240

3.3.2 Uzman Jüri Değerlendirmesi Sonuçları 243
3.3.2.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları..... 243
3.3.2.2 Sistematik Denim Kumaşları..... 252
3.3.2.3 Uzman Jüri Değerlendirmesine İlişkin Korelasyonlar 258
3.3.3 Önkol Testi Sonuçları..... 263
3.3.3.1 Önkol Testi Sonuçlarına İlişkin Korelasyonlar 269
3.4 Bulgular Arasındaki İlişkinin Faktör Analizi ile Değerlendirilmesi 271
3.4.1 Faktör Analizi - Tutum ile İlişkili Skor ve Puanlar 271
3.4.2 Faktör Analizi - Sıcak-Soğuk Hissi ile İlişkili Puan ve Veriler..... 274
3.5 Sonuç ve Öneriler..... 275

KAYNAKLAR..... 281

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Farklı eskitme tipleri 5
Şekil 1.2 İnsan derisi ve duyu reseptörleri 16
Şekil 1.3 Tutum ölçüm teknikleri 23
Şekil 1.4 Sıcak-soğuk hissi ölçüm ekipmanı 27
Şekil 1.5 Liflerin eğilme davranışı 28
Şekil 1.6 Liflerin eğilme davranışını ölçen taşınabilir sensör 28
Şekil 1.7 Liflerin eğilme davranışını ölçen cihaz prototipi 29
Şekil 1.8 Yün Konfor Ölçeri 30
Şekil 1.9 Subjektif değerlendirme skalası 34
Şekil 1.10 İplik yüzey analizi 35
Şekil 1.11 İpliğin sıkıştırılabilme yeteneğinin ölçümü 36
Şekil 1.12 RMS grafiği 37
Şekil 1.13 Yüzey düzgünlüğü-pürüzlülüğünü etkileyen mekanik özellikler 40
Şekil 1.14 Kızak çekme yöntemi ile deri-kumaş sürtünmesinin ölçülmesi 41
Şekil 1.15 Tekstil sürtünme ölçeri 42
Şekil 1.16 CHES-FY test aparatı 43
Şekil 1.17 CHES-FY test aparatı ölçüm aşamaları 44
Şekil 1.18 Halkadan çekme grafiğindeki karakteristik noktalar 45
Şekil 1.19 El Mogahzy-Kilinc Tutum Ölçeri 46
Şekil 1.20 Gerilme zoru altında bulunan bir çubuk 48
Şekil 1.21 Kesme zoru altında bulunan bir çubuğun şekil değişimi 49
Şekil 1.22 Kayma deformasyonu öncesi ve sonrası ipliklerin konumu 50
Şekil 1.23 Kesme zoru altında bir çubuğun kesiti 51
Şekil 1.24 Kayma kinematiği 53
Şekil 1.25 Treloar'ın kayma gerilmesi test aparatı 55
Şekil 1.26 KES-FB1-A kayma gerilmesi test cihazı 57
Şekil 1.27 KES-F kayma gerilmesi testi numune geometrisi 57

Şekil 1.28 Çapraz yönlü uzama testinde numune yerleşimi 58
Şekil 1.29 Çapraz yönlü uzama testi numune geometrisi 59
Şekil 1.30 FAST-3 modülü 61
Şekil 1.31 Alternatif çapraz yönlü uzama testleri..... 62
Şekil 1.32 İplik çekme yöntemi test aparatı 63
Şekil 1.33 İplik çekme yöntemi numune geometrisi..... 63
Şekil 1.34 Kayma çerçevesi yönteminde numune geometrisi..... 65
Şekil 1.35 Zheng ve ark. tarafından tasarlanan kayma çerçevesi..... 67
Şekil 1.36 Cavallaro ve ark. tarafından tasarlanan kayma çerçevesi 68
Şekil 1.37 Abed ve ark. tarafından tasarlanan kayma çerçevesi 69
Şekil 1.38 Cao ve ark. tarafından karşılaştırılan kayma çerçeveleri..... 70
Şekil 1.39 Launay ve ark. tarafından karşılaştırılan kayma çerçeveleri 71
Şekil 2.1 Kayma çerçevesi test aparatının ana gövdesi..... 89
Şekil 2.2 Kayma çerçevesi test aparatının kumaş sabitleme mekanizması 89
Şekil 2.3 Kayma çerçevesi test aparatının açı sabitleme mekanizması 90
Şekil 2.4 Kayma çerçevesi test aparatı boyutları..... 91
Şekil 2.5 Kayma çerçevesi test aparatının mafsal mekanizması..... 91
Şekil 2.6 Kayma çerçevesi test aparatının bağlantı parçaları 92
Şekil 2.7 Kayma çerçevesindeki ön germenin ve açı değişiminin analizi..... 93
Şekil 2.8 Kritik kayma açısı..... 94
Şekil 2.9 Kayma çerçevesinin kalibrasyon grafiği..... 95
Şekil 2.10 Kayma çerçevesinin validasyon testi sonuçları 96
Şekil 2.11 Farklı baskı miktarlarında kumaş kalınlığının ölçümü 101
Şekil 2.12 Kumaş numunesinin kayma çerçevesine yerleştirilmesi 104
Şekil 2.13 Kayma çerçevesinin çekme cihazına yerleştirilmesi 104
Şekil 2.14 Halkadan çekme testi..... 105
Şekil 2.15 Halkadan çekme grafiğindeki karakteristik noktalar 106
Şekil 2.16 Kızak çekme yöntemi ile kumaş-deri sürtünmesinin ölçülmesi..... 107
Şekil 2.17 Kumaş-deri sürtünmesi yük-yer değiştirme grafiği..... 109
Şekil 2.18 Mitutoyo SJ-301 yüzey pürüzlülük ölçeri..... 110
Şekil 2.19 Yüzey profilinin mutlak profile dönüştürülmesi..... 111

Şekil 2.20 Aynı Ra değerine sahip iki farklı yüzey profili örneği 112
Şekil 2.21 Yüzey profilinde saptanan tepe noktaları 112
Şekil 2.22 Abbott eğrisi ve materyal oranı 113
Şekil 2.23 Belli bir kesit seviyesinin profilde kat ettiği uzunluklar 114
Şekil 2.24 Tutum skoru skalası 116
Şekil 2.25 Sertlik-yumuşaklık değerlendirmesi 118
Şekil 2.26 Pürüzlü yüzey-düzgün yüzey değerlendirmesi 119
Şekil 2.27 Sertlik-yumuşaklık ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey skalası 120
Şekil 2.28 Sıcak-soğuk hissinin değerlendirilmesi 124
Şekil 2.29 Sıcak-soğuk hissi skalası 125
Şekil 3.1 D serisindeki kumaşların kalınlık değerleri 131
Şekil 3.2 D, E ve T serisindeki kumaşların kalınlık değerleri 132
Şekil 3.3 D, E ve T serisindeki kumaşların sıkıştırılabilme oranları 133
Şekil 3.4 A, B ve C serisindeki kumaşların kalınlık değerleri 136
Şekil 3.5 A, B ve C serisindeki kumaşların sıkıştırılabilme oranları 137
Şekil 3.6 D serisindeki kumaşların uzama yeteneği 141
Şekil 3.7 D, E ve T serisindeki kumaşların uzama yeteneği 141
Şekil 3.8 A, B ve C serisindeki kumaşların uzama yeteneği 144
Şekil 3.9 D serisindeki kumaşların eğilme direnci değerleri 148
Şekil 3.10 D, E ve T serisindeki kumaşların eğilme direnci değerleri 150
Şekil 3.11 A, B ve C serisindeki kumaşların eğilme direnci değerleri 154
Şekil 3.12 D serisindeki kumaşların çapraz yönlü uzama testi sonuçları 158
Şekil 3.13 D, E ve T serisindeki kumaşların çapraz yönlü uzama testi sonuçları 160
Şekil 3.14 A, B ve C serisindeki kumaşların çapraz yönlü uzama testi sonuçları 162
Şekil 3.15 D serisindeki kumaşların kayma çerçevesi testi sonuçları 165
Şekil 3.16 D, E ve T serisindeki kumaşların kayma çerçevesi testi sonuçları 167
Şekil 3.17 A, B ve C serisindeki kumaşların kayma çerçevesi testi sonuçları 169
Şekil 3.18 D serisindeki kumaşların halkadan çekme yük değerleri 175
Şekil 3.19 D, E ve T serisindeki kumaşların halkadan çekme yük değerleri 177
Şekil 3.20 D serisindeki kumaşların halkadan çekme konum değerleri 178
Şekil 3.21 D, E ve T serisindeki kumaşların halkadan çekme konum değerleri 178

Şekil 3.22 A, B ve C serisindeki kumaşların halkadan çekme yük değerleri 181
Şekil 3.23 A, B ve C serisindeki kumaşların halkadan çekme konum değerleri 182
Şekil 3.24 D serisindeki kumaşların kopma yükü değerleri 187
Şekil 3.25 D, E ve T serisindeki kumaşların kopma yükü değerleri..... 189
Şekil 3.26 D serisindeki kumaşların kopma uzaması değerleri 191
Şekil 3.27 D, E ve T serisindeki kumaşların kopma uzaması değerleri 191
Şekil 3.28 A, B ve C serisindeki kumaşların kopma yükü değerleri 194
Şekil 3.29 A, B ve C serisindeki kumaşların kopma uzaması değerleri 196
Şekil 3.30 D serisindeki kumaşların sürtünme katsayıları 199
Şekil 3.31 D, E ve T serisindeki kumaşların sürtünme katsayıları..... 201
Şekil 3.32 A, B ve C serisindeki kumaşların statik sürtünme katsayıları 203
Şekil 3.33 A, B ve C serisindeki kumaşların dinamik sürtünme katsayıları 204
Şekil 3.34 D serisindeki kumaşların Ra değerleri 207
Şekil 3.35 D serisindeki kumaşların Rq değerleri 207
Şekil 3.36 D, E ve T serisindeki kumaşların Ra değerleri..... 209
Şekil 3.37 D, E ve T serisindeki kumaşların Rq değerleri 209
Şekil 3.38 A, B ve C serisindeki kumaşların Ra değerleri 211
Şekil 3.39 A, B ve C serisindeki kumaşların Rq değerleri 212
Şekil 3.40 D serisindeki kumaşların Rp değerleri 214
Şekil 3.41 D, E ve T serisindeki kumaşların Rp değerleri 214
Şekil 3.42 A, B ve C serisindeki kumaşların Rp değerleri 217
Şekil 3.43 D serisindeki kumaşların RΔq değerleri 219
Şekil 3.44 D, E ve T serisindeki kumaşların RΔq değerleri 219
Şekil 3.45 A, B ve C serisindeki kumaşların RΔq değerleri 222
Şekil 3.46 D serisindeki kumaşların Rmrd değerleri 225
Şekil 3.47 D, E ve T serisindeki kumaşların Rmrd değerleri..... 225
Şekil 3.48 A, B ve C serisindeki kumaşların Rmrd değerleri 226
Şekil 3.49 D serisindeki kumaşların tutum skoru..... 230
Şekil 3.50 D, E ve T serisindeki kumaşların tutum skoru 231
Şekil 3.51 A, B ve C serisindeki kumaşların tutum skoru..... 238
Şekil 3.52 Eğilme direnci, yüzey pürüzlülüğü ve tutum skoru arasındaki ilişki 242

Şekil 3.53 Eğilme direnci, yüzey pürüzlülüğü ve kumaş tipi arasındaki ilişki 243
Şekil 3.54 D serisindeki kumaşların sertlik-yumuşaklık puanları..... 245
Şekil 3.55 D, E ve T serisindeki kumaşların sertlik-yumuşaklık puanları 246
Şekil 3.56 D serisindeki kumaşların pürüzlü y.-düzgün y. puanları 249
Şekil 3.57 D, E ve T serisindeki kumaşların pürüzlü y.-düzgün y. puanları 250
Şekil 3.58 A, B ve C serisindeki kumaşların sertlik-yumuşaklık puanları..... 254
Şekil 3.59 A, B ve C serisindeki kumaşların pürüzlü y.-düzgün y. puanları 256
Şekil 3.60 Sertlik-yumuşaklık puanı ve eğilme direnci arasındaki ilişki..... 259
Şekil 3.61 Pürüzlü y.-düzgün y. puanı ve yüzey özellikleri arasındaki ilişki 259
Şekil 3.62 A serisindeki kumaşların sıcak-soğuk hissi puanları..... 265
Şekil 3.63 B serisindeki kumaşların sıcak-soğuk hissi puanları 266
Şekil 3.64 C serisindeki kumaşların sıcak-soğuk hissi puanları 267
Şekil 3.65 A, B ve C serisindeki kumaşların sıcak-soğuk hissi puanları..... 269

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Tez kapsamındaki kumaşlara genel bakış 75
Tablo 2.2 D, E ve T serisindeki kumaşların iplik özellikleri 76
Tablo 2.3 D, E ve T serisindeki kumaşların yapısal özellikleri 77
Tablo 2.4 E ve T serisindeki kumaşlara uygulanan yıkama işlemleri 79
Tablo 2.5 Tekstil liflerinin eğilme direnci değerleri 81
Tablo 2.6 A, B ve C serisindeki kumaşların iplik özellikleri 83
Tablo 2.7 A, B ve C serisindeki kumaşların yapısal özellikleri 84
Tablo 2.8 C serisindeki kumaşlara uygulanan yıkama işlemleri 86
Tablo 2.9 Denim kumaşlara uygulanan testler 98
Tablo 2.10 Tek yönlü uzama testi parametreleri 101
Tablo 2.11 Çapraz yönlü uzama testi parametreleri 103
Tablo 2.12 Kayma çerçevesi testi parametreleri 103
Tablo 2.13 Halkadan çekme testi parametreleri 106
Tablo 2.14 Kızak çekme testi parametreleri 108
Tablo 2.15 Yüzey pürüzlülüğü ölçümü test parametreleri 110
Tablo 2.16 Kopma yükü ve uzaması testi parametreleri 114
Tablo 3.1 İpliklerin kopma yükü ve kopma uzaması değerleri 129
Tablo 3.2 İpliklerin tüylülük değerleri 129
Tablo 3.3 D, E ve T serisindeki kumaşların kalınlık ve sıkıştırılabilme oranı 130
Tablo 3.4 A, B ve C serisindeki kumaşların kalınlık ve sıkıştırılabilme oranı 135
Tablo 3.5 Kalınlık ve sıkıştırılabilme oranına ilişkin korelasyonlar 138
Tablo 3.6 D, E ve T serisindeki kumaşların uzama yeteneği 140
Tablo 3.7 A, B ve C serisindeki kumaşların uzama yeteneği 143
Tablo 3.8 Uzama yeteneğine ilişkin korelasyonlar 147
Tablo 3.9 D, E ve T serisindeki kumaşların eğilme direnci değerleri 149
Tablo 3.10 A, B ve C serisindeki kumaşların eğilme direnci değerleri 153
Tablo 3.11 Eğilme direncine ilişkin korelasyonlar 156
Tablo 3.12 D, E ve T serisindeki kumaşların çapraz yönlü uzama testi sonuçları 159

Tablo 3.13 A, B ve C serisindeki kumaşların çapraz yönlü uzama testi sonuçları 161
Tablo 3.14 D, E ve T serisindeki kumaşların kayma çerçevesi testi sonuçları 166
Tablo 3.15 A, B ve C serisindeki kumaşların kayma çerçevesi testi sonuçları.....168
Tablo 3.16 Kayma direncine ilişkin korelasyonlar.....174
Tablo 3.17 D, E ve T serisindeki kumaşların halkadan çekme testi sonuçları.....176
Tablo 3.18 A, B ve C serisindeki kumaşların halkadan çekme testi sonuçları 180
Tablo 3.19 Halkadan çekme verilerine ilişkin korelasyonlar.....186
Tablo 3.20 D, E ve T serisindeki kumaşların kopma yükü ve uzaması.....188
Tablo 3.21 A, B ve C serisindeki kumaşların kopma yükü ve uzaması 193
Tablo 3.22 D, E ve T serisindeki kumaşların sürtünme katsayıları.....200
Tablo 3.23 A, B ve C serisindeki kumaşların sürtünme katsayıları 202
Tablo 3.24 Sürtünme katsayılarına ilişkin korelasyonlar.....205
Tablo 3.25 D, E ve T serisindeki kumaşların Ra ve Rq değerleri.....208
Tablo 3.26 A, B ve C serisindeki kumaşların Ra ve Rq değerleri 210
Tablo 3.27 Ra ve Rq parametrelerine ilişkin korelasyonlar 213
Tablo 3.28 D, E ve T serisindeki kumaşların Rp değerleri 215
Tablo 3.29 A, B ve C serisindeki kumaşların Rp değerleri 216
Tablo 3.30 Rp parametresine ilişkin korelasyonlar 218
Tablo 3.31 D, E ve T serisindeki kumaşların RΔq değerleri 220
Tablo 3.32 A, B ve C serisindeki kumaşların RΔq değerleri.....221
Tablo 3.33 RΔq parametresine ilişkin korelasyonlar 223
Tablo 3.34 D, E ve T serisindeki kumaşların Rmrd değerleri.....224
Tablo 3.35 A, B ve C serisindeki kumaşların Rmrd değerleri 227
Tablo 3.36 Rmrd parametresine ilişkin korelasyonlar.....228
Tablo 3.37 D, E ve T serisindeki kumaşların tutum skoru 229
Tablo 3.38 A, B ve C serisindeki kumaşların tutum skoru.....237
Tablo 3.39 Tutum skoruna ilişkin korelasyonlar (1/2) 241
Tablo 3.40 Tutum skoruna ilişkin korelasyonlar (2/2) 241
Tablo 3.41 D, E ve T serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi puanları ..244
Tablo 3.42 A, B ve C serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi puanları..253
Tablo 3.43 Uzman jüri değerlendirmesine ilişkin korelasyonlar (1/2) 261

Tablo 3.44 Uzman jüri değerlendirmesine ilişkin korelasyonlar (2/2) 261
Tablo 3.45 Önkol testi sonuçları.....264
Tablo 3.46 Önkol testi sonuçlarına ilişkin korelasyonlar (1/2) 270
Tablo 3.47 Faktör analizi sonuçları (1/2) 272
Tablo 3.48 Faktör analizi sonuçları (2/2) 274

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

Denim kumaş adını, Fransızca bir sözcük olan "serge de Nimes" sözcüğünden almaktadır. 17.yy'da Fransa'nın Nimes kasabasında üretilen bu kumaşın esasen ilk olarak İtalya'nın Cenova şehrinde üretildiği düşünülmektedir. Daha sonraki yıllarda 19.yy'da ABD'de Levi Strauss tarafından ilk denim pantolonlar üretilmiştir. Madenci pantolonu olarak tasarlandıkları günden bu yana denim ürünlerin tasarım, fonksiyon ve kullanım alanlarında önemli değişiklikler olmuş ve başlangıçta dayanıklılık ve kullanışlılık özellikleri ön plana çıkarılarak iş giysisi olarak pazarlanan denim giysiler, sonraki yıllarda özellikle genç tüketicilerin günlük giysi tercihlerinin ilk sıralarına oturmuş, günümüzde ise moda trendlerinin değişmez unsurlarından biri ve dünya çapında yaygın olarak kullanılan bir konfeksiyon ürünü haline gelmiştir.

Türkiye, özellikle 1980'lerin başından itibaren bir tekstil ülkesi olarak nitelendirilmiştir. Ekonomik ve kaliteli ürün arayışı içerisindeki birçok uluslararası hazır giyim kuruluşu Türkiye'yi tercih etmektedir. İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri'nin 2018 tarihli Denim Raporu'na göre, 2016 yılı Dünya denim kumaş ihracatında en büyük paya sahip ülkeler; %38,3 ile Çin, %10,7 ile Pakistan, %9,8 ile Hong Kong ve %8,6 ile Türkiye'dir. 2017 Ocak-Kasım döneminde (değer bazında) Avrupa Birliği'nin en fazla denim kumaş ithal ettiği ülkeler arasında ise Türkiye %30,4'lük pay ile birinci sıradadır (İTKİB, 2018). Uludağ İhracatçı Birlikleri'nin 2017 tarihli Türkiye Denim Sektörü Dış Ticaret Raporu'na göre; Türkiye 2016 yılında dolar bazında %4,6 artış ile 395 milyon dolar denim kumaş ihracatı gerçekleştirmiştir. Türkiye'den denim kumaş ihraç edilen ilk beş ülke sırasıyla Tunus, İtalya, Mısır, Fas ve Bangladeş'tir. Türkiye'nin denim kumaş ihracatı 2017 yılının ilk 10 aylık döneminde 314,2 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir (UİB, 2017).

Günümüzün tüketicileri giysilerin sadece görünümü ile değil, sağladıkları giyim konforu ile de ilgilenmektedir. Son yıllarda yapılan tüketici tercihi araştırmaları, satın alma tercihlerinde giysi konforunun ve ilgili kumaş özelliklerinin payının arttığını

göstermektedir. Ancak denim ürünlerin konfor özelliklerinde hala geliştirilmesi gereken yönler söz konusudur. Araştırmacılar, eskitme ve boyama basamaklarında uygulanan kimyasal ve mekanik işlemlerin denim kumaşlar üzerindeki etkisini incelerken; mukavemet kaybı, boyut değişimi ve esneyebilme yeteneğine odaklanmışlardır. Özellikle gömlek ve elbise yapımında kullanılmakta olan düşük birim alan kütlesine sahip denim kumaşlar için dokunsal konfor oldukça önemlidir ve mevcut literatürde, denim kumaşların dokunsal konforuna ilişkin belirgin bir araştırma açığı göze çarpmaktadır. Bu noktada, pazarda mevcut denim kumaşların incelenmesi, dokunsal konfor ile ilişkili özelliklerinin analiz edilmesi ve bu ön çalışmadan elde edilen bulgulara uygun olarak dokunsal konforu geliştirilmiş denim kumaşların tasarlanması, üretilmesi ve analiz edilmesi yönünde bir ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Tüketicilere daha konforlu giysiler sunabilmek için son yıllarda pek çok araştırmacı tarafından teorik ve uygulamalı çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalar konfor özellikleri geliştirilmiş yeni hammadde ve malzemelerin üretilmesi, giysi konforuna etki eden çevresel ve kişisel değişkenler ile kumaş ve giysi özelliklerinin belirlenmesi ve incelenmesi, giysi konforunun belirlenmesine yönelik duyusal değerlendirme ve objektif ölçüm yöntemlerinin geliştirilmesi konularında yoğunlaşmıştır.

Denim kumaşların dokunsal konforunun analizi ve geliştirilmesi konulu bu doktora tez çalışmasının temel amacı; özellikle gömlek, bluz, elbise ve yazlık pantolon üretiminde kullanılan göreceli olarak düşük ağırlıklı denim kumaşların dokunsal konforunu etkileyen faktörleri ve etki oranlarını ortaya koymak ve elde edilen bulgulara dayalı olarak dokunsal konforu pazarda mevcut ürünlere göre daha iyi olan yeni denim kumaş tipleri için önerilerde bulunmaktır.

Tez kapsamında öncelikle denim kumaşların üretimi ve genel özellikleri ele alınmış, dokunsal konfor kavramı ve ölçüm yöntemleri incelenmiş, konuya ilişkin önceki çalışmalar değerlendirilmiştir. Bu bilgiler giriş bölümünde sunulmuştur.

Çalışma kapsamında ticari denim kumaşlar ve tez çalışması için özel olarak üretilen

sistematik denim kumaşlar ile çeşitli testler gerçekleştirilmiştir. Dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla tez kapsamındaki denim kumaşlara uygulanan işlemler ve bu işlemlerin etkinliğinin incelenebilmesi amacıyla gerçekleştirilen fiziksel ve duyusal testlere ilişkin bilgiler materyal metot bölümünde açıklanmıştır.

Tez kapsamındaki denim kumaşların, konfor ile ilişkili olduğu bilinen bir mekanik özellik olan kayma direncini ölçmeye yönelik olarak bir kayma çerçevesi test aparatı tasarlanmıştır. Kayma çerçevesi aparatının tasarımı ve sonuçlarının güvenilirliğine ilişkin gerçekleştirilen sınama testleri de materyal metot bölümünde verilmiştir.

Çalışmanın sonuç bölümünde, denim kumaşların yapısal, mekanik ve yüzey özelliklerine ilişkin fiziksel ve duyusal test sonuçları sunulmuş, veriler arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiştir. Denim kumaşların dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan işlemlerin etkinliği değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

1.1 Denim Kumaş Üretimi ve Genel Özellikleri

Denim kumaşların hammaddesi genellikle pamuk olmakla beraber kumaşa ek özellikler kazandırmak, dayanımı arttırmak veya giyim konforunu iyileştirmek amacıyla, %100 pamuk iplikler yerine pamuğun farklı hammaddeler ile karıştırıldığı iplik tipleri de üreticiler tarafından tercih edilebilmektedir. Pamukla karışım olarak kullanılan liflerin başında poliester ve elastan gelmektedir. Poliester lifinin kullanımı, düşük maliyet ve yüksek mukavemet gibi beklentileri karşılamaya yöneliktir. Elastan ise %3 oranında kullanıldığında dahi istenen esneme yeteneğini kazandırabilmesi bakımından denim karışımlarında sıkça tercih edilmektedir. Öte yandan %45'e varan elastan oranına sahip denim ürünlere rastlamak da mümkündür. Söz konusu bu üç lifin dışında, farklı liflerle çeşitli karışım oranlarında denim kumaşlar üretilmektedir.

Günümüzde, denim dokumacılığında mekikçikli ve havalı jetli dokuma makineleri geniş yer tutmaktadır. Klasik denimler çift en halinde dokunurlar. Mamul enleri 150-155 cm olduğundan tarak eni 160-170 cm'dir. Bu nedenle 360-390 enindeki makinalarda rahatlıkla çift en olarak dokunabilirler. Atkı ipliği olarak elastan içeren

iplikler kullanıldığında ise tarak enleri 200-220 cm'lere çıktığı için bu dokumalar tek en halinde üretilirler. Örgü raporu 3/1 veya 2/1 dimi olan denim kumaşların ön yüzü, denim giyim ürününün dışarıdan görülen yüzüdür ve bu yüzde çözgü ipliklerinin yaptığı atlamalar görülmektedir. Denim kumaşların arka yüzü, denim giyim ürününün tene temas eden yüzüdür ve bu yüzde atkı ipliklerinin yaptığı atlamalar görülmektedir. Denim kumaşların çözgü iplikleri boyalı, atkı iplikleri boyanmamıştır. Sonuç olarak denim kumaşların ön yüzü renkli, arka yüzü ham pamuk renginde ya da beyazdır. Ağırlıklı olarak dimi örgü raporu ile üretilmesine rağmen, günümüzde bezayağı örgü raporuna sahip denim kumaşlara da rastlamak mümkündür. Ek bir işleme tabi tutulmadığı durumlarda, bezayağı denim kumaşların hem ön hem arka yüzünde atkı ve çözgü iplikleri eşit oranda görünmektedir, dolayısıyla bezayağı denim kumaşların iki yüzü de renklidir. Belirtilen kumaş tipleri dışında, atkı ipliği boyalı denim kumaşlara da nadiren rastlanmaktadır.

Tekstil ürünlerinin boyanması her açıdan geniş kapsamlı ve çok çeşitli işlemlerden oluşmaktadır. Pamuk, viskon, keten gibi selülozik liflerin lif formunda boyanması çok ender yapılmaktadır. Denim kumaşlarda boyama işlemi iplik formunda yapılmaktadır. Selüloz liflerini boyamak için kullanılan boyarmaddeler sırasıyla; reaktif, küp, kükürt, direkt ve naftol (inkişaf) boyarmaddeleridir. Tez kapsamındaki denim kumaşların çözgü ipliği indigo boyalı veya küp (indantren) boyalıdır. İndigo boya, denime karakteristik mavi rengi veren boyadır ve MÖ 7000 yılından beri pamuğun boyanmasında kullanılmaktadır.

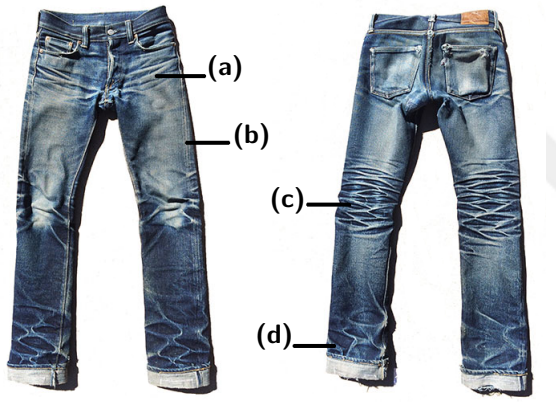
1.1.1 Denime Özel İşlemler

Ham denim, İngilizce "dry denim" ya da "raw denim" olarak adlandırılır. Üretim esnasında, her hangi bir ağartma veya eskitme işlemine tabi tutulmamış denim kumaşı ifade eder. Ham denim, kullanım esnasında kendiliğinden solar. Bu istenen bir durumdur. Giyim esnasında çeşitli kuvvetlere sıkça maruz kalan bölgelerde (kasıklar, bilek, diz) mekanik etki ile zamanla oluşan renk değişimini gözlemlemek mümkündür. Denim ürünler ham denim olarak üretilebileceği gibi, çeşitli yöntemlerle

ağartılarak veya eskitilerek de tüketicinin beğenisine sunulabilir.

1.1.1.1 Yıkama ve Eskitme İşlemleri

İlk olarak 1972 yılında denim kumaştan dikilmiş giysilerin eskitilerek piyasaya sürülmesiyle başlayan yıkama işlemleri, 1978 yılında taş yıkamayla ve 1986 yılında kimyasal yıkamayla devam ederken, günümüzde denim eskitme işlemleri vazgeçilmez hale gelmiştir. Eskitilmiş denimin en cazip özelliği, zamanla renk değişimine uğramış veya aşınmış ham denim ile benzer görünüme sahip olmasıdır. Ağartma ve eskitme modelleri; bıyık şeklinde, petek şeklinde, paçalarda yığılma şeklinde ya da dikiş yerlerinde tren rayı şeklinde olabilmektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Farklı eskitme tipleri (a) bıyık şeklinde, (b) tren rayı şeklinde, (c) petek şeklinde ve (d) paçalarda yığılma şeklinde

1.1.1.1.1 Rinse Yıkama. Klasik bir denim yıkama prosesinde kurutma öncesi yapılan son işlem adımıdır. Yumuşatma ile ürün üzerinde istenen tutum sağlanır. Bunları sağlamak için ise, çeşitli kimyasal maddelerden yararlanılır. Kullanılan yumuşatıcı maddeler, kumaşın belirli bir yumuşaklık ve dökümlülüğe sahip olmasını sağlar. Bu maddeler şişirici ve kayganlık artırıcı etki gösterebilirler.

1.1.1.1.2 Enzim Yıkama ve Taş Yıkama. Enzimler genelde canlı mikroorganizmaların bir ürünü olmakla birlikte, canlı değildirler. Enzimler,

endüstriyel olarak mikroorganizmaların faaliyeti sonucu elde edilen biokatalizörlerdir. Doğal proteinler olduklarından kolaylıkla biyolojik olarak parçalanırlar. Az miktarda kullanılırlar ve çevre dostudurlar.

Enzim yıkama, genel anlamda kumaşa yumuşak tutum ve parlak görünüm kazandırmak amacıyla uygulanan bir kimyasal bitim işlemidir. Enzimler eskiden yalnızca haşıl sökme amacıyla kullanılmakta iken günümüzde bio-parlatma, antiperoksit ve özellikle denim kumaşların eskitilmesi aşamasında yıkama işlemlerinde kullanılmaktadır.

Denim kumaşlara uygulanan eskitme işlemlerine; kum yıkama, taş yıkama, kar yıkama ve çeşitli ağartıcı kimyasal maddeler kullanılarak yıkama işlemlerine son olarak bir de enzim yıkama eklenmiştir. Denim kumaşlara, içe işlemeyen yüzeysel bir boyama yapıldığı için, enzimlerle yıkama sonucu kumaşa fazla zarar vermeden eskimiş havası kazandırılmaktadır. Eskimiş görünümün yanı sıra bu işlem ile denim kumaşlarda daha yumuşak bir tutum da elde edilmektedir.

Denim ürünlerde boya sökme amacıyla (enzim ile taş yıkama ya da sadece enzim ile yıkama prosesinde) kullanılan enzim 'selülaz' enzimidir. Bio-parlatma (enzimatik tüy dökme) işleminde daha çok asidik selülazlar tercih edilirken, denim kumaştan mamül ürünlere uygulanan enzimatik taş yıkama prosesinde veya taş kullanılmaksızın sadece enzim ile gerçekleştirilen yıkamalarda nötral selülaz enzimleri tercih edilmektedir (Toksöz ve Mezarcıöz, 2013).

Asidik selülazlar, 45-55^{o}C'de ve 4,5-5,5 pH aralığında maksimum etki gösterirler. pH 6'ya çıkıldığında ise, renk sökme etkisi %40'ların altına düşmektedir. Denim ürünler üzerinde, kısa bir zamanda etkili bir renk sökümü gerçekleştirirler. Asidik selülazlar ile çalışıldığında geri boyama problemi söz konusudur (Toksöz ve Mezarcıöz, 2013).

Nötral selülazlar, 50-60^{o}C 'de ve 6-8 pH aralığında maksimum etki gösterirler. En büyük etkiyi pH 6'da sağlamakla birlikte, pH 7-7,5 arasında renk sökme etkileri %90'ların üzerindedir. Denim ürünler üzerinde asidik selülaza göre daha uzun sürede

ve daha az etkili bir renk sökümü gerçekleştirirler. Nötral selülaz ile çalışıldığı durumlarda geri boyama problemi yaşanmaz. Asidik selülaza göre tekrarlanabilirliği daha yüksek seviyelerdedir (Toksöz ve Mezarcıöz, 2013).

Ürün üzerinde istenen eskitme efekti taş yıkama ile sağlanabilmektedir. Denim ürünler yıkama esnasında makineye, birbirine ve yıkama kazanına eklenen ponza taşlarına sürtünerek aşınır. Taş kullanılarak yapılan yıkamanın avantajları; kısa yıkama süresi, yumuşak ve dolgun tutum, düşük maliyet, yüksek mekanik etki, indigo boyalı ürünlerde gri nüanslı etki şeklindedir. Taş kullanılarak yapılan yıkamanın dezavantajları ise; taş tozu, makine aşınması, taşların ayıklanmasının zorluğu olarak sıralanabilmektedir. Taş yıkama sonucu elde edilen efektlerden daha derin yıkama efektlerinin istendiği durumlarda, ponza taşının yanı sıra taş enzimi diye adlandırılan nötral enzimler de kullanılır. Sadece taş ile yapılan yıkamalarda görülen tüylenme problemi, taş + enzim yıkamada görülmez (Toksöz ve Mezarcıöz, 2013).

1.1.1.1.3 Ağartma Efekti. Ağartma işlemleri, denim kumaş üzerinde beyaz bölgeler oluşturmak amacıyla yapılan yıkama işlemleridir. Sodyum hipoklorit (NaOCl) ile yapılan ağartma işlemi "hipo ağartması" olarak adlandırılır. Boyar maddeler arasında, hiponun kükürt ile girdiği reaksiyon, indigo ile olana göre daha hızlıdır. Bu sebeple kükürt zemin veya üst boyamalı kumaşlarda, hipo önce kükürt boyar maddeyi uzaklaştırır. Potasyum permanganat ağartmasına kıyasla, hipo ile ağartmada renk tonu daha mavi olur.

Potasyum permanganat ağartması olarak adlandırılan bir diğer ağartma işlemi tipinde, ağartıcı önce indigo ile tepkimeye girdiğinden daha gri bir renk tonu elde edilir. Elde edilen renk, ancak nötralizasyon işleminden sonra görülebilir. Beyaz ağartma olarak adlandırılan ağartma tipinde, klor ile ağartma yapılmaktadır. Bu işlem, normal ağartmanın üç katı etkiye sahiptir. Moon yıkama olarak adlandırılan bir diğer ağartma işleminde ise, denim kumaş üzerinde aşırı miktarda beyaz bölgeler oluşturulmaktadır.

1.1.1.1.4 Diğer İşlemler. Kuru taşlamada, konfeksiyon ürünleri kimyasal madde emdirilmiş taşlarla susuz ortamda işleme tabi tutulur. Kimyasal olarak genellikle permanganat veya hipoklorit kullanılır. Derin nokta efektlerin elde edildiği bir işlem çeşididir. Bu tür işlemler sonrasında elde edilecek renk, tamamen kumaşın boyama aşamasında kullanılan boyarmaddelerin kar yıkamada kullanılan kimyasallara karşı olan haslık değerlerine bağlıdır.

İndigo ile boyanmış denim kumaşın renginin açılması ve kumaşın ağartılması için ozon yöntemi kullanılabilmektedir. Farklı pH, sıcaklık ve nem oranlarında, farklı sürelerle de çalışılarak değişik seviyelerde renk açılması elde etmek mümkündür.

Kum rodeo işleminde, üründe eskimiş efekt istenen bölgeye özel tabancayla basınçlı hava ve kum püskürtülür. Bu şekilde bölgesel aşınma efekti elde edilir. Bir tabanca ile denim giysi üzerine yüksek basınçta kum püskürtülür ve indigo boyalı lifin kumaştan ayrılması sağlanır. Verimi düşük olan ve malzeme sarfiyatının fazla olduğu bu sistem aynı zamanda kalifiye iş gücü gerektirir.

Sprey rodeo işleminde, üründe, eskimiş efekt istenen bölgeye permanganat özel bir tabancayla püskürtülür veya fırça ile sürülür. Böylece elde edilen kullanılmış görünüm daha derin ve kumaş rengi ile daha fazla kontrast oluşturacak şekilde ortaya çıkar.

Zımparalama (scrabing) işleminde ise, kum ile yapılan rodeo işlemi yerine, denim kumaş elde zımparalanır. Rodeo işleminden farklı olarak zımparalanmış yüzeylerde cross efekt tabir edilen atkı yönünde çizgi efektlerini (kumaşa bağlı olarak) almak mümkündür.

Denim kumaşın lazer makinesi üzerinde lazerin değdiği bölgelerden yakılması suretiyle efekt oluşturulabilir. Denim kumaşa açık en halinde lazer işlemi yapılabileceği gibi mamül halinde de yapılabilir.

Denim kumaşların ön yüzünde renk yoğunluğunu arttırmak amacıyla indigo kaplama işlemi uygulanabilmektedir.

1.1.2 Denim Kumaş Özelliklerine İlişkin Önceki Çalışmalar

Denim kumaşlara ilişkin literatür detaylı olarak incelendiğinde, araştırmacıların belli konulara odaklandığı görülmektedir. Denim kumaşların mukavemet, nem iletimi ve renk değişimi gibi özellikleri araştırmacılar tarafından yaygın olarak ele alınırken; konforun, özellikle de dokunsal konforun analizi ve geliştirilmesine yönelik çalışmalara yeterince ağırlık verilmediği göze çarpmaktadır. Hammaddenin, iplik tipinin ve bitim işlemlerinin denim kumaşların çeşitli özellikleri üzerindeki etkisine ilişkin önceki çalışmalar ve bulgular, bu bölümde özetlenmiştir.

1.1.2.1 Hammadde ve İplik Tipinin Etkisi

Kan ve Yuen (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, tekrarlanan yıkama işlemlerinin, farklı oranlarda elastan içeren denim kumaşlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu araştırma sonucunda, tekrarlanan yıkama işlemlerinde 5. yıkama adımına kadar belirgin bir çekme gerçekleştiği saptanmıştır. 5. yıkamadan sonra denim kumaşın boyutları stabil hale gelmiştir. Daha sonraki yıkama işlemlerinin ardından ölçülen kumaş boyutları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Yıkama ile kumaşların hava geçirgenliğinin düştüğü, birim alan kütlesi, kumaş kalınlığı ve yük altında esneyebilme yeteneğinin arttığı belirtilmiştir. Kumaştaki elastan oranının yıkama performansını etkilediği bildirilmiştir. Elastan oranı yüksek denimlerde yıkama sonrası çekme, hava geçirgenliği, kütle ve kalınlık değişiminin daha fazla olduğu görülmüştür.

Mangat ve ark. (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı atkı hammaddeleri ve yıkama işlemlerinin denim kumaşın nem iletim özelliklerine etkisi incelenmiştir. Üretilen kumaşlarda beş farklı atkı ipliği kullanılmıştır; pamuk, poliester, polipropilen (kesikli lif), polipropilen (hava ile tekstüre edilmiş), polipropilen (yığma kutusu ile kıvrım verilmiş). Çözgü iplikleri her kumaş için aynı ve %100 pamuk olarak seçilmiştir. Kumaşlara 10 farklı yıkama işlemi uygulanmıştır. Kumaşlar çözgü karakterlidir. Kumaşın dış yüzü olarak belirlenen taraf, %100 pamuk

çözgü ipliklerinin baskın olduğu taraftır. Kumaşın iç yüzü olarak tercih edilen (ve kullanıcının tenine temas edeceği varsayılan) yüzü ise, polipropilen ve poliester gibi hidrofob atkı ipliklerinin baskın olduğu taraftır. Islanma yarıçapı göz önünde bulundurulduğunda, farklı tipte atkı ipliklerinin baskın olduğu yüzdeki ıslanma çapları arasında anlamlı bir fark gözlemlenmiştir. Suyun yüzeyde yayılma hızı incelendiğinde, üst yüzünde hidrofob atkı iplikleri olan kumaşların alt yüzündeki su yayılma hızının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durumda, hidrofob yüzey ile hidrofil yüzeyi bir arada kullanarak denim kumaşa istenen nefes alabilme özelliğinin kazandırılabileceği belirtilmiştir.

Zaghouani ve ark. (2007) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada farklı ipliklerle dokunmuş denim kumaşların mekanik özellikleri incelenmiştir. Atkıda; farklı numaralarda (Nm12, Nm10 ve Nm8), iki farklı eğirme sistemi ile oluşturulmuş (ring ve rotor), farklı seçimlerle katlanmış (ring-ring, rotor-rotor, ring-rotor) toplam 9 farklı katlı iplik kullanılmıştır. Çözgüde ise tek tip, Nm17 ring ipliği kullanılmıştır. Mekanik özellikleri incelendiğinde en iyi sonuçlara sahip denim kumaşın ring iplikleri ile elde edilen olduğu saptanmıştır. Hibrit (ring-rotor) iplikler, rotor ipliklerle kıyaslandığında, denim kumaşa daha iyi bir uzama özelliği vermiştir. Aşınma direnci en yüksek olan kumaşlar hibrit iplik ile oluşturulan kumaşlardır. Ring ve hibrit iplikler ile elde edilen denim kumaşların yırtılma ve kopma mukavemeti değerleri oldukça yakın bulunmuştur.

Pramanik ve Patil (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, ring ve hava jetli eğirme sistemleri ile üretilmiş farklı tipteki pamuk-poliamid özlü iplikler ile oluşturulan kumaşların düşük yüklerdeki mekanik davranışları incelenmiştir. Çalışma kapsamında özlü iplik ile elde edilen tüm kumaşların, %100 pamuk ipliği ile elde edilen kumaşlara yakın bir tutumda olduğu belirtilmiştir. Hava jetli iplik ile oluşturulan kumaşların rijitliği daha yüksek bulunmuştur ve özdeki poliamid oranı arttıkça eğilme rijitliğinin azaldığı belirtilmiştir. %100 pamuk ring ipliği ile oluşturulan kumaşların rijitliği en yüksek bulunmuştur. Özdeki poliamid oranı arttıkça kumaş tutumunun da iyileştiği saptanmıştır.

Kakad ve ark. (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ring ve kompakt iplik eğirme sistemleri kullanılarak elde edilen denim ipliklerinin yapı-özellik ilişkisi incelenmiştir. Farklı firmaların kompakt iplik aparatları (RoCoS mekanik manyetik kompakt, Olefil pnömatik kompakt) kullanılarak, iki farklı incelikte (Nm14 ve Nm20) elde edilen ipliklerin özellikleri karşılaştırılmıştır. Lif göçünün ring iplikte, kompakt ipliklerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Olefil kompakt ipliğin çapı en düşüktür. Çekme dayanımı ve uzama özellikleri en yüksek olan Nm14 ve Nm20 RoCoS kompakt iplikleridir. İplik düzgünsüzlüğünün RoCoS kompakt ipliğinde en az olduğu saptanmıştır.

Hua ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, denim kumaş görünümünü iyileştirmek üzere düşük bükümlü tek katlı ring ipliklerin atkı ipliği olarak kullanımı ele alınmıştır. Modifiye edilmiş bir ring iplik makinesinde, %100 pamuk, düşük bükümlü Nm12 ve Nm17 inceliğinde farklı büküm katsayılarına sahip iplikler üretilmiştir. Sonuçlar, düşük büküm katsayılı ring iplikleri ile elde edilen denim kumaşların, eğilme rijitliğinin daha düşük, kayma direncinin daha az olduğunu göstermiştir.

1.1.2.2 Bitim İşlemlerinin Etkisi

Tarhan ve Sarıışık (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı tip eskitme ve ağartma işlemlerinin denim kumaşların mekanik özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Lazer ile soldurma 4 farklı seviyede, kum püskürtme uygulaması 3 farklı basınçta gerçekleştirilmiştir. Kumaşlara ayrıca, durulama, taşlama, enzim yıkama ve ağartma işlemlerinin çeşitli kombinasyonlarını içeren 5 farklı yıkama işlemi uygulanmıştır. Araştırma sonucunda eskitme ve ağartma işlemlerinin kütle kaybı ve mukavemet kaybına sebep olduğu saptanmıştır. İşlem yoğunluğu ve yıkama basamaklarının arttırılması ile mukavemet kaybının ve kütle kaybının arttığı belirtilmiştir. İşlemler esnasında gerçekleşen mukavemet kaybının en aza indirilmesi için, mekanik eskitme yöntemlerinin en az derecede uygulanması uygun görülmüştür. İstenen daha ileri ağartma ve eskitilmiş görünüm eldesinin kimyasal bitim işlemleri

ile sağlanması ve peroksit ağartması yerine alternatif ağartma yöntemlerinin (eko-ağartma, laktaz, organik peroksit vb) tercih edilmesi önerilmiştir.

Radetic ve ark. (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada düşük basınçlı bir radyo frekansı güç kaynaklı (RF) plazma ve atmosfer basınçlı endüstri tipi korona bir arada kullanılarak denim kumaş eskitilmiştir. Elde edilen renk değişimi kolorimetrik sistem ile ölçülmüş, kumaşlarda gözlemlenen mekanik değişimler incelenmiştir. Korona işlemi farklı güç ayarında ve 45 tekrar sayısında uygulanmıştır. RF plazma işlemi 300 w güç ayarında, farklı gazlar (argon, hava) kullanılarak, 15 dk işlem süresi ile uygulanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde çözgü mukavemetinin, korona işleminden etkilendiği saptanmıştır. En yüksek güç değerindeki korona işleminde %3,9'luk bir mukavemet artışı gözlemlenmiştir. Atkı yönündeki kopma mukavemeti korona işlemi ile %5,3 oranında artmıştır. Düşük basınçlı plazma (LPP) işleminde ise çözgü yönünde mukavemet düşmüştür (%9,4). LPP işlemi sırasında liflerin zarar gördüğü taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri ile doğrulanmıştır. Plazma işleminden sonra kumaş tutumunun sertleştiği ve işlem süresi ve şiddeti arttıkça tutumun kötüleştiği saptanmıştır.

Halleb ve ark. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı ön yıkama ve taşlama işlemlerinin denim kumaşların tutumu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Normal ön yıkama işleminde gergin durumdaki kumaşa bitim işlemi kimyasalı uygulanmış ve kumaş yoğunluğu arttırılmıştır. Daha sonra sanforlama işlemi ile kumaşın boyutsal stabilitesi sağlanmıştır. Bazik ön yıkamada, NaOH ortamında, düşük sıcaklıkta yıkama yapılmıştır. Ardından durulama ve nötralizasyon yapılmıştır. Uygulanan farklı yıkama, eskitme ve ağartma işlemi ise 4 başlık altında toplanmıştır; durulama, taşlama 1 (30 dk, soğuk kazanda, taş yıkama, yumuşatma), taşlama 2 (60 dk, 60^o kazanda, taş + enzim yıkama, yumuşatma) ve dördüncü alternatif olarak taşlama 2 ile kombine edilen NaClO ağartması. Normal ön yıkama işlemi uygulanan denim örneklerinde, taşlama ve ağartma işlemlerinin tutum üzerindeki etkisinin daha belirgin olduğunu saptanmıştır. Bazik ön yıkama işlemi uygulanan denim örnekleri panelistler tarafından değerlendirildiğinde, işlemin kumaş özelliklerinde belirgin bir değişiklik yaratmadığı sonucuna varılmıştır. Eskitme işleminin etkisine ilişkin

sonuçlar, taşlama 1 ve taşlama 2 işlemlerinin tutumu iyileştirdiğini göstermektedir. Taşlanmış denim kumaşın yüzeyindeki bir kısım lif taşlama işlemi esnasında uzaklaştırıldığından, bu kumaşların daha hacimli ve yumuşak bir yüzeye sahip olduğu belirtilmiştir. Taşlama 1 işleminde kumaş yüzeyi daha az pürüzlü, daha az kıvrımlı ve daha kaygan hale gelmiştir. Taşlama 2 ile kombine edilen ağartma işleminin, arzu edilen narin ve ipeksi tutum özelliklerini sağladığı sonucuna varılmıştır. Sadece haşıl sökme ve durulama yapılan örnekler, panelistler tarafından beğenilmemiştir.

Maryan ve Montazer (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, denim kumaşlara uygulanmak üzere, bir nano mineral yıkama işlemi önerilmiş ve incelenmiştir. Amonyum tuzu ile modifiye edilmiş katyonik yapıda organo-kil kullanılarak denim kumaşlara, öncesinde haşıl sökme ve sonrasında eskitme ve yumuşak tutum eldesi işlemi uygulanmıştır. Organo-kil ile işlem gören denim kumaşlar; renk haslığı, lif yüzey görünümü, hava geçirgenliği, eğilme direnci, aşınma direnci, kalıcı kırışma açısı vb özellikler açısından değerlendirilmiştir. Kumaşların işlem öncesi ve sonrası mekanik özelliklerine ilişkin sonuçlar incelendiğinde, işlem görmüş denim kumaşların eğilme direncinin düştüğü saptanmıştır. Uygulanan işlemin, denim kumaşın rijitliğini azalttığı, tutumunu iyileştirdiği saptanmıştır. Lif yüzeyindeki organo-kilin, kumaşın daha yumuşak olmasını sağladığı sonucuna varılmıştır.

Juciene ve ark. (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, işletme tipi yıkamanın denim kumaş özelliklerine etkisi incelenmiştir. Araştırmada uygulanan yıkama işlemleri 6 gruba ayrılmıştır; yıkama yapılmayan numuneler, sadece ön yıkama uygulanan numuneler, kimyasal ile ağartılan numuneler, enzim yıkama uygulanan numuneler, çift enzim yıkama uygulanan numuneler ve silikon yumuşatıcı uygulanan numuneler. Sonuçlar denim kumaş özelliklerine en fazla etki eden bitim işleminin silikon ile yıkama işlemi olduğunu göstermiştir. Kumaş %5 oranında çekmiş, yapısal özellikleri, eğilme direnci ve kayma özellikleri değişmiştir. Çift enzim yıkama işlemi ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kumaşta en çok incelmeye sebep olan işlem enzim yıkamadır. Kumaş mukavemetinde en fazla düşüş de yine bu işlemde gerçekleşmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, kimyasal ile yıkama işleminin kumaşa bir miktar zarar verdiği gözlemlenmiştir. İnsan sağlığı açısından zararları da

göz önünde bulundurulduğunda, kimyasal yerine enzim ya da standart yumuşatma işlemi ile yıkama önerilmiştir. Ön yıkama işlemi uygulanan kumaşların kalınlığı dışındaki diğer özelliklerinde anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir. Kalınlıktaki artış kumaş yüzeyinde bulunan yumuşatıcı tabakası ile açıklanmıştır.

Juciene ve ark. (2014) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, lazer ile soldurma işlemi farklı parametreler ile denim kumaşa uygulanmış ve denim kumaşın yapısı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmada kullanılan denim kumaş %98 pamuk %2 elastan karışımıdır, 3/1 dimi örgü raporuna sahiptir ve birim alan kütlesi 357 g/m^2'dir. Sonuçlar atkı ve çözgü yönünde uygulanan lazer ışınlarının renk üzerinde farklı etkiler yarattığını göstermiştir. Lazer gücü arttırıldığında renk değişiminin arttığı saptanmıştır. Renk yoğunluğu, doygunluğu ve tonu gibi parametrelerin detaylı olarak incelendiği çalışmada, lazer işleminin kumaşın mekanik özellikleri üzerindeki etkisi sadece SEM görüntüleri ile değerlendirilmiştir. Görüntülerde, lazerin gücü arttıkça denim kumaşta oluşan hasarın arttığı saptanmıştır. Lazer işleminin kumaş tutumuna etkisine değinilmemiştir.

1.2 Dokunsal Konfor ve Tutum

Konfor, birçok fiziksel, psikolojik ve fizyolojik faktörü içeren karmaşık bir kavramdır. Konfor terimi genel olarak rahatsızlığın, isteksizliğin ve sıkıntının olmaması olarak tanımlanmaktadır. Giysi konforu Slater (1985) tarafından "vücut ve çevre arasındaki fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyumun sonucu ortaya çıkan memnuniyet duygusu" olarak tanımlanmıştır.

Konfor, psikolojik ve fizyolojik açıdan dört bileşene ayrılabilir. Termofizyolojik konfor, sıcaklık ve ıslaklık açısından konforun sağlanmasıdır ve kumaşta meydana gelen ısı ve sıvı transfer mekanizmalarını kapsamaktadır. Dokunsal konfor, tekstil materyalinin deriyle teması sonucu ortaya çıkan nörolojik algılardır. Vücut hareket konforu, giysinin vücut hareketlerine imkan tanıması, vücuda uygulanan basıncı minimuma indirmesidir. Estetik konfor, kişinin psikolojisini etkileyen giysi

özelliklerinin duyu organlarıyla (göz, kulak, deri vb.) algılanan kısmıdır.

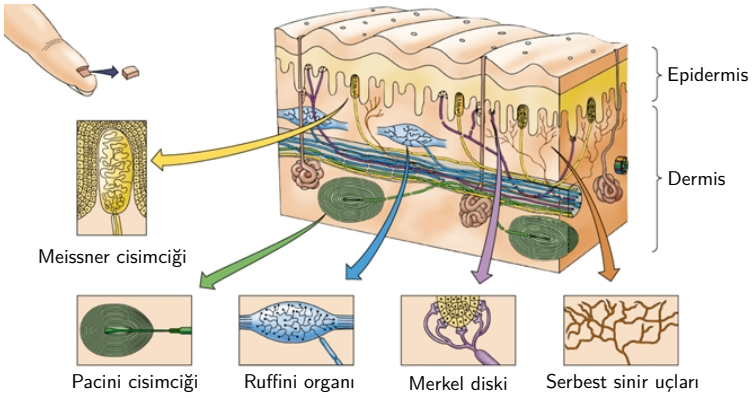
Dokunsal konfor, termofizyolojik konfor ve vücut hareket konforunun yanı sıra giysi konforunun en önemli bileşenlerinden biridir. Dokunsal konfor deri ile giysi arasındaki etkileşimden doğan algılarla doğrudan ilişkilidir ve büyük ölçüde kumaş mekanik özellikleri ve yüzey özellikleri tarafından belirlenmektedir. Dokunsal konfor ile bilimsel ve teknik olarak doğrudan aynı anlamda olmasa da, bazı kaynaklarda "kumaş tutumu", dokunsal konfor ile aynı anlamda kullanılmaktadır. Kumaş tutumu; Owen (1971) tarafından "Kumaşa dokunulduğunda el ile algılanabilen tüm özellikler."; Beech ve ark. (1988) tarafından "Dokunma duyusu aracılığıyla elde edilen, tekstillere ilişkin subjektif bir değerlendirme." ve Kawabata (1980) tarafından "Kumaşın mekanik özelliklerinin yarattığı his." olarak tanımlanmıştır.

1.2.1 Dokunma Duyusu ve Deri

Görsel ve işitsel duyu organlarından farklı olarak, dokunma hissi için özelleşmiş bölgesel bir organ yerine tüm vücudu saran deri duyu organı olarak görev yapmaktadır. Temas anında algılanan hislerin deriden merkezi sinir sistemine iletimi de tek bir duyunun elektrik siyali ile iletimi şeklinde gerçekleşmemektedir. Bunun sebebi temas ile pek çok hissin bir arada algılanmasıdır. Temas ile algılanan uyaranlara sıcaklık, yüzey yapısı, şekil, kuvvet, sürtünme, acı ve kaşıntı örnek verilebilir.

Deri, epidermis ve dermis olmak üzere iki tabakadan oluşmaktadır (Şekil 1.2) (Alvares, 2014). Epidermis, çok tabakalı epitel dokudan yapılmıştır. Bu tabakanın en üst kısmındaki hücreler ölü olup içlerinde lifli bir protein olan keratin bulunur. Keratinli ölü hücre tabakasına korun tabakası denir. Keratin deriyi dış etkenlere karşı korur. Epidermiste kan damarı bulunmaz. Hücreler, dokular arası sızıntılarla beslenir. Korun tabakasının altında canlı hücrelerden oluşan Malpighi tabakası bulunur. Burada deriye rengini veren melanin pigmenti sentezlenir.

Dermis bağ dokudan meydana gelmiştir. Alt deride, kan damarları, sinir uçları,



Şekil 1.2 İnsan derisi ve duyu reseptörleri (Alvares, 2014)

duyu reseptörleri, ürperme kasları, kıl kökleri, elastik ve kollajen lifler, düz kaslar, ter bezleri ve yağ bezleri bulunur. Derinin dermis tabakasında dokunma, basınç, sıcak, soğuk ve ağrı duyusunu alan birbirinden farklı reseptörler bulunur ancak, reseptörlerin derideki dağılımı homojen değildir. İnsan elinin derisi, tutuma ilişkin özellikleri detaylı bir biçimde saptayabilecek şekilde özelleşmiştir. Elin tüysüz derisi en fazla sinir ucunu barındıran kısmıdır. İnsan elinde ortalama 17000 mekanoreseptör bulunmaktadır ve bu reseptörler belirli uyaranları algılayacak şekilde farklılaşmıştır. Bu farklılaşmaya uyaranın algılanma hızı ve yoğunluğu da dahildir. Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, derideki reseptörler ve ilişkili oldukları tutum parametreleri şu şekilde belirtilmiştir;

Pacini cisimciği; temas, pürüzlülük ve titreşime duyarlıdır. Tutum parametrelerinden sertlik-yumuşaklık ve pürüzlülük ile ilişkilidir. 1 cm^2'de yaklaşık 21 adet Pacini cisimciği bulunmaktadır.

Ruffini organı; deriye uygulanan kuvvet ve deri gerilmesine duyarlıdır. Tutum parametrelerinden sıkıştırılabilme yeteneği, esneklik, kaba veya kaygan yüzey yapısı ile ilişkilidir. 1 cm^2'de yaklaşık 49 adet Ruffini organı bulunmaktadır.

Merkel diski; deriye uygulanan kuvvet ve yüzey yapısına duyarlıdır. Tutum parametrelerinden pürüzlülük ve tüylülük ile ilişkilidir. 1 cm^2'de yaklaşık 70 adet Merkel diski bulunmaktadır.

Meissner cisimciği; titreşim ve temasa duyarlıdır. Tutum parametrelerinden kaygan yüzey yapısı ile ilişkilidir. 1 cm^2'de 140 adet Meissner cisimciği bulunmaktadır.

Serbest sinir uçları; mekanik uyaranlara, ısıya ve tehlike yaratan uyaranlara duyarlıdır. Tutumun sıcak-soğuk hissi ve esnekliği ile ilişkilidir. 1 cm^2'de birbirine bağlı çok sayıda serbest sinir ucu bulunmaktadır.

1.2.1.1 Temas ve Kuvvet Algısı

İnsan vücudunda dokunma hissine en duyarlı reseptörler parmak uçları ve dudak derisinde yer almaktadır. Dokunma ve basınç duyusunu alan mekanoreseptörler en çok parmak uçlarında bulunur. Kıl kökü reseptörleri de bir tür dokunma reseptörüdür. Dokunma reseptörleri parmak uçlarında daha yoğun bulunur. Basınç reseptörleri daha çok el ve ayağın alt derisinde bulunur. Bunlar deriye basınç uygulandığında basınç duyusunu alır. Temas hissi ile oluşan uyarının reseptörler aracılığıyla merkez sinir sistemine aktarılması 30 ile 70 m/sn arasında bir hızla gerçekleşmektedir (Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove, 2012).

1.2.1.2 Isı Algısı

Termoreseptörler, sabit ve dalgalı deri sıcaklıklarının her ikisine de tepki vererek sıcaklığın tespitini sağlarlar. Sabit sıcaklıklara tepki verirken, sıcaklık tespiti için reseptörler devamlı olarak uyarı oluştururlar. Bu reseptörler deri sıcaklık değişimlerine karşı oldukça hassastırlar (Kaplan, 2009).

Isı duyusunu alan iki tip termoreseptör bulunur. Bunlar soğuk ve sıcak duyusunu alan reseptörlerdir (krause ve ruffini). Termoreseptörler çabuk yorulur. Isı akışı sıcaklık reseptörlerini uyarır ve oluşan uyartıların beyne ulaşmasıyla sıcaklık algılanır. Isı deriden nesneye doğru akıyorsa cisim soğuk, nesneden deriye doğru akıyorsa cisim sıcak olarak algılanır. İnsan derisindeki sıcak ve soğuğa duyarlı reseptörler ayrı ayrıdır. Soğuğa duyarlı reseptörlerin sayısı, sıcağa duyarlı

reseptörlerin yaklaşık on katıdır. Soğuğu algılayan reseptörler 10^oC ile 38^oC arasındaki sıcaklıklara duyarlıdır. Sıcağı algılayan reseptörler ise 30^oC ile 45^oC arasındaki sıcaklıklara duyarlıdır. Kişinin temas halinde bulunduğu nesnenin mevcut sıcaklığının yanı sıra nesnenin ısı iletim hızı da oldukça önemlidir. Aynı sıcaklıktaki ahşap yüzey ile metal yüzey, temas anında aynı soğukluk hissini yaratmamaktadır. Bunun sebebi metal yüzeylerin ısı iletim hızının ahşaptan daha yüksek olması ve temas anında hipodemik dokuların daha fazla ısı kaybetmesine sebep olmasıdır (Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove, 2012).

1.2.1.3 Kaşınma ve Acı Hissi

Tene temas halindeki nesnelerden kaynaklanan oldukça zayıf bir iritasyon bile kaşıntı ve gıdıklanma hissine sebep olabilmektedir. Özellikle kaşıntı hissi, oldukça rahatsız edici bulunmaktadır. Bu bakımdan kaşıntı hissi, tekstil ürünlerinin dokunsal konforunu düşüren bir sonuçtur. Kaşıntı hissi deriyi irite eden kimyasallardan kaynaklanabileceği gibi derinin tekrarlanan mekanik uyaranlara maruz kalması sebebiyle de gerçekleşebilmektedir (Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove, 2012; Asad ve ark., 2016).

Acıyı algılayan reseptörler (nosiseptör), doku hasarı oluşturan ya da oluşturmak üzere olan uyaranlar ile aşırı sıcaklıktan etkilenirler. Acı reseptörleri olarak görev yapan serbest sinir uçları aşırı sıcağa, basınca ve iltihaplanmış dokulardan salgılanan kimyasallara duyarlıdır. Acı uyaranı, savunma davranışını oluşturur ve tehlikeden uzaklaşmayı sağlar (Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove, 2012). A tipi nosiseptörler, myelinize aksonlarla 10-40 m/s'lik mekanik uyarılara tepki verir. B tipi nosiseptörler ise, uyarıların farklılığı (çeşitliliği) prensibine göre tepki verir (Kaplan, 2009).

1.2.1.4 Yüzey Yapısının Algılanması

Yüzey pürüzlülüğü, bir yüzeyde gözlemlenen parmak ucundan çok daha küçük, fakat temas ile algılanabilecek kadar büyük dalgalanmalar ve çıkıntılar olarak ifade edilebilir. Yüzey yapısı, elin temas eden yüzeyinin kumaş üzerinde yatay yönde gerçekleştirdiği hareket ile algılanır. Parmakların hareketi ile pocini cisimcikleri gerçekleşen uyarıyı iletmek üzere harekete geçer. Bu reseptörler aynı zamanda titreşime de duyarlıdır. Elin yatay hareketi esnasında kumaş yüzeyindeki çıkıntılar, esneme ve eğilme dirençlerine bağlı olarak çeşitli frekanslarda titreşimler ile reseptörleri uyarır (Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove, 2012).

1.2.2 Kumaş Tutumunun Subjektif Olarak Değerlendirilmesi

Bir kumaşın konfor özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan en bilinen yol duyusal testlerdir. Duyusal testlerde, kumaşın yumuşaklığı ve esneyebilme yeteneği gibi tutum özellikleri, bir grup panelist tarafından subjektif olarak değerlendirilir. Örneğin; kumaş parçası iki el ile ortasından tutularak başparmaklar ile yumuşaklığı incelenir, daha sonra da esnetilerek esneyebilme yeteneğine bakılır. Bu testler kontrollü bir ortamda, standart atmosfer koşulları altında gerçekleştirilir. Subjektif testler ile değerlendirilen tutum özelliklerinin, sayısal veriye dönüştürülmesinde çeşitli konfor skalaları kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, objektif testlerden elde edilen sonuçlar kullanılarak kumaşın çeşitli konfor parametrelerinin saptanması mümkündür.

Subjektif tutum ölçümlerinde ilk olarak, direkt yöntem ve karşılaştırma yöntemi olmak üzere iki temel değerlendirme yöntemi kullanılmıştır (Behery, 2005). Direkt yöntemde, subjektif algıyı temel ifadelerle temsil eden bir ordinal sıralama skalası (örneğin; 0 - çok kötü, 1 - yeterli, 5 - çok iyi, 6 - mükemmel) kullanılarak numunenin ait olduğu sınıf belirlenir. Karşılaştırma yönteminde ise numune subjektif kriterlere göre kategorize edilir (örneğin; numunelerin en iyiden en kötüye doğru sıralanması). Subjektif değerlendirmeye başlamadan önce karar verilmesi gereken üç parametre

mevcuttur; panelist seçimi, skala seçimi, kavramların ifade edilmesi.

1.2.2.1 Panelist Seçimi

Seçilen panelistlerin niteliği elde edilen sonuçlar üzerinde etkili olmaktadır. Tutuma ilişkin değerlendirmeler, bireylerin duyu reseptörlerinin algı kapasitesine dayanmaktadır. Öte yandan algılanan duyulara karşılık olarak verilen tepkiler fiziksel, çevresel ve psikolojik etmenlerden de etkilenmektedir. Eğitimli panelistler ve tüketici (eğitimden geçmemiş panelistler) tarafından yapılan subjektif değerlendirmeler, bakış açısı ve önem verilen kriterlerin değişkenliği sebebiyle farklı sonuçlar verebilmektedir. Tekrarlanabilir sonuçlar elde edebilmek için, duyusal değerlendirmeye katılacak panelistlerin özellikleri net bir şekilde belirlenmelidir. Çalışmalar, kadın ve erkek panelistlerden elde edilen sonuçların belirgin farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır (Behery, 2005). Erkekler kadınlara kıyasla, kumaşları değerlendirirken skalanın ortasındaki değerlere daha yakın skorları seçme eğilimindedir. Panelist sayısı da dikkate alınması gereken diğer bir parametredir. Tüketici değerlendirmelerinde panelist sayısının en az 25-30 arasında olması önerilmektedir. Objektif ölçümler ile ilişkinin incelendiği bazı durumlarda bu sayı 200'e kadar çıkabilmektedir.

1.2.2.2 Skala Seçimi

Subjektif değerlendirme ile saptanması hedeflenen parametreler ve panelist seçimine bağlı olarak önerilen skala tipi değişmektedir. Eğitimli panelistler tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda 99-seviyeli skala, tüketici değerlendirmelerinde ise üst değeri 5 ile 11 arasında değişen skalaların kullanımı önerilmektedir. Subjektif değerlendirmelerde beş dereceli likert ölçeği yaygın olarak kullanılmaktadır (Behery, 2005).

Xue ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, eğitimden geçmemiş panelistler tarafından gerçekleştirilen subjektif tutum ölçümlerinin tutarlılığı ve

güvenilirliği incelenmiştir. Aynı panelistler ve aynı takım elbiselik kumaş numuneleri ile gerçekleştirilen oturumlarda, kategorize etme ve puanlama yolu ile değerlendirme yapılmıştır. Tekrarlanan oturumlardan elde edilen subjektif değerlendirme sonuçları iki farklı istatistiksel yöntem ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar eğitimden geçmemiş panelistler ile gerçekleştirilen subjektif tutum değerlendirmelerinde, kategorize etme ve puanlama yöntemlerinin her ikisinin de etkin olduğunu ve verilerin çok yönlü skalalar ile yorumlanmasının uygun olduğunu ortaya koymuştur.

1.2.2.3 Kavramların İfade Edilmesi

Yüzey özellikleri, ısıl özellikler ve mekanik özellikler tarafından belirlenen tutum parametrelerinin subjektif olarak değerlendirilmesinde, çift kutuplu ifadeler (pürüzlü/pürüzsüz, sıcak/soğuk, sert/esnek vb) tercih edilmektedir. Bu yöntem istatistiksel olarak değerlendirmeye uygundur.

Subjektif değerlendirmeler sırasında kumaşla ilgili herhangi bir duyusal özellikten bahsedildiğinde panelistler bu özelliği serbest el hareketleri ile değerlendirebilirler. Ancak araştırmalarda standardizasyon sağlamak açısından, değerlendirilmesi istenen her özellik için jüri üyesinin yapabileceği el hareketlerinin tanımlanmış olmasında fayda vardır. Bu nedenle sadece kavramların ifade edilmesi değil, belirtilen özelliğin subjektif olarak hangi el ve parmak hareketleri ile kontrol edileceğinin belirlenmesi gerekmektedir (Sülar, 2005).

1.2.3 Kumaş Tutumunun Objektif Testlerle Belirlenmesi

Tutumun belirlenmesi amacıyla, tutumla ilgili olduğu düşünülen kumaş özellikleri objektif olarak ölçülebilmektedir. Çeşitli araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda, tutum ile ilişkili olduğu belirtilen kumaş özellikleri; birim alan kütlesi, kalınlık, sıkıştırılabilme oranı, dökümlülük, eğilme direnci, kayma direnci, düşük yük altında uzama yeteneği, yüzey yapısı (pürüzlülük, sürtünme katsayısı, yüzey tüylülüğü), ısıl iletkenlik, hışırtı yoğunluğu ve frekansı şeklinde ifade edilmiştir

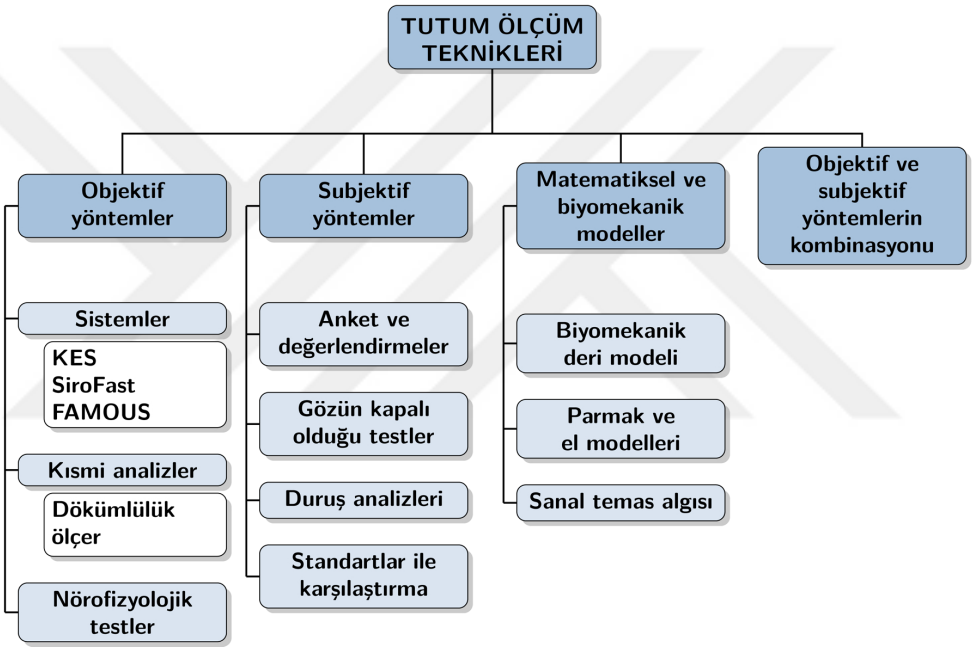
(Kawabata, 1980; Bishop, 1996; Liao ve ark., 2011; Sztandera ve ark., 2013).

Tutum alanında gerçekleştirilen objektif ölçümlere ilişkin çalışmalara zemin oluşturacak nitelikteki ilk araştırma, 1930'lu yıllarda Peirce tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada eğilme uzunluğu ve eğilme direnci gibi mekanik özelliklerin ölçülmesi üzerinde durulmuştur. Aynı çalışmada ortam neminin test sonuçlarına olan etkisine de değinilmiştir. Daha sonraki dönemlerde gerçekleştirilen çalışmalarda araştırmacılar; yük-uzama eğrisinin şekli, hacimlilik, örtücülük, sıkıştırılabilme yeteneği, kalınlık, temas ısısı, dökümlülük, yumuşaklık ve parlaklık gibi kumaş özelliklerini değerlendirerek kumaş tutumunu yorumlamışlardır (Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove, 2012).

Tutuma ilişkin kapsamlı ilk çalışma, 1970'li yıllarda Kawabata tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu yıllarda, Tutum Değerlendirme ve Standardizasyon Komitesi (HESC) kurulmuş ve Kawabata Değerlendirme Sistemi (KES) oluşturulmuştur. Japonya Tekstil Makineleri Topluluğu, bir kumaşın tüm tutum özelliklerinin bileşimini ifade eden ve "toplam tutum" olarak adlandırılan kavramı tanımlayacak şekilde standartlar yayınlamıştır. Topluluk aynı zamanda kumaş tutumuna ilişkin öne çıkan özellikleri kapsayan ve "birincil tutum" olarak adlandırılan kavrama ilişkin de standartlar yayınlamıştır. Standardizasyon çalışmaları ilk olarak takım elbise kumaşları üzerinde gerçekleştirilmiştir (Kawabata, 1980; Kawabata ve ark., 1982; Kawabata ve Niwa, 1989, 1998).

Giysi üretiminde karşılaşılan sorunlar ile doğrudan ilişkili olduğu bilinen mekanik özelliklerin objektif olarak ölçülmesi amacıyla, Avustralya Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Organizayonu'nun Yün ve Teknoloji bölümü tarafından 4 farklı modülden oluşan SiroFAST sistemi geliştirilmiştir. Tutum ölçümü amacıyla üretilmiş olmasa da, ilgili parametrelerin ölçümüne imkan vermesi sebebiyle SiroFAST sisteminin tutum tahminlemelerinde kullanılması yaygınlaşmıştır. Üç test aleti ve bir boyutsal stabilite ölçüm ekipmanından oluşan bu sistem ile gerçekleştirilen ölçümler oldukça basit ve pratiktir. Testlerin basit olması ile beraber, testlerden elde edilen sonuçların tutum açısından yorumlanması karmaşıktır (Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove, 2012).

Günümüzde kumaşın mekanik özelliklerinden yola çıkarak kumaş tutumunu ölçmek amacıyla geliştirilen çeşitli sistemler kullanılmaktadır. KES-F, SiroFAST, Stylios (2000) tarafından geliştirilen FAMOUS (Kumaşların Düşük Yük Etkisinde Objektif Ölçümü Sistemi) ve Civille ve Dus (1990) tarafından geliştirilen HSDA (Tutum Spektrumu Analizi) gibi sistemlerin tümü, tutumun objektif olarak ölçülmesi amacıyla kullanılmaktadır. Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 1930 yılından 2010 yılına kadar yapılmış olan, kumaş tutumuna ilişkin uluslararası tüm çalışmalar bir araya getirilerek özetlenmiş ve tutum ölçümüne ilişkin test yöntemleri dört ana başlık altında toplanmıştır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Tutum ölçüm teknikleri (Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove, 2012)

FAMOUS sisteminde amaç, gündelik kullanım esnasında giysilerin maruz kaldığı karmaşık yükleri bir arada temsil eden bir test ile kumaş davranışının incelenmesidir. Çekme, kayma ve sıkıştırılabilme testlerinin ölçüm prensipleri KES-F ile aynıdır fakat eğilme direnci testi modifiye edilmiştir. Bu sistemde kumaş bir düzenekten sarkıtılarak kendi ağırlığı ile değil, iki kenarından uygulanan yatay düzleme paralel doğrultudaki kuvvetlerin etkisi ile baskı uygulanarak eğilmektedir. Ayrıca KES-F ve SiroFAST'ten farklı olarak, bu sistemde tüm ölçümler tek bir test aleti ile gerçekleştirilmektedir.

KES-F, SiroFAST ve FAMOUS gibi ölçüm sistemlerinin yanı sıra, tutum ile ilişkili

kumaş özelliklerinin ayrı ayrı ya da bir arada ölçüldüğü test yöntemleri de mevcuttur. Halkadan çekme yöntemi; kumaş numunesinin çekme cihazına sabitlenen bir halka içerisinden çekilerek geçirilmesi ve bu esnada kaydedilen yükün değerlendirilmesi esasına dayanır. Halkadan çekme testinde, tutum ile ilişkili olduğu bilinen pek çok parametre (kayma, eğilme, sıkıştırılma ve sürtünme) bir arada değerlendirilir (Pan ve Yen, 1992). ABD Ulusal Tekstil Merkezi tarafından kumaş konforuna ilişkin yürütülen araştırma kapsamında Killinc (2004) tarafından El Mogahzy-Kilinc Tutum Ölçeri geliştirilmiştir. Halkadan çekme yöntemine alternatif olarak geliştirilen bu sistemde, kumaş halka yerine huni formundaki bir düzenekten geçirilerek elde edilen yük-hareket grafiği bilgisayara aktarılmakta ve test edilen kumaşın tutum özellikleri bu grafik üzerinden yorumlanmaktadır. Kumaş tutumu ile ilişkili tek bir parametreyi ölçmek üzere tasarlanan test cihazları da bulunmaktadır. Fabricometer, Handleometer ve Kumaş Rijitlik Ölçeri (Fabric Stiffness Meter) bu test cihazlarına örnek olarak verilebilir (Ciesielska-Wrobel ve Van Langenhove, 2012; Ellis ve Garnsworthy, 1980; Grover ve ark., 1993). Dokunsal konforun belirlenmesine yönelik olarak önerilen çok çeşitli ölçüm yöntemleri ve araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin bulgular, Bölüm 1.2.4'te detaylı olarak verilmiştir.

Konfor ve kumaş özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanılan çeşitli algoritmalar ve yazılımlar mevcuttur. Enerji denklemleri (energy equations), sonlu elemanlar analizi (finite element analysis), stokastik denklemler (stochastic formulations), yapay sinir ağları (artificial neural networks) ve RMS (Response Surface Methodology) modelleme yöntemlerine örnek olarak verilebilir. Bu modellerin çalışma prensibi, mevcut bir veri tabanı kullanarak konfora ilişkin gruplamalar yapmak, daha sonra ölçülen yeni kumaş örneğine ait test sonuçlarını mevcut veri tabanıyla karşılaştırmak, böylece kumaşın hangi konfor grubuna girdiğini saptamak esasına dayanır.

Liao ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, 1930 ve 2010 yılları arasında yapılmış, giyim konforunun en önemli parametrelerinden biri olan kumaş yüzey düzgünlüğü-pürüzlülüğüne ilişkin 60'tan fazla araştırma bir araya getirilerek özetlenmiş ve yüzey düzgünlüğü-pürüzlülüğü ölçümüne ilişkin test yöntemleri

fiziksel değerlendirme ve duyusal değerlendirme olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır. KES-F, halkadan çekme ve optik yöntem, yüzey özelliklerinin saptanmasında kullanılabilecek fiziksel yöntemler olarak ele alınmıştır.

Optik yöntem kumaş yüzey özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kang ve arkadaşları, optik yöntem ile kumaş yüzey yapısının saptanması üzerine çeşitli çalışmalar gerçekleştirmiştir (Kang ve Lee, 2000; Kang ve ark., 2001, 2005). Bu çalışmalarda, kumaş yüzeyinin standartlar ile karşılaştırılması suretiyle görsel olarak değerlendirilmesine ilişkin AATCC'nin 124 numaralı test yönteminden yola çıkarak, üç boyutlu görüntü ve kesit geometrisi bilgilerini kullanan yeni sınıflandırma yöntemleri geliştirilmiştir. Xin ve ark. (2010), silüet görüntü analizi tekniğini, tekstil yüzeylerinin pürüzlülüğünü ölçmek için kullanmıştır.

1.2.4 Dokunsal Konfora İlişkin Önceki Çalışmalar

Dokunsal konfora ilişkin yapılan araştırmaların odak noktası, ölçülen mekanik parametreler ile hissedilen dokunsal konfor arasındaki ilişkinin saptanması ve bu ilişkinin, kumaşın kullanım alanına göre istenen konfor özelliğini öngörmek amacıyla nasıl kullanılacağının belirlenmesi ve kumaş tutumunun geliştirilmesidir. Çalışmalar, birey tarafından algılanan dokunsal konforun, tutum, mekanik özellikler ve yapısal özellikler gibi kumaş parametrelerinden etkilenen karmaşık bir özellik olduğunu ortaya koymuştur.

1.2.4.1 Sıcak-Soğuk Hissi

İnsan eli, derinin sıcaklığından daha farklı sıcaklıktaki bir tekstil materyali ile temas ettiğinde, el ile kumaş arasında bir ısı alışverişi gerçekleşir. Kumaşa ilk temas anında gerçekleşen ısı transferi ile oluşan his, sıcak-soğuk hissi olarak adlandırılır. Sıcak-soğuk hissi, kumaş ile ten arasındaki temas yüzeyine bağlıdır. Temas yüzeyinin özellikleri ise lif, iplik ve kumaş yapısı gibi pek çok parametre tarafından belirlenir.

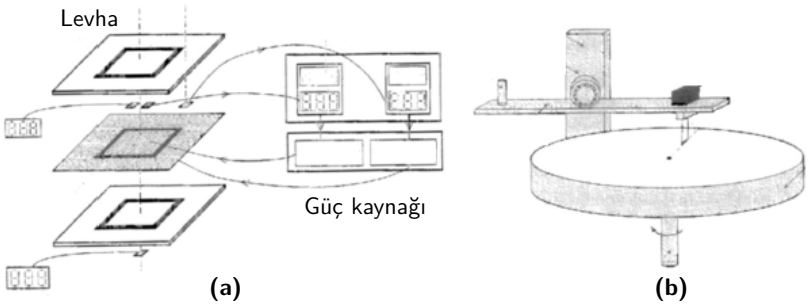
Konfor üzerine yapılan pek çok çalışmada, durağan durumdaki ısıl özelliklere odaklanılmıştır. Tüketici tarafından kumaşın satın alınması esnasında, ilk dokunma hissinin önemi yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur ve hareket halindeki kumaşın konfor özellikleri bu bakımdan büyük önem taşımaktadır.

Sıcak-soğuk hissini belirleyen yüzeyler arası (tribolojik) ilişkiler ve süreksiz ısıl özellikler kumaş tutumu üzerinde büyük öneme sahiptir. Tutuma ilişkin bu iki parametreyi bağımsız olarak inceleyen Yoneda ve Kawabata (1982), sıcak-soğuk hissinin ölçümüne yönelik olarak Thermolabo cihazını geliştirmiştir. Katmanların katı olduğu kabulüne ve iki katmanlı vücut modeline dayanan çalışmalar, sıcak materyalden soğuk materyale en fazla ısı akışının temas anından sonraki 0,2 saniye içersinde gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Bu veriye dayanarak çalışan Thermolabo cihazı Q_{max} sembolü ile gösterilen ve sıcak-soğuk hissininin ifadesinde kullanılan parametreyi verir.

Hes ve Dolezal (1989), Kawabata'nın modelinden yola çıkarak, sıcak-soğuk hissinin saptanmasında kullanılmak üzere yeni bir parametre ortaya koymuş, bu parametreyi "ısıl soğurma" olarak adlandırmış ve ısıl soğurmayı ölçmeye yönelik bir cihaz geliştirmiştir.

Pac ve ark. (2001) tarafından kumaş özelliklerinin yüzeyler arası sıcak-soğuk hissine etkisinin incelendiği bir çalışmada; lif, iplik ve kumaş yapısının sıcak-soğuk hissi üzerindeki etkisi incelenmiş ve tekstil materyallerinin ısı absorblama davranışından yola çıkarak kumaşın yaratacağı sıcak-soğuk hissini ölçmeye yarayan bir cihaz geliştirilmiştir (Şekil 1.4). Cihaz sıcak levha prensibine göre tasarlanmıştır. Standart atmosfer koşullarında kondisyonlanmış kumaş numunesi, insan derisinin sıcaklığı olan 33^oC sıcaklığa getirilen plaka ile temas ettirilmiştir. Hızlı bir şekilde ısı kaybeden levhanın, eski sıcaklığına geri dönebilmesi için geçen süre zaman birimi cinsinden kaydedilmiştir. Levhadan kaybedilen ısı enerjisi ile kumaşın soğurduğu ısı enerjisi eşit kabul edilmiştir. Kumaş yüzeyinin sürtünme davranışı tarafından belirlenen yüzey pürüzlülüğü ise çok yönlü tribometre ile ölçülmüştür. Numune, 140 mm çapında ve 0,258 d/sn hızla dönen disk üzerine yerleştirilmiştir. Disk ile beraber

dönen numunenin yüzeyindeki halka şeklinde bir alanın (çap 110 mm) yüzey pürüzlülüğü çelik tel aracılığıyla ölçülmüştür.



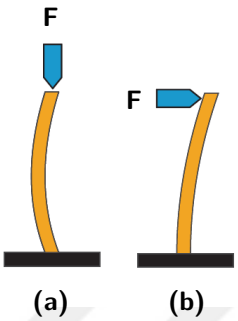
Şekil 1.4 Sıcak-soğuk hissinin ölçümünde kullanılan (a) levha düzeneği ve (b) çok yönlü tribometre (Pac ve ark., 2001)

Vivekanadan ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, pamuklu denim kumaşlarda sıcak-soğuk hissini etkileyen parametreler incelenmiştir. Farklı sıklık ve birim alan kütlesinde pamuklu denim kumaşlar ile çalışılmıştır. Kumaşlar 5 farklı temel yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Sonuçlar, kalınlığı düşük olan kumaşların daha yumuşak olduğunu, q-max değerinin (aktarılan ısının) yüksek olduğunu ve serinlik hissi verdiğini göstermiştir. Yıkama işlemi, haşılın uzaklaşması ve enzimatik tepkimeler sebebiyle q-max değerini arttırmıştır. Çözgü karakterli denim kumaşlarda, çözgüde daha ince ipliklerin kullanılması q-max değerini artırmıştır. Örtme faktörünün q-max ile ters orantılı olduğu saptanmıştır. Atkı sıklığı q-max değeri ile doğru orantılıdır. Kumaş yüzeyinde atlama yapan atkı ipliklerinin, insan teni ile kumaş arasındaki temas alanının artmasına katkıda bulunduğu ve çözgü ipliklerinin katkısının ihmal edilebilir düzeyde olduğu saptanmıştır. Artan yıkama işlemleri ile kumaş yüzey sürtünmesi değeri yükselmiştir.

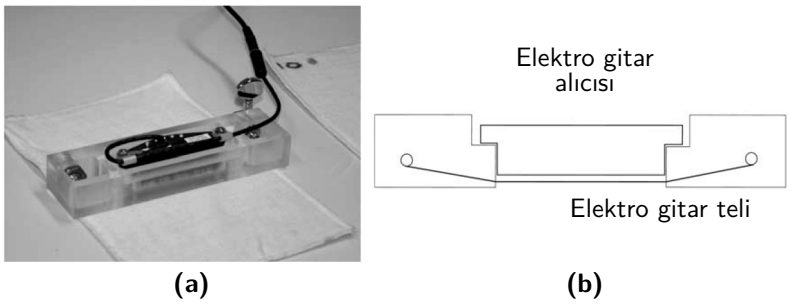
1.2.4.2 Batma Hissi

Ramsay ve ark. (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, batma hissine sebep olan kumaş tüylülüğünü ölçmeye yarayan bir teknik geliştirilmiştir. Giysi formundaki kumaş tene temas ettiğinde, liflerin eğilme davranışına bağlı olarak batma hissi yaratabilmektedir (Şekil 1.5). Batma, bir alerjiden ziyade, tendeki bazı özel sinir

uçlarının mekanik olarak uyarılmasından kaynaklanır. Yüzey liflerinin sertliği bir kumaşın batma hissi yaratıp yaratmayacağını belirler. Bu prensibe dayanılarak, Ramsay ve ark. (2012) tarafından batmanın ölçülmesine yönelik bir taşınabilir sensör tasarlanmıştır (Şekil 1.6). Sensör içerisinde gerilmiş durumda bir tel bulunmaktadır. Kumaş yüzeyinden çıkan lifler tele her dokunduğunda telde oluşan küçük hareketler statik bir mıknatıs aracılığıyla saptanır.



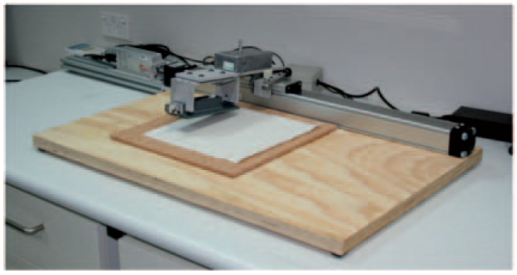
Şekil 1.5 Liflerin eğilme davranışı (a) sıkıştırılabilme yeteneği ve (b) eğilme direnci (Ramsay ve ark., 2012)



Şekil 1.6 Liflerin eğilme davranışını ölçen (a) taşınabilir boydaki sensör ve (b) şematik kesit çizimi (Ramsay ve ark., 2012)

Taşınabilir boydaki prototipin yanı sıra, laboratuar ölçümlerinde kullanılmak üzere kumaşın batma eğilime ilişkin hızlı ve güvenilir sonuçlar verecek bir prototip tasarlanmıştır (Şekil 1.7). Tasarlanan prototip ile örme akrilik kumaş numuneleri test edilmiş, sonuçlar eğitimli panelistler tarafından ön kolda yapılan subjektif batma testi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Farklı lif çapı dağılımına sahip akrilik lifleri ile oluşturulmuş örme kumaş numuneleri ile yapılan testlerin subjektif ölçümler ile yüksek korelasyon gösterdiği saptanmıştır. Çalışmada aynı zamanda taşınabilir sensör

ve laboratuvar prototipten elde edilen sonuçların da birbiri ile korelasyon gösterdiği belirtilmiştir.



Şekil 1.7 Liflerin eğilme davranışını ölçen cihaz prototipi (Ramsay ve ark., 2012)

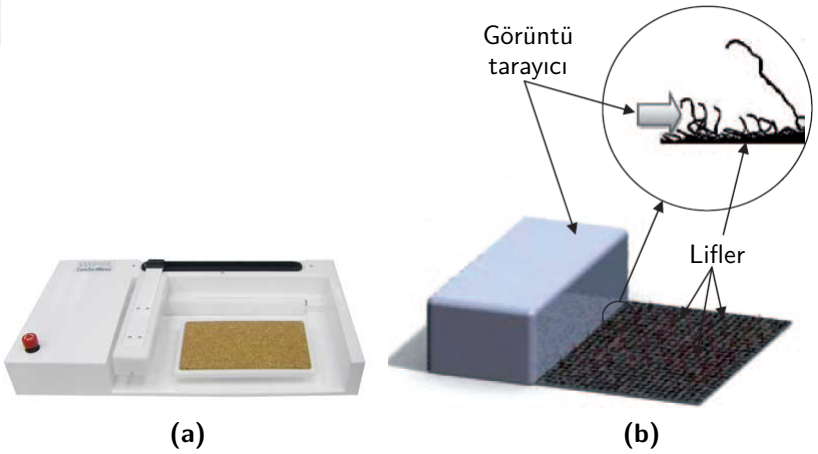
Yapılan tüketici tercihi araştırmalarında tekstillerin konfor özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, kumaş kaynaklı batma hissinin, yün içerikli giysilerin tüketici tarafından tercih edilmesinde büyük önem taşıdığı ortaya konmaktadır. Naebe ve ark. (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, derideki sinir uçlarının mekanik olarak uyarılması ile oluşan kumaş kaynaklı batma hissinin, sıcaklık ve derideki nem içeriğinden doğrudan etkilendiği belirtilmektedir. Nemin yüksek olduğu koşullarda ve egzersiz sonrasında terleme ve artan sıcaklığın etkisiyle kumaş kaynaklı batma hissinde bir artış gözlemlenmektedir.

Yün Konfor Ölçeri (WCM) kumaş kaynaklı batma hissinin objektif olarak ölçümünde kullanılan bir cihazdır. AWTA (Australian Wool Testing Authority Ltd.) tarafından geliştirilen Yün Konfor Ölçeri, sayısız giyim denemesi sonucunda elde edilen verilere göre kalibre edilmiştir ve test edilen kumaşın yüzeyini, batma hissi yarattığı bilinen oluşumları saptamak üzere analiz eder. Analiz sonucunda kumaş yüzeyi için öngörülen batma hissi yaratma potansiyeli sayısal skor olarak verilir. Düşük skor yüksek konforu ifade etmektedir. Günlük giyim için 450 ve altındaki skorlar; aktif giyim için ise 250 ve altındaki skorlar tüketici için %90 seviyesinde kabul edilebilir konfor seviyesini göstermektedir. Günlük giyim için 730 ile 810 arasındaki skorlar; aktif giyim için ise 550 ile 620 arasındaki skorlar tüketici için %40 seviyesinde kabul edilebilir konfor seviyesini göstermektedir (AWTA Ltd., 2014).

Yün Tutum Ölçeri (WHM) uluslararası kumaş uzmanları tarafından belirlenen tutum parametrelerine ilişkin kolay anlaşılır skorlar belirlemek amacıyla geliştirilmiş

bir cihazdır. Cihaz ile yedi temel özellik (pürüzlülük-düzgünlük, sertlik-yumuşaklık, sıklık, ağırlık, tüylülük, sıcak-soğuk hissi ve kayganlık-kuruluk hissi) ölçülür, toplam tutum indeksi hesaplanır ve tüm bulgular bir arada skor tablosu ile ifade edilir. Kumaş için arzulanan skor seviyeleri son ürün ve kullanım alanına uygun olarak üretici tarafından belirlenir (AWTA Ltd., 2014).

Naebe ve ark. (2013) nemin ve sıcaklığın Yün Konfor Ölçeri ile gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarına etkisini incelemiştir (Şekil 1.8). Çalışma üç farklı sıcaklıkta (20, 25, 30^{o}C) ve üç farklı bağıl nem ortamında (%50, %65 ve %80) gerçekleştirilmiştir. Konfor Ölçeri ile test edilen 6 farklı düz örme yünlü kumaşa ait sonuçlar incelendiğinde, %65 bağıl nem ve 20^{o}C sıcaklıkta her numune için tekrarlanan ölçümlerin kendi içerisinde neredeyse hiç varyasyon göstermediği saptanmıştır. Bu veriye dayanarak cihazın standart atmosfer koşullarında kullanılması uygun bulunmuştur.



Şekil 1.8 Yün Konfor Ölçeri (a) cihazın görünümü ve (b) çalışma prensibi (AWTA Ltd., 2014; Naebe ve ark., 2013)

Naebe ve ark. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, farklı ilmek iplik uzunluğuna sahip plazma işlemi görmüş ve işlem görmemiş yünlü düz örme kumaşların tutumu Yün Tutum Ölçeri (WHM) ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar Yün Tutum Ölçeri'nin farklı ilmek uzunlukları ve bitim işlemlerinin kumaş tutumu üzerindeki etkisini saptayabildiğini göstermiştir. Plazma işlemi görmüş kumaşların ve

daha kısa ilmek iplik uzunluğuna sahip kumaşların tutumunun daha kötü olduğu saptanmıştır.

McGregor ve ark. (2015b) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada subjektif ve objektif konfor ölçümü arasındaki ilişki incelenmiştir. 19 farklı yünlü düz örme kumaşın batma hissi subjektif olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra kumaşlar Yün Tutum Ölçeri ve Yün Konfor Ölçeri ile test edilmiştir. Doğrusal modelleme ile ölçümler arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Aynı zamanda kumaş özelliklerinin tutum ile ilişkisi incelenmiştir. Sonuçlar ortalama lif çapı, iplik numarası, kumaş kalınlığı, kumaş yoğunluğu, brim alan kütlesi gibi parametrelerin tutumu etkilediğini ve kumaş parametrelerindeki değişimin iplik ve lif parametrelerindekinden daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. McGregor ve ark. (2015a) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada ön kol testi, giyim denemeleri, Yün Tutum Ölçeri ve Yün Konfor Ölçeri ile elde edilen sonuçların anlamlı korelasyon gösterdiği saptanmıştır.

Naylor ve ark. (1997), kamgarn düz örme kumaşların batma hissinin incelendiği kapsamlı araştırmanın birinci aşamasında çap karakterinin batma hissi üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma kapsamında, farklı çap karakterine sahip yün lifleri ile eğrilmiş kamgarn ipliklerinden düz örme kumaşlar elde edilmiştir. Bu kumaşlardaki batma hissi, birim kumaş alanına düşen kaba lif uçlarının yoğunluğundan öngörülebilmektedir. Kaba liflerin saptanmasında, çapı 32 μm ve üzerinde olan liflerin yüzdesi kullanılmaktadır. Bu çalışma ile, bağımsız lif demetlerinin ortalama lif çapında lifin doğası sebebiyle görülen varyasyonun ve kaba lif uçlarının, kumaşın batma hissi üzerinde belirgin etkisi olduğu saptanmıştır.

Naylor ve Phillips (1997a) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, lif çapının kumaş kaynaklı batma hissine etkisine ilişkin çalışma genişletilmiştir. Ortalama lif uzunluğu, iplik numarası ve kumaş örtme faktöründeki değişimler nicel olarak batma hissindeki değişimlerle ilişkilendirilmiştir. Saptanan anlamlı ilişkilere ek olarak, ticari ürünlerde yünün ortalama lif çapının, kumaş kaynaklı batma hissini etkileyen en önemli faktör olarak birinci sırada yer aldığı belirtilmiştir.

Naylor ve Phillips (1997b) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada, kamgarn

düz örme kumaşlar ile giyim denemeleri gerçekleştirilmiştir. Ön kol üzerinde giysi formu alacak şekilde hazırlanan kumaşlar, eğitimli panelistler ve özel bir eğitime tabi tutulmamış 9-12 yaş arası çocuklardan oluşan bir grup tarafından subjektif olarak değerlendirilmiştir. İki panel grubu da ince yünden elde edilen kumaş numunelerini daha konforlu ve tene temas eden giysilerde kullanılabilir bulmuştur. Kaba lifler içeren numunelerin kumaş kaynaklı batma hissine sebep olduğu panelistler tarafından onaylanmıştır. Ticari olarak mevcut, lif çapı bilinen topslar kullanılarak yapılan çalışmada, 20,5 μm çapındaki lifler ile üretilen kumaşların tene temas halindeki yünlü kumaşlarda kabul edilebilirliği %90 olarak saptanmıştır. Panelistlere göre 23,5 μm çapındaki lifler ile üretilen kumaşların tene temas halindeki yünlü kumaşlarda kabul edilebilirliği ise %50'dir.

Naylor ve ark. (2004) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kırkım zamanının yünlü kumaşların dokunsal konforuna etkisi incelenmiştir. Hissedilen konforun kaba lif oranı ile ilişkili olduğu ve kırkım zamanının dokunsal konfora etki eden bir parametre olduğu deneysel çalışmalar ve istatistiksel değerlendirmeler ile doğrulanmıştır.

Naylor (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, yün lifi daha az batma hissi yaratacak şekilde modifiye edilmiştir. Kumaş yüzeyinden çıkan lifler derideki sinir uçlarını uyarmaya yetecek miktarda kuvvet uyguladığında kumaş kaynaklı batma hissi ortaya çıkmaktadır. Çalışmada, yün lifi için uygulanan mevcut mekanik ölçümler ve tahmin yöntemlerinin modifiye yün lifi için de uygulanabilir olduğu ortaya konmuştur. Modifiye yün lifi, modifikasyon öncesi hali ile karşılaştırıldığında elde edilen kumaşın daha az batma hissi yarattığı saptamıştır. Bu durum lif çapındaki düşüş ile açıklanmıştır.

Tester ve ark. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada çapı 13,7 ile 15,1 μm arasında değişen (ultrafine) yün liflerinden üretilen düz örme kumaşların dokunsal konforu ve tutumu Yün Konfor Ölçeri, Yün Tutum Ölçeri ve subjektif testler ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, çok ince yün liflerinden üretilen düz örme kumaşların konforunun yün kıvrım oranından etkilenmediğini ortaya koymuştur.

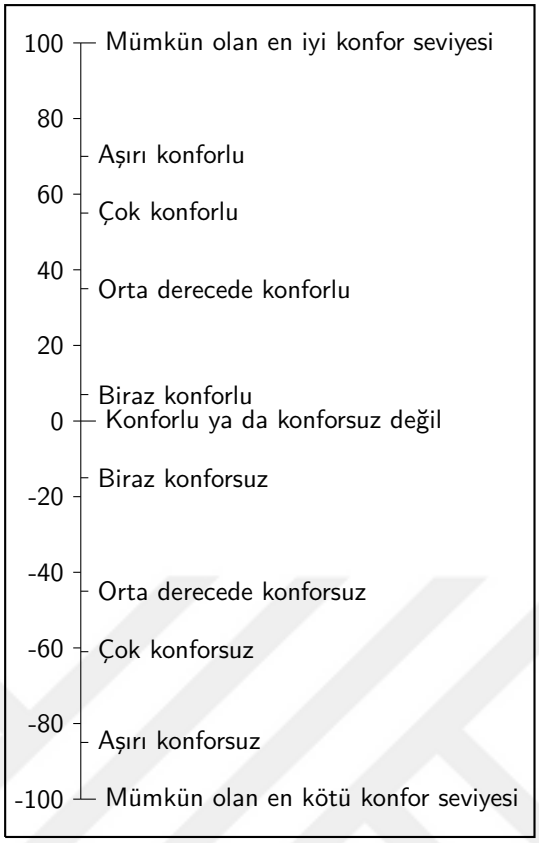
Asad ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, sekiz farklı hammaddeye sahip kumaş tipinin konforu, batma hissi açısından değerlendirilmiştir. Sekiz farklı dokuma kumaşın, 31 katılımcı ile gerçekleştirilen duyusal değerlendirmelerden elde edilen batma hissi bulguları karşılaştırılmıştır. En az batma hissi; pamuk, kaşmir ve pamuk-poliester karışımı hammaddeye sahip kumaş tipleri için kaydedilmiştir. Hammaddesi keten ve kenevir olan kumaş tipleri katılımcılar tarafından orta seviyede batma hissine sahip olarak değerlendirilmiştir. Jüt, yün ve rami içeren kumaş tipleri, en yüksek batma seviyesine sahip kumaş tipleri olarak ifade edilmiştir.

1.2.4.3 Tutum ve Mekanik Özellikler Arasındaki İlişkiler

Sztandera ve ark. (2013) tarafından gerçekleştirilen, askeri alanda kullanılan kumaşların tutum ve mekanik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, tutum ile mekanik ve yapısal özellikler arasındaki ilişki regresyon analizi ile incelenmiştir. Dokuma, örme ve dokusuz yüzeylerden oluşan 48 farklı kumaşın yapısal ve mekanik özellikleri, KES-F ile test edilmiştir. Objektif ölçümler ile değerlendirilen parametreler: dayanım, eğilme, kayma, yassılma, yüzey sürtünmesi, kalınlık ve birim alan kütlesidir. Subjektif testler ise iki ayrı grupta gerçekleştirilmiştir. Subjektif ölçümlerin ilk aşamasında, dokunsal konfor parametreleri eğitimli 11 panelist tarafından değerlendirilmiştir. Bu bireyler kumaşın çeşitli tutum özelliklerini 100 üzerinden puanlamıştır.

Subjektif testlerin ikinci aşamasında, kumaşların dokunsal konforu, tüketici grubuna ait özel bir eğitimden geçmemiş 50 panelist tarafından, konfor skalası kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, daha basit ve anlaşılır bir değerlendirme skalası kullanılmıştır (Şekil 1.9).

Çalışma kapsamında 17 adet mekanik özellik, 17 adet tutuma ilişkin özellik ve 6 adet yapısal özellik ölçülmüş ve regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Ölçülen tüm parametreler, regresyon denkleminde bağımlı değişken olarak alınmıştır. Subjektif ölçümlerde tüketiciler tarafından değerlendirilen kumaşların konfor skalası üzerinden

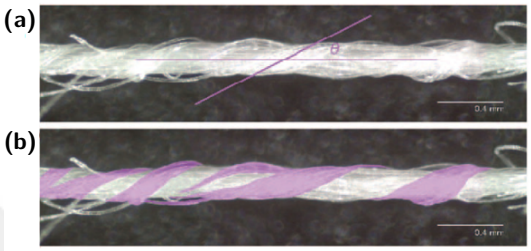


Şekil 1.9 Subjektif değerlendirme skalası (Sztandera ve ark., 2013)

belirlenen dokunsal konfor skoru ise regresyon denkleminin bağımsız değişkeni olarak seçilmiştir. Sonuçta dokunsal konfora ilişkin bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Dokunsal konfora etki eden 40 farklı bağımsız değişkenden, etkisi düşük olanlar regresyon denkleminden çıkarılmış ve denklem daha sade bir hale getirilmiştir (Eşitlik 1.1). Sonuç olarak, sadeleştirilmiş durumdaki regresyon denklemi incelendiğinde, dokunsal konfora etki eden 5 temel parametre olduğu görülmüştür. Dokunsal konfor skoru (k) ile ilişkili olduğu saptanan parametreler; iri taneli yüzey yapısı (a), pütürlü yüzey yapısı (b), sıkıştırılma rezilyansı oranı (c), yüzey sürtünme katsayısının sapması (d) ve birim alan kütlesidir (e).

$$k = 136,130 - 5,252 \times a - 4,555 \times b - 9,434 \times c - 162,129 \times d - 12,414 \times e \quad (1.1)$$

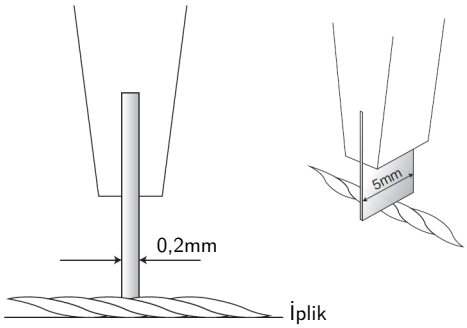
Suzuki ve Sukigara (2013) tarafından gerçekleştirilen, örme kumaşların mekanik ve tutum özelliklerine ilişkin çalışmada, farklı eğirme sistemleri ile iplikler üretilmiştir. Üretilen ipliklerden eşdeğer örme kumaşlar üretilmiştir. Kumaşların temel mekanik özellikleri ölçülmüştür. Çalışma kapsamında farklı düzeler kullanılarak üç tip vorteks iplik, bir tip ring iplik ve bir tip rotor iplik eğrilmiştir. Görüntü analizi yöntemi ile ipliklerin yüzey yapısı incelenmiş, büküm açısı, büküm miktarı, sarıcı lifler tarafından kaplanan alan ve iplik çapı iplik eksenine dik olarak alınan kesitin görüntüsü üzerinden hesaplanmıştır (Şekil 1.10).



Şekil 1.10 İplik yüzey analizi; (a) sarım açısı ve (b) sarıcı lifler tarafından kaplanan alan (Suzuki ve Sukigara, 2013)

Çalışma kapsamında eğrilen 5 iplik tipinden eşit yapısal parametrelere sahip 5 farklı örme kumaş elde edilmiştir. İpliklerin ve kumaş numunelerinin mekanik özellikleri KES-F sistemi kullanılarak ölçülmüştür. İpliklerin kopma mukavemeti, sıkıştırılabilme yeteneği (Şekil 1.11), eğilme direnci ve burulma direnci değerleri ölçülmüştür. Kumaşlarda ise örme kumaşlar için önerilen test koşullarında kopma mukavemeti ve kayma deformasyonu ölçülmüş, yüzey özellikleri incelenmiştir. Farklı iplikler ile üretilen örme kumaşlar, 48 panelist tarafından subjektif olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, kumaşların yumuşaklığı ve esneyebilme yeteneği test edilmiştir. Elde edilen objektif ve subjektif ölçüm sonuçları birlikte değerlendirilmiştir.

Ring ipliğine ait numunenin test sonuçları referans alınmıştır. Subjektif değerlendirmelerde ring iplik ile elde edilen kumaş en yumuşak, rotor iplik en sert olarak değerlendirilirken, vorteks eğirme sistemi ile elde edilen ipliğe ait kumaş numunesi ise arada bir değer almaktadır. Esnemede de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ring ipliğe ait numunenin esneme özelliği en yüksek, rotor ipliğin ise en

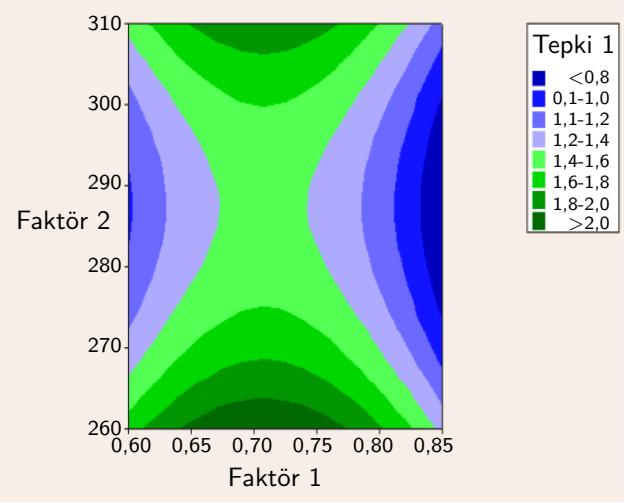


Şekil 1.11 İpliğin sıkıştırılabilme yeteneğinin ölçümü (Suzuki ve Sukigara, 2013)

düşüktür. Kopma uzamasına ilişkin mekanik ölçümler ile subjektif ölçümlerden elde edilen esneme değerleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Öte yandan kayma direnci en düşük olan kumaş subjektif ölçümlerde en esnek kumaş olarak seçilmiştir. Sürtünme katsayısı düşük olan kumaşların daha yumuşak olarak algılandığı ortaya konmuştur. Kayma direnci düşük kumaşlar daha yumuşak olarak algılanmıştır. İplik tüylülüğü arttıkça (lifin de yumuşak bir lif olması dolayısıyla) kumaşın daha pürüzsüz olarak algılandığı saptanmıştır.

Taieb ve ark. (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, konforla ilişkilendirilen mekanik ve yapısal özellikler ölçülmüş, sonuçlar özel grafikler ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı, ölçülen mekanik parametrelerin sonuçlarından yola çıkılarak istenen konfor özelliğinin sağlanıp sağlanamadığının RMS grafikleri aracılığı ile saptanmasıdır. İncelenen kumaşların tutum ile ilişkili olduğu bilinen mekanik özellikleri SiroFAST sisteminin kalınlık ve sıkıştırılabilme yeteneği, eğilme direnci, düşük yük altında uzama yeteneği ölçüm modülleri ile test edilmiştir. RMS, işlem ve ürünlerin performansını arttırmada kullanılan özel bir grafik yöntemidir (Şekil 1.12). Yöntemin amacı her bir tepkiye bir amaç fonksiyonu atamak ve kabul bölgesi belirlemektir. Bu şekilde elde edilen grafik üzerinden istenen kriteri sağlayan bölge ve test edilen örneğin hangi bölgeye denk geldiği görülebilmektedir.

Nayak ve ark. (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada farklı tipte ve farklı karışım oranlarına sahip, takım elbise yapımında kullanılan bezayağı veya dimi, PES/Viskon dokuma kumaşlar incelenmiştir. Mekanik özellikler KES-F ile ölçülmüştür. Sonuçlar PES içeriği ve atkı sıklığı arttıkça, eğilme rijitliğinin arttığını



Şekil 1.12 RMS grafiği (Taieb ve ark., 2010)

göstermektedir. Aynı durum kayma rijitliği için de geçerlidir. PES içeriği arttıkça sürtünme katsayısı artarken, geometrik yüzey pürüzlülüğünün azaldığı gözlemlenmiştir. Dimi kumaşın pürüzlülüğünün bezayağı kumaştan daha düşük olduğu, bezayağı numunenin Numeri, Fukurami ve THV değerlerinin düşük, Koshi değerinin ise yüksek olduğu, PES içeriği ve atkı sıklığı arttıkça dokunsal konfora ilişkin bu değerlerin de arttığı saptanmıştır.

Verdu ve ark. (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada DOW XLA^{TM} lifinin PES/pamuk karışımı dokuma kumaşların konfor özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kumaşların ısıl konfor, nem iletimi, tutum gibi konfor parametreleri incelenmiş, bu konfor parametrelerinin tekrarlanan yıkama işlemleri sonrasındaki değişimi de dikkate alınmıştır. Karşılaştırma amacıyla elastik bir lif olan polibütilen tereftalat (PBT) ile üretilmiş bir kumaş da çalışmaya dahil edilmiştir. Sonuçlar özlü ipliklerde öz olarak kullanılan DOW XLA^{TM} lifinin profesyonel kullanıma uygun elastik kumaşların üretiminde kullanılabileceğini ve lifin kullanımı halinde elde edilen kumaşın konfor özelliklerini iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Elde edilen ısıl konfor ve dokunsal konforun tekrarlanan yıkamalardan etkilenmediği de çalışmada ortaya konan bir başka sonuçtur. Bu çalışmanın ikinci bölümü Rego ve ark. (2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde PES/pamuk karışımı dokuma kumaşların yapısal parametrelerinin, performans özelliklerine etkisi

incelenmiştir. Ele alınan yapısal parametreler kumaşın PES oranı ve uygulanan bitim işlemleridir. Kumaşların ısıl konfor, nem iletimi, tutum gibi konfor parametrelerinin yanı sıra mekanik özellikleri de incelenmiş, bu özelliklerin birbiri ile olan ilişkisi çok değişkenli korelasyon analizi ile modellenmiştir. Araştırma sonucunda, atkı yönündeki esneme yeteneğinin dokunsal konfor üzerinde oldukça etkili olduğu ve bitim işlemlerinin kumaş performansını belirlemede önemli etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur.

Sülar ve Okur (2008a) tarafından gerçekleştirilen, Türkiye'de üretilen takım elbiselik kumaşların tutumunun analiz edildiği bir çalışmada, kumaşın rijitliği, kalınlığı ve yüzey düzgünlüğü değerlendirilmiştir. 73 farklı kumaş numunesi, eğitimli bir jüri tarafından subjektif olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada %100 yün ve yün/PES karışımı 73 farklı takım elbiselik kumaş kullanılmıştır. Kumaşların yapısal özellikleri (hammadde, örgü tipi, birim alan kütlesi ve sıklık) ölçülmüş, hammadde (yün veya yün/PES karışımları) ve örgü tipine (bez ayağı ve türevleri veya dimi ve türevleri) göre 4 gruba ayrılmıştır.

Subjektif ölçümlerde 15 cm x 15 cm ebatlarında kesilen kumaş örnekleri jürideki her bir birey tarafından her özellik için 3 kez değerlendirilmiştir. Çalışmada subjektif değerlendirme ve objektif ölçümlerden elde edilen verilerin tutarlı olduğu ve yöntemin tekrarlanabilir olduğu ifade edilmiştir. Çalışma sonucu, Türkiye'nin ileri gelen kamgarn kumaş üreticilerinden temin edilen takım elbiselik kumaşların ortalama tutum skorunun 5 üzerinden 3,47 olduğu bulunmuştur. Bu skora dayanarak, Türkiye'de üretilen kamgarn kumaşların tutum özelliklerinin orta seviye (skor 3) ve iyi seviye (skor 4) arasında yer aldığı belirtilmiştir.

Sülar ve Okur (2008b) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kumaş tutumu basit ölçüm yöntemleri ile objektif olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, mekanik ve yapısal özelliklere ilişkin 36 farklı parametre test edilmiş, bu özellikler altı gruba ayrılmıştır. Yedi parametre de objektif ölçümlerden elde edilen sonuçlar kullanılarak hesaplanmıştır. Mukavemet, eğilme direnci, kayma direnci, sıkıştırılabilme yeteneği, kalınlık, halkadan çekme yükü, yüzey özellikleri (düzgünlük, pürüzlülük) ve birim

alan kütlesi objektif olarak ölçülmüştür. Subjektif yöntemler ile elde edilen değerler objektif ölçümlerden elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Objektif ölçümlerden elde edilen değerler bağımsız değişken, tutum skoru da bağımlı değişken olacak şekilde, test sonuçlarına regresyon analizi uygulanmıştır. Tutum skoru ile objektif ölçümler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, kumaş tutumu ile en yüksek korelasyona sahip parametrenin halkadan çekme yükü olduğu sonucuna varılmıştır. Tutumla ilişkisi olan diğer parametreler, kumaş kalınlığı ve kumaş profilindeki sapmaların aritmetik ortalaması olarak ifade edilmiştir.

1.2.4.4 Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi

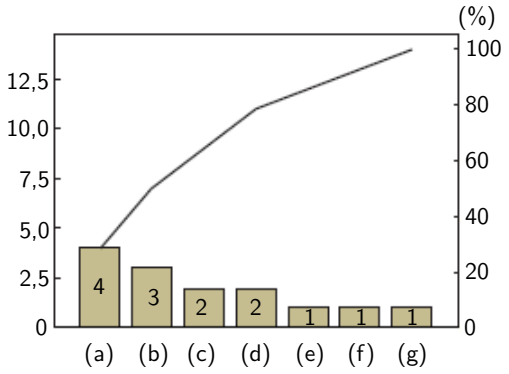
Bir cisim diğer bir cisim üzerinde kayarken, cisimler birbirlerine kayma yüzeyine paralel sürtünme kuvveti uygularlar. Bir düzlem üzerinde, denge şartlarındaki bir cisim, düzleme paralel T kuvveti ile tek yönde çekildiğinde, normal yük (N) cismin ağırlığına ve statik sürtünme kuvveti (F_s) çekme kuvvetine eşittir. T büyütüldükçe, bir sınır değerden sonra cisim düzlem üzerinde kaymaya başlar. Dolayısıyla F_s statik kuvvetinin bir maksimum değeri vardır (Richards ve ark., 1989). Maksimum statik sürtünme kuvveti, 1.2 nolu eşitlikte belirtilen şekilde, μ_s orantı katsayısı ve normal kuvveti (N) kullanılarak hesaplanır.

$$F_s = \mu_s \times F_n \tag{1.2}$$

Kayma başlar başlamaz sürtünme kuvveti küçülür. Bu halde de sürtünme durumundaki iki yüzey için sürtünme kuvveti normal kuvvetle (N) orantılıdır. μ_d orantı katsayısına dinamik (kinetik) sürtünme katsayısı denir (Richards ve ark., 1989). Hareket halindeki cisim için dinamik sürtünme kuvveti, 1.3 nolu eşitlikte belirtilen şekilde, μ_d orantı katsayısı ve normal kuvveti (N) kullanılarak hesaplanır.

$$F_d = \mu_d \times F_n \tag{1.3}$$

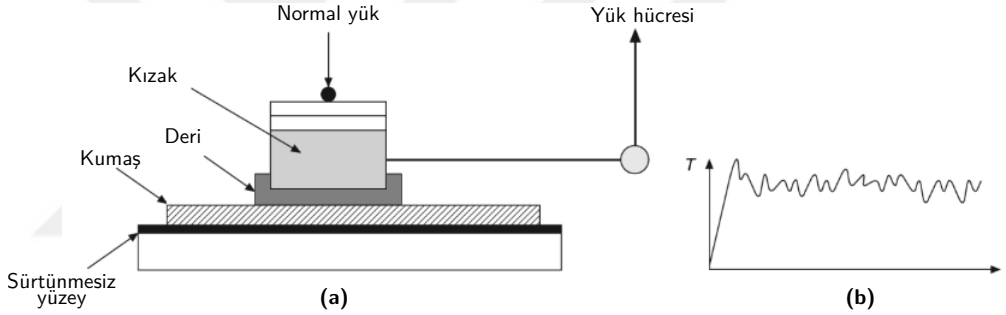
Tekstil ürünlerinin sürtünme katsayısının ölçülmesi ve hesaplanmasına yönelik geliştirilmiş çeşitli yöntemler mevcuttur. Liao ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, 1930 ve 2010 yılları arasında yapılmış, giyim konforunun en önemli parametrelerinden biri olan kumaş yüzey düzgünlüğü-pürüzlülüğüne ilişkin 60'tan fazla araştırma derlenmiştir. Derlenen çalışmalardan edinilen bilgilere dayanarak yüzey düzgünlüğü-pürüzlülüğüne etki eden mekanik özellikler ve etki şiddeti bir histogram ile ifade edilmiştir (Şekil 1.13).



Şekil 1.13 Yüzey düzgünlüğü-pürüzlülüğünü etkileyen mekanik özellikler; (a) sürtünme katsayısı, (b) yüzey pürüzlülüğü, (c) sıkıştırılabilme yeteneği, (d) eğilme özellikleri, (e) esneme özellikleri, (f) kalınlık ve (g) kayma özellikleri (Liao ve ark., 2011)

Sülar ve ark. (2013) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, tekstil yüzeylerinin sürtünme katsayısı, kızak ve sürtünmesiz platform ile test edilmiştir. Aparat temel olarak, belli bir yüzey alanına sahip ahşap bir kızağın, sürtünmesiz bir yüzey üzerine serilmiş ve sabitlenmiş kumaşın yüzeyinde, sabit hız ve sabit normal yükü altında ilerletilmesi prensibine göre çalışır. Bu yöntemle, kumaş-kumaş sürtünmesi ya da kumaşın farklı bir yüzey (örneğin deri) ile sürtünmesi ölçülebilir. Bu amaçla, kumaş yüzeyinde ilerletilen ahşap kızağın kumaşa temas eden yüzeyine, ölçülmesi istenen sürtünme yüzeyini temsil eden materyal sabitlenir. Uzamasız bir iplik ile kızağın bir kenarı, mukavemet ölçerin hareketli üst çenesine bağlanır. Sürtünmesiz bir makara

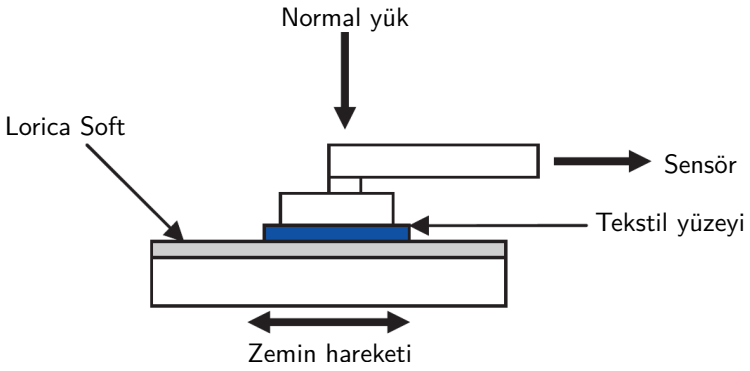
kullanılarak, düşey doğrultudaki üst çene hareketi ile yatay doğrultudaki kızak hareketi arasında istenen geçiş sağlanır. İlerleme esnasında kızağın hareketine karşı koyan sürtünme kuvveti bilgisayar tarafından kaydedilir (Sekil 1.14). Test uzunluğu boyunca kaydedilen sürtünme kuvveti değeri yazılım tarafından grafiğe aktarılarak çıktısı alınır. Bu grafikten ve test parametrelerine ilişkin bilgilerden faydalanılarak, tekstil materyalinin statik ve dinamik sürtünme katsayısı hesaplanır. Çeşitli yapısal parametrelere sahip sistematik kumaş tiplerinin yüzey pürüzlülüğü ve sürtünme katsayısının incelendiği çalışmada; poliester içeren kumaşların pamuk içeren kumaşlara göre daha düşük sürtünme katsayısına sahip olduğu ve atkı sıklığındaki artışın sürtünme katsayısını azalttığı gözlemlenmiş, ölçülen sürtünme katsayıları ve çeşitli pürüzlülük parametreleri arasında anlamlı korelasyonlar saptandığı ifade edilmiştir.



Şekil 1.14 Kızak çekme yöntemi ile deri-kumaş sürtünmesinin ölçülmesi; (a) test düzeneği ve (b) yük-hareket grafiği (Behery, 2005)

Bertaux ve ark. (2007) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada sürtünme ve tutum arasındaki ilişki incelenmiş ve "Tekstil Sürtünme Ölçeri" (TFA) adı verilen yeni bir test düzeneği ile yüzey sürtünme katsayısı ölçülmüştür (Şekil 1.15). Tekstil Sürtünme Ölçeri ile, 28,5 mm çapına ve 6,4 cm^2 temas alanına sahip kumaş numunesi, Lorica Soft adı verilen suni deri üzerine yerleştirilmiş ve deri kaplı zemin 650 defa iki yönde hareket ettirilmiştir. Hareket esnasında oluşan yüzey sürtünmesi alıcı tarafından bilgisayara aktarılmış ve 1.3 numaralı eşitlik kullanılarak sürtünme katsayısı hesaplanmıştır.

Tekstil sürtünme ölçeri ile elde edilen sonuçlar, KES-F ve subjektif dokunsal konfor testlerinin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Kumaşların sürtünme sonuçları ile



Şekil 1.15 Tekstil sürtünme ölçeri (Bertaux ve ark., 2007)

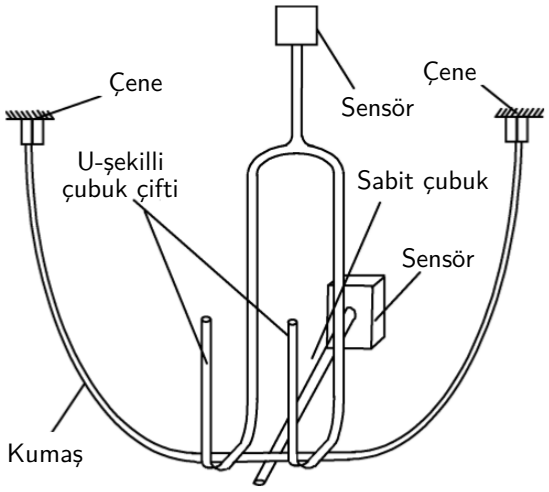
subjektif olarak algılanan dokunsal özellikleri arasındaki korelasyon incelenmiştir. Saptanan ilişki üzerinde farklı parametrelerin etkisinin olup olmadığının incelenmesi amacıyla; kumaşın eğilme direnci, sıkıştırılabilme yeteneği, birim alan kütlesi, tüylülük ve kalınlık gibi yapısal ve mekanik parametreleri de ölçülmüş, eğilme direnci, sıkıştırılabilme yeteneği ve kumaş kalınlığının dokunsal özellikler ile ilişkili olduğu saptanmıştır.

Örme kumaşlar için sürtünme ve tutum arasında bulunan korelasyon katsayılarının, dokuma kumaşlarınkinden daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Bu durum örme kumaşların yüzey yapısı ile açıklanmıştır. Tüylülük, birim alan kütlesi, eğilme direnci ve kalınlık gibi özelliklerin bu ilişki üzerinde büyük etkisi olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın sonuçları KES-F ile TFA sonuçlarının uyumlu olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada ayrıca, ikili eşleme yöntemi ile gerçekleştirilen subjektif testlerin dokunsal özelliklerin ölçümünde iyi sonuç verdiği kanaatine varılmıştır.

Sülar ve Okur (2007) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, daha önce tekstil materyalleri için kullanılmamış olan Mitutoyo SJ-301 marka yüzey pürüzlülük ölçeri ile yün/poliester karışımı dokuma kumaşların yüzeyi incelenmiştir. SJ-301 cihazında, pikap iğnesine benzer bir metal prob bulunmaktadır. 10 μm çapındaki bu prob, ölçülecek yüzey üzerinde ileri geri hareket ederek yüzeydeki pürüzleri algılar. İğnenin bağlı bulunduğu taşınabilir cihaz, algılanan titreşimleri kaydeder. SJ-301 cihazının ölçüm hassasiyeti 350 μm'dir (-200 ile 150 μm arasındadır). Mitutoyo SJ-301 ile gerçekleştirilen yüzey yapısı ölçümlerine ek olarak, kumaşların tutumu,

eğitimli panelistler tarafından subjektif olarak da değerlendirilmiştir. SJ-301 cihazından elde edilen objektif ölçüm sonuçları ve subjektif değerlendirme sonuçları korelasyon analizleri ile karşılaştırılarak, cihazın ölçtüğü parametrelerden kumaş tutumu ile ilgili olanlar saptanmıştır.

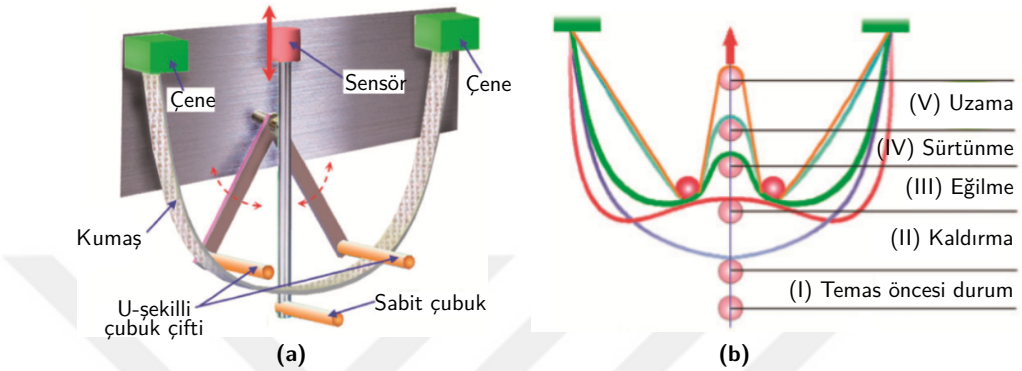
Du ve Yu (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kumaş tutumunu belirleyen bir parametre olan iplik ve kumaş yüzey sürtünmesinin saptanmasına yönelik olarak tasarlanan ve CHES-FY adı verilen yeni bir test aparatı tanıtılmıştır. Söz konusu araştırmada CHES-Fy'nin; birim alan kütlesi, eğilme direnci, esneme yeteneği ve sürtünme özelliklerinin tümünü tek bir test ile ölçerek kumaş tutumunu belirleyebilen bir tasarım olduğu ifade edilmektedir. Her iki kenarından bir çift çeneye sabitlenen kumaş numunesi, biri düz ikisi U-şeklinde olmak üzere üç silindirik çubuğun arasından geçirilir (Şekil 1.16). Sabit çubuk belirlenen hızda hareket ederek kumaşı yukarıya kaldırır. Sensör tarafından kaydedilen grafik, sayısal veriler ve modelleme ile elde edilen formüller kullanılarak yüzey sürtünme katsayısı hesaplanır.



Şekil 1.16 CHES-FY test aparatı (Du ve Yu, 2009)

Sun ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, CHES-FY cihazı ile gerçekleştirilen tutum ölçümünün beş aşaması (temas öncesi, kaldırma, eğilme, sürtünme ve uzama) ifade edilmiştir (Şekil 1.17). Eğilme direnci, Poisson oranı ve yüzey sürtünmesi değerlerinin, beşinci aşama olan "uzama" aşamasından elde edilen verilere etkisi incelenmiştir. Sonuçlar uzama aşamasında kaydedilen yük-yer

değiştirme grafiğindeki değerlerin eğilme direnci ve sürtünme ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Poisson oranının etkisi ihmal edilebilir seviyede bulunmuş, bu sebeple, oluşturulan teorik modelde Poisson oranının ihmal edilebileceğine karar verilmiştir. Test cihazında kullanılan çubukların çapına bağlı olarak eğilme direnci ve sürtünmenin etkisinin değişebileceğine değinilmiştir.



Şekil 1.17 CHES-FY (a) test aparatı ve (b) ölçüm aşamaları (Sun ve ark., 2016)

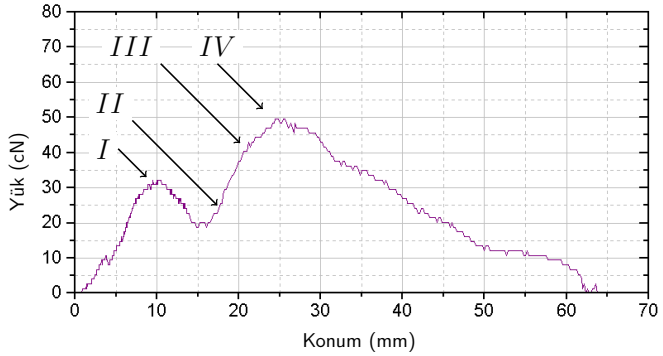
Arshi ve ark. (2012b) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada sıcaklık, bağıl nem, kumaş yapısı, hammadde ve test yönü gibi parametrelerin kumaş yüzey özelliklerine etkisi, bir istatistiksel yöntem olan RSM (tepki yüzeyi yöntemi) ile modellenmiştir. Çözgüsü %100 poliester, atkısı %100 pamuk veya %100 poliester olan, farklı örgü raporlarına sahip dokuma kumaşlar ile çalışılmıştır. Kumaşların yüzey sürtünme katsayısı kızak çekme yöntemi ile ölçülmüştür. Farklı sıcaklık ve bağıl nemde gerçekleştirilecek ölçümler için kondisyonlama kabini kullanılmıştır. Sonuçlar kumaş-kumaş sürtünmesi esnasında kaydedilen statik ve dinamik sürtünme katsayısının bağıl nem, kumaş yapısı, hammadde ve test yönü gibi parametrelere oldukça duyarlı olduğunu ve poliester içeren kumaşların daha düşük sürtünme katsayısına sahip olduğunu ortaya koymuştur (Arshi ve ark., 2012b,a).

1.2.4.5 Halkadan Çekme Testi

Halkadan çekme yöntemi tutumu etkileyen temel mekanik özellikleri bir arada ölçmek ve kumaş tutumunu sayısal olarak belirlemek amacıyla geliştirilmiştir.

Yöntem, dairesel ve büyük çaplı bir örneğin, kendisine göre küçük çaplı ve içerisi tamamen pürüzsüz bir halkadan çekilmesi prensibine dayanır. Kumaşın tamamının halkadan geçmesi sırasında kaydedilen yük değerinin; eğilme direnci, kayma direnci, sıkıştırma direnci ve sürtünme kuvvetinin bir bileşimi olduğu düşünülmüştür. Yapılan çalışmada halkadan çekme testi sonuçları ile KES-F'den elde edilen eğilme direnci, eğilme histerizisi ve birim alan kütlesine ilişkin değerler arasında anlamlı korelasyonlar bulunmuştur (Grover ve ark., 1993).

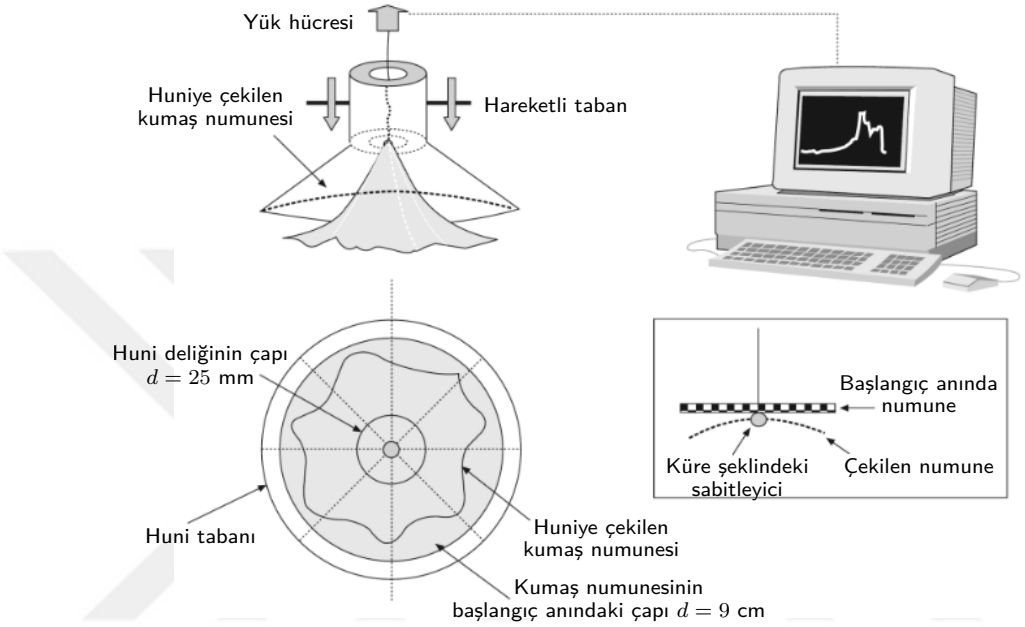
Pan ve Yen (1992) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, halkadan çekme yöntemi ile elde edilen yük-yer değiştirme eğrilerinin karakteristik noktaları saptanmıştır (Şekil 1.18). Öncü tepe noktası (I), kumaşın halkaya girişi sırasında katlanması sonucu kaydedilen yükü belirtir. Öncü tepe noktasının değeri eğilme rijitliği, ağırlık ve kalınlık ile ilişkilidir. Ana tepe noktasının başlangıç eğimi (II), kumaşın sıkıştırma özellikleri, yüzey pürüzlülüğü ve ağırlık ile ilişkilidir. Kumaş I noktasında katlanmadan sonra, halkanın girişinde çekilirken sıkıştırılmaktadır. Bu aşamada çekme işlemine esas direnç relatif olarak düşüktür ancak bu durum da kumaşın sıkıştırma ve yüzey özelliklerine bağlıdır. Ana tepeye en yakın nokta (III), daha çok çekme kuvveti ile karakterize edilmekte ve çekme enerjisi, kalınlık, ağırlık ve kayma histerizisi ile ilişkilendirilmektedir. Ana tepe (IV); çekme kuvveti, çekme enerjisi, kayma histerizisi, eğilme rijitliği, ağırlık ve kalınlık ile ilişkilidir.



Şekil 1.18 Halkadan çekme grafiğindeki karakteristik noktalar

Killinc (2004) tarafından tasarlanan El Mogahzy-Kilinc tutum ölçerinde, kumaş numunesi halka yerine huni şeklindeki düzenekten geçirilmektedir (Şekil 1.19). Testin başlangıç anında dairesel kumaş numunesi yatay düzlemde ve düz formdadır.

Huni şeklindeki başlığın aşağı hareketi ile kumaş kendi ağırlığına karşı kıvrılmaya başlar. Kumaşın kendi üzerine katlanma davranışı kumaş dökümlülüğü ile bağlantılıdır. Bu aşamada kumaşın görüntüsü alınarak yazılım tarafından analiz edilir. Dökümlü bir kumaşın çok sayıda kıvrım oluşturması beklenirken, rijit kumaşların kağıt gibi tek doğrultuda katlanması beklenmektedir.



Şekil 1.19 El Mogahzy-Kilinc Tutum Ölçeri'nin temel bileşenleri (Behery, 2005)

Huninin aşağı yöndeki hareketi devam ederken, kumaş huninin iç yüzeyine temas etmeye başlar. Rastgele noktalarda gözlemlenen bu temas büyük oranda kumaşın ilk başlangıçta sergilediği dökümlülük davranışı tarafından belirlenir. Huni iç yüzü ile temas eden kumaş, insan elinin subjektif testler esnasında yarattığı kuvvete benzer bir baskıya maruz kalır. Bu aşamada kaydedilen yük eğilme direnci ve yüzey sürtünmesi ile ilişkilendirilmiştir. Numunenin huninin silindirik bölümüne girmesi esnasında esneme, sıkıştırılma, kayma ve sürtünme gibi mekanik etkiler bir arada gerçekleşir. Huninin silindirik kısmında ilerleyen numune sıkıştırılma etkisi altındadır ve bu etkinin büyüklüğü huniye girerken kumaşın gösterdiği katlanma davranışına göre değişmektedir. Bu esnada kumaşın eğilme direnci, kumaşın huni yüzeyine ne kadar kuvvetli temas edeceğini belirler. Sonuç olarak farklı eğilme direncine sahip kumaşlar ile farklı sürtünme kuvvetleri kaydedilecektir. Test esnasında kaydedilen yük-hareket

grafiği incelenerek kumaşın "tutum profili" oluşturulur.

1.3 Kumaşların Düzlem İçi Kayma Davranışı

Belirli yönde kuvvetlere maruz kalan bir yüzeyin, düzlem içi hareketler ile yeniden şekil alabilme yeteneğini, yüzeyi oluşturan materyalin kayma davranışı belirlemektedir. Bu yönüyle kayma davranışı, tekstil ürünlerini plastik, kağıt vb yüzeylerden ayıran önemli bir özelliktir. Kayma deformasyonu kumaşların görünüm ve performansına etki eden önemli parametrelerden biridir. Kayma davranışı; başta dökümlülük, şekil alabilme ve tutum olmak üzere pek çok kumaş özelliğini etkilemektedir.

Tekstil ürünlerinde gözlemlenen, vücut hareketlerinden kaynaklanan diyagonal kuvvetler neticesinde oluşan deformasyon, kumaşın kayma davranışı ile ilgilidir ve tekstil ürünlerinin konfeksiyon alanında kullanımını belirleyen bir faktördür. Kullanım esnasında çok çeşitli yüklere maruz kalan giysiler için kayma davranışı kritik bir rol oynamaktadır. Bu noktada, üretim ve tasarım aşamasında, tekstil yüzeylerinin kayma direncinin ve bu dirence etki eden parametrelerin bilinmesinde fayda vardır.

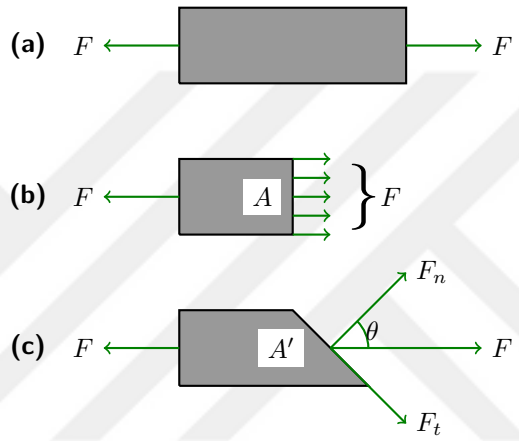
1.3.1 Kayma Deformasyonunun Tanımı

Kayma deformasyonunun tam olarak anlaşılması bakımından, fizikte ve tekstilde kayma deformasyonuna ilişkin kullanılan kavramların kısaca tanımlanmasında fayda vardır. Bu bölümde öncelikle, Richards ve ark. (1989) kaynak alınarak; kayma direncine ilişkin fizikte kullanılan temel kavramlar (gerilme, zor, zorlanma, kesme zoru, kesme zorlanması, kesme modülü) ve eşitliklere değinilmiştir. Daha sonra ise kumaşlarda gözlemlenen kayma deformasyonu ve tekstil alanında kullanılan terimler açıklanmıştır.

Gerilme zoru, sıkışma zoru ve kesme zoru esnek cisimlerde şekil değişikliğine

sebep olan başlıca etmenlerdir. Kesiti A olan bir çubuğa iki tarafından eşit ve zıt yönde F kuvveti uygulandığında A kesitine etki eden kuvvet bir gerilme zoru (σ) meydana getirir (Şekil 1.20). Kesitteki zor, kuvvetin (F) alana (A) oranı ile ifade edilir ve 1.4 numaralı denklem ile hesaplanır.

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{1.4}$$



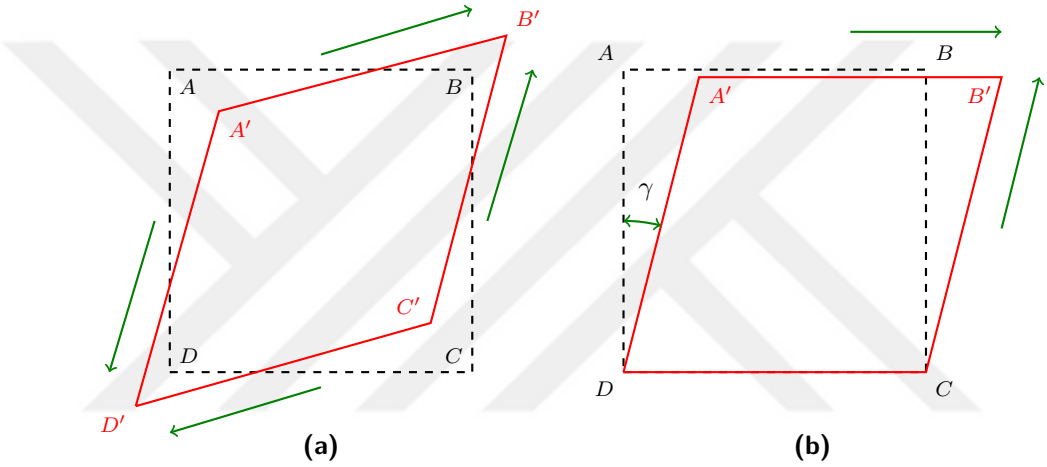
Şekil 1.20 Gerilme zoru altında bulunan bir çubuk; (a) zor, (b) dik kesitte zor ve (c) eğik kesitte normal ve teğetsel zor (Richards ve ark., 1989)

Gerilme zoru altında bulunan çubukta alınan eğik A' kesitindeki zorları incelediğimizde, biri normal zor (σ_n) diğeri teğetsel zor (σ_t) olan iki bileşene ayrıldığını görürüz. Normal zor ve teğetsel zor 1.5 ve 1.6 numaralı denklemler ile hesaplanır. Teğetsel zor, kesme zoru olarak da adlandırılır.

$$\sigma_n = \frac{F_n}{A'} \tag{1.5}$$

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A'} \tag{1.6}$$

Zorlanma terimi bir cismin boyutlarında veya şeklindeki bağıl değişmeyi ifade eder. Her zora karşı bir zorlanma vardır. Zor tatbik edilmeden önceki ABCD kesiti, kesme zoru etkisi altında A′B′C′D′ şeklini alır. Kesme zoru altında bulunan bir çubuğun kesitindeki değişimin gösterildiği Şekil 1.21'de, birinci durumda (a) kesitin merkezi değişmezken, ikinci durumda (b) |AD| ve |A′D′| kenar uzunluğu sabit kalmıştır. Kesme zoru altında yüzeysel boyutlar sabit kalırken |BD| köşegeni doğrultusundaki boyutlar uzar ve |AC| köşegeni doğrultusundaki boyutlar kısalır. Bu tip zorlanmaya kesme zorlanması denir. Kesme zorlanması, kesme açısının tanjantı ile ifade edilir.



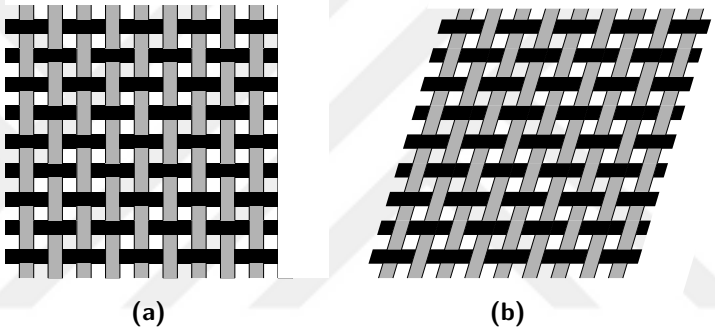
Şekil 1.21 Kesme zoru altında bulunan bir çubuğun kesitindeki şekil değişimi; (a) merkez sabit ve (b) kenar uzunluğu sabit (Richards ve ark., 1989)

Esneklik sınırları içerisinde zorun zorlanmaya oranı esneklik modülü olarak adlandırılır (Hooke Kanunu). Her malzemenin belli bir esneklik modülü vardır. Kesme zorunun kesme zorlanmasına oranı, kesme modülü (G) olarak adlandırılır. Kesme modülünün birimi kesme zorunun birimi ile aynıdır. Kesme modülü (G); kesme kuvveti (F_t), kuvvetin uygulandığı alan (A) ve kayma açısı (γ) kullanılarak hesaplanabilir (bkz: Denklem 1.7). Kesme açısının çok küçük olduğu durumlarda, kesme zorlanması, açının radyan cinsinden değerine eşit (γ) kabul edilebilir.

$$G = \frac{F_t/A}{\tan\gamma} \tag{1.7}$$

1.3.1.1 Kumaşlarda Kayma Deformasyonu

Günlük kullanımda kumaşlar, kayma deformasyonu dahil olmak üzere, pek çok farklı deformasyona maruz kalmaktadır. Dokuma kumaşlar, birbirine dik doğrultuda yerleşmiş atkı ve çözgü iplikleri ile oluşturulan yüzeylerdir. Dokuma kumaştaki kayma deformasyonu, atkı ve çözgü ipliklerinin kuvvet etkisi altında bağlantı noktalarında yön değiştirmesidir (Şekil 1.22). Kayma davranışı; uygulanan gerilim, test edilen numunenin boyutları, kumaş sıklığından etkilenmektedir. Hammadde, iplik sürtünme katsayısı vb parametreler de kayma deformasyonu üzerinde etkilidir (Üren ve Okur, 2014).

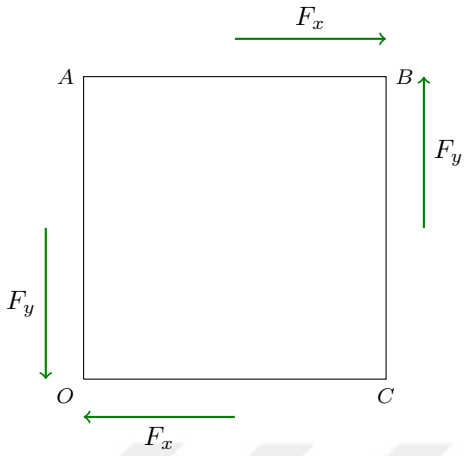


Şekil 1.22 Bezayağı örgü raporuna sahip dokuma kumaştaki atkı ve çözgü ipliklerinin (a) deformasyonsuz ve (b) kayma deformasyonu sonrasındaki konumu

Tekstilde kayma deformasyonu söz konusu olduğunda, fizikte kullanılan terimlere karşılık gelen farklı adlandırmalar karşımıza çıkmaktadır. Kavram karmaşasının önlenmesi bakımından, kayma deformasyonu ve test yöntemlerini incelemeden önce bu terimlerin açıklanmasında fayda vardır. Tekstillerin kayma deformasyonuna ilişkin genel ifadeler ve kavramların tanımları bu bölümde açıklanmıştır.

1.3.1.1.1 Basit Kayma. Dikdörtgen prizması biçimli bir cisim yalnızca iki dik eksen doğrultusunda gerilmeye uğradığında ve bu gerilmelerin eşit ve ters yönlü olduğu durumda gözlemlenen kayma basit kayma (*simple shear*) olarak adlandırılır (Şekil 1.23) (Başer, 2008; Zheng ve ark., 2006). Kumaştaki tüm ipliklerin kayma kuvvetinden aynı şekilde ve eşit miktarda etkilendiği bölgede gerçekleşen kayma

deformasyonuna ise, tam kayma (*pure shear*) adı verilir (Abed ve ark., 2011; Cavallaro ve ark., 2007; Dolatabadi ve ark., 2009; Zheng ve ark., 2006).



Şekil 1.23 Kesme zoru altında bir çubuğun kesiti (Richards ve ark., 1989)

1.3.1.1.2 Kayma kuvveti (F_k). Bir yüzeye yalnızca iki dik eksen doğrultusunda uygulanan kuvvet çiftine kayma kuvveti (*shear force* adı verilir. Kayma kuvvetine farklı kaynaklarda kesme kuvveti ya da makaslama kuvveti de denmektedir (Başer, 2013).

1.3.1.1.3 Kayma gerilmesi (τ_{xy}). Kayma kuvveti etkisi ile gözlemlenen gerilmedir. Vektörel bir büyüklük değildir. Kayma gerilmesine (*shear stress*), kayma zoru veya kesme zoru da denir.

1.3.1.1.4 Kayma deformasyonu (ε_{xy}). Bir yüzeye, yalnızca iki dik eksen doğrultusunda kuvvet etki ettiğinde gerçekleşen yüzey deformasyonudur (Başer, 2013). Kayma deformasyonuna (*shear deformation*), kesme zorlanması da denir.

1.3.1.1.5 Kayma açısı (γ). Kayma kuvveti etkisi ile yüzeyde gözlemlenen açı değişimidir. Kayma açısına (*shear angle* kesme açısı da denir. Kayma deformasyonu, kayma açısının tanjantı cinsinden ifade edilir. Açının çok küçük olduğu durumlarda kayma deformasyonu radyan cinsinden kayma açısına eşit kabul edilebilir.

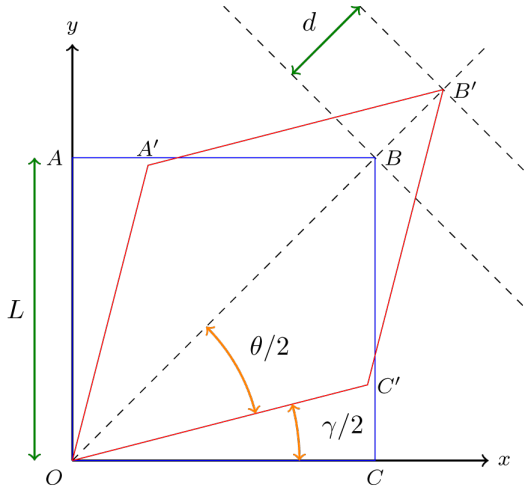
1.3.1.1.6 Yer değiştirme (d). Kayma kuvveti etkisi ile yüzeyde gözlemlenen kayma deformasyonunu, yüzeydeki referans noktanın ilk konumu ile son konumu arasındaki fark olarak ifade eden değerdir. Kayma kuvveti etkisi altındaki yüzeyin, köşegeninin ilk uzunluğu ile son uzunluğu arasındaki farktır (Abed ve ark., 2011; Üren ve ark., 2017).

1.3.1.1.7 Kayma direnci (G). Kayma deformasyonu esnasında materyalin kayma kuvvetine gösterdiği dirençtir. Kayma direnci (*shear rigidity*), kayma gerilmesinin kayma deformasyonuna oranına eşittir.

1.3.1.1.8 Kritik kayma açısı (γ_c). Dokuma kumaşlarda kayma deformasyonu esnasında atkı ve çözgü ipliklerinin birbiri üzerine binmeye başladığı andaki kayma açısıdır. Kritik kayma açısının aşılmadığı durumlarda gözlemlenen kayma deformasyonu küçük kayma deformasyonudur. Kritik kayma açısının aşıldığı durumlarda gözlemlenen kayma deformasyonu büyük kayma deformasyonudur (Launay ve ark., 2008).

Tekstil yüzeylerinde gözlemlenen kayma deformasyonu Şekil 1.24'te temsili olarak gösterilmiştir. OABC dörtgeni tam kayma deformasyonu bölgesini, *x* ve *y* doğrultuları sırasıyla atkı ve çözgü yönlerini temsil etmektedir. Tam kayma bölgesinin her bir kenarı *L* uzunluğundadır ve bu uzunluğun deformasyon sırasında sabit kaldığı kabul edilir. Seçili alana diyagonal yönde bir kayma kuvveti uygulandığında, atkı ve çözgü iplikleri arasındaki 90^o'lik açı değişir. Kare şeklindeki yüzey paralelkenar formunu alır (Abed ve ark., 2011; Üren ve ark., 2017)

Atkı ve çözgü iplikleri arasındaki açının değişim miktarı kayma açısı (γ), kayma kuvveti doğrultusundaki köşegenin ilk uzunluğu ($|OB|$) ile son uzunluğu ($|OB'|$) arasındaki fark yer değiştirme (d) olarak adlandırılır. İki kavram da kayma deformasyonunu ifade eder ve 1.8 numaralı eşitlik kullanılarak kayma açısı hesaplanabilir. Tekstil yüzeylerinin kayma direnci hesaplanırken kuvvetin etki ettiği yüzeyin kesiti tek boyutlu kabul edilir. Dolayısıyla formülde kuvvete dik yöndeki



Şekil 1.24 Kayma kinematiği (Abed ve ark., 2011)

kumaş alanı (A) yerine kuvvete dik yöndeki kumaş eni uzunluğu (w) yazılır (bkz: Denklem 1.9).

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - 2\cos^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{d}{2\times L}\right) \tag{1.8}$$

$$G = \frac{\tau_{xy}}{\varepsilon_{xy}} = \frac{F_k/w}{\tan\gamma} \tag{1.9}$$

1.3.2 Kayma Deformasyonu Test Yöntemleri

Tekstillerde kayma deformasyonu 60 yılı aşkın süredir araştırma konusu olmuş, modellenmesi ve ölçümüne yönelik pek çok teori geliştirilmiştir. Kayma deformasyonunun sayısal olarak ifade edilebilmesi ve objektif olarak ölçülmesi alanında yapılan ilk çalışmalar 1950'li yıllarda gerçekleştirilmiştir.

Katı cisimlerde görülen ve basit kayma olarak adlandırılan düzlemsel deformasyon koşullarını katı cisim davranışı göstermeyen tekstillerde oluşturmak ve gözlemlemek oldukça zordur. Kayma kuvvetinin etkisi altında kalan kumaşlar kıvrılma ya da düzlemi dışına eğilme gibi farklı ve istenmeyen deformasyonlar gösterme

eğilimindedir. Bu nedenle kayma deformasyonunun ölçülmesinde basit kayma koşullarını oluşturacak bir test yöntemi geliştirilmesi oldukça güçtür.

Kayma esnasında kumaş geometrisi iki boyutlu veya üç boyutlu olarak incelenebilir. İki boyutlu ölçümler ile ipliklerin kayma açısı, iplik sıklığı ve numunedeki boyut değişimine ilişkin veriler elde edilir. Tekstil yüzeylerinde üçüncü boyutun kayma deformasyonuna etkisinin düşük olduğu kabul edilerek, küçük kayma deformasyonlarına ilişkin test yöntemleri iki boyutlu kabullere göre geliştirilmiştir.

Kayma deformasyonu sırasında sıkıştırma kuvvetlerinin etkisinde kalan numune kıvrılma eğilimine girer. Bu etkinin giderilmesi için kumaşa eksenel yönde bir germe kuvveti uygulanır. Böylece kumaşı sıkıştıran kuvvet en aza indirgenecek ve test sırasında kumaşın düzlemsel durumu korunacaktır. Diğer yandan kumaş örneğinin boyutları da uygun test koşullarını sağlamak ve tekrarlanabilir sonuçlar elde etmek açısından önem kazanmaktadır.

Kayma deformasyonunun ölçülmesi ve kayma direncinin hesaplanmasında kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları deneme aşamasında, bazıları ise ticarileşmiş durumdadır.

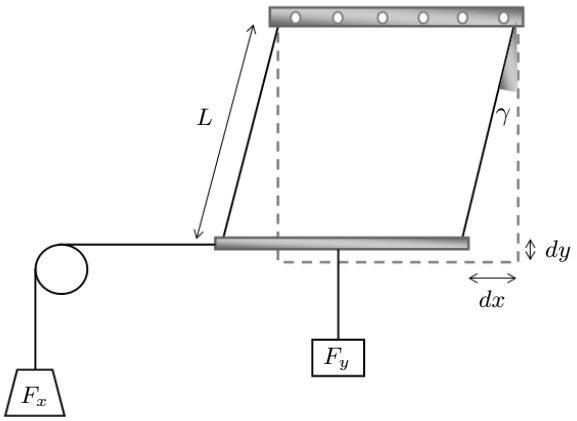
1.3.2.1 Basit Kayma

Kumaşların kayma direnci 1950'den beri araştırılan bir konudur. O zamandan bu yana çeşitli test yöntemleri ve aletleri önerilmiştir. Basit kayma testi ilk olarak 1957 yılında Morner ve Eeg Olofsson (1957) tarafından kayma deformasyonu ölçümünde kullanılmıştır. Takip eden yıllarda Behre (1961); Cusick (1961); Treloar (1965); Spivak ve Treloar (1968) tarafından iyileştirilmiştir. Bu yöntemde, numune atkı ve çözgü yönlerine paralel olacak şekilde kare ya da dikdörtgen biçiminde kesilir. İki kenarından biri sabit diğeri hareketli iki çene tarafından tutulan numuneye, bir kenarı doğrultusunda kayma kuvveti uygulanır. Çenelerin yanal hareketine kumaş tarafından gösterilen direnç kaydedilir. Bazı modellerde belirtilen mekanizmaya ek olarak, kumaşın kayma esnasında kıvrım oluşturmasını önlemek üzere, çeneler tarafından

kayma kuvvetine dik doğrultuda bir germe kuvveti uygulanır. Cusick, kayma sırasında bağlantı noktalarında ipliklerin yön değiştirmesinden kaynaklanan sürtünme kuvvetlerini incelemiştir. Bu bilgiden yola çıkarak kayma özelliklerini ölçmeye yönelik bir model oluşturmuştur (Cusick, 1961).

1.3.2.2 Treloar'ın Basit Kayma Test Aparatı

Kumaş kayma direncinin ölçümüne temel olan ilkeleri incelemek için Treloar bir kayma gerilmesi test cihazı tasarlamıştır (Şekil 1.25). Bu test aparatında kumaş numunesi yaklaşık 200 mm uzunluğundaki sabit bir üst tutucu çubuğa sabitlenir. Aynı uzunlukta ve 20 g ağırlıkta bir diğer çubuk tarafından kumaşın alt kenarı tutulur. Ön germe ağırlığı (F_y) kumaşın alt ucunun ortasındaki bir delikten sarkıtılan ipliğe bağlıdır. Kumaşın alt ucuna yatay F_x kuvveti uygulanır. Numune ölçüleri 200 mm x 200 mm ya da 200 mm en ve 20 mm boy olacak şekilde hazırlanır. Uygulanan germe kuvveti 20 g ile 400 g arasında değişmektedir. Yatay ve düşey yer değiştirmeler hareketli bir mikroskopla ölçülür.



Şekil 1.25 Treloar'ın kayma gerilmesi test aparatı (Treolar, 1965)

F_x kuvvetinin uygulandığı nokta kuvvet yönünde dx kadar yer değiştirdiğinde F_y ön germe kuvveti düşey yönde dy kadar yer değiştirir. Bu durumda kuvvetin yaptığı iş $F_x dx$, germe ağırlığının potansiyel enerji değişimi de $F_y dy$ olur. Bu iki iş arasındaki fark, kumaşta biçim değişikliğini sağlayan iş olacak ve eğer kumaşın elastik davrandığı

varsayılırsa o zaman bu iş kumaşta biriken elastik enerjiyi verecektir. Kayma kuvveti (F_k), uygulanan F_x kuvveti ile, F_y ön germe ağırlığının kayma açısının (γ) tanjantı ile çarpımının farkına eşittir (Eşitlik 1.10,1.11,1.12 ve 1.13).

$$F_k = F_x - F_y \times tan\gamma \tag{1.10}$$

$$F_k \times dx = F_x \times dx - F_y \times dy \tag{1.11}$$

$$F_k = F_x - F_y \times \frac{dy}{dx} \tag{1.12}$$

$$tan\gamma = \frac{dy}{dx} \tag{1.13}$$

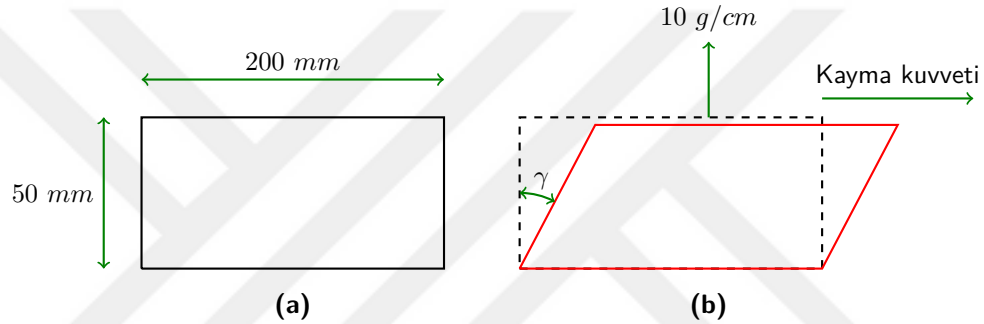
1.3.2.3 KES-FB1-A Kayma Gerilmesi Test Cihazı

En yaygın olarak kullanılan ticari anlamda kabul görmüş basit kayma test cihazı, Kawabata tarafından geliştirilen KES-F (Kawabata Evaluation System for Fabrics) ölçüm sisteminde yer alan KES-FB1-A kayma gerilmesi test cihazıdır (Şekil 1.26). Bu cihaz ile ölçüm yapılırken, test örneğinin eni sabittir. Yöntem, çeneler tarafından iki kenarından tutulan kumaşın, tek bir yönden sabit hızla çekilmesi prensibine dayanır (Kawabata, 1980).

200 mm x 200 mm ebatlarında hazırlanan kumaş numunesi ölçüm mesafesi 50 mm olan iki tutucu arasına sabitlenir (Şekil 1.27). Standart ön germe ağırlığı 200 g'dır (10 g/cm), tercihe göre 100 g ile 1000 g arasında değişebilmektedir. Kumaşı tutan üst çene sağa doğru sabit hızda hareket eder ve kayma deformasyonu gerçekleşir. Maksimum kayma açısı $(\pm)8^o$'dir (Kato Tech Co. Ltd., 2016).

Yapılan araştırmalar, basit kayma testi sonucunda elde edilen kayma

Şekil 1.26 KES-FB1-A kayma gerilmesi test cihazı: (a) genel görünüm ve (b) ölçüm bölgesi (Kato Tech Co. Ltd., 2016)



Şekil 1.27 KES-F testinde (a) başlangıç anında ve (b) deformasyon sonrasında gözlemlenen numune geometrisi

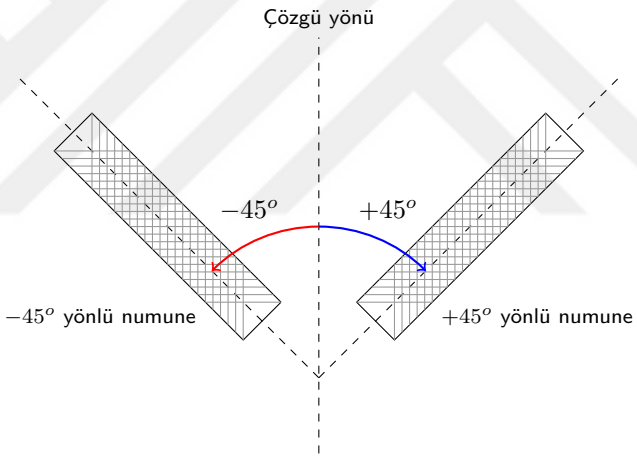
deformasyonunun üniform olmadığını göstermektedir. Hu ve Zhang (1997), KES-F test örneğindeki gerilimleri incelemiş, kayma ile germe kuvvetlerinin aynı anda etki etmesi sebebiyle, kumaş örneğinin test esnasında üniform bir kaymaya maruz kalmadığı sonucuna varmıştır. Basit kayma testinde, kayma esnasında numuneye uygulanan toplam kuvvet kayma kuvvetine denk değildir. Dolayısıyla kayma direnci, test sonuçları kullanılarak doğrudan hesaplanamaz. Hu ve Zhang tarafından gerçekleştirilen çalışmada, basit kayma test aparatının verileri, sonlu elemanlar yöntemi ile yeniden düzenlemiştir. Düzeltilmiş kayma direnci değerlerinin ham verilerden %25-30 oranında farklı olduğu saptanmıştır.

Dokuma kumaşların kayma deformasyonunun ölçümünde kullanılan basit kayma testinde numune hazırlığı oldukça kolaydır. Öte yandan elde edilen kayma deformasyonu homojen değildir ve ölçülen kuvvet değeri, deformasyonu yaratan

kayma kuvvetine denk değildir. Araştırmacılar, yöntemin bu olumsuz özelliklerini gidermeye yönelik yeni test yöntemleri ve aparatları geliştirmişlerdir. Somodi ve ark. (2010), KES-F sonuçlarını optimize etmeye yönelik dokuma kumaşların mikromekanik dayanım modelini oluşturmuşlardır.

1.3.2.4 Çapraz Yönlü Uzama Testi

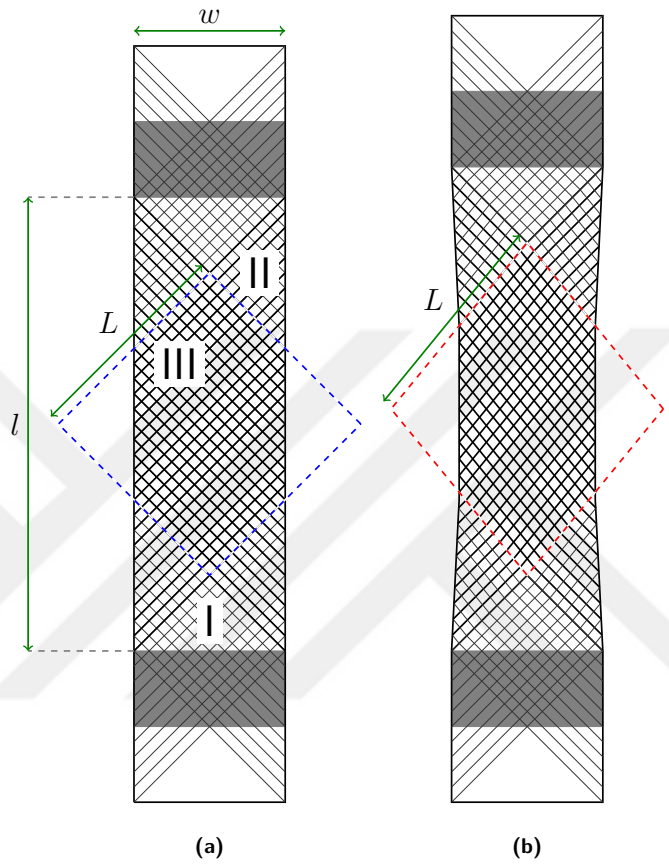
Çapraz yönlü uzama yöntemi geleneksel bir test yöntemidir ve her hangi özel bir test aleti olmaksızın standart çekme cihazlarında gerçekleştirilebilir. Normal bir çekme testine benzemekle beraber, standart çekme testinden farklı olarak dikdörtgen şeklindeki test numunesinin uzun kenarı çözgü yönü ile 45^o açı yapacak şekilde hazırlanır (Şekil 1.28).



Şekil 1.28 Çapraz yönlü uzama testinde numune yerleşimi (Üren ve ark., 2017)

Çeneler tarafından iki kenarından tutulan kumaş numunesine düşey doğrultuda bir F kuvveti uygulanır. Kuvvet etkisi ile deforme olan numunede bir bölgelenme gözlemlenir. Kumaşta kayma deformasyonu ile üç farklı bölge oluşmaktadır (Şekil 1.29). I. bölgedeki tüm iplikler (atkı ve çözgü) çeneler tarafından tutulmaktadır. Bu bölgede çekme işleminin ardından her hangi bir kayma deformasyonu gerçekleşmemektedir. II. bölgede sadece bir yöndeki iplikler (atkı veya çözgü) çeneler tarafından tutulmaktadır. Bu bölgede kayma sonrasında açı değişimi tam kaymanın yarısı kadardır. III. bölgedeki ipliklerin ise hiçbiri çeneler tarafından

tutulmamaktadır. Kumaş üzerinde sadece bu bölgede tam kayma deformasyonu gözlemlenir. Kayma deformasyonuna ilişkin hesaplamalarda I. ve II. bölge ihmal edilir ve sadece III. bölge dikkate alınır (Dolatabadi ve ark., 2009; Abed ve ark., 2011).



Şekil 1.29 Çapraz yönlü uzama testi numunesinde (a) başlangıç anında ve (b) kuvvet uygulandığında gözlemlenen deformasyon bölgeleri (Dolatabadi ve ark., 2009)

III. bölgenin yüksekliği, kayma deformasyonu bölgesinin köşegen uzunluğuna eşittir. Çeneler arası mesafe l ve numune eni w değerleri 1.14 numaralı eşitlikte yerine konularak III. bölgenin (kayma deformasyonu bölgesinin) kenar uzunluğu L hesaplanır. Kayma açısı daha önce de belirtildiği gibi, 1.8 numaralı eşitlik ile hesaplanmaktadır. Bu durumda III. bölgenin kenar uzunluğunu veren denklem kayma açısı denklemine aktarılarak 1.15 numaralı eşitlik elde edilir. Böylece çapraz yönlü uzama yöntemi için kayma açısı (γ); yer değiştirme (d), numune eni (w) ve çeneler arası ölçüm mesafesi l değerleri kullanılarak hesaplanabilir (Launay ve ark., 2008).

$$L = \frac{l - w}{\sqrt{2}} \tag{1.14}$$

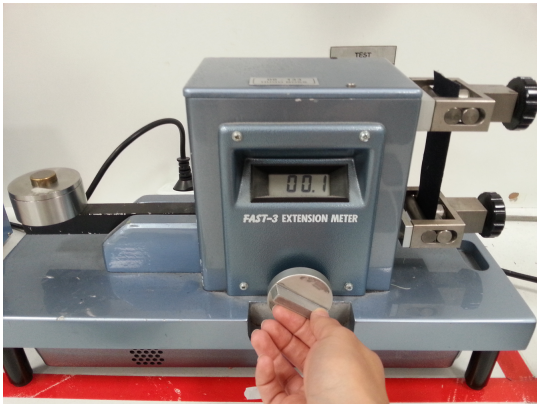
$$\gamma_u = \frac{\pi}{2} - 2\cos^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{d}{\sqrt{2} \times (l - w)}\right) \tag{1.15}$$

1.3.2.5 FAST Sistemi ile Çapraz Yönlü Uzama Testi

Günümüzde kayma deformasyonu ölçümünü de kapsayan ticari olarak kabul görmüş test sistemlerinden biri de CSIRO firması tarafından geliştirilen SIRO-FAST'tir (Fabric Assurance by Simple Testing). FAST sistemi, yün ve yün karışımlı tekstil mamüllerinin dikim performansını belirlemek üzere tasarlanmıştır. Tekstil mamullerinin kayma direnci, Fast-3 modülü kullanılarak, çapraz yönlü uzama yöntemine göre ölçülebilmektedir (Şekil 1.30). Bu test çapraz yönde hazırlanan numunenin düşük yük altındaki uzama miktarının yüzde uzama cinsinden ifade edilmesi prensibine dayanır. Fast-3 modülünde gerçekleştirilecek olan uzama testleri için; ana kumaştan çözgü iplikleri ile 45^o açı yapacak şekilde çapraz yönde numuneler kesilir. Numuneler 130 mm x 50 mm ebatlarında ve dikdörtgen şeklindedir. Fast-3 modülünde, çeneler arası mesafe yaklaşık 95 mm'dir. Diyagonal hazırlanmış olan numunenin 5 gf/cm yük altındaki uzama miktarı cihaz tarafından ölçülür. Ölçülen uzama cihaz tarafından % cinsinden 0,001 hassasiyetle kaydedilir. McGuinness ve OBradaigh (1997) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, FAST kayma testi esnasında, kumaş enindeki değişimin yüksek olduğu ve kayma deformasyonunun üniform olmadığı belirtilmiştir.

1.3.2.6 Alternatif Çapraz Yönlü Uzama Testleri

Chadwick ve ark. (1949), çapraz yönlü uzama testine alternatif bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde çeneler döner disk şeklindedir. Kumaş numunesi silindir oluşturacak şekilde dikilir. Silindir şeklindeki kumaş numunesi, iplikler çenelerle 45^o



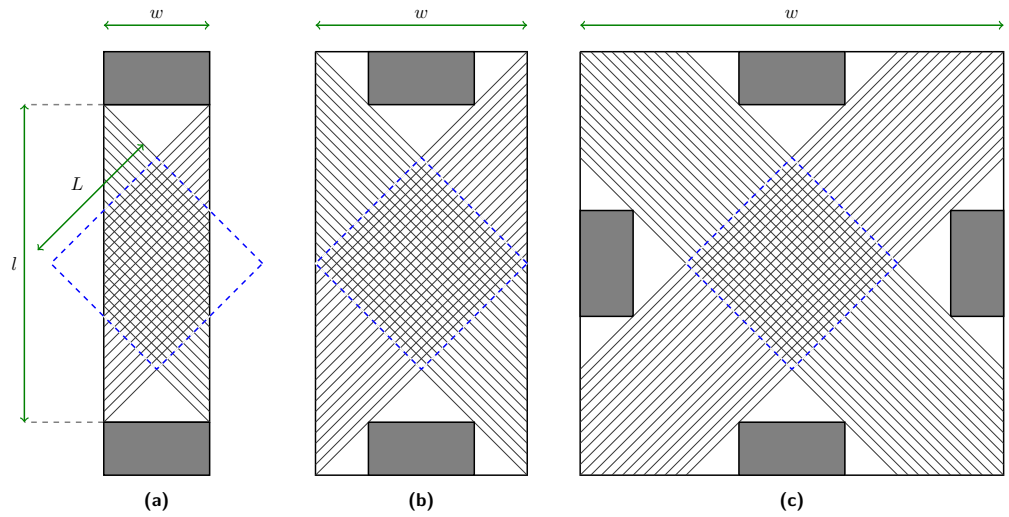
Şekil 1.30 FAST-3 modülü ile kayma direncinin ölçülmesi (Kişisel arşiv, 2016)

açı yapacak şekilde döner çenelere sabitlenir. Numune, tek eksenli çekme testi cihazında test edilir. Silindir şeklindeki kumaş çekme etkisiyle daralır. Araştırmacılar bu yöntemin kayma direncini ifade etmekte yetersiz kaldığını belirtmektedir.

Potluri ve ark. (2006), tekstil kompozitleri üzerine gerçekleştirdikleri bir çalışmada, geleneksel çapraz yönlü uzama testinde karşılaşılan kısıtlamaları gidermek amacıyla, çapraz yönlü uzama yöntemini geniş enli numune ile gerçekleştirmeyi önermiştir. Geniş en çapraz yönlü uzama testinde numune eni çene genişliğinden daha büyüktür ve tam deformasyon bölgesinin yüksekliğine $(l-w)$ eşittir.

Harrison ve ark. (2012), geniş enli kumaş numunesini ortogonal çeneler ile sabitleyerek çapraz yönlü uzama testini gerçekleştirmiştir (Şekil 1.31). Büyük kayma deformasyonlarının ele alındığı bu çalışmada farklı test yöntemlerinden elde edilen kayma direnci sonuçları karşılaştırılmıştır.

Daha doğru ve güvenilir test sonuçları elde edebilmek için kullanım esnasında gerçekleşen kayma deformasyonunu gerçeğine en yakın şekilde temsil edebilecek test yöntemini saptamak önem arzetmektedir. Çapraz yönlü uzama yöntemi, basit ve kolay uygulanabilir olması bakımından pek çok araştırmacı tarafından tercih edilmektedir. Fakat bu yöntemde istenen kayma deformasyonu geometrisi sadece III. bölgede elde edilebilmektedir. Bu geometrinin elde edilmesi için harcanan kuvvet (kayma kuvveti), ihmal edilen I. ve II. bölgelere etki eden kayma ve çekme kuvvetleri ile iç içe geçmiş durumdadır. Bu sebeple kayma deformasyonuna ilişkin sonuçların



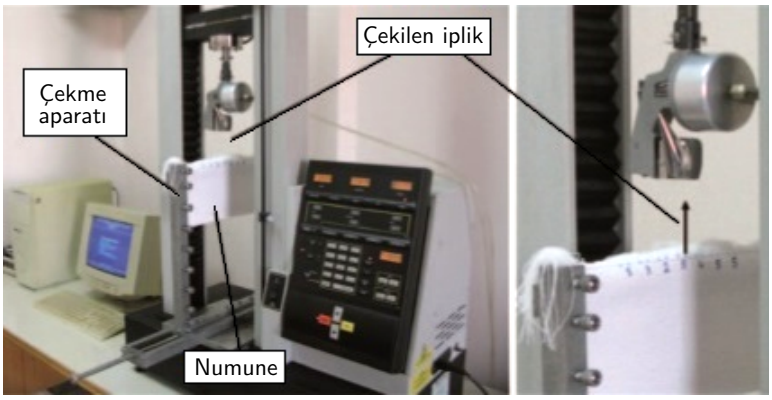
Şekil 1.31 Alternatif çapraz yönlü uzama testlerinde numune ve çenelerin konumu: (a) geleneksel yöntem, (b) geniş enli numune ile ve (c) ortogonal çeneler ile

genel test sonuçlarından ayrıştırılması zordur (Dolatabadi ve ark., 2009). Dolayısıyla, çapraz yönlü uzama yöntemi ile gerçekleştirilen testlerin sonuçlarına dayanarak kumaşın tam kayma davranışına ilişkin fikir edinmek zordur (Abed ve ark., 2011). Buckenham (1997), KES-F ve çapraz yönlü uzama test yöntemlerini karşılaştırmış ve çapraz yönlü uzama yönteminin kafes deformasyonuna uğrayan tekstil yüzeylerinin özelliklerinin belirlenmesine daha uygun olduğu sonucuna varmıştır. Takatera ve ark. (1999), çapraz yönlü uzama testi ile elde edilen sonuçların, büyük yükler söz konusu olduğunda basit kayma deformasyonuna tekabül edemeyeceğini belirtmiştir.

1.3.2.7 İplik Çekme Yöntemi

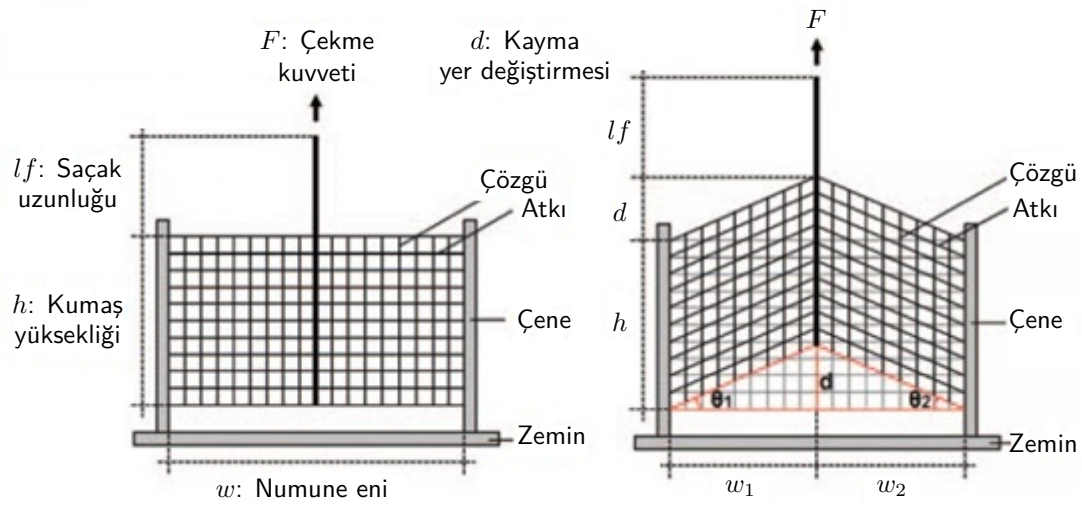
Kayma deformasyonunun tam olarak saptanabilmesi üzerine çalışan araştırmacılar, yeni test yöntemleri önermiştir. Kayma deformasyonuna ilişkin ölçümler için önerilen bir diğer yöntem de iplik çekme yöntemidir. Bilişik ve Yolaçan tarafından geliştirilen iplik çekme yönteminde, kumaş iki kenarından sabit çeneler ile tutulur (Bilişik ve Yolaçan, 2011). Kumaşın üst kısmında saçak halinde bulunan ipliklerinden belli sayıda bir grup oluşturularak üstteki hareketli çeneye sıkıştırılır. Hareketli çene tarafından tutulan iplikler yukarı yönde çekilir ve böylece çekilen ipliklere dik doğrultuda bulunan ipliklerde açı değişimi gözlemlenir. Bu yöntem herhangi bir

çekme cihazında uygulanabilir, fakat kumaşı iki kenarından sabitlemek için özel bir aparata ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 1.32).



Şekil 1.32 İplik çekme yöntemi test aparatı (Bilişik, 2012b)

Dokuma kumaşların kayma deformasyonunu ölçmek üzere kullanılan bu yöntemin temel prensibi, kumaş numunesinden 15 cm saçak oluşturacak şekilde ipliklerin sökülmesi ve saçağın ortasında kalan ipliklerden belli sayıda iplik içeren bir grubun cihaz tarafından tutularak kumaştan yukarıya doğru çekilmesidir. Çekilecek ipliklerin sayısı 1 ile 5 arasında değişmektedir ve kumaş tipine göre farklılık göstermektedir.



Şekil 1.33 İplik çekme yöntemi numune geometrisi (Bilişik, 2012b)

İplik çekme yönteminde, kumaş eni (w) ve çekme ile gözlemlenen yer değiştirme (d) değerleri kullanılarak 1.16 numaralı eşitlikten kayma açısı (θ_1 ve θ_2) geometrik olarak hesaplanır (Şekil 1.33). Kayma direnci (G), çekme kuvveti (F_k), kumaş eni

ve kayma gerilmesi ($tan\theta$) arasındaki ilişkiden yola çıkılarak 1.7 numaralı eşitlikten hesaplanır. Hesaplanan kayma direnci değeri kumaş birim alan kütlesine bölünerek, özgül kayma direnci elde edilir. 1.17 numaralı eşitlikte verilen formülde, kumaşın birim alan kütlesinin (W) birimi g/m^2, özgül kayma direncinin (G_s) birimi Nm/g olarak alınmıştır.

$$tan\theta = \frac{d}{w/2} \tag{1.16}$$

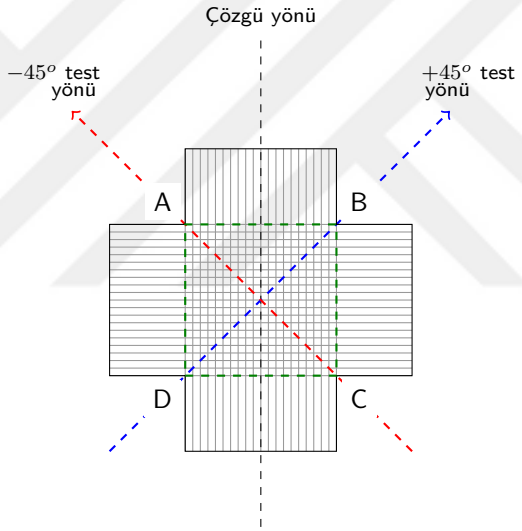
$$G_s = \frac{G}{W} \tag{1.17}$$

Bilişik tarafından yapılan çalışmada, ölçümler esnasında kumaş kıvrımlılığındaki değişim ihmal edilmiştir. Bu yöntem ile elde edilen sonuçların basit kayma testi ve çapraz yönlü kayma testi sonuçları ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Kayma deformasyonu eğrileri başlangıçta diğer iki yöntemden elde edilen eğriler ile benzerlik gösterirken kuvvet arttıkça sonuçlar farklılık göstermiştir. Bu durum artan kuvvet etkisiyle kesişim noktalarında ipliklerin birbiri üzerinden kayması ile açıklanmıştır. Çekilen iplik sayısı arttıkça ölçülen kayma direnci yükselmiştir. Farklı numune boyları ile yapılan denemelerde numune boyu arttıkça kayma direnci değerinin daha yüksek bulunduğu saptanmıştır. Bilişik tarafından gerçekleştirilen çalışmalar, iplik çekme yönteminin teknik kumaşlar için uygulanabilir olduğunu ortaya koymuştur (Bilişik, 2012a,b,c). Öte yandan yöntemin giysilik dokuma kumaşlarda kullanılabilir olduğuna ilişkin bir çalışma bulunmamaktadır.

1.3.2.8 Kayma Çerçevesi Yöntemi

Kayma çerçevesi testi, çerçeve ile dört kenarından tutulan kumaş numunesinin diyagonal yönde çekilmesi prensibine dayanır. Kayma çerçevesi testinde, kumaş numunesi atkı ve çözgü ipliklerine paralel olacak şekilde haç formunda kesilir (Şekil

1.34). Kumaş numunesinin kenarları kare şeklindeki çerçeveye sabitlenir. Çerçevenin kenarları mafsallar ile birbirine bağlanmıştır, dolayısıyla kuvvet etkisi altında şekil değiştirebilmektedir. Çerçeve, köşegenlerinden biri düşey doğrultuda olacak şekilde çekme cihazına yerleştirilir. Daha sonra çekme cihazının üst çenesi düşey doğrultuda ve yukarı yönde hareket eder. Çekme esnasında kumaş numunesi kayma deformasyonuna uğrar ve kare şeklindeki tam kayma bölgesi paralel kenar formunu alır. Tam kayma bölgesinde düşey doğrultudaki köşelerde açı daralırken, yatay köşelerdeki açı genişler. Kayma çerçevesi yaygın olarak kullanılan çekme cihazlarına monte edilerek kullanılabilmektedir. Yapılan araştırmalar kayma çerçevesinin en güvenilir kayma deformasyonu test yöntemi olduğunu ve çok farklı dokuma kumaş yapıları için kullanılabilir olduğunu göstermiştir.



Şekil 1.34 Kayma çerçevesi yönteminde numune geometrisi (Üren ve ark., 2017)

Çekme işlemi sırasında harcanan kuvvet kayma kuvveti olarak kaydedilir. Kayma deformasyonu, kayma açısı ve köşegenin uzunluk değişimi cinsinden ifade edilir. Bu veriler kullanılarak kumaşın kayma direnci hesaplanır. Kumaşa uygulanan kayma gerilimi kafes yöntemi ile hesaplanır. Kafes modeli kabulünde; iplikler bağlantı noktalarında birbiri üzerinde hareket ederler, bağlantı noktalarındaki açı değişirken, atkı ve çözgü ipliklerinin uzunlukları sabit kalır. Bu teori numuneye kayma kuvveti dışında başka bir kuvvetin etki etmediği kabulüne dayanır. Kayma çerçevesinde, kafes modeli prensibine uygun olarak, ipliklerin uzunluğu sabit kalırken kumaşın

alanı azalmaktadır. Bu sebeple kafes modeli ile basit kayma testine kıyasla ideale daha yakın bir kayma deformasyonu elde edilir. Kayma çerçevesi testi, oldukça geniş bir kayma açısı aralığında, en doğru sonucu veren yöntem olarak kabul edilmektedir. Kafes içerisindeki test numunesi "tam kayma" etkisi altındadır. Bu yöntem ile oldukça üniform bir kayma deformasyonu yaratmak mümkündür. Yöntemin tek dezavantajı, numune hazırlığının diğer yöntemlere göre daha zor ve zaman alıcı olmasıdır.

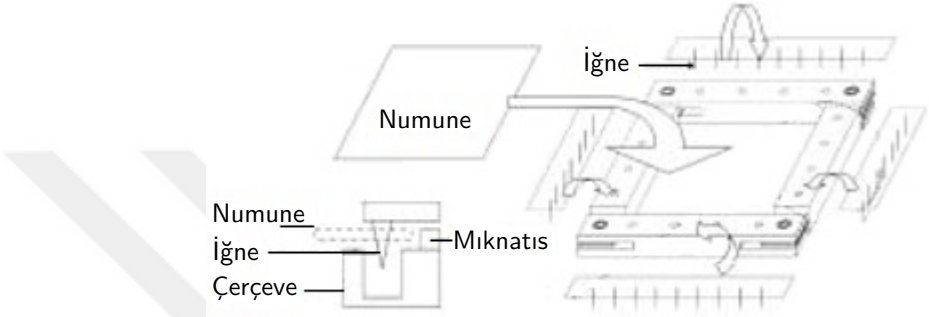
Tam kayma deformasyonunun düzgün bir şekilde elde edilebilmesi için, kumaş kenarlarının çerçeve tarafından iyi bir şekilde tutulması gerekmektedir. Araştırmacılar en uygun kayma çerçevesini tasarlamaya yönelik çalışmalar gerçekleştirmektedirler. Lussier ve Chen, kompozit kumaşların kayma davranışının ölçülmesine yönelik bir aparat geliştirmiş ve kapsamlı bir araştırma gerçekleştirmiştir (Lussier ve Chen, 2002). İlk geliştirilen kayma çerçevesi 300 mm x 300 mm ölçülerindedir.

Chen ve ark. (2001), önceki çalışmada tasarladıkları test aparatını geliştirmeye yönelik yeni bir çalışma yapmışlardır. Bu araştırmada çerçeve boyutu 216 mm x 216 mm'ye düşürülmüştür. İplik sürtünmesini azaltacak düzeltmeler yapılmıştır. Çerçeve içerisindeki kumaşın dengeli bir şekilde gerilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

Dumont (2003), kumaş kenarlarını yerine sabitlemek için kayma çerçevesi modeline termoset matris ile kumaşı tutan kompozit bir çerçeve eklemiştir. Fakat bu yöntem maliyet ve süre açısından avantajlı değildir.

Zheng ve ark. (2006), kumaşın çerçeveye iğneler ile sabitlendiği, kafes geometrisi prensibine dayanan bir kayma çerçevesi konstrüksiyonu tasarlamış ve bu aparat ile elde edilen kayma direnci sonuçlarını geleneksel yöntemler ile karşılaştırmıştır. Tasarlanan çerçeve 234 mm x 234 mm ebatlarındadır, numune 220 mm x 220 mm ve efektif ölçüm alanı 200 mm x 200 mm'dir. Çerçevenin çeneleri arasına yerleştirilen kumaş numunesi iğneli plaka yardımıyla sabitlenir (Şekil 1.35). İğneli plaka ile çerçevenin ana gövdesini bir arada tutmak amacıyla mıknatıs kullanılmıştır. Diagonal biçimde çekme cihazına bağlanan çerçeve, üniform bir hareketle düşey yönde çekilir. Kayma kuvveti, yük sensörü tarafından ölçülür. Kayma kuvveti ölçüldüğü anda

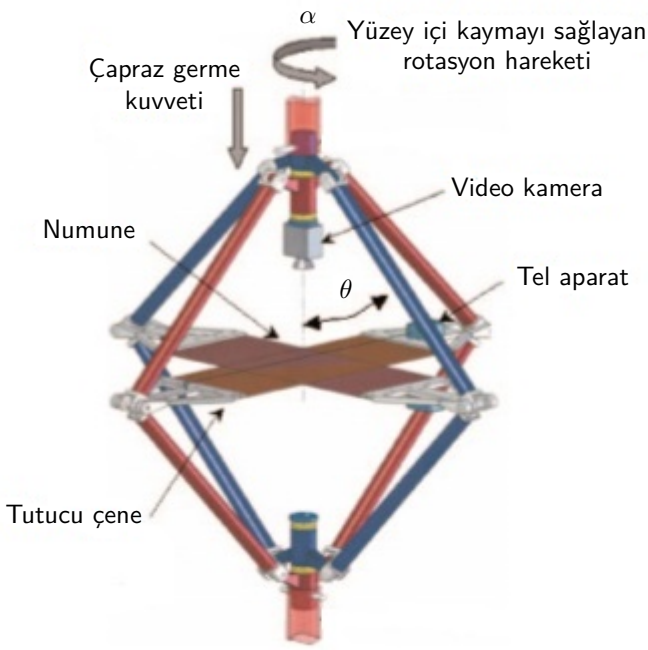
gözlemlenen, düşey doğrultudaki yer değiştirme miktarı lazer yardımıyla ölçülür. Bu tasarım ile ölçülebilen en büyük kayma açısı 40^o'dir. Kayma kuvveti-kayma açısı eğrileri karşılaştırıldığında, farklı yöntemlerden elde edilen test sonuçlarının birbiri ile uyumlu olduğu ve kayma çerçevesi ile kaydedilen kuvvet değerlerinin diğer yöntemlere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Aradaki bu farkın çekme rijitliğinden kaynaklandığı ve kayma çerçevesinin gerçek durumu daha iyi temsil ettiği belirtilmiştir.



Şekil 1.35 Zheng ve ark. tarafından tasarlanan kayma çerçevesi (Zheng ve ark., 2006)

Cavallaro ve ark. (2007) çok yönlü, çekme ve kayma deformasyonlarını aynı anda uygulayabilen kombine bir test cihazı geliştirmiştir. Bu cihaz ile çapraz yönde germe veya basma yükleri uygulanabileceği gibi, aynı zamanda tercihe bağlı olarak test numunesi üzerinde kayma deformasyonu da gerçekleştirilebilmektedir. Düzenek, dokuma ve örme kumaşların elastik kayma direncinin hesaplanmasında geleneksel çekme/burulma test cihazları ile kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Cavallaro ve arkadaşları tarafından tasarlanan düzenek, paralel kenar oluşturacak şekilde birleştirilmiş dört çubuktan oluşan, hareketli iki çerçeve sisteminin (kırmızı ve mavi) düşey köşegenleri çakışacak şekilde köşelerinden mafsallarla birbirine bağlanması ile oluşturulmuştur (Şekil 1.36). Dört adet yük taşıma levhası, hareketli çerçeve sisteminin yatay köşelerine mafsallarla bağlanmıştır. Yük taşıma levhalarının diğer ucunda, kumaş numunesini sabitlemeye yarayan tutucu çeneler bulunmaktadır. Düşey eksende kumaş görünümünü izleyen bir kamera bulunmaktadır. Düzenek düşey ekseninin iki ucundan çekme cihazına bağlanmaktadır. Çekme cihazının aşağı ve yukarı hareket etmesiyle, çapraz yönlü numuneye, çekme ya da sıkıştırma kuvveti uygulanabilir. Bağlantı noktalarındaki rotasyon hareketi ile paralel kenar formundaki

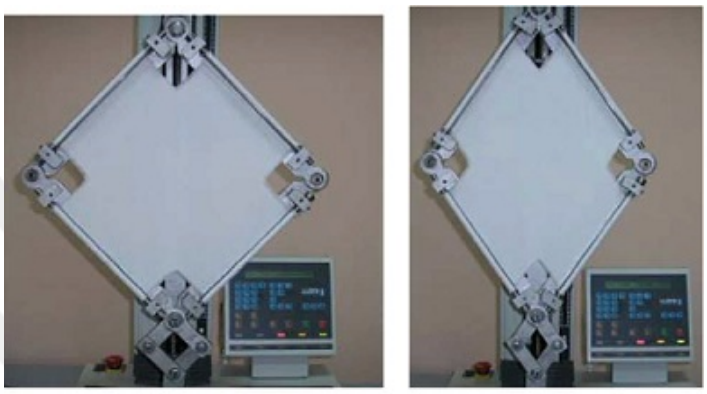
iki çerçevenin birbirine olan açısı değiştirilerek, numune üzerinde bir kayma deformasyonu yaratılabilir. İsteğe bağlı olarak, çekme ve sıkıştırma hareketi, düzlem içi kayma kuvvetleri ile birlikte uygulanabilir. Ön germe miktarı çeneler üzerine yerleştirilen tel aparat ile ölçülür. Tasarlanan test cihazı ile gerçekleştirilen çalışmada, dokuma kumaşların elastisite modülünün ve kayma direncinin doğrusal olmadığı ve kumaş yapısı, çapraz yönlü çekme yükü gibi parametrelerden etkilendiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 1.36 Cavallaro ve ark. tarafından tasarlanan kayma çerçevesi (Cavallaro ve ark., 2007)

Abed ve ark. (2011), kayma deformasyonunun ölçülmesine yönelik olarak geliştirilmiş kavrama mekanizmasına sahip yeni bir kayma çerçevesi önermişlerdir (Şekil 1.37). Bu çalışmada kumaştan 200 mm x 200 mm ebatlarında kesilen test numunesi, köşeleri çıkartılarak haç şekline getirilir. Kumaş numunesinin kenarları çelik çubuklar üzerine sarılır. Kaymanın engellenmesi amacıyla, çelik çubuk vidalar ile sabitlenir. Kayma deformasyonu ölçülecek kumaş numunesi, çerçeve içerisinde iken üzerinde homojen bir gerilim olması istenmektedir. Tasarlanan çerçevenin kumaş üzerinde ek bir gerilim yaratıp yaratmadığı testlerle incelenmiştir. Sonuçlar kumaş üzerindeki germe kuvvetinin dört kenarda eşit olduğunu ve sonuçlara etki etmeyeceğini göstermiştir. Kumaş üzerinde elde edilen kayma deformasyonunun

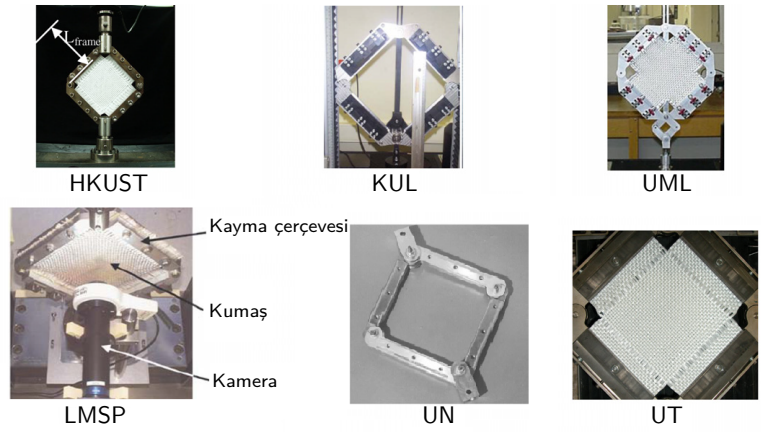
kumaşın her noktasında eşit olması istenmektedir. Bu sebeple test sonrasında homojen bir kayma elde edilip edilmediği de incelenmiştir. Bu tasarımda, numune üzerindeki ön germe kuvvetinin ve kuvvet etkisi altında oluşan kayma deformasyonun üniform olduğu deneysel verilerle doğrulanmıştır. Tasarlanan kayma çerçevesi ile elde edilen kayma direnci değerleri, geleneksel yöntemler ile karşılaştırılmış, çapraz yönlü uzama yönteminin KES-F ve kayma çerçevesi sonuçlarından daha yüksek olduğu saptanmıştır.



Şekil 1.37 Abed ve ark. tarafından tasarlanan kayma çerçevesi (a) başlangıç pozisyonunda ve (b) deformasyon sonrasında (Abed ve ark., 2011)

Dokuma yüzeylerin kullanıldığı kompozit yapılar için kullanılan tekstil materyalinin kayma davranışı oldukça önemli bir mekanik parametredir ve kompozitler ile çalışan araştırmacılar tarafından detaylı olarak incelenen bir özelliktir. Bu çalışmalarda genel olarak kayma çerçevesi yöntemi tercih edilmektedir. Cao ve ark. (2008), aynı kumaşın kayma davranışını altı farklı araştırma laboratuvarında bulunan kayma çerçeveleri ile test etmiş, sonuçları birbiri ile ve çapraz yönlü uzama yönteminden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmıştır (Şekil 1.38). 250 mm ve 145 mm arasında değişen farklı ebat ve kavrama mekanizmalarına sahip kayma çerçeveleri ile gerçekleştirilen testler sonucunda elde edilen kayma direnci değerleri karşılaştırıldığında sonuçların tutarlı olduğu ve kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen testlerin anlamlı sonuçlar verdiğine karar verilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada, kayma çerçevesi testi için test hızının 10 mm/dk ile 1000 mm/dk arasında değiştiği ve farklı laboratuvarlarda farklı test parametreleri ile ölçüm yapıldığı görülmektedir. Cao

ve arkadaşları, sonuçların karşılaştırılabilir olması için, ileriye dönük çalışmalarda test parametrelerinin de optimize edilmesini önermektedir.

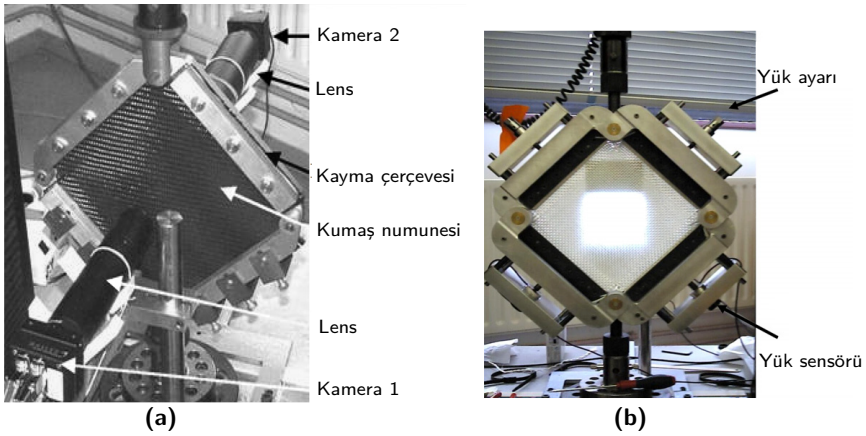


Şekil 1.38 Cao ve ark. tarafından karşılaştırılan kayma çerçeveleri (Cao ve ark., 2008)

Launay ve ark. (2008) iki farklı kayma çerçevesi ile tekstil kalıpların düzlem içi kayma davranışını ve kumaş içi gerilimlerin test sonuçlarına etkisini incelemiştir. Kayma çerçevelerinden birinin iki tarafında nümerik kameralar bulunmaktadır ve kumaşın her iki yüzünden de kayma açısını kaydetmektedir. Diğer kayma çerçevesinde ise atkı ve çözgü doğrultusundaki gerilimi ölçen yük sensörleri ve bu yükü ayarlamaya yarayan yük ayar vidaları bulunmaktadır (Şekil 1.39). Çerçeveler sırasıyla normal kayma çerçevesi ve sıfır gerilimli kayma çerçevesi olarak adlandırılmıştır. Normal kayma çerçevesi, sıfır gerilimli kayma çerçevesi ve çapraz yönlü uzama yönteminden elde edilen kayma yükü-kayma açısı eğrileri karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda, kayma deformasyonu esnasında küçük yükler ile çalışıldığı ve kritik kayma açısı değeri aşılmadığı taktirde, deformasyon esnasında iplikler üzerinde oluşan kumaş içi gerilimin ihmal edilebilir düzeyde olduğu ve test sonuçlarına etki etmediği sonucuna varılmıştır.

1.3.2.9 Kayma Davranışının Modellenmesine İlişkin Çalışmalar

Kayma deformasyonu test yöntemlerindeki ölçüm hatalarını gidermek ve kumaşların kayma davranışını modellemek amacıyla pek çok araştırma



Şekil 1.39 Launay ve ark. tarafından karşılaştırılan (a) nümerik kameralı ve (b) yük sensörlü kayma çerçeveleri (Launay ve ark., 2008)

gerçekleştirilmiştir. Mohammed ve ark. (2000), kayma çerçevesi ile deneysel çalışmalar gerçekleştirmiş ve sonuçları matematiksel olarak incelemiştir. Kritik kayma açısının saptanmasına yönelik mikro yapıda analiz gerçekleştirilmiştir.

Lo ve Hu (2002), kumaşların farklı yönlerdeki kayma davranışını öngören bir model sunmuştur. Teorik ve deneysel bulgular karşılaştırılmış, kayma direnci sonuçları çift kutuplu diyagramlar ile ifade edilmiştir.

Sun ve Pan (2005), birincil kayma bölgesinde gözlemlenen kayma özelliklerini ele alan yeni bir mekanik model önermiştir. Yapılan incelemelerde önerilen mekanik modelin, araştırmacılar tarafından önceki çalışmalarda sunulan modellere kıyasla deneysel sonuçlarla daha uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Liu ve ark. (2005), büyük deformasyonların incelendiği durumlarda yük ve direnci hesaplayan bir kayma çerçevesi modeli geliştirmiştir. Bu çalışmada fiziksel testlere gerek kalmadan kumaşa ilişkin çeşitli parametrelerden yola çıkılarak kumaşın kayma davranışının teorik olarak hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaçla dokuma kumaşların kayma davranışını öngören bir analitik katı mekanik modeli sunulmuştur.

Lomov ve Verpoest (2006), KES-F sisteminde gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen eğilme, sürtünme ve sıkıştırılabilme gibi çeşitli mekanik özelliklerden yola çıkarak kumaşların kayma direncini tahminlemeye yönelik yeni bir model sunmuştur.

Bu model ile bezayağı, dimi ve saten örgü raporuna sahip kumaşlar için diyagramlar oluşturulmuştur. Oluşturulan diyagramlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

Dolatabadi ve ark. (2009), kumaş içerisindeki ipliklerin konumlarını saptayarak kayma kuvveti etkisi altındaki kumaşların geometrik deformasyonunu incelemiştir. Aynı çalışmanın 2. ve 3. bölümlerinde Dolatabadi ve Kovar, kumaşların kayma deformasyonunu simule etmiş ve simulasyon bulgularını bir önceki çalışmanın sonuçları ile karşılaştırmıştır (Dolatabadi ve Kovar, 2009a,b).

1.3.3 Kayma Deformasyonu Test Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Kayma deformasyonuna ilişkin testler incelendiğinde, ilk geliştirilen test yöntemlerinin 1950'li yıllarda, basit kayma prensibine göre tasarlandığı görülmektedir. Çeşitli araştırmacılar tarafından tasarlanan basit kayma aparatları içerisinde en yaygın olarak kullanılan ve ticari anlamda kabul gören kayma testi cihazı, Kawabata tarafından geliştirilen KES-F cihazıdır. Basit kayma test prensibine göre tasarlanan bu yöntemde, numune hazırlığı oldukça kolaydır. Test esnasında numuneye bir ön germe kuvveti uygulanmaktadır. Ön germe kuvveti etkisi altındaki numunede gözlemlenen kayma deformasyonunun üniform olmayışı ve numuneye uygulanan toplam kuvvetin kayma kuvvetine denk olmaması sebebiyle kayma direnci, test sonuçları kullanılarak doğrudan hesaplanamaz. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda, test sonuçlarının kayma kuvvetini verecek şekilde dönüştürülmesine yönelik bilgisayar destekli çözümler sunulmuştur.

Basit kayma test cihazlarına alternatif olarak kayma deformasyonunun standart çekme cihazlarında ölçülmesi amacıyla kullanılan çapraz yönlü uzama testi, kolay oluşu ve standart mukavemet ölçüm cihazlarında gerçekleştirilebilmesi sebebiyle araştırmacılar tarafından sıkça tercih edilmektedir. Bu yöntemde kayma deformasyonu ile numunede farklı bölgeler oluşmakta ve istenen kayma deformasyonu geometrisi sadece numunenin orta bölgesinde elde edilebilmektedir. Orta bölgede elde edilen kayma deformasyonu için uygulanan kayma kuvveti, diğer

bölgelere etki eden kayma ve çekme kuvvetleri ile iç içe geçmiş durumda olduğundan, çekme cihazında okunan kuvvet kayma kuvvetine denk değildir. Dolayısıyla çapraz yönlü uzama testinde, kayma deformasyonuna ilişkin sonuçların genel test sonuçlarından ayrıştırılması zordur. Çapraz yönlü uzama testinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi amacıyla araştırmacılar, silindir şeklinde dikilen numunenin döner diskler tarafından tutulduğu alternatif bir çapraz yönlü çekme testi geliştirilmişse de, yapılan çalışmalar bu yöntemin kayma direncini ifade etmekte yetersiz kaldığını göstermiştir.

Basit kayma ve çapraz yönlü uzama testlerindeki sorunların giderilmesine yönelik yapılan araştırmalar sonucunda kayma çerçevesi yöntemi geliştirilmiştir. Kayma çerçevesi yönteminde, çerçevelerin tutma kuvveti dışında, numuneye ek bir ön germe kuvveti uygulanmamaktadır. Çeşitli kayma çerçevesi tasarımları ile yapılan çalışmalarda, kayma çerçevesi ile sabitlenmiş kumaş numunesine etki eden gerilimin efektif ölçüm alanı içerisinde eşit dağıldığı sayısal verilerle doğrulanmıştır. Kayma çerçevesi yöntemi ile oldukça üniform bir kayma deformasyonu yaratmak mümkündür. Bu yöntem aynı zamanda standart ölçümlere dayanır. Sonuçlar objektiftir. Araştırmacılar tarafından farklı kumaş tutma mekanizmalarına sahip çeşitli kayma çerçevesi aparatları tasarlanmıştır. Kayma çerçevesi standart çekme cihazları ile kullanılabilen bir aparattır. Bu yöntemin tek dezavantajı, numune hazırlığının diğer yöntemlere göre daha zor ve zaman alıcı olmasıdır.

Kayma deformasyonunu ölçmeye yönelik tasarlanan en yeni yöntem, iplik çekme yöntemidir. Bu yöntem için özel olarak tasarlanan kumaş tutucu aparata sabitlenen kumaş numunesinde saçak oluşturacak şekilde sökülen ipliklerden bir kısmı, standart çekme cihazı tarafından çekilerek kumaşta kayma deformasyonu meydana getirilir. İplik çekme yönteminin çeşitli teknik kumaşlarda uygulanabilirliği araştırmalarla doğrulanmıştır (Bilişik ve Yolaçan, 2011). Kayma deformasyonu ölçümüne yönelik geliştirilen bu yönteme ilişkin çalışmalar günümüzde devam etmektedir.

BÖLÜM İKİ
MATERYAL VE METOD

2.1 Denim Kumaşlar

Çalışma kapsamında, denim kumaşların dokunsal konfor ile ilişkili olduğu bilinen yapısal özellikleri, mekanik özellikleri ve yüzey özellikleri değerlendirilmiştir. İlk olarak, pazarda mevcut denim kumaşlar ile gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen veriler incelenerek, kumaşların dokunsal konforunu olumsuz etkileyen durumlar belirlenmiş ve geliştirilmesi gereken özellikler saptanmıştır. Mevcut literatür ve ticari denim kumaşlardan elde edilen bulgular ışığında, tez kapsamında üretilecek olan dokunsal konforu geliştirilmiş sistematik denim kumaşların parametrelerine karar verilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen kumaşlar altı gruptan oluşmaktadır (Tablo 2.1).

İlk grup, durum analizi numune grubudur ve D serisi olarak adlandırılmıştır. Bu grupta, pazarda mevcut denim kumaşların dokunsal konforunun analizi amacıyla temin edilmiş 17 tip ticari denim kumaş bulunmaktadır. Durum analizi numune grubundaki kumaşlar, çok çeşitli yapısal parametrelere ve üretim parametrelerine sahip olmakla beraber, hiç bir kumaş tipi eskitme işlemine tabi tutulmamıştır. Bu gruptaki her bir kumaşın kodunun başında D harfi bulunmaktadır.

İkinci ve üçüncü grupta, dokunsal konforu geliştirilmiş ticari denim kumaşlar yer almaktadır. Dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, durum analizi numune grubu kumaşları içerisinden, farklı özellikleri temsil edecek nitelikte beş kumaş tipi seçilmiştir. Seçilen kumaş tiplerine, iki farklı eskitme (enzim yıkama ve taş yıkama) ve yumuşatma işlemi uygulanmıştır. Enzim yıkama ve yumuşatma işlemi uygulanan durum analizi numune grubu kumaşları E serisi olarak adlandırılmıştır. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi uygulanan durum analizi numune grubu kumaşları T serisi olarak adlandırılmıştır. İlgili kumaş tiplerinin kodunun başında ait olduğu seriyi temsilen E veya T harfi bulunmaktadır.

Diğer üç grup ise, sistematik denim kumaşları kapsamaktadır. Tez kapsamında dokunsal konforu geliştirilmiş 24 farklı sistematik denim kumaş üretilmiştir. Sistematik kumaşlar üretim özelliklerine göre A serisi, B serisi ve C serisi olarak adlandırılmıştır. Her bir kumaşın kodunun başında ait olduğu seriyi temsilen A, B veya C harfi bulunmaktadır.

Tablo 2.1 Tez kapsamındaki kumaşlara genel bakış

Kumaş grubu	Tanım	Örgü raporu	Bitim işlemleri	Yıkama
A serisi	Sistematik denim	Dimi	Yok	Yok
B serisi	Sistematik denim	Bezayağı	Yok	Yok
C serisi	Sistematik denim	Dimi	Yok	Taş y.
D serisi	Ticari denim	Çeşitli	Var	Yok
E serisi	Ticari denim	Çeşitli	Var	Enzim y.
T serisi	Ticari denim	Çeşitli	Var	Taş y.

2.1.1 Durum Analizi Numune Grubundaki Denim Kumaşlar

Denim kumaşların dokunsal konforunun analizi ve geliştirilmesi konulu doktora tezi kapsamında, pazarda mevcut denim kumaşları büyük ölçüde temsil edecek şekilde, firmalardan üç adet bezayağı, altı adet 2/1 dimi ve sekiz adet 3/1 dimi örgü yapısına sahip olmak üzere toplam on yedi farklı denim kumaş temin edilmiştir. Temin edilen kumaş tipleri ile "durum analizi numune grubu" oluşturulmuştur. Bu kumaşlar çalışma kapsamında "D serisi" olarak adlandırılmıştır. Kumaşların iplik parametreleri ve yapısal parametreleri sırasıyla Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te görülmektedir.

Durum analizi numune grubunda; bir adet atkısı %100 keten çözgüsü %100 pamuk (D1.1) ve iki adet atkısı ve çözgüsü %100 pamuk (D1.2 ve D1.3) olmak üzere toplam üç adet bezayağı kumaş numunesi mevcuttur. Tüm bezayağı kumaş tipleri için atkı ve çözgü ipliklerinin tamamı tek katlıdır ve Z büküm yönüne sahiptir. Tüm bezayağı kumaş tiplerinde çözgü iplikleri indigo boya ile boyanmıştır, atkı iplikleri boyanmamış, ağartılmamıştır (ham pamuk rengindedir). Kumaş gramajları yaklaşık 180 g/m^2'dir. Pamuk ipliklerin numarası Ne 20/1, bükümü yaklaşık 850 T/m'dir. Keten ipliğin bükümü düşüktür (670 T/m) ve daha kalındır (Ne 14/1). Tüm bezayağı kumaş tiplerinde atkı sıklığı 20 tel/cm, çözgü sıklığı 30 tel/cm civarındadır.

Tablo 2.2 Durum analizi numune grubundaki kumaşların iplik özellikleri

Kumaş kodu	**Hammadde** (%)		**Numara** (Ne)		**Büküm** (T/m)		**Boyama**
	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü/Atkı
D1.1	Pamuk^{c,p}	Keten^{r,k}	30/1	14/1	905 Z	670 Z	I/E
D1.2	Pamuk^{r,k}	Pamuk^{r,k}	20/1	20/1	866 Z	866 Z	I/E
D1.3	Pamuk^{r,k}	Pamuk^{r,k}	20/1	20/1	846 Z	846 Z	I/E
D2.1	60/40 Pm./Ten.^{r,p}	60/40 Pm./Ten.^{r,p}	20/1	20/1	748 Z	748 Z	I/E
D2.2	Pamuk^{r,k}	Pamuk^{r,k}	16/1	22/1	748 Z	905 Z	DI/E
D2.3	Pamuk^{r,k}	Pamuk^{r,k}	22/1	24/1	905 Z	944 Z	I/E
D2.4	Pamuk^{r,p}	Pamuk^{r,p}	20/1	20/1	787 Z	826 Z	I/E
D2.5	Pamuk^{r,p}	Pamuk^{r,p}	23/1	24/1	905 Z	944 Z	I/E
D2.6	Pamuk^{r,k}	Pamuk^{r,k}	23/1	24/1	905 Z	944 Z	I/E
D3.1	Pamuk^{r,k}	82/18 Pm./PES^{o,p}	20/1	20/1	787 Z	708 Z	K/E
D3.2	Pamuk^{r,k}	82/18 Pm./PES^{o,p}	20/1	20/1	787 Z	708 Z	K/E
D3.3	Pamuk^{r,p}	82/18 Pm./PES^{o,p}	20/1	20/1	787 Z	708 Z	I/E
D3.4	Pamuk^{r,p}	82/18 Pm./PES^{o,p}	20/1	20/1	787 Z	708 Z	K/E
D3.5	Pamuk^{c,p}	93,6/6,4 Pm/El.^{r,p}	30/1	30/1	905 Z	905 Z	I/E
D3.6	Pamuk^{c,p}	Pamuk^{c,p}	30/1	26/1	905 Z	846 Z	I/E
D3.7	Pamuk^{c,p}	Pamuk^{c,p}	30/1	30/1	905 Z	905 Z	I/E
D3.8	Pamuk^{r,k}	96,3/3,7 Pm./El.^{r,p}	14/1	18/1	669 Z	708 Z	I/E
E1.1	Pamuk^{c,p}	Keten^{r,k}	30/1	14/1	905 Z	670 Z	I/E
E1.3	Pamuk^{r,k}	Pamuk^{r,k}	20/1	20/1	846 Z	846 Z	I/E
E2.4	Pamuk^{r,p}	Pamuk^{r,p}	20/1	20/1	787 Z	826 Z	I/E
E2.6	Pamuk^{r,k}	Pamuk^{r,k}	23/1	24/1	905 Z	944 Z	I/E
E3.3	Pamuk^{r,p}	82/18 Pm./PES^{o,p}	20/1	20/1	787 Z	708 Z	I/E
T1.1	Pamuk^{c,p}	Keten^{r,k}	30/1	14/1	905 Z	670 Z	I/E
T1.3	Pamuk^{r,k}	Pamuk^{r,k}	20/1	20/1	846 Z	846 Z	I/E
T2.4	Pamuk^{r,p}	Pamuk^{r,p}	20/1	20/1	787 Z	826 Z	I/E
T2.6	Pamuk^{r,k}	Pamuk^{r,k}	23/1	24/1	905 Z	944 Z	I/E
T3.3	Pamuk^{r,p}	82/18 Pm./PES^{o,p}	20/1	20/1	787 Z	708 Z	I/E

^{r}: ring, ^{c}: kompakt, ^{o}: özlü iplik, ^{k}: karde, ^{p}: penye, I: indigo, ID: doğal indigo, K: küp (Indanthren) boya, E: ekru (boyanmamış) anlamındadır.

Durum analizi numune grubunda; bir adet atkısı ve çözgüsü %60 pamuk %40 Tencel (D2.1) ve beş adet atkısı ve çözgüsü %100 pamuk (D2.2, D2.3, D2.4, D2.5 ve D2.6) olmak üzere toplam altı adet 2/1 (Z) dimi kumaş numunesi mevcuttur. Tüm 2/1 dimi kumaş tipleri için atkı ve çözgü ipliklerinin tamamı tek katlıdır ve Z büküm yönüne sahiptir. Tüm 2/1 dimi kumaş tiplerinde çözgü iplikleri indigo boya ile boyanmıştır, atkı iplikleri boyanmamış, ağartılmamıştır (ham pamuk rengindedir). Kumaş gramajları yaklaşık 200 ile 210 g/m^2 arasındadır.

Durum analizi numune grubunda; dört adet atkısı %82 pamuk %18 PES ve çözgüsü %100 pamuk (D3.1, D3.2, D3.3 ve D3.4), iki adet atkısı elastan pamuk karışımı çözgüsü %100 pamuk (D3.5 ve D3.8) ve iki adet %100 pamuk (D3.6 ve D3.7) olmak üzere toplam sekiz adet 3/1 (Z) dimi kumaş numunesi mevcuttur. Tüm

Tablo 2.3 Durum analizi numune grubundaki kumaşların yapısal özellikleri

Kumaş kodu	**Örgü raporu**	**Sıklık** (tel/cm)	**Gramaj** (g/m^2)	**Bitim İşlemleri**						**Eskitme**
		Çözgü x Atkı		a	b	c	d	e	f	
D1.1	Bezayağı	32 x 21	189,0	+	-	-	+	+	+	Yok
D1.2	Bezayağı	29 x 20	180,6	+	-	-	+	+	+	Yok
D1.3	Bezayağı	28 x 21	179,4	+	-	-	+	+	+	Yok
D2.1	2/1 Z dimi	40 x 23	207,0	-	-	-	+	+	+	Yok
D2.2	2/1 Z dimi	35 x 22	201,5	+	-	-	+	-	+	Yok
D2.3	2/1 Z dimi	44 x 26	199,0	+	-	-	-	+	+	Yok
D2.4	2/1 Z dimi	39 x 22	202,0	+	+	-	+	+	+	Yok
D2.5	2/1 Z dimi	45 x 26	212,0	+	+	+	+	-	+	Yok
D2.6	2/1 Z dimi	45 x 27	200,5	+	+	-	+	+	+	Yok
D3.1	3/1 Z dimi	36 x 24	196,4	-	-	-	+	+	+	Yok
D3.2	3/1 Z dimi	36 x 24	196,5	-	-	-	+	+	+	Yok
D3.3	3/1 Z dimi	36 x 24	196,5	-	-	-	+	+	+	Yok
D3.4	3/1 Z dimi	36 x 24	198,0	-	-	-	+	+	+	Yok
D3.5	3/1 Z dimi	56 x 29	193,6	+	-	-	-	+	+	Yok
D3.6	3/1 Z dimi	53 x 28	195,0	+	-	-	-	+	+	Yok
D3.7	3/1 Z dimi	50 x 34	190,1	+	-	-	-	+	+	Yok
D3.8	3/1 Z dimi	37 x 25	274,0	+	-	-	-	+	+	Yok
E1.1	Bezayağı	32 x 21	188,7	+	-	-	+	+	+	Enzim y.
E1.3	Bezayağı	28 x 21	161,0	+	-	-	+	+	+	Enzim y.
E2.4	2/1 Z dimi	39 x 22	200,4	+	+	-	+	+	+	Enzim y.
E2.6	2/1 Z dimi	45 x 27	197,8	+	+	-	+	+	+	Enzim y.
E3.3	3/1 Z dimi	36 x 24	200,3	-	-	-	+	+	+	Enzim y.
T1.1	Bezayağı	32 x 21	192,7	+	-	-	+	+	+	Taş y.
T1.3	Bezayağı	28 x 21	169,4	+	-	-	+	+	+	Taş y.
T2.4	2/1 Z dimi	39 x 22	205,9	+	+	-	+	+	+	Taş y.
T2.6	2/1 Z dimi	45 x 27	201,5	+	+	-	+	+	+	Taş y.
T3.3	3/1 Z dimi	36 x 24	208,6	-	-	-	+	+	+	Taş y.

a: yakma, b: kaplama, c: kalandır, d: yıkama, e: apre, f: sanfor

3/1 dimi kumaş tipleri için atkı ve çözgü ipliklerinin tamamı tek katlıdır ve Z büküm yönüne sahiptir. Üç adet çözgüsü PES karışımlı kumaş tipinde (D3.1, D3.2 ve D3.4), çözgü iplikleri indanthren (küp) boya ile boyalıdır. Diğer 3/1 dimi kumaş tiplerinde çözgü iplikleri indigo boya ile boyanmıştır. Atkı iplikleri tüm 3/1 dimi kumaşlar için ham pamuk rengindedir.

2.1.1.1 Dokunsal Konforun Geliştirilmesi

Dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla durum analizi numune grubundaki kumaşlar içerisinden, tüketici tutum değerlendirmesi sonuçları esas alınarak farklı özellikleri temsil edecek nitelikte beş kumaş tipi seçilmiş ve seçilen kumaşlara eskitme işlemi uygulanmıştır. Dokunsal konforu geliştirilecek durum analizi numune

grubu kumaşları seçilirken, uygulanacak olan eskitme ve yumuşatma işleminin farklı tutum skoruna sahip kumaşların tutumunun iyileştirilmesine ne derecede katkı sağlayacağının gözlemlenebilmesi amacıyla, sadece çok kötü tutuma sahip kumaşlar değil, farklı tutum özellikleri sergileyen kumaş tipleri de seçime dahil edilmiştir. Seçilen beş kumaş tipinden üçünün (D1.1 D1.3 ve D2.6) tutumu katılımcıların %60'ından fazlası tarafından çok sert olarak değerlendirilmiştir ve tutum skoru 1'dir. Seçilen beş kumaş tipinden birinin (D2.4) tutumu katılımcılar tarafından ne sert ne yumuşak, orta seviyede değerlendirilmiştir ve tutum skoru 3'tür. Seçilen beş kumaş tipinden bir diğerinin ise (D3.3) tutumu katılımcılar tarafından çok yumuşak olarak değerlendirilmiştir ve tutum skoru 5'tir.

Tez çalışması kapsamında uygulanan eskitme ve yumuşatma işlemleri dört adımdan oluşmaktadır; ön yıkama, eskitme, yumuşatma ve kurutma. Dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla durum analizi numune grubundaki kumaşlar içerisinden seçilen beş kumaş tipine iki farklı eskitme işlemi uygulanmıştır. Birinci gruptaki kumaşlara eskitme işlemi olarak sadece enzim yıkama uygulanmıştır. Enzim yıkama işlemine tabi tutulan durum analizi numune grubu kumaşları E serisi olarak adlandırılmıştır. İkinci gruptaki kumaşlara eskitme işlemi olarak taş yıkama uygulanmıştır. Taş yıkama işlemine tabi tutulan durum analizi numune grubu kumaşları T serisi olarak adlandırılmıştır. Eskitilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının kodunun başında ait olduğu seriyi temsilen E veya T harfi bulunmaktadır. Kumaş kodunda belirtilen rakamlar ise, E ve T serisindeki eskitilmiş denim kumaşların, durum analizi numune grubundaki (D serisindeki) işlem görmemiş versiyonlarının sahip olduğu kodlar ile aynıdır. E ve T serisindeki denim kumaşların ön yıkama, eskitme, yumuşatma ve kurutma işlemlerinden sadece eskitme işleminde taş kullanılması ya da kullanılmaması şeklinde bir fark vardır, diğer tüm adımlar ve parametreler eştir. Dokunsal konforu geliştirilmiş E serisi ve T serisi kumaşlarına uygulanan ön yıkama, eskitme, yumuşatma ve kurutma işlemi parametreleri Tablo 2.4'te görülmektedir.

Tablo 2.4 Dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla E ve T serisindeki kumaşlara uygulanan yıkama işlemleri

İşlem		**Enzim yıkama** (E serisi)	**Taş yıkama** (T Serisi)
Ön yıkama	Sıcaklık	40^{o}C	40^{o}C
	Su miktarı	150 L	150 L
	Dispergatör	1 g/L	1 g/L
	İşlem süresi	5 dk	5 dk
	Tambur hızı	28 d/dk	28 d/dk
	Durulama	3 dk	3 dk
Eskitme	Sıcaklık	40^{o}C	40^{o}C
	Su miktarı	50 L	50 L
	Dispergatör	1 g/L	1 g/L
	Islatıcı	1 g/L	1 g/L
	Kırık önleyici	1 g/L	1 g/L
	Selülaz enzimi	2 g/L	2 g/L
	Taş boyutu	YOK	2-4
	Taş oranı	YOK	1/12
	İşlem süresi	10 dk	10 dk
	Tambur hızı	28 d/dk	28 d/dk
	Durulama	3dk (x2)	3dk (x2)
Yumuşatma	Sıcaklık	40^{o}C	40^{o}C
	Su miktarı	50 L	50 L
	Yumuşatıcı	5 g/L*	5 g/L*
	İşlem süresi	5 dk	5 dk
	Tambur hızı	28 d/dk	28 d/dk
	Durulama	YOK	YOK
Kurutma	Sıcaklık	70^{o}C	70^{o}C
	İşlem süresi	45 dk	45 dk

* Mikro silikon ELAM RP CONC.

2.1.1.1.1 Dispergatörün Özellikleri. Denim kumaşlarda ön yıkama esnasında dispergatör olarak DyStar firmasının Lava® Sperse KDS adlı ürünü kullanılmıştır. İçeriğinde polimerik ester ve yağ alkolleri bulunmaktadır. Beyaz yarı akışkan sıvı formundadır, pH 6-8 arasındadır ve noniyoniktir. Denim kumaşların cepleri ve atkı ipliklerinde gerçekleşen geri boyamaya engel olma özelliğine sahiptir. Poliester içeren etiketlerin yıkama esnasında lekelenmesini önler. Amilaz ve selülaz enzimleri ile birlikte kullanıma uygundur. Asidik ve nötral selülaz enzimi ile birlikte taş yıkamada kullanılmaya uygundur. Az miktarda köpük oluşturur ve tamburlu yıkamaya uygundur. Yumuşatma işlemi sonrasında boyanmamış ipliklerin lekelenmesini önlerken tutuma etki etmez.

2.1.1.1.2 Selülaz Enziminin Özellikleri. Denim kumaşlarda taş yıkama esnasında selülaz enzimi olarak DyStar firmasının Lava® Cell NLL adlı ürünü kullanılmıştır.

İçeriğinde enzim granülleri bulunmaktadır. Beyaz sıvı formundadır, pH 6-8 arasındadır. Düşük sıcaklıklarda indigo boyanın mekanik olarak uzaklaştırılmasını hızlandırma ve taş yıkama işlemini kısaltma özelliğine sahiptir. Bazı denim kumaşlarda taş kullanılmadan taş yıkama etkisi elde etmek üzere kullanılabilir.

2.1.1.1.3 Islatıcının Özellikleri. Denim kumaşlarda taş yıkama esnasında ıslatıcı olarak DyStar firmasının Lava® Wet MDF adlı ürünü kullanılmıştır. İçeriğinde organik hidroksil bileşenleri bulunmaktadır. Renksiz bir sıvıdır, pH 5-7 arasındadır ve noniyoniktir. Tekstil yüzeylerinin derinlemesine ıslanmasını sağlar. Dokuma ve örme yapılara sıvı alımını hızlandırır.

2.1.1.1.4 Kırık Önleyicinin Özellikleri. Denim kumaşlarda taş yıkama esnasında kırık önleyici olarak DyStar firmasının Sera® Lube M-CF adlı ürünü kullanılmıştır. İçeriğinde noniyonik poliakrilamid bulunmaktadır. Renksiz bir sıvıdır, pH 6-8 arasındadır ve noniyoniktir. Kayganlaştırıcı özelliği vardır. Akrilik, yün, polyamid, ipek ve selülozik yapıdaki tekstillerin boyanması esnasında kırışık oluşumunu önler. Noniyonik ve katyonik boyalar ile çalışılmaya uygundur, boyayı çökeltmez.

2.1.1.1.5 Mikro Silikonun Özellikleri. Denim kumaşlarda yumuşatıcı olarak Garmon Kimya firmasının ELAM RP CONC. adlı ürünü kullanılmıştır. Elastomerik amino-siloksan mikroemülsiyonudur. Yarı saydam bir sıvıdır, pH 4-6 arasındadır ve katyoniktir. Tüm lifler için uygundur. Yıkama ve kuru temizleme haslığı yüksektir. Dayanıklılık, elastisite, kayganlık ve kolay dikilebilirlik gibi özellikleri kazandırmak üzere kullanılır. Bu ürün ile yapılan yumuşatma işlemlerinde katalizöre ihtiyaç duyulmamaktadır.

2.1.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Durum analizi numune grubundaki kumaşlar üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, tez çalışması kapsamında üretilecek olan sistematik kumaşların

parametrelerine karar verilmiştir. Yapılan araştırmalar, kumaşın dokunsal konforunun, kumaşın ve ipliğin çeşitli yapısal ve mekanik özelliklerinden etkilendiğini göstermektedir. Dokunsal konfor ile ilişkili olduğu bilinen bazı parametreleri şu şekilde sıralamak mümkündür; iplik özellikleri (hammadde, iplik numarası, eğirme sistemi, kat adedi, iplik büküm yönü ve miktarı), yapısal kumaş özellikleri (kumaş tipi, örgü raporu, sıklık, birim alan kütlesi ve kalınlık), kumaş yüzey özellikleri (yüzey sürtünme katsayısı, yüzey pürüzlülüğü) ve kumaş mekanik özellikleri (düşük yük altında uzayabilme yeteneği, eğilme direnci, kayma direnci, sıkıştırılabilme yeteneği ve şekil alabilirlik). Sistematik denim kumaşların üretiminde dikkate alınan parametrelere ilişkin bilgiler bu bölümün alt başlıkları içerisinde açıklanmıştır.

2.1.2.1 Hammadde

Üretilen sistematik denim kumaşların tümünde çözgü ipliği %100 pamuk ve indigo boyalıdır. Hammaddenin tutuma etkisi, farklı hammadde ve karışım oranlarına sahip atkı iplikleri ile değerlendirilmiştir. Dokunsal konfora ilişkin gerçekleştirilen çalışmalarda, eğilme direnci düşük kesikli liflerden elde edilen yüksek tüylülüğe sahip iplikler ile oluşturulan kumaş numunelerinin, dokunsal konfor skorunun daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Ramsay ve ark., 2012). Tablo 2.5'te tekstil liflerinin eğilme direnci değerleri görülmektedir.

Tablo 2.5 Sistematik denim kumaş üretiminde kullanılan tekstil liflerinin eğilme direnci değerleri (Hearle ve Morton, 2008)

Lif	**Özgül eğilme direnci** ($mN\ mm^2/tex^2$)
Pamuk	0,53
Viskon	0,35
Yün	0,24
İpek	0,60
Poliester	0,30

Poliester, düşük maliyeti ve yüksek dayanımı sebebiyle denim kumaş üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Pamuk ve poliester kumaşların yüzey özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, poliester içeren kumaşların daha düşük sürtünme katsayısına sahip olduğu ifade edilmektedir (Arshi ve ark., 2012a,b; Sülar ve ark.,

2013; Asad ve ark., 2016). Öte yandan eğilme özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, pamuk ile %50 oranında karışım halinde kullanılan poliesterin, %100 pamuk kumaşa göre daha yüksek eğilme direncine sahip olduğu belirtilmektedir (Dhingra ve ark., 1981). Poliester viskon karışımı iplikler ile dokunmuş kumaşların karşılaştırıldığı bir diğer çalışmada ise, viskon ile karışım halinde kullanılan poliesterin karışımdaki oranı arttıkça; kumaşların uzama yeteneğinin düştüğü, kayma direnci, eğilme direnci ve sürtünme katsayısının yükseldiği ifade edilmiştir (Nayak ve ark., 2009).

Daha iyi bir tutum eldesi için, hem mekanik hem de yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi gerektiği bilinmektedir. Dolayısıyla, üretilen sistematik denim kumaşlarda, çeşitli poliester/viskon karışım oranlarına sahip atkı iplikleri kullanılarak, farklı oranlarda poliester içeren denim kumaşlar üretilmiş ve üretilen kumaşların tutum özellikleri hem kendi içerisinde hem de %100 pamuk denim kumaş referans alınarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu sayede poliesterin sağladığı ekonomik ve mekanik avantajlardan faydalanılırken, elde edilen denim kumaşların dokunsal konforunun da geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Çeşitli doğal liflerin eğilme direncinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, pamuk lifinin en düşük eğilme direncine sahip olduğu belirtilmiştir (Asad ve ark., 2015). Protein içerikli doğal liflerin, denim kumaşların dokunsal konfor özelliğine katkısının incelenebilmesi bakımından, atkı ipliği olarak kullanılmak üzere, çeşitli hayvansal liflerin viskon ile karışımlarını içeren iplikler temin edilmiş ve çeşitli sistematik kumaşlar üretilmiştir.

2.1.2.2 Yapısal İplik Parametreleri

Eğirme sistemi, iplik numarası, kat adedi, büküm miktarı ve yönü gibi iplik üretim parametrelerinin tutum üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Zaghouani ve ark., 2007; Hua ve ark., 2013). Hammadde özelliklerinin dokunsal konfora etkisinin incelebilmesi bakımından, sistematik kumaş üretiminde atkı ipliği olarak kullanılmak üzere seçilen ipliklerin tümünün eşdeğer yapısal özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu amaçla

arzu edilen hammadde içeriğine sahip, iplik numarası Ne 30/1 veya Ne 28/1 olan, tek kat, Z bükümlü ve metredeki büküm sayısı 700 T/m ile 900 T/m arasında değişen pek çok ring ipliği temin edilmiştir.

Çeşitli firmalardan temin edilen ipliklerin yapısal parametreleri ve tutum ile ilişkili olduğu kabul edilen mekanik özellikleri, dokuma işleminden önce fiziksel tekstil muayeneleri laboratuvarlarında ölçülmüştür. İpliklerin büküm katsayıları istatistiksel olarak incelenerek, %95 güven aralığında büküm katsayıları arasında anlamlı bir fark saptanmayan iplik tipleri ile üretim grubu oluşturulmuştur.

Sistematik denim kumaş üretiminde atkı ipliği olarak kullanılmak üzere seçilen iplikler sekiz tiptir. İplikler; %100 pamuk, %100 poliester, %100 viskon, 85/15 oranında viskon/hayvansal lif (angora, yün ve ipek) karışımı, 67/33 ve 50/50 oranlarında poliester/viskon karışımı olmak üzere farklı hammadde içeriklerine sahiptir. Atkı ipliklerine her hangi bir boyama ya da ağartma işlemi uygulanmamıştır ve ham rengindedir. 67/33 oranında poliester/viskon karışımlı iplik tipi, lif çekimi esnasında eriyikten siyah boyalı olarak üretilmiştir. Tüm iplikler ring eğirme sistemi ile üretilmiştir, Z bükümlüdür ve tek katlıdır. Sistematik denim kumaşların iplik parametreleri Tablo 2.6'da görülmektedir.

Tablo 2.6 Sistematik denim kumaşların iplik özellikleri

Kumaş kodu	**Hammadde** (%)		**Numara** (Ne)		**Büküm** (T/m)		**Boyama**
	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü/Atkı
A1, B1, C1	Pamuk^{r,p}	Pamuk^{r,p}	20/1	30/1	820	896	I/E
A2, B2, C2	Pamuk^{r,p}	Poliester^{r}	20/1	28/1	820	756	I/E
A3, B3, C3	Pamuk^{r,p}	Viskon^{r}	20/1	28/1	820	775	I/E
A4, B4, C4	Pamuk^{r,p}	85/15 Viskon/Angora^{r}	20/1	30/1	820	878	I/E
A5, B5, C5	Pamuk^{r,p}	85/15 Viskon/Yün^{r}	20/1	30/1	820	850	I/E
A6, B6, C6	Pamuk^{r,p}	85/15 Viskon/İpek^{r}	20/1	30/1	820	893	I/E
A7, B7, C7	Pamuk^{r,p}	67/33 Poliester/Viskon^{r}	20/1	28/1	820	762	I/S
A8, B8, C8	Pamuk^{r,p}	50/50 Poliester/Viskon^{r}	20/1	28/1	820	788	I/E

^{r}: ring, ^{p}: penye, I: indigo, S: siyah, E: ekru (boyanmamış)

2.1.2.3 Yapısal Kumaş Parametreleri

Dokuma kumaşlarda dokunsal konforu etkileyen yapısal kumaş parametreleri; örgü raporu, atkı ve çözgü sıklığı, birim alan kütlesi ve kalınlıktır. Tez çalışması kapsamında

üretilen sistematik denim kumaşlarda, etkisi incelenmek istenen parametre dışındaki tüm yapısal kumaş özellikleri eşdeğer seçilmiştir. Sistematik denim kumaşların üretim parametreleri Tablo 2.7'de görülmektedir.

Tablo 2.7 Sistematik denim kumaşların yapısal özellikleri

Kumaş kodu	**Örgü raporu**	**Sıklık** (tel/cm)	**Gramaj** (g/m^2)	**Eskitme**
		Çözgü x Atkı		
A01	3/1 Z Dimi	47 x 21	205,8	Yok
A02	3/1 Z Dimi	47 x 21	212,4	Yok
A03	3/1 Z Dimi	47 x 21	208,0	Yok
A04	3/1 Z Dimi	47 x 21	207,1	Yok
A05	3/1 Z Dimi	47 x 21	210,8	Yok
A06	3/1 Z Dimi	47 x 21	204,9	Yok
A07	3/1 Z Dimi	47 x 21	210,2	Yok
A08	3/1 Z Dimi	47 x 21	210,9	Yok
B01	Bezayağı	38 x 21	151,8	Yok
B02	Bezayağı	38 x 21	162,2	Yok
B03	Bezayağı	38 x 21	155,6	Yok
B04	Bezayağı	38 x 21	153,6	Yok
B05	Bezayağı	38 x 21	154,0	Yok
B06	Bezayağı	38 x 21	152,0	Yok
B07	Bezayağı	38 x 21	157,2	Yok
B08	Bezayağı	38 x 21	157,2	Yok
C01	3/1 Z Dimi	49 x 24	239,6	Taş y.
C02	3/1 Z Dimi	49 x 24	241,0	Taş y.
C03	3/1 Z Dimi	49 x 24	240,0	Taş y.
C04	3/1 Z Dimi	49 x 24	242,4	Taş y.
C05	3/1 Z Dimi	49 x 24	241,6	Taş y.
C06	3/1 Z Dimi	49 x 24	239,0	Taş y.
C07	3/1 Z Dimi	49 x 24	245,9	Taş y.
C08	3/1 Z Dimi	49 x 24	248,1	Taş y.

Tez çalışması kapsamında seçilen atkı iplikleri kullanılarak üretilen ve incelenen sistematik denim kumaşlar temel olarak üç gruba ayrılmaktadır. Birinci grup 3/1 Z dimi örgü raporuna sahip, aynı çözgü üzerine dokunmuş ve her hangi bir bitim, eskitme veya yumuşatma işlemi uygulanmamış denim kumaşlardan oluşmaktadır. Bu kumaşlara sadece haşıl sökme amaçlı yıkama işlemi uygulanmıştır. Bu gruptaki kumaşlar çalışma kapsamında "A serisi" olarak adlandırılmıştır. Kumaşların tümü aynı tezgahta aynı çözgü ipliği üzerine dokunmuştur. Çözgü tek kat, ring, penye, %100 pamuk ipliğidir ve indigo boyalıdır. A serisindeki kumaşların birim alan kütlesi 205 ile 215 g/m^2 arasındadır.

İkinci grup bezayağı örgü raporuna sahip, aynı çözgü üzerine dokunmuş ve her hangi bir bitim, eskitme veya yumuşatma işlemi uygulanmamış denim kumaşlardan

oluşmaktadır. Bu kumaşlara sadece haşıl sökme amaçlı yıkama işlemi uygulanmıştır. Bu gruptaki kumaşlar çalışma kapsamında "B serisi" olarak adlandırılmıştır. Kumaşların tümü aynı tezgahta aynı çözgü ipliği üzerine dokunmuştur. Çözgü tek kat, ring, karde, %100 pamuk ipliğidir ve indigo boyalıdır. B serisindeki kumaşların birim alan kütlesi yaklaşık 150 ile 165 g/m^2 arasındadır.

Üçüncü gruptaki denim kumaşlar "C serisi" olarak adlandırılmıştır ve A serisindeki 3/1 Z dimi örgü raporuna sahip denim kumaşların, eskitme ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş hallerini içerir. C serisindeki kumaşların birim alan kütlesi 240 ile 250 g/m^2 arasındadır.

2.1.2.4 Boyama

Sistematik denim kumaşların tümüne "Reduce" indigo boyası ile 8 tekne indigo boyama yapılmıştır. Aynı şekilde tüm sistematik denim kumaşlar, çözgü üzerindeki nişasta haşılının uzaklaştırılması amacıyla standart bir yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Kimyasal kullanılmadan 80, 80, 85, 85, 85 ve 85^{o}C'de 6 tekne yıkama yapılmıştır. Yıkama esnasında makine hızı 70 m/dk, yıkama teknesi kılavuz boyu 150 m ve işlem süresi 2 dk 45 sn'dir.

2.1.2.5 Yıkama İşlemleri

Tez çalışması kapsamında uygulanan eskitme ve yumuşatma işlemleri dört adımdan oluşmaktadır; ön yıkama, taş yıkama, yumuşatma ve kurutma. Bu işlemlerde amaç, en az mukavemet kaybı ile en iyi tutumu elde etmektir. Denimlere uygulanan eskitme işlemlerinde mekanik etki arttıkça tutum iyileşirken mukavemetin düşmesi beklenen bir sonuçtur. Bu koşullarda bahsi geçen iki parametreyi optimumda buluşturan uygun eskitme işlemi parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Sistematik denim kumaşlara uygulanacak eskitme işlemi parametrelerinin belirlenmesi amacı ile ön deneme testleri gerçekleştirilmiştir. Ön deneme testlerinde çeşitli denim kumaşlara farklı parametrelere sahip eskitme işlemleri uygulanmıştır.

Yapılan gözlemler neticesinde istenen tutumu sağlayacak ve aynı zamanda en az mekanik hasara sebep olacak eskitme ve yumuşatma işlemi reçetesi belirlenmiştir. A serisindeki işlem görmemiş sistematik denim kumaşlara, eskitme ve yumuşatma işlemi uygulanarak elde edilen yeni sistematik kumaş grubu C serisi olarak adlandırılmıştır. Sistematik C serisi kumaşlarına uygulanan ön yıkama, eskitme, yumuşatma ve kurutma işlemi parametreleri Tablo 2.8'de görülmektedir.

Tablo 2.8 Dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla C serisindeki kumaşlara uygulanan yıkama işlemleri

İşlem		**Taş yıkama** (C Serisi)
Ön yıkama	Sıcaklık	40^oC
	Su miktarı	150 L
	Dispergatör	1 g/L
	İşlem süresi	5 dk
	Tambur hızı	28 d/dk
	Durulama	3 dk
Eskitme	Sıcaklık	40^oC
	Su miktarı	50 L
	Dispergatör	1 g/L
	Islatıcı	1 g/L
	Kırık önleyici	1 g/L
	Selülaz enzimi	1 g/L
	Taş boyutu	1-2
	Taş oranı	1/2
	İşlem süresi	5 dk
	Tambur hızı	28 d/dk
	Durulama	3dk (x2)
Yumuşatma	Sıcaklık	40^oC
	Su miktarı	50 L
	Yumuşatıcı	5 g/L*, 10 g/L**
	İşlem süresi	5 dk
	Tambur hızı	28 d/dk
	Durulama	YOK
Kurutma	Sıcaklık	70^oC
	İşlem süresi	45 dk

* Mikro silikon ELAM RP CONC., ** Hidrofil mikro silikon Evo Soft HST

C serisine uygulanan taş yıkama işlemi, T serisindeki dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarına uygulanan taş yıkama işlemi ile aynı işlem basamaklarına ve kimyasallara sahip olmakla beraber, eskitme işleminin koşulları kısmen hafifletilmiştir. Bunun sebebi, deneme aşamasında T serisine uygulanan taş yıkama işlem koşullarına tabi tutulan C serisi kumaşlarında, atkı ipliğinde %50 ve daha fazla oranda viskon içeren kumaşlarda, yüzeyde milimetrik delikler oluşması biçiminde mekanik hasar gözlemlenmesidir. Yapılan

denemeler, eskitme işleminin süresini kısaltmanın hasarı önlemeye yetmediğini ortaya koymuştur. Bu sebeple işlem süresine ek olarak; enzim miktarı, taş boyutu ve taş oranı da düşürülmüştür.

Yumuşatıcı olarak mikro silikon ve hidrofil mikro silikon bir arada kullanılmıştır. Hidrofil mikro silikon olarak DyStar firmasının Evo® Soft HST adlı ürünü kullanılmıştır. İçeriğinde silikon mikro emülsiyonu bulunmaktadır. Renksiz bir emülsiyondur, pH 4-6 arasındadır ve noniyoniktir. Yumuşak ve kaygan tutum sağlar. 170^o'ye kadar sararma yapmaz. Dikilebilirliği ve kırışma direncini arttırır. Yumuşatma esnasında uygulanan mikro silikon ELAM RP CONC. ise, E ve T serisindeki kumaşlara uygulanan mikro silikon ile aynıdır ve özellikleri Bölüm 2.1.1.1'de verilmiştir.

2.2 Kayma Deformasyonu Test Aparatının Tasarlanması

Kayma deformasyonu test aparatı tasarlanırken amaç, dokuma kumaş yapısı içerisinde birbirine dik açı ile yerleşmiş atkı ve çözgü ipliklerinin açısını değiştirerek kumaşta bir kayma deformasyonu meydana getirmektir. Bu amaçla bağlantı noktalarında hareket edebilen eşkenar dörtgen formunda bir kayma çerçevesi tasarlanmıştır.

Kayma testi esnasında tam kayma deformasyonunun elde edilebilmesi için anahtar faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çerçeve tasarımı esnasında dikkat edilmesi gereken parametreler şu şekildedir; numunenin çerçeve tarafından etkin bir şekilde kavranması, test esnasında kumaşın sabitlendiği bölgelerden ayrılmaması, kavrama mekanizmasının kumaşı istenmeyen biçimde deforme etmemesi, kumaş içi gerilimlerin ve ön gerilmenin yaklaşık sıfır olması, çerçeve mafsallarının sürtünmesiz olması, test esnasında kaydedilen yük içerisinde çerçeve hareketinden kaynaklanan yükün ihmal edilebilir düzeyde olması ve bu yükün çerçevenin hareketi esnasında hep aynı seviyede kalması (kalibrasyon).

Testin gerçekleştirilmesi ve test yöntemine ilişkin parametreler ise şu şekildedir;

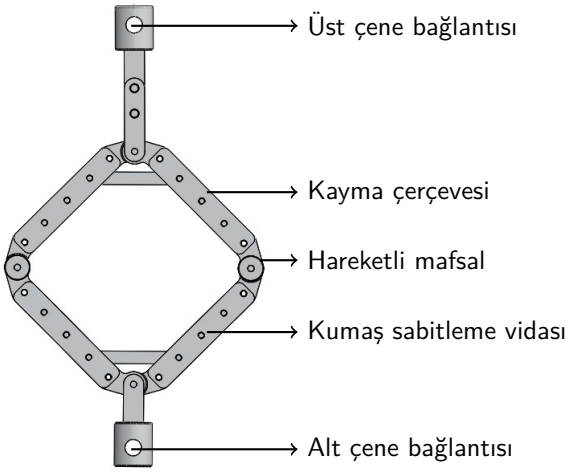
numunenin standart atmosfer koşullarında kondisyonlanmış olması, numune çenelere yerleştirilirken fazladan bir gerilmeye maruz bırakılmaması ve deforme edilmemesi, test esnasında kritik kayma açısı değerinin aşılmaması, hesaplanan kayma açısı ile numune üzerinde gözlemlenen kayma açısının birbiri ile uyumlu olması, test aynı kumaş için farklı zamanlarda tekrarlandığında elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmaması (validasyon), test hızının doğru seçilmesi (kaydedilen kayma yükü-kayma açısı grafiğinin mümkün mertebe çizgisel olması, anlık tepeler ve çukurlar içermemesi). Son olarak kayma çerçevesi test sonuçlarının karşılaştırma yöntemi olarak seçilen çapraz yönlü uzama yöntemi ile anlamlı ve literatürde belirtilene uygun bir ilişki sergilemesi.

Doktora tezi kapsamında tasarlanan ve üretilen kayma çerçevesi test aparatı belirtilen tüm kritik parametreleri sağlayacak şekilde tasarlanmıştır ve beklenen performans özelliklerini karşıladığı sınama testleri ile doğrulanmıştır (Üren ve Okur, 2016; Üren ve ark., 2017). Tasarım ve aparatın sınanması amacıyla gerçekleştirilen testlere ilişkin bilgi ve bulgular bu bölümde ilgili başlıklar altında açıklanmıştır.

2.2.1 Tasarım

2.2.1.1 Ana Gövde

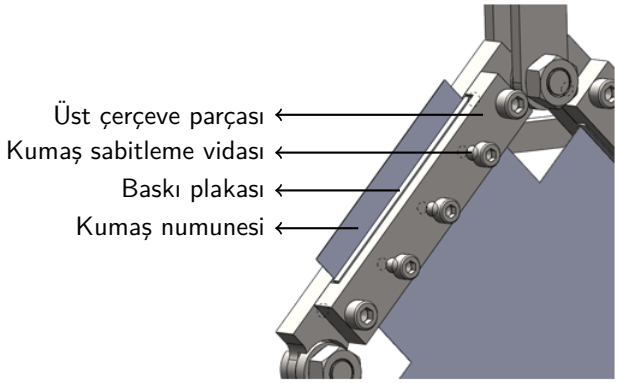
Kayma çerçevesi ana gövde, çene bağlantı elemanları, kumaş sabitleme mekanizması ve çatal parçalardan oluşmaktadır. Çene bağlantı elemanları, kayma çerçevesinin çekme cihazına bağlanmasını sağlar. Bağlantı elemanları çekme cihazındaki boşluklara tam olarak oturmakta ve pimler ile sabitlenmektedir. Test esnasında ölçümü etkileyecek her hangi bir istenmeyen salınım hareketine sebep olmamaktadır. Tasarlanan kayma çerçevesinin ana gövdesi ve çene bağlantı elemanları, kumaş numunesi ile birlikte Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1 Tasarlanan kayma çerçevesi test aparatının ana gövdesi

2.2.1.2 Kavrama Mekanizması

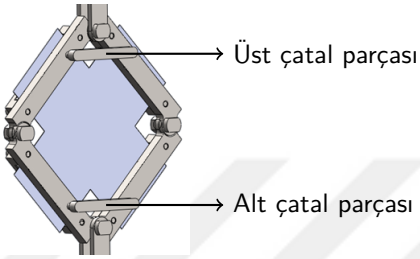
Kumaş sabitleme mekanizması, kumaş numunesinin çerçeveye sabitlenmesini sağlar. Test esnasında kumaşın sabitlenen noktalardan hiçbir şekilde kaymaması gerekmektedir. Bu sebeple baskı plakası ve baskı vidaları tasarlanmıştır. Baskı plakası, kumaş sabitleme vidaları tarafından kumaşa baskı uygulayacak şekilde ana gövdeye doğru itilir. Bu şekilde numunenin test boyunca istenen konumda kalması sağlanır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Tasarlanan kayma çerçevesi test aparatının kumaş sabitleme mekanizması

2.2.1.3 Açı Sabitleme Mekanizması

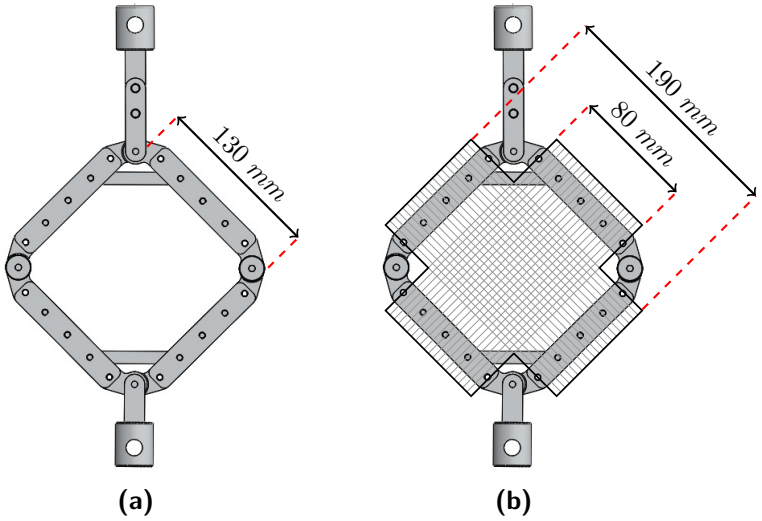
Numunenin kumaşa yerleştirilmesi sırasında çerçevenin kenarları birbiri ile 90^o açı yapacak şekilde kare formunda olmalıdır. Bu amaçla iki adet çatal parça tasarlanmıştır. Çatal parçalar, numune çerçeveye sabitleneceği sırada ana gövdeye takılı durumdadır. Çerçeve çekme cihazına yerleştirildiğinde, teste başlanmadan önce çatal parçalar çıkarılır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Tasarlanan kayma çerçevesi test aparatının açı sabitleme mekanizması

2.2.1.4 Çerçeve ve Numune Boyutları

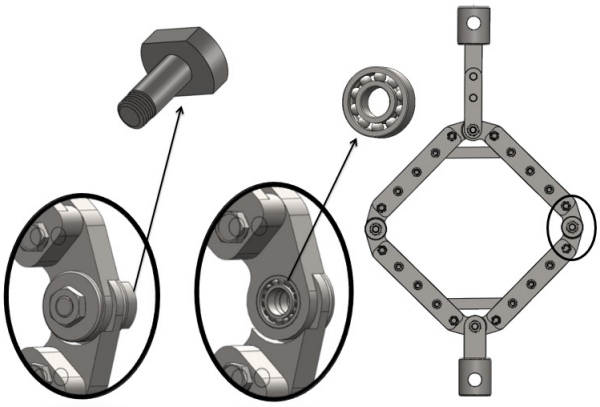
Kayma çerçevesinin dış kenarları arasındaki mesafe 170 mm'dir. Hareketli mafsallar arasında kalan alan 130 mm x 130 mm'dir. Çözgü ve atkı yönüne paralel olacak şekilde 190 mm x 190 mm boyutlarında kesilen kumaş numunesinin kenarlarından 55 mm x 55 mm boyutlarında kareler kesilerek çıkartılır. Bu durumda tam kayma deformasyonunun gözlemleneceği kısım 80 mm x 80 mm olmaktadır ve bu bölge Şekil 1.34'te belirtilen ABCD bölgesine tekabül eder. Çerçeve boyutuna karar verilirken çerçevenin bağlanacağı çekme cihazının ölçüleri esas alınmıştır. Çerçevenin yatay doğrultuda eni yaklaşık 250 mm'dir. Bu uzunluk, çekme cihazının boyutları sebebiyle kayma çerçevesi tasarımı için üst sınır değeridir. Kayma çerçevesi ve numune boyutları Şekil 2.4'te görülmektedir.



Şekil 2.4 Tasarlanan kayma çerçevesinin (a) mafsallar arası mesafesi ve (b) kumaş numunesi boyutları

2.2.1.5 Mafsal Mekanizması

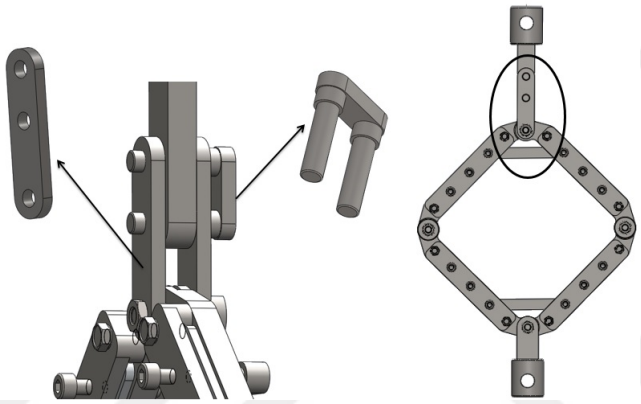
Test esnasında kaydedilen yük içerisinde çerçeve hareketinden kaynaklanan yükün ihmal edilebilir düzeyde olması ve bu yükün test süresince hep aynı seviyede kalması gerekmektedir. Çerçevenin çok ağır olması çekme cihazında kaydedilen yükü etkileyeceğinden, çerçeve hafif fakat dayanıklı bir alaşım olan Alüminyum 7075 kullanılarak üretilmiştir. Test esnasındaki hareket süresince mafsallardan kaynaklanan sürtünmenin en aza indirilmesi bakımından rulmanlı mafsal mekanizması tasarlanmıştır. Mafsal mekanizması ve rulmanlar Şekil 2.5'te görülmektedir.



Şekil 2.5 Tasarlanan kayma çerçevesinin mafsal mekanizması

2.2.1.6 Bağlantı Parçaları

Test aparatı her test için çok amaçlı mukavemet ölçerden çıkartılmaktadır. Uygun zemin üzerinde numune aparata sabitlendikten sonra aparat tekrar çekme cihazına takılmaktadır. Bu işlem basamağını hızlandırmak ve kolaylaştırmak için, üst çene bağlantı elemanına bir ara bağlantı levhası ve pimi eklenmiştir. Bu sayede çekme cihazının üst çenesini "Jog Up" komutu ile yukarıya hareket ettirmeden aparatı çekme cihazından çıkartmak mümkün hale gelmiştir. Bağlantı mekanizması Şekil 2.6'da görülmektedir.



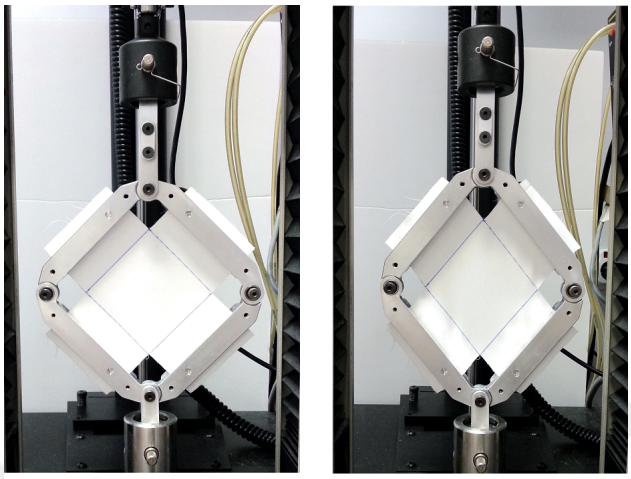
Şekil 2.6 Tasarlanan kayma çerçevesinin bağlantı parçaları

2.2.2 Sınama Testleri

2.2.2.1 Ön Gerilme ve Kayma Açısının Analizi

Kayma direncinin hesaplanmasında kullanılan formüller oluşturulurken, gerilmenin etkisi ihmal edilmiştir. Kumaş içi gerilimlerin sıfır olduğu kabulüne dayanan bu formüller kullanıldığında, numunenin çerçeveye sabitlenmesi sırasında oluşan ön gerilmenin yaklaşık sıfır olması gerekir. Bu koşulun sınanması için haç şeklindeki numune üzerinde tam kayma bölgesini çevreleyecek şekilde dört adet çizgi çizilmiştir (Şekil 2.7). Bu çizgilerin numune serbest haldeyken ölçülen uzunluğu, numune çerçeveye sabitlendikten sonra ölçülen uzunluğu ile karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemede tam kayma bölgesi üzerine çizilen çizgilerin sabitleme öncesi ve

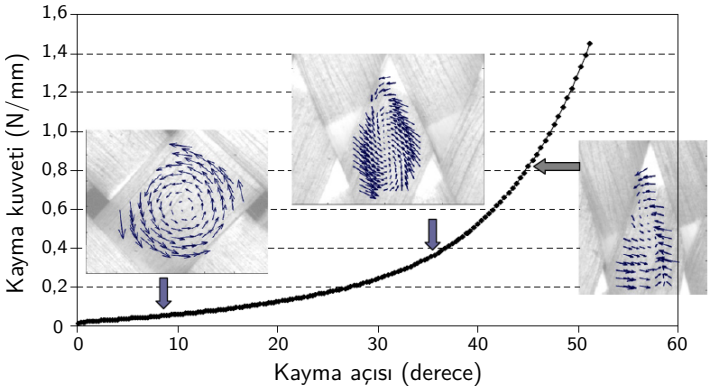
sonrası boyutunda anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Bu bulguya paralel olarak, test numunesi üzerinde teste başlamadan önceki ön gerilmenin yaklaşık sıfır olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 2.7 Kayma çerçevesinde (a) ön germe ve (b) açı değişiminin işaretlenmiş numune ile analizi (Kişisel arşiv, 2016)

Kumaşların kayma deformasyonu testleri söz konusu olduğunda kritik kayma açısından bahsedilir. Kritik kayma açısı aşıldığında komşu iplikler birbiriyle temas eder duruma gelir ve kumaş yapısı bu aşamadan sonra iplik rotasyonuna izin vermez (Launay ve ark., 2008). Bu sebeple düşük yükler altında gerçekleşen deformasyonların incelendiği durumlarda kritik kayma açısının aşılmamasına dikkat edilir (Şekil 2.8). Yapılan araştırmalar test esnasında kumaş yapısı içerisinde gözlemlenen gerginliğin, kayma açısının aşılması ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Sun ve Pan (2005) düşük açılarda gerçekleştirilen kayma deformasyonu testlerinde, kumaşta oluşan gerginliğin ihmal edilebilir seviyede olduğunu saptamıştır. Tez çalışması kapsamındaki kayma deformasyonu testleri esnasında oluşacak kumaş içi gerilimlerin ihmal edilebilir seviyede kalması amaçlanmış ve bu doğrultuda gerçekleştirilecek olan testler için kayma açısı üst sınırı yaklaşık 12 derece olarak belirlenmiştir.

Çekme cihazı tarafından kaydedilen üst çene yer değiştirme miktarına ilişkin uzunluk değeri kullanılarak hesaplanan kayma açısı değeri ile, numune üzerinde görsel olarak saptanan kayma açısı değerinin birbiri ile uyumlu olması



Şekil 2.8 Kritik kayma açısı (Launay ve ark. 2008)

beklenmektedir. Hesaplanan kayma açısı ile gözlemlenen kayma açısı arasındaki uyumu incelemek üzere, işaretli numune çerçevelere sabitlenmiş ve çekme cihazı tarafından çekilmeden önceki görüntüsü ile çekildikten sonraki görüntüsü kaydedilmiştir (Şekil 2.7). Numunenin dört farklı köşesinden elde edilen açı değerleri kullanılarak gözlemlenen kayma açısı bulunmuştur. Hesaplanan kayma açısı ile gözlemlenen kayma açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

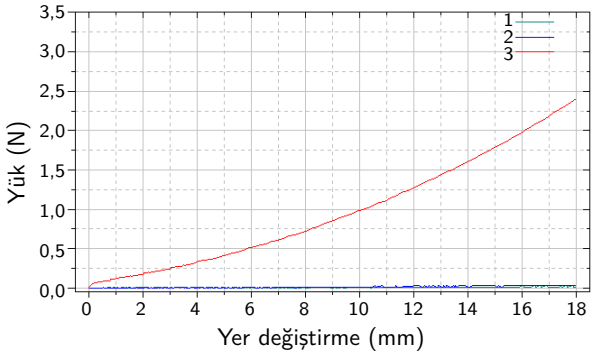
2.2.2.2 Kalibrasyon

Test esnasında kayma kuvveti çekme cihazı tarafından kaydedilir ve bu kuvvetin salt kumaş deformasyonundan kaynaklanması beklenir. Tasarlanan kayma çerçevesinde mafsallar ve pek çok hareketli parça bulunmaktadır. Bu parçalar arasındaki sürtünme kuvvetleri yüksek olduğu taktirde, çekme cihazı tarafından kaydedilen yük değeri hem kumaş direnci hem de çerçeveden kaynaklanan sürtünme kuvvetlerinin toplamına eşit olacaktır. Bu durumda sonuçlar kumaşın gerçek kayma davranışını yansıtmayacağından, bu istenmeyen bir durumdur. Tasarlanan kayma çerçevesi, uygun mafsal mekanizmalarıyla sürtünmeyi en aza indirecek şekilde dizayn edilmiştir.

Kayma çerçevesinin test sonuçlarına ne kadar etki ettiği boş çerçeve testleri ile sınanmıştır. Üzerinde kumaş numunesi bulunmayan boş haldeki kayma çerçevesi

çekme cihazına yerleştirilmiş ve kayma deformasyonu test prosedürü boş çerçeve ile gerçekleştirilmiştir. Kayma testi esnasında boş çerçevenin sebep olduğu ve çekme cihazı tarafından kaydedilen yük-yer değiştirme grafikleri incelenmiştir. Bu çalışma esnasında boş çerçeve ile kaydedilen en yüksek yükün 0,03 N'dan daha az olduğu görülmüştür. Aynı gün içerisinde beş adet olmak üzere, 24 saat sonrasında, bir hafta sonrasında ve bir ay sonrasında yapılan toplam yirmi adet boş çerçeve testinde hep aynı maksimum yük değeri kaydedilmiştir.

Boş çerçeve ile kaydedilen yük değeri, test esnasında kaydedilen kayma direnci değerlerinden oldukça düşüktür. Bir adet test numunesi ve öncesinde gerçekleştirilen iki adet boş çerçeve testi Şekil 2.9'da aynı grafik üzerinde görülmektedir. Kayma çerçevesi tasarımından kaynaklanan yük değerinin değişken olmaması ve kaydedilen kumaş direnci değerlerinin yanında oldukça düşük seviyede olması sebebiyle kayma çerçevesi tasarımından kaynaklanan yüklerin test sonuçlarına etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olduğuna karar verilmiştir.

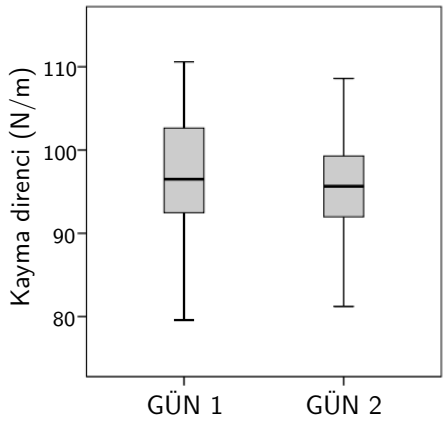


Şekil 2.9 Kayma çerçevesinin kalibrasyon grafiği: (örnek no 1 ve 2) boş çerçevenin ve (örnek no 3) kumaş numunesinin kayma testi esnasında kaydedilen yük-yer değiştirme grafikleri

2.2.2.3 Validasyon

Kayma çerçevesi ile elde edilen test sonuçlarının güvenilir olabilmesi için tekrarlanabilir olması beklenmektedir. Tasarlanan test aparatının bu beklentiyi karşılama durumu validasyon testleri ile sınanmıştır. Validasyon testleri kapsamında 60 adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. İlk 30 ölçüm testin birinci gününde diğer 30 ölçüm

ise testin ikinci gününde gerçekleştirilmiştir. İlk gün gerçekleştirilen 30 test ile ikinci gün gerçekleştirilen 30 testten elde edilen kayma direnci sonuçları bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırıldığında eş varyans kabulüne uyduğu görülmüş ve iki veri grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Veri setlerine ilişkin karşılaştırmalı grafik Şekil 2.10'da görülmektedir. Validasyon kumaşı olarak bir adet atkısı ve çözgüsü %100 pamuk bezayağı kumaş numunesi kullanılmıştır. Çözgü ve atkı iplikleri tek katlıdır ve Z büküm yönüne sahiptir. Çözgü iplikleri ham pamuk renginde, atkı iplikleri indigo boyalıdır. Kumaş gramajı 158 g/m^2'dir.



Şekil 2.10 Kayma çerçevesinin validasyonu amacıyla iki farklı günde gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçları

2.2.2.4 Test Hızı

Araştırmacılar, kayma testleri sırasında çekme cihazı tarafından hareket ettirilen üst çenenin yer değiştirme hızının, kumaşların kayma deformasyonuna gösterdiği direnç üzerinde bir miktar etkisi olduğunu bildirmektedir. Bez ayağı kumaşlar için bu etkinin göz ardı edilebilir seviyede olduğu belirtilirken dimi ve saten gibi asimetrik örgü yapısına sahip kumaşların test hızı farkından etkilendiği saptanmıştır (Mohammed ve ark., 2000). Tez çalışması kapsamında en uygun test hızının belirlenebilmesi için iki farklı test hızında (25 mm/dk ve 100 mm/dk) deneme testleri gerçekleştirilmiştir.

Çeşitli kumaş tipleri ile iki farklı test hızında ve $+45^o$ test yönünde gerçekleştirilen

deneme testlerinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yüksek test hızında kaydedilen kayma direnci değerinin daha düşük olduğu görülmüştür (Üren ve ark., 2017). Veri çiftleri arasındaki fark eşlenik t-testi ile karşılaştırıldığında kayma çerçevesi yöntemi için test hızından kaynaklanan fark anlamsız bulunurken ($p > 0,05$) çapraz yönlü uzama testi için bu fark anlamlı bulunmuştur ($p = 0,018$).

2.2.2.5 Dinlendirme İşleminin Etkinliğinin Sınanması

Tez çalışması kapsamındaki kayma çerçevesi testleri ardışık olarak aynı numune üzerinde önce $+45^o$ ve daha sonra -45^o test yönünde olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, -45^o yönünde kayma deformasyonuna uğrayan ve daha sonra çekme cihazı ve kayma çerçevesi aracılığı ile başlangıç pozisyonuna geri getirilen test numunesi, testin ikinci aşamasına geçmeden önce, kayma çerçevesinden çıkartılarak standart atmosfer koşullarında en az 48 saat dinlendirilir.

Dinlendirme işleminin amacı, testin birinci basamağında gerçekleşen kayma deformasyonunun, testin ikinci basamağından elde edilecek sonuçlar üzerindeki etkisini en aza indirmektir. Uygulanan dinlendirme işleminin etkinliğinin sınanması amacıyla sınama testleri gerçekleştirilmiştir. Çeşitli kumaş tipleri için 10 adet kayma çerçevesi test numunesi hazırlanmıştır (Üren ve ark., 2017). Numunelerden beş adedi önce -45^o yönünde test edilmiş ve deney planında belirtilen şekilde dinlendirildikten sonra $+45^o$ yönünde test edilmiştir. Bu ölçüm "ardışık test" olarak adlandırılmıştır. Numunelerden diğer beş tanesi ise sadece $+45^o$ yönünde test edilmiş ve bu ölçüm "bağımsız test" olarak adlandırılmıştır. Önce -45^o yönünde test edilmiş ve dinlendirilmiş numunelerin $+45^o$ yönündeki sonuçları ile sadece $+45^o$ yönünde test edilmiş numunelerin sonuçları karşılaştırılmıştır. İncelemeler sonucu ardışık testlerden ve bağımsız testlerden elde edilen test sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Bu durumda uygulanan dinlendirme işleminin etkin olduğu ve numuneyi iki farklı yönde ardışık testler ile ölçmenin test sonuçları üzerinde %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığı sonucuna varılmıştır.

2.2.2.6 Genel Uygulanabilirlik

Tez kapsamındaki denim kumaşlara ek olarak, farklı özelliklere sahip denim olmayan kumaş tipleri ile de kayma direnci ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerden elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, kayma çerçevesi tasarımının denim olmayan farklı kumaş tiplerinde de güvenilir sonuçlar verdiği ve yöntemin çok çeşitli kumaş tiplerine uygulanabilir olduğu doğrulanmıştır (Üren ve ark., 2017).

2.3 Fiziksel Tekstil Testleri

Çalışma kapsamında, dokunsal konfor ile ilişkili olduğu kabul edilen özellikler, belirlenen deney tasarımına uygun olacak şekilde fiziksel ölçüm yöntemleri ile test edilmiştir (Tablo 2.9). Konfor ile ilişkili özelliklerin yanı sıra, kumaşlara ve ipliklere ilişkin çeşitli özellikler, tedarikçi firma tarafından belirtilen bilgilerin doğruluğunu teyit amaçlı test edilmiştir. Tüm fiziksel testler standart atmosfer koşullarında (20±2^{o}C, 65±2% bağıl nem) gerçekleştirilmiştir. Test edilecek numunelerin tümü ilgili standartta (ASTM D1776M-16) belirtilen şekilde kondisyonlanmıştır.

Tablo 2.9 Denim kumaşlara uygulanan testler

Ölçülen özellik	**Yöntem / Standart**
İplik numarası	Kumaştan iplik çıkarma y. / ASTM D1059-01
İplik numarası	Metrik çile y. / ASTM D1907M-12
İplik bükümü miktarı	Büküm açma tekrar bükme y. / ASTM D1422M-13
İplik tüylülüğü	Foto-elektrik y. / ASTM D5647-07
İplik mukavemeti	Tek iplik kopma kuvveti t. / ASTM D2256/D2256M-10
Sıklık	Doğrudan sayma y. / ASTM D3775-12
Birim alan kütlesi	Kesip tartma y. / ASTM D3776M-09a
Kalınlık	Dairesel baskı ayağı ile 5 g/cm^2 basınçta
Sıkıştırılabilme oranı	Dairesel baskı ayağı ile 5 ve 50 g/cm^2 basınçta
Uzama yeteneği	Tek yönlü çekme testi / 100 N/m yük altında
Eğilme direnci	Cantilever y. / ASTM D1388-14
Kayma direnci	Kayma çerçevesi y. ve çapraz yönlü uzama y.
Halkadan çekme	Halkadan çekme yöntemi (Sülar ve Okur, 2008b)
Sürtünme katsayısı	Kızak çekme yöntemi (Sülar ve ark., 2013)
Yüzey profili	Mitutoyo SJ-301 (Sülar ve ark., 2013)
Kopma yükü ve uzaması	Şerit yöntemi / ASTM D5035-11

2.3.1 İplik Özellikleri

Durum analizi numune grubu kumaşlarının iplik numarası; ASTM D1059-01 standardında belirtilen şekilde, kumaştan iplik çıkarma yöntemine göre ölçülmüştür. Sistematik denim kumaşların üretilmesi amacıyla temin edilen ipliklerinin numarası; ASTM D1907M-12 standardında belirtilen şekilde, metrik çile yöntemine göre ölçülmüştür.

Tez kapsamındaki kumaşların ipliklerinin metredeki büküm sayısı; ASTM D1422M-13 standardında belirtilen şekilde, büküm açma tekrar bükme yöntemine göre ölçülmüştür. Ölçüm mesafesi 250 mm, test hızı 700 devir/dk ve ön germe ağırlığı 0,5 cN/tex olarak belirlenmiştir.

Sistematik denim kumaş üretimi için temin edilen atkı ipliklerinin tüylülüğü ASTM D5647-07 standardına göre foto-elektriksel yöntem ile ölçülmüştür. Uster Zweigle Tüylülük Ölçer-5 ile gerçekleştirilen ölçümlerde test hızı 50 m/dk, ön germe miktarı 8 cN olarak seçilmiştir. Tek bir ölçümde 100 m uzunluğunda iplik ölçülmüştür. Her bir iplik tipi için üç ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar 100 m uzunluğunda iplikte gözlemlenen 3 mm'den kısa tüy sayısı (S1+2) ve 3 mm ve daha uzun tüylerin sayısı (S3) olarak kaydedilmiştir.

Sistematik denim kumaş üretimi için temin edilen atkı ipliklerinin kopma yükü ve uzaması, tek ipliğin kopma kuvvetinin ve kopma anındaki uzamasının sabit hızlı uzama cihazı (CRE) kullanılarak tayini prensibine göre Instron 4411 Çok Amaçlı Mukavemet Ölçer ile test edilmiştir. Test ASTM D2256/D2256M-10(2015) standardına göre gerçekleştirilmiştir. Test hızı (25 mm/dk) ve ölçüm uzunluğu (150 mm) sonuçların karşılaştırılabilir olması amacıyla; standarttan farklı, tez kapsamında uygulanan tek yönlü ve çapraz yönlü uzama testleri ile aynı olacak şekilde seçilmiştir.

2.3.2 Kumaş Yapısal Özellikleri

Tez kapsamında kullanılan tüm kumaşların çözgü ve atkı sıklığı, ASTM D3775-12 standardında belirtilen şekilde, sökerek sayma yöntemine göre ölçülmüştür.

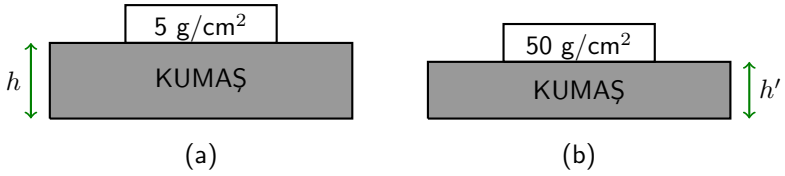
Kumaşların birim alan kütlesi ASTM D3776M-09a standardına uygun şekilde kesip tartma yöntemine göre belirlenmiştir. Her kumaş tipi için beş adet ölçüm yapılmıştır.

Kumaş kalınlığı dairesel baskı ayağına sahip James Heal R&B kumaş kalınlık ölçeri ile belirlenmiştir. Baskı ayağının yüzey alanı 100 mm^2'dir ve kalınlık ölçümü için uygulanan basınç miktarı 5 gf/cm^2 olarak seçilmiştir. Her kumaş tipi için beş adet ölçüm yapılmıştır.

2.3.3 Sıkıştırılabilme Oranı

Kumaşların sıkıştırılabilme yeteneği, farklı basınçlar altında gerçekleştirilen kalınlık ölçümleri arasındaki farkın bulunması ile saptanabilmektedir. Sıkıştırılabilme oranını saptamak üzere James Heal R&B kumaş kalınlık ölçeri ile gerçekleştirilen kalınlık ölçümlerinde, baskı ayağı ile kumaşa uygulanan düşük ve yüksek baskı miktarları sırasıyla 5 gf/cm^2 ve 50 gf/cm^2 olarak seçilmiştir. Her kumaş tipi için beş adet ölçüm yapılmıştır.

Şekil 2.11'de görüldüğü gibi, iki farklı baskı miktarında ölçülen kumaş kalınlığı farklı olmaktadır. Baskı miktarı arttıkça ölçülen kumaş kalınlığının düşmesi beklenir. Düşük baskı miktarı ile elde edilen kalınlık değeri (h) ile yüksek baskı miktarı ile elde edilen kalınlık değerleri (h') arasındaki fark "yüzey kalınlığı" olarak da ifade edilmektedir. Yüzey kalınlığının ilk kalınlığa oranla % cinsinden ifadesi (rh) sıkıştırılabilme oranı olarak adlandırılır ve 2.1 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır. Farklı test cihazları ve farklı baskı miktarlarında yapılan sıkıştırılabilme ölçümleri mevcuttur. Tez çalışmasında seçilen baskı miktarları kullanılan ölçüm cihazının uygulayabileceği maksimum ve minimum baskı miktarlarına göre belirlenmiştir.



Şekil 2.11 Farklı baskı miktarlarında (a) 5 gf/cm^2 ve (b) 50 gf/cm^2 kumaş kalınlığının ölçümü

$$rh = \frac{h - h'}{h} \times 100 \tag{2.1}$$

2.3.4 Düşük Yük Altında Uzama Yeteneği

Tek yönlü uzama testi atkı veya çözgü yönünde gerçekleştirilen kumaş çekme testlerini ifade eden bir kavramdır. Kumaş çekme testlerinde şerit biçiminde kesilmiş belirli ende ve uzunlukta kumaş örneği, biri sabit diğeri hareketli iki çene arasında gerilerek deforme edilir. 100 N/m yük altında gerçekleşen uzama miktarı, test edilen numuneye ait yük uzama eğrisi kullanılarak belirlenir. Hesaplanan uzama yüzdesi, düşük yük altında uzama yeteneği olarak kaydedilir. Tek yönlü uzama testi için belirlenen test parametreleri Tablo 2.10'da görülmektedir.

Tablo 2.10 Tek yönlü uzama testi parametreleri

Cihaz	Instron 4411
Yük hücresi	5 kN
Test hızı	25 mm/dk
Çene boyutu	50 mm x 25 mm
Numune boyutları	250 mm x 50 mm
Ölçüm uzunluğu	150 mm
Numune sayısı	5 adet çözgü yönünde
	5 adet atkı yönünde

2.3.5 Eğilme Direnci

Kumaşların eğilme direnci, ASTM D1388-14e1 standardına göre, cantilever prensibi ile ölçülebilmektedir. Tez kapsamında gerçekleştirilen testler için; standartta belirtilen çözgü ve atkı yönüne ek olarak; kumaşların diyagonal yöndeki eğilme

özelliklerinin de incelenebilmesi amacıyla, +45^o ve -45^o yönlerinde de numune hazırlanmıştır.

2.3.6 Kayma Direnci

Literatür çalışmaları detaylı olarak incelendiğinde tez kapsamında incelenecek olan denim kumaşların kayma direncinin ölçülmesi için en uygun yöntemin kayma çerçevesi yöntemi olduğu görülmektedir. Bu amaçla doktora tezi çalışmasında bir kayma çerçevesi test aparatı tasarlanmıştır. Literatür özetlerinde de belirtildiği gibi, araştırmacılar tasarım ve yöntemlerini geleneksel bir kayma deformasyonu test yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Doktora tezi kapsamında tasarlanan kayma çerçevesi test aparatının sonuçlarının geleneksel bir test yönteminden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla, araştırmacılar tarafından yaygın olarak tercih edilmesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Tekstil Muayeneleri laboratuvarında bulunan mevcut donanımla gerçekleştirilebilmesi sebebiyle, çapraz yönlü uzama yöntemi karşılaştırma metodu olarak belirlenmiştir.

2.3.6.1 Çapraz Yönlü Uzama Testi

Instron 4411 çok amaçlı mukavemet ölçer kullanılarak gerçekleştirilen çapraz yönlü uzama testleri için, ana kumaştan çözgü iplikleri ile 45^o açı yapacak şekilde çapraz yönde numuneler kesilir. +45^o ve -45^o olmak üzere iki farklı yönde beşer adet (toplam 10 adet) numune hazırlanmıştır. Numuneler dikdörtgen şeklinde ve 250 mm x 50 mm ebatlarındadır. Çapraz yönlü uzama testi için belirlenen test parametreleri Tablo 2.11'de görülmektedir.

Şerit şeklindeki kumaş numunesinin uç kısımları cihazın kumaş çenelerine sabitlenir. Bilgisayar yazılımından test başlatılır. Uygulanan kayma kuvvetinin etkisiyle hedeflenen kayma deformasyonu gerçekleşinceye kadar test sürdürülür. Hedeflenen kayma açısına ulaşıldığı anda ölçüm otomatik olarak sona erer ve çeneler

Tablo 2.11 Çapraz yönlü uzama testi parametreleri

Cihaz	Instron 4411
Yük hücresi	500 N
Numune boyutları	250 mm x 50 mm
Çene boyutu	50 mm x 25 mm
Çeneler arası mesafe	150 mm
Test hızı	25 mm/dk
Maksimum kayma açısı	12^o
Numune sayısı	5 adet $+45^o$ yönünde
	5 adet -45^o yönünde

başlangıç konumuna gelir. Çapraz yönlü uzama testinden elde edilen yük-deformasyon eğrisi, kayma kuvveti ve çenenin yer değiştirme miktarı cihazın bağlı bulunduğu yazılım tarafından kaydedilir. Mevcut literatüre uygun olacak şekilde, hesaplamalarda sadece tam kayma bölgesi (III. bölge) dikkate alınmıştır. Kayma açısı (γ) ve kayma direnci (G) sırasıyla 1.15 ve 1.7 numaralı eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

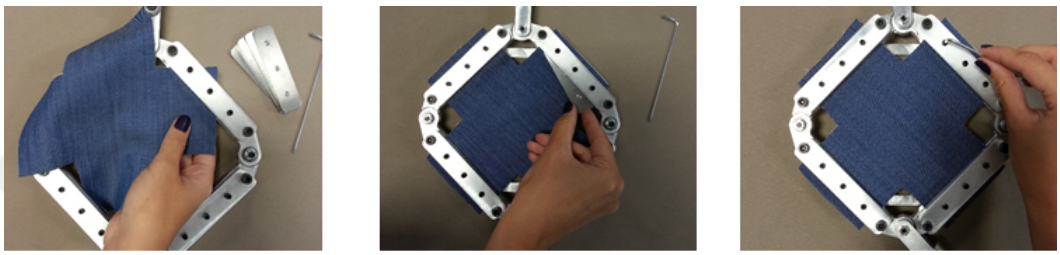
2.3.6.2 Kayma Çerçevesi Testi

Tez kapsamında gerçekleştirilen kayma çerçevesi testlerine ilişkin parametreler Tablo 2.12'de görülmektedir. Kayma çerçevesi testleri $+45^o$ ve -45^o olmak üzere iki farklı test yönünde gerçekleştirilmiştir. Testin birinci basamağında, -45^o yönünde gerçekleştirilecek olan test için, kumaş numunesi 45^o döndürülmüş ve kenarları kare şeklindeki çerçeveye sabitlenmiştir (Şekil 2.12). Çerçeve, köşegenlerinden biri düşey doğrultuda olacak şekilde çekme cihazına yerleştirildikten sonra (Şekil 2.13), çekme cihazının çenesi düşey doğrultuda hareket eder ve uygulanan kuvvet etkisi altında çerçeve ve çerçeveye sabitlenmiş durumdaki kumaş numunesi diyagonal doğrultuda çekilir.

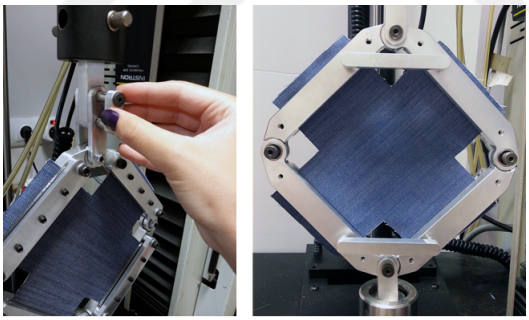
Tablo 2.12 Kayma çerçevesi testi parametreleri

Cihaz	Instron 4411
Yük hücresi	500 N
Numune boyutları	190 mm x 190 mm
Ölçüm alanı	80 mm x 80 mm
Test hızı	25 mm/dk
Maksimum kayma açısı	12^o
Numune sayısı	5 adet çözgü ve atkıya paralel yönde

Çekme işlemi sonucu başlangıçta kenarları birbiri ile 90^o açı yapan kare biçimindeki çerçevenin geometrisi değişir ve paralel kenar şeklini alır. Çerçevenin düşey doğrultudaki köşelerinde açı daralırken, yatay köşelerdeki açı genişler. Hedeflenen kayma açısına ulaşıldığı anda ölçüm otomatik olarak sona erer ve kayma çerçevesi başlangıç konumuna geri gelir. -45^o yönünde gerçekleştirilen kayma çerçevesi testinden elde edilen yük (kayma kuvveti) ve çenenin yer değiştirme miktarı cihazın bağlı bulunduğu yazılım tarafından kaydedilir.



Şekil 2.12 Kumaş numunesinin kayma çerçevesine yerleştirilmesi: (a) kumaş numunesinin ana gövdeye yerleştirilmesi, (b) baskı plakalarının kumaş üzerine yerleştirilmesi ve (c) vidalar ile kumaşın plaka ile ana gövde arasına sabitlenmesi (Kişisel arşiv, 2016)



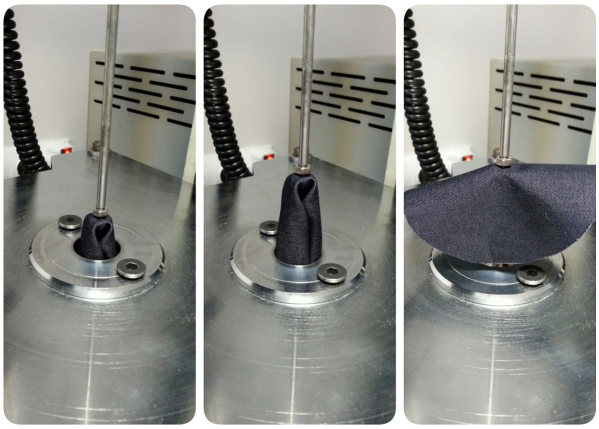
Şekil 2.13 Kayma çerçevesinin çekme cihazına yerleştirilmesi (a) üst çene bağlantı piminin yerleştirilmesi ve (b) teste başlamadan önceki pozisyon (Kişisel arşiv, 2016)

-45^o yönünde teste tabi tutulmuş olan numune, kayma çerçevesinden çıkartıldıktan sonra standart atmosfer koşullarında en az 48 saat dinlendirilmiştir. Daha sonra numune, $+45^o$ test yönünde kayma çerçevesine sabitlenmiştir. Testin ikinci aşamasının sonunda numunenin $+45^o$ test yönü için elde edilen kayma kuvveti ve çenenin yer değiştirme miktarı kaydedilmiştir.

Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen ölçümlerde, kaydedilen yer değiştirme miktarı (d) ve çerçevenin kenar uzunluğu (L) değerleri 1.8 numaralı eşitlikte yerine konularak kayma açısı (γ) hesaplanmıştır. Hesaplanan kayma açısı değeri 1.7 numaralı eşitlikte yerine konularak kayma direnci değeri (G) elde edilmiştir. Bir numune için $+45^o$ ve -45^o test yönlerinden elde edilen kayma direnci değerlerinin ortalaması alınarak o numunenin ortalama kayma direnci hesaplanmıştır. Tez kapsamındaki denim kumaşların kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerinde her kumaş tipi için 5 adet numune hazırlanmış ve tüm numuneler iki farklı doğrultuda (-45 ve +45) test edilmiştir.

2.3.7 Halkadan Çekme Testi

Halkadan çekme testi, dairesel ve büyük çaplı bir örneğin, kendisine göre küçük çaplı ve içerisi tamamen pürüzsüz bir halkadan çekilmesi prensibine dayanır. Kumaşların eğilme, sıkıştırılabilme ve yüzey özelliklerini birlikte değerlendirebilmek amacıyla Sülar ve Okur (2008b) tarafından, Instron çok amaçlı mukavemet ölçeri ile birlikte kullanılabilen "halkadan çekme" test düzeneği (Şekil 2.14) oluşturulmuştur. Halkadan çekme düzeneğin tam merkezinde, iç yüzeyi tamamen parlatılmış bir halka yer almaktadır.

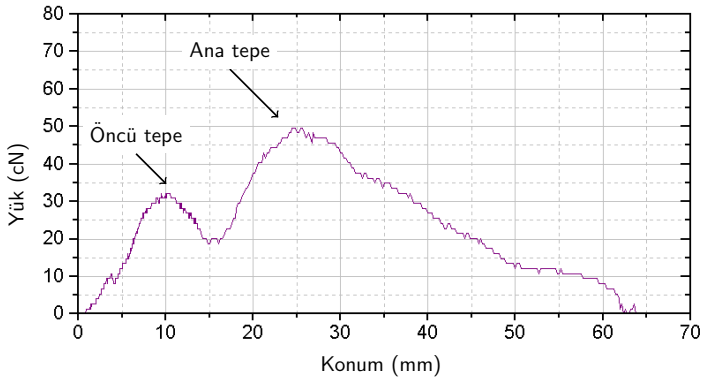


Şekil 2.14 Halkadan çekme testi aşamaları; (a) kumaşın halkaya girişi, (b) kumaşın halka içerisinden geçişi ve (c) kumaşın halkadan çıkarak serbest hale gelmesi (Kişisel arşiv, 2016)

Tablo 2.13 Halkadan çekme testi parametreleri

Cihaz	Instron 4411 ve halkadan çekme tertibatı
Ölçüm yöntemi	Halkadan çekme yöntemi
Yük hücresi	500 N
Test hızı	25 mm/dk
Halka çapı	24 mm
Halka derinliği	20 mm
Maksimum yer değiştirme	70 mm
Numune çapı	100 mm
Numune sayısı	7 adet

Belirlenen çapta hazırlanan test örneği kumaşın ön yüzü yukarıya gelecek şekilde merkezinden mile sabitlenir. Halkanın alt hizasından harekete başlayan mil, çekme cihazının üst çenesinin hareketini takip ederek düşey doğrultuda yukarı yönde ilerler ve kumaş halkanın içerisinden geçer. Milin ucuna takılmış haldeki test örneği halkanın içerisinden tamamen geçtiğinde test sona erer.



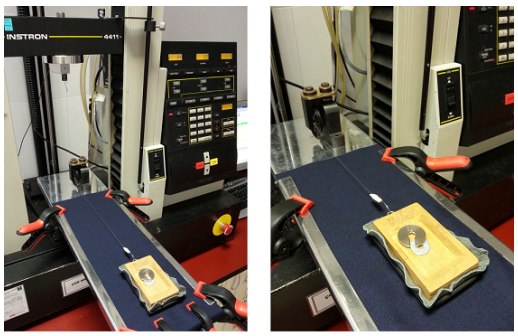
Şekil 2.15 Halkadan çekme grafiğindeki karakteristik noktalar; öncü tepe ve ana tepe

Halkadan çekme testinde, numunenin halkadan geçişi esnasında kaydedilen yük-yer değiştirme grafiğinin, karakteristik noktaların saptanmasına uygun nitelikte olması gerekmektedir. Ön deneme testleri gerçekleştirilerek, çalışılan tekstil materyaline uygun test parametreleri belirlenmelidir. Bu amaçla, denim kumaşların ön yüzü üstte olacak şekilde, üç farklı çapa sahip (240 mm, 180 mm ve 100 mm) denim numuneleri ile deneme testleri gerçekleştirilmiştir. Deneme testlerinden elde edilen grafikler incelenerek, tez kapsamındaki testler için numune çapının 100 mm olmasına karar verilmiştir. Halkadan çekme testine ilişkin belirlenen test parametreleri Tablo 2.13'te görülmektedir. Halkadan çekme testlerinde; öncü tepenin yük (F_o) ve konumu (K_o) ile ana tepenin yük (F_a) ve konumu (K_a) sayısal olarak

kaydedilmiştir (Şekil 2.15).

2.3.8 Sürtünme Katsayısı

Kızak çekme yöntemi, tekstil ürünlerinin sürtünme katsayısının ölçülmesi ve hesaplanması amacıyla geliştirilmiş ve çeşitli araştırmacılar tarafından kullanılan bir test yöntemidir (Jeddi ve ark., 2003, 2006; Arshi ve ark., 2012a,b). Dokuz Eylül Üniversitesi Fiziksel Tekstil Muayeneleri Laboratuvarında, Instron çok amaçlı mukavemet ölçer ile birlikte kullanılmak üzere tasarlanmış bir yüzey sürtünmesi test aparatı bulunmaktadır (Şekil 2.16). Tez çalışması kapsamındaki sürtünme katsayısı ölçümleri bu aparat ile gerçekleştirilmiştir. Okur (2002) tarafından tasarlanmış olan bu aparat ile gerçekleştirilen testlerde, kızağın ilerlemesi esnasında tekstil yüzeyi tarafından harekete karşı koyan sürtünme kuvveti bilgisayar tarafından kaydedilir. Test uzunluğu boyunca kaydedilen sürtünme kuvveti değerine ait grafikten ve test parametrelerine ilişkin bilgilerden faydalanılarak, tekstil materyalinin statik ve dinamik sürtünme katsayısı hesaplanır.



Şekil 2.16 Kızak çekme yöntemi ile kumaş-deri sürtünmesinin ölçülmesi: (a) sürtünmesiz platform ve (b) kızak (Kişisel arşiv, 2016)

Çalışma kapsamındaki denim kumaşlara uygun kumaş-deri sürtünmesi test parametrelerinin belirlenmesi amacıyla, farklı kızak ağırlıkları ile ön deneme testleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, seçilen denim kumaşların ön yüzü üzerinde, üç farklı kızak ağırlığı ile düşük (1,2 g/cm^2), orta (2,4 g/cm^2) ve yüksek (3,6 g/cm^2) normal yük değerlerinde deneme testleri gerçekleştirilmiştir. Deneme testlerinden elde edilen

grafikler incelenerek, yapılacak testlerde kullanılacak normal yükün 1,2 g/cm^2 olmasına karar verilmiştir. Sürtünme katsayısı testi için belirlenen test parametreleri Tablo 2.14'te görülmektedir.

Tablo 2.14 Kızak çekme testi parametreleri

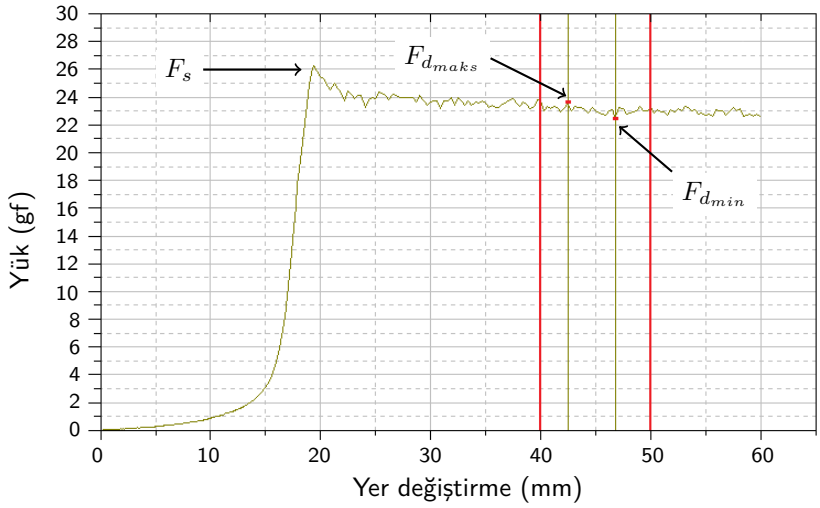
Cihaz	Instron 4411 ve kızak tertibatı
Ölçüm yöntemi	Kızak çekme yöntemi
Sürtünme tipi	Kumaş-deri sürtünmesi
Yük hücresi	10 N
Test hızı	25 mm/dk
Numune boyutları	150 mm x 150 mm
Kızak yüzey boyutları	80 mm x 50 mm
Kızak ağırlığı	48 g
Normal yük	1,2 g/cm^2
Ölçüm uzunluğu	60 mm
Numune sayısı	4 adet çözgü yönünde
	4 adet atkı yönünde

Kızak harekete başladığı anda cihaz tarafından kaydedilen kuvvet değeri, statik sürtünme kuvveti olarak kabul edilmiştir (Şekil 2.17). Statik sürtünme kuvveti değeri (F_s) ve normal yük değeri (N), 2.2 numaralı eşitlikte yerine konularak statik sürtünme katsayısı (μ_s) hesaplanmıştır. Tez kapsamında gerçekleştirilen kumaş-deri sürtünmesi testleri için normal yük 1,2 g/cm^2'dir.

$$\mu_s = F_s/N \tag{2.2}$$

Kızak sabit hızla kumaş üzerinde hareket ederken cihaz tarafından kaydedilen kuvvet değeri, dinamik sürtünme kuvveti olarak kabul edilmiştir. Kızak hareket halinde iken 40 mm ve 50 mm yer değiştirme anları arasında kaydedilen en yüksek ve en düşük dinamik sürtünme kuvveti (sırasıyla $F_{d_{maks}}$ ve $F_{d_{min}}$) değerleri, 2.3 numaralı eşitlikte yerine koyularak ortalama dinamik sürtünme katsayısı ($\overline{\mu}_d$) hesaplanmıştır (Şekil 2.17). Eşitlikteki normal yük değeri (N) 1,2 g/cm^2'dir.

$$\overline{\mu}_d = \frac{1}{N} \times \frac{F_{d_{maks}} + F_{d_{min}}}{2} \tag{2.3}$$

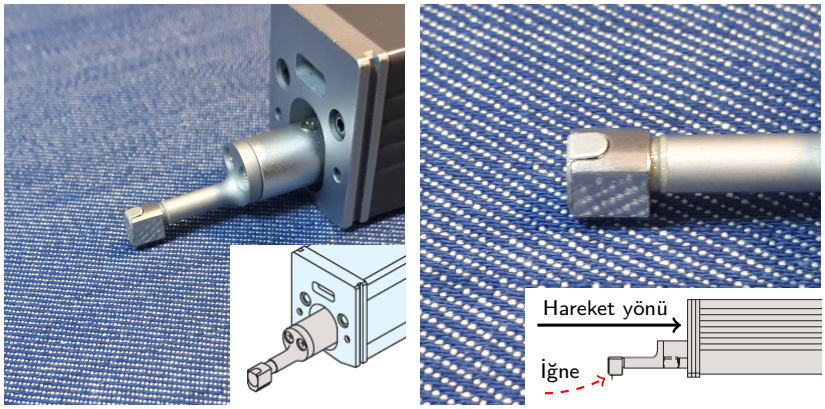


Şekil 2.17 Kızak çekme yöntemi ile kumaş-deri sürtünmesinin ölçülmesi sırasında kaydedilen yük-yer değiştirme grafiğinde karakteristik noktalar: F_s, $F_{d_{maks}}$ ve $F_{d_{min}}$

2.3.9 Yüzey Profili

Yüzey profili bir yüzeyin dokusunu ifade eder ve kumaş yüzeyinde kaydedilen düşey sapmalar ile karakterize edilir. Bu sapmalar yüksek ise yüzeyin pürüzlü, düşük ise yüzeyin düzgün olduğu kabul edilir. Yüzey pürüzlülüğü yaygın olarak yüzey boyunca hareket eden bir ölçüm başlığına bağlı prob ile ölçülür. Hareket esnasında probun bağlı bulunduğu yazılım tarafından kaydedilen düşey hareket verileri kullanılarak kumaş profili oluşturulur. Tez kapsamındaki yüzey profili incelemelerinde, Dokuz Eylül Üniversitesi Fiziksel Tekstil Muayeneleri laboratuvarında bulunan ve Mitutoyo SJ-301 Yüzey Pürüzlülük Ölçeri kullanılmıştır (Şekil 2.18). SJ-301, farklı standartlara göre çeşitli yüzey profili parametrelerini ölçebilen bir cihazdır (Mitutoyo America Corporation, 2014).

Mitutoyo SJ 301 yüzey pürüzlülük ölçeri ile gerçekleştirilen ölçümlerde, 10 μm çapa sahip bir prob, kumaş yüzeyi üzerinde 12,5 mm boyunca ilerleyerek yüzeydeki sapmaları kaydeder. Cihazın kaydedebileceği sapma miktarı 150 μm ile -200 μm arasındadır. Bu sapma verilerinden yola çıkılarak yüzey profili oluşturulur. Sonuçlar grafik olarak ve sayısal olarak ifade edilir. Tez kapsamındaki denim kumaşlar için atkı ve çözgü yönünde 5 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü testi için



Şekil 2.18 Mitutoyo SJ-301 yüzey pürüzlülük ölçerinin ölçüm başlığı (Kişisel arşiv, 2018; Mitutoyo America Corporation, 2014)

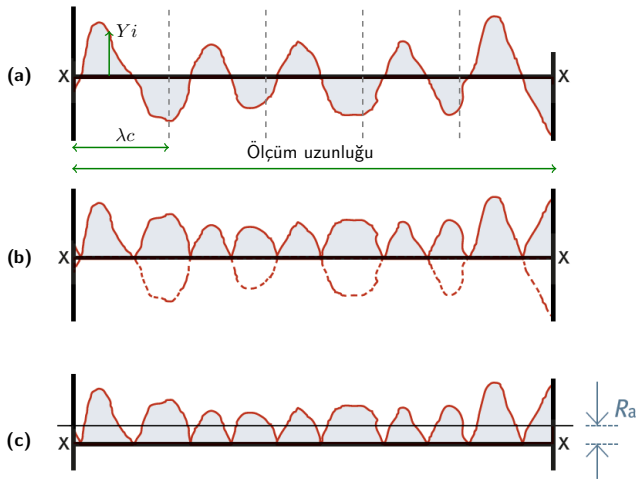
belirlenen test parametreleri Tablo 2.15'te görülmektedir.

Tablo 2.15 Yüzey pürüzlülüğü ölçümü test parametreleri

Cihaz	Mitutoyo SJ-301 yüzey pürüzlülük ölçeri
Ölçüm yöntemi	Hareketli ölçüm başlığına bağlı prob
Prob çapı	10 μm
Yük	4 mN
Test hızı	0,5 mm/sn
Ölçüm uzunluğu	12,5 mm
Numune boyutları	150 mm x 150 mm
Numune sayısı	4 adet çözgü yönünde
	4 adet atkı yönünde

Mitutoyo SJ 301 yüzey pürüzlülük ölçeri ile gerçekleştirilen testlerde, tek bir test için ölçüm uzunluğu 12,5 mm olarak belirlenmiştir. Bu uzunluk, örneklem uzunluğu (λ_c) olarak adlandırılan ve her biri 2,5 mm olan 5 eşit bölgeden oluşur (Şekil 2.19). (Not: Örneklem uzunluğu (λ_c), test edilen materyalin profilinden bağımsız olarak, ölçüme başlamadan önce belirlenen sabit bir test parametresidir. Profildeki periodik sapmaların genliği değildir.)

Test esnasında anlık olarak kaydedilen tüm sapmalara (Y_i) ilişkin sayısal değerler kullanılarak, profili tanımlamaya yönelik pek çok pürüzlülük parametresi cihaz tarafından hesaplanabilmektedir. Sülar ve Okur (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, yüzey profiline ilişkin Ra, Rq, Rp, Rmrd, RΔq parametrelerinin kumaş tutumu ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Bu tez çalışmasında da, literatürde önerilen bu parametreler yüzey profili testleri için ölçüm çıktısı olarak seçilmiştir.



Şekil 2.19 Bir yüzeyin (a) profili, (b) yüzey profilinin mutlak profile dönüştürülmesi ve (c) mutlak profil

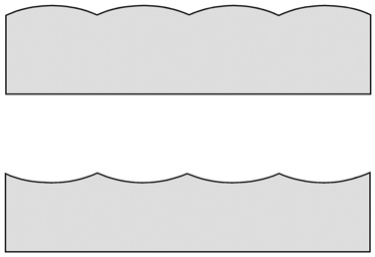
2.3.9.1 Yüzey profili parametreleri

2.3.9.1.1 Ra (Ortalama Mutlak Sapma). Yüzey profilinde kaydedilen sapma değerlerinden elde edilen mutlak sapma değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Sapmaların (Y_i) mutlak değerleri ile yeni bir temsili profil oluşturulur (Şekil 2.19). Oluşturulan profildeki tüm mutlak sapma değerlerinin aritmetik ortalaması, ortalama mutlak sapma (Ra) değerini vermektedir (Eşitlik 2.4).

$$Ra = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|Y_i| \tag{2.4}$$

Ra değeri yaygın kullanılan bir profil parametresi olmakla birlikte, pürüzlülüğü ifade etme konusunda yetersiz kalabilmektedir. Aynı Ra değerine sahip yüzeyler farklı pürüzlülüğe sahip olabilmektedir (Şekil 2.20) (Leach, 2001).

2.3.9.1.2 Rq (Standart Sapma). Yüzey profilindeki tüm sapmaların (Y_i) karelerinin aritmetik ortalamasının karekökü, (Rq) değerini vermektedir (Eşitlik 2.5) (Leach, 2001). Rq değeri de Ra değeri gibi, yüzey pürüzlülüğünü ifade eden bir kavramdır.

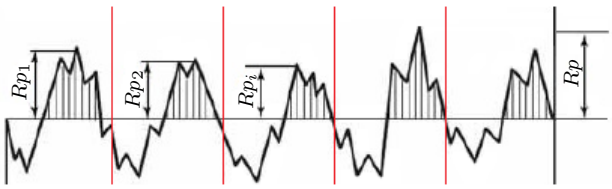


Şekil 2.20 Aynı Ra değerine sahip iki farklı yüzey profili örneği (Leach, 2001)

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Y_i^2} \tag{2.5}$$

2.3.9.1.3 Rp (Tepe Yüksekliği). Tepe yüksekliği, örneklem uzunluğunda saptanan maksimum profil yüksekliği değeridir (Leach, 2001). Rp değeri, her bir örneklem uzunluğunda saptanan tepe noktalarının (Rp_i) ortalamasıdır (Eşitlik 2.6) (Sülar ve Okur, 2008b). Tez kapsamında gerçekleştirilen ölçümlerde, ölçüm uzunluğu 12,5 mm ve örneklem uzunluğu 2,5 mm olarak belirlenmiştir. Bu durumda Rp değeri, farklı bölgelerde saptanan 5 tepe noktasının ortalamasıdır (Şekil 2.21).

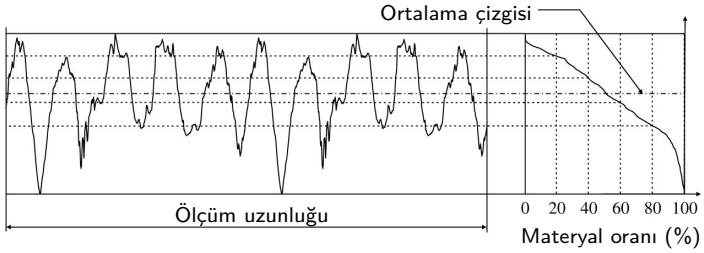
$$Rp = \frac{Rp_1 + Rp_2 + Rp_3 + Rp_4 + Rp_5}{5} \tag{2.6}$$



Şekil 2.21 Yüzey profilinde her bir örneklem uzunluğunda saptanan tepe noktaları ve ortalama tepe yüksekliği (Rp)

2.3.9.1.4 RΔq (Profil Eğimi). Profilin bölgesel eğiminin karelerinin aritmetik ortalamasının kareköküdür ve birimsizdir. Bu parametre sapmaların hem genliğine hem de dalga boyuna bağlıdır ve bu sebeple hibrit bir parametredir. Yüzeyin eğimi, profilin ortalama çizgisi ile yaptığı açıdır. Profil üzerinde her bir noktada ölçülen eğimlerin ortalaması, ortalama eğim olarak adlandırılır. Bu parametre, gerçek yüzey uzunluğunun belirlenmesinde kullanılır. Eğimi daha dik yüzeylerin, gerçek yüzey uzunluğu daha fazladır (Leach, 2001).

2.3.9.1.5 Rmrd (Materyal Oranı). Materyal oranı, profilin belli bir yükseklik seviyesi için ölçülen (materyal içeren kısımların) yüzey mesafesinin, ölçüm uzunluğuna oranıdır. Profilin materyal oranı "mr" olarak adlandırılır. Profilde kaydedilen en yüksek tepe değerleri ve en düşük vadi değerleri arasında kalan alan (Rt) cihaz tarafından hesaplanır. Bahsi geçen yüzey profili için kaydedilen tüm sapmalar Rt aralığında yer alacaktır. Bu aralıktaki tüm sapmalar 10 μm'lik kesitler halinde incelenerek, her kesit seviyesi için materyal oranı hesaplanır. Sabit aralıklarla (10 μm) çizilen her bir kesit seviyesi (c) için hesaplanan materyal oranı değerleri kullanılarak profilin Abbott eğrisi çizilir (Şekil 2.22).

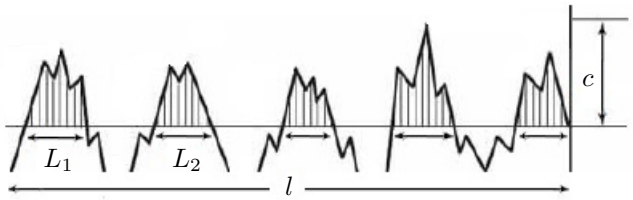


Şekil 2.22 Bir profilin farklı kesit seviyeleri için hesaplanan materyal oranı değerleri ve bu değerler kullanılarak çizilen Abbott eğrisi (Jiang ve ark., 2007)

Materyal oranı hesaplanırken, profildeki sapmalardan seçilen herhangi bir kesit seviyesinin (c) üzerinde kalan sapmalardan oluşan tepelerin, profilde kat ettiği uzunluklar toplanır (Şekil 2.23). Elde edilen toplam uzunluk değeri, ölçüm uzunluğuna bölünür ve % birimi ile ifade edilen materyal oranı değeri bulunur (Eşitlik 2.7). Rmrd değerinin hesaplanması için belirlenen kesit seviyesi, profilin ortalama tepe yüksekliği (Rp) ve ortalama vadi derinliği (Rv) arasında kalan alanın

(Rt) %10'udur. Abbott eğrisinde, belirlenen bu kesit seviyesine karşılık gelen materyal oranı profilin Rmrd değerini verir (Jiang ve ark., 2007).

$$R_{mr(c)} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + ... + L_n}{l} \times 100(\%) \tag{2.7}$$



Şekil 2.23 Yüzey profilinde seçilen bir kesit seviyesinin (c) üzerinde kalan tepelerin, profilde kat ettiği uzunluklar

2.3.10 Kumaş Kopma Mukavemeti ve Uzaması

Kumaşların kopma yükü ve kopma uzaması değerleri, dokunsal konfor ile ilişkili mekanik özellikler değildir. Öte yandan tez kapsamındaki denim kumaşlara dokunsal konforun iyileştirilmesi amacıyla uygulanan işlemlerin, kopma yükü ve uzamasına ne şekilde etki ettiği dikkate alınmalıdır. Bu amaçla ASTM D5035-11 standardında belirtilen şekilde, şerit yöntemine göre kumaş kopma yükü ve uzaması ölçülmüştür. Tek yönlü uzama testi ile karşılaştırılabilir olması bakımından (standarttan farklı olarak), test parametreleri tek yönlü uzama testi ile aynı olacak şekilde belirlenmiştir (Tablo 2.16).

Tablo 2.16 Kopma yükü ve uzaması testi parametreleri

Cihaz	Instron 4411
Yük hücresi	5 kN
Test hızı	25 mm/dk
Çene boyutu	50 mm x 25 mm
Numune boyutları	250 mm x 50 mm
Ölçüm uzunluğu	150 mm
Numune sayısı	5 adet çözgü yönünde
	5 adet atkı yönünde

2.4 Duyusal Testler

2.4.1 Tüketici Tutum Değerlendirmesi

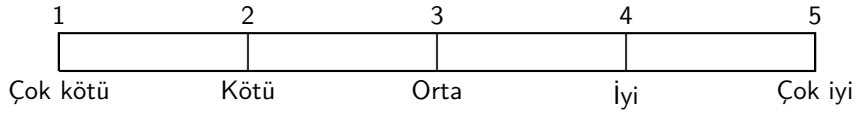
Tüketici tutum değerlendirmesinde yaşları 66 ile 19 arasında değişen, 100 kadın ve 100 erkek olmak üzere toplam 200 katılımcı bulunmaktadır. Katılımcılar içerisinde 20 kadın ve 20 erkek olmak üzere toplam 40 kişilik bir grup, tekstil mühendisi bireylerden oluşmaktadır.

2.4.1.1 Değerlendirme Skalası

Rensis Likert tarafından 1932 yılında ortaya atıldığından bu yana geçen sürede Likert ölçeği ve Likert-tipi sorular sosyal bilimler, siyaset bilimi, psikoloji, pazarlama ve eğitim gibi pek çok alanda en çok kullanılan eğilim ölçüm tekniği haline gelmiştir. Likert-tipi sorular araştırılan konu hakkında tutum veya görüş içeren bir ifade ve bu ifadeye katılım düzeyini belirten seçenekler içerir. Likert-tipi sorularda katılım düzeyini belirlemek amacıyla iki aşırı uç arasında yer alan birden çok seçenek sunulur. Bu seçenekler "en yüksekten en düşüğe" veya "en iyiden en kötüye" doğru dereceli bir şekilde sıralanır. Analiz aşamasında bu seçenekler derecelerine göre birer sayısal değer atanarak kodlanır ve böylece nitel veri nicel veriye dönüştürülerek analiz edilir (Turan ve ark., 2015).

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen tüketici tutum değerlendirmesinde beş dereceli likert ölçeği kullanılmıştır (Şekil 2.24). Tutum değerlendirmesine başlamadan önce, katılımcının harmanlanmış durumdaki kumaş numunelerini el ile inceleyerek, değerlendirilecek kumaşların tutumu hakkında genel bir fikir edinmesine olanak verilmiştir. Katılımcıya bunun dışında eğitici nitelikte her hangi bir ön bilgilendirme yapılmamıştır. Bir sonraki aşamada katılımcıdan tüm kumaş numunelerini tutum özelliğine göre beş gruba ayırması istenmiştir. Bu aşamada her hangi bir kısıtlama olmaksızın panelistler kumaşları serbest el hareketleri ile incelemiştir. İncelemelere süre kısıtlaması getirilmemiştir ve değerlendirme gözü

kapalı olarak gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme sonrasında likert ölçeği için belirlenen etiketlemeye uygun olarak, tutum özelliğine göre katılımcı tarafından beş gruba ayrılan kumaş numunelerinin sonuçları, kumaş kodu ve numune yönü göz önünde bulundurularak veri tablosuna kaydedilmiştir.



Şekil 2.24 Tüketici değerlendirmesinde kullanılan tutum skoru skalası

2.4.1.2 Değerlendirme Süreci

Tüketici değerlendirmesinin birinci aşamasında, her kumaş tipi için 15 cm x 5 cm ebatlarında, bir adet atkı ve bir adet çözgü yönünde olmak üzere ikişer numune kesilmiştir. Durum analizi numune grubundaki 17 tip ticari denim kumaş ve dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla tez kapsamında üretilmiş olan 24 tip sistematik denim kumaştan, atkı ve çözgü yönünde kesilerek hazırlanan toplam 82 adet kumaş numunesinin tutum özellikleri, 200 tüketici tarafından subjektif olarak değerlendirilmiştir.

Değerlendirmenin birinci aşamasından elde edilen bulgular ışığında, durum analizi numune grubundaki kumaş tipleri içerisinden beş kumaş tipi dokunsal konforu geliştirilmek üzere seçilmiş ve seçilen bu kumaşlara eskitme ve yumuşatma işlemleri uygulanmıştır. Dokunsal konforu geliştirilecek durum analizi numune grubu kumaşları seçilirken, uygulanacak olan eskitme ve yumuşatma işleminin farklı tutum skoruna sahip kumaşların tutumunun iyileştirilmesine ne derecede katkı sağlayacağının gözlemlenebilmesi amacıyla, üç adet çok kötü tutuma sahip kumaşa ek olarak, orta ve iyi seviyede tutuma sahip iki kumaş tipi de seçime dahil edilmiştir. Seçilen kumaşlara yumuşatma işlemi ve beraberinde iki farklı eskitme işlemi uygulanmış ve tutumu geliştirilmiş 10 adet yeni kumaş tipi elde edilmiştir.

Değerlendirmenin ikinci aşamasında, birinci aşamanın 200 katılımcısı arasından

her hangi bir özellik gözetilmeksizin tesadüfi olarak 20 kişilik bir örneklem grubu seçilmiş ve seçilen katılımcılar ile tüketici değerlendirmesi tekrarlanmıştır. Bu aşamada amaç, çalışmaya eklenen dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının tutum skorunun belirlenmesidir. İkinci aşama için katılımcı sayısı, toplam katılımın %10'unu oluşturacak şekilde, 20 kişi olarak belirlenmiştir.

Durum analizi numune grubu kumaşları (17 tip), dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşları (10 tip) ve sistematik denim kumaşlar (24 tip) olmak üzere, atkı ve çözgü yönünde kesilerek hazırlanan toplam 102 adet kumaş numunesinin tutum özellikleri, 20 tüketici tarafından subjektif olarak değerlendirilmiştir.

20 kişilik katılımcının birinci aşamada kumaş tipleri için uygun gördüğü tutum skoru değerleri, ilk oluşturulan veri setinden çıkartılarak, yerlerine değerlendirmenin ikinci aşamasında belirledikleri tutum skoru değerleri yazılmış ve bu şekilde yeni bir tutum skoru veri seti elde edilmiştir. İlk oluşturulan veri seti ile, yeni değerler ile oluşturulan veri seti arasında fark olup olmadığı, her kumaş tipi için Kruskal Wallis testi ile değerlendirilmiş, hiç bir kumaş tipi için ilk veri seti ile ikinci veri seti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Böylece, tutum skoruna ilişkin değerlendirmelerde, 20 kişilik katılımcıya ait yeni tutum skoru değerlerinin yer aldığı ikinci veri setinin kullanılmasının, bulgularda anlamlı bir fark yaratmayacağı istatistiksel olarak doğrulanmıştır.

2.4.2 Uzman Jüri Değerlendirmesi

Uzman jüri değerlendirmesi, yaşları 28 ile 35 arasında değişen 10 tekstil mühendisinin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Kumaşların sertlik-yumuşaklık ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özellikleri katılımcılar tarafından ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Değerlendirmenin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için uzman jüri ile gerçekleştirilen duyusal testlere ilişkin önemli noktaları kapsayan ve bu noktalara açıklık getiren prosedürler oluşturulmuştur. Hazırlanan prosedür,

değerlendirilecek özelliğin tanımını, değerlendirme tekniğini, değerlendirme süresini, değerlendirme skalasını ve değerlendirme işlem sırasını belirtmektedir. Değerlendirilen tutum parametrelerine ilişkin kavramlar prosedürde belirtildiği şekilde katılımcılara açıklanmıştır. Bu açıklamada, her parametrenin değerlendirilmesi esnasında takip edilmesi gereken basamaklar ve el hareketleri detaylı olarak ifade edilmiştir.

2.4.2.1 Sertlik-Yumuşaklık Değerlendirmesi Prosedürü

Tanım: Sertlik ve yumuşaklık kavramları ile ifade edilen kumaş eğilme direnci, kumaşın eğilmeye karşı gösterdiği dirençtir.

Değerlendirme tekniği: Jüri üyesi, paravanın altındaki açıklıktan ellerini kumaş numunesinin kendisine verileceği alana kadar uzatır. Katılımcıdan değerlendirme aşamasında bir eli ile duyusal testi gerçekleştirirken, diğer eli ile kumaşı sabitlemesi istenmiştir. Katılımcı, en çok kullandığı elinin başparmağını kumaşın üstüne, diğer dört parmağı kumaşın altına yerleştirerek, kare şeklinde hazırlanmış olan kumaş numunesini bir köşesinden tutar (Şekil 2.25). Başparmağı ile diğer parmakları arasında tuttuğu kumaşı kendi üzerine kıvırarak ileri geri hareket ettirirken ne kadar direnç hissediyorsa kumaşın o kadar sert, aksi takdirde o kadar yumuşak olduğuna karar verir.

Şekil 2.25 Uzman jüri sertlik-yumuşaklık değerlendirilmesi: (a) test düzeni ve (b) el ile kavranan kumaş kenarının ileri-geri hareketi ile sertlik-yumuşaklık özelliğinin değerlendirilmesi (Kişisel arşiv, 2018)

Değerlendirme süresi: Her bir kumaş numunesi, 15 saniyelik maksimum süreyi aşmayacak şekilde katılımcı tarafından değerlendirilmelidir.

2.4.2.2 Pürüzlü Yüzey-Düzgün Yüzey Değerlendirmesi Prosedürü

Tanım: Pürüzlü yüzey ve düzgün yüzey kavramları ile ifade edilen kumaş yüzey pürüzlülüğü, kumaşın yüzeyinde bulunan girintiler ve çıkıntılardır.

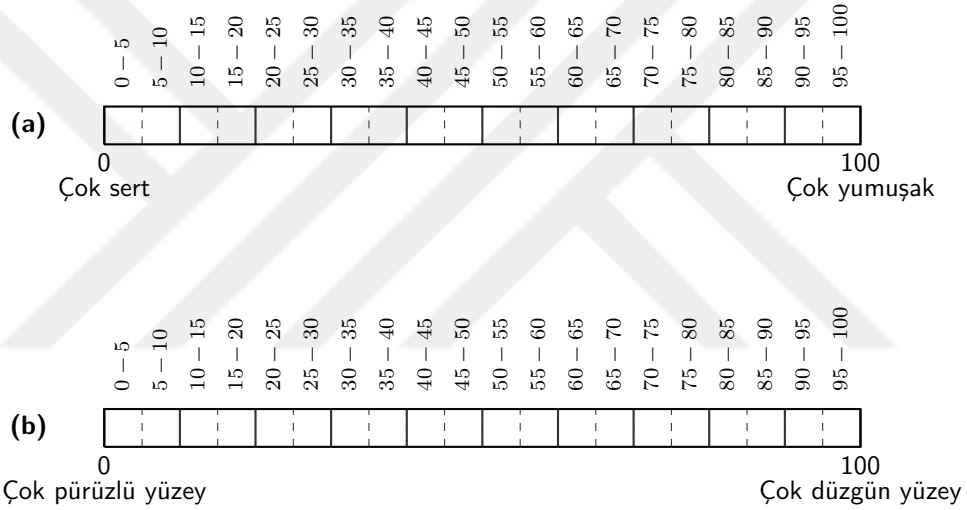
Değerlendirme tekniği: Jüri üyesi, paravanın altındaki açıklıktan ellerini kumaş numunesinin kendisine verileceği alana kadar uzatır. Katılımcıdan değerlendirme aşamasında bir eli ile duyusal testi gerçekleştirirken, diğer eli ile kumaşı sabitlemesi istenmiştir. Katılımcı, en çok kullandığı elin başparmağını kumaşın üstüne, diğer dört parmağı kumaşın altına yerleştirerek, kare şeklinde hazırlanmış olan kumaş numunesini bir köşesinden tutar (Şekil 2.26). Baş parmağını kumaş üzerinde dairesel hareketler ile gezdirerek kumaş yüzeyindeki girintileri ve çıkıntıları hissetmeye çalışır. Hissedilen pürüzler ne kadar fazla ise kumaş yüzeyi o kadar pürüzlü, ne kadar az ise kumaş yüzeyi o kadar düzgündür.

Şekil 2.26 Uzman jüri pürüzlü yüzey-düzgün yüzey değerlendirmesi: (a) test düzeni ve (b) baş parmağın kumaş yüzeyinde yaptığı dairesel hareket ile pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özelliğinin değerlendirilmesi (Kişisel arşiv, 2018)

Değerlendirme süresi: Her bir kumaş numunesi, 15 saniyelik maksimum süreyi aşmayacak şekilde katılımcı tarafından değerlendirilmelidir.

2.4.2.3 Değerlendirme Skalası

Duyusal tepkilerle ilgili yapılan araştırmalarda anlamsal diferansiyel skalalar (semantic differantial scales) kullanılabilmektedir. Yöntemde, birbirinin zıt anlamlısı kelime çiftlerinden oluşan çift kutuplu bir dizi sıralama skalası oluşturulmaktadır. Çift kutuplu bu kelimeler arası 5-7 arasında tanımlanmış kategoriye ayrılmaktadır. Birbirinin zıttı tanımlayıcılar kullanıldığında orta nokta nötr algıyı ifade etmektedir. Uzman jüri ile gerçekleştirilen duyusal testlerde, kutuplar arası kategorilerin 100 birimlik ölçekler ile ifade edildiği skalalar da kullanılmaktadır (Sztandera ve ark., 2013; Behery, 2005).



Şekil 2.27 Uzman jüri değerlendirmesinde kullanılan (a) sertlik yumuşaklık ve (b) pürüzlü yüzey-düzgün yüzey skalası

Uzman jüri değerlendirmelerinde zıt ifadeler içeren skalalar kullanılmıştır. Tez kapsamında uzman katılımcılar ile gerçekleştirilen duyusal testlerde, değerlendirilen parametrelere ilişkin skaler büyüklükler elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca uygun olarak çift kutuplu ifadeler arasında daha fazla sayıda kategori içeren bir skala hazırlanmıştır. Katılımcılar, subjektif değerlendirme kapsamındaki parametreleri, iki zıt kutup (0 ile 100) arasında sınıf aralığı şeklinde 20 farklı kategoriye sahip bir semantik skala ile değerlendirmiştir (Şekil 2.27). Katılımcı, değerlendirdiği kumaşın ilgili özelliği için skalada uygun gördüğü sınıf aralığına karar verir. Katılımcının ifadeleri, ilgili özelliğe ilişkin forma kaydedilir. Skalada yer alan her sınıf aralığının,

bir sınıf orta değeri bulunmaktadır. Sınıf aralığı şeklinde ifade edilen değerlendirme sonuçları, sınıf orta değerleri dikkate alınarak sayısal veriye dönüştürülür.

2.4.2.4 Numunelerin Hazırlanması

Uzman jüri değerlendirmesinde 51 farklı tip kumaşın eğilme ve yüzey özellikleri, duyusal testler ile değerlendirilmiştir. Dokunsal konforu geliştirilmiş sistematik denim kumaşlar (24 farklı tip), durum analizi numune grubu kumaşları (17 farklı tip) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (10 farklı tip) hepsi uzman jüri değerlendirmesine dahildir. Uzman jüri değerlendirmesi için, her kumaş tipinden 15 cm x 15 cm ebatlarında birer adet numune kesilmiştir. Numuneler jüriye; ön yüzü üstte olmak üzere, çözgü yönü katılımcıya doğru olacak şekilde sunulmuştur (Şekil 2.25 ve 2.26).

2.4.2.5 Referans Kumaşların Belirlenmesi

Kumaş yapısının sertlik-yumuşaklık açısından uzman jüri tarafından duyusal testler ile değerlendirilmesi esnasında katılımcılara verilecek referans kumaşlar, eğilme direnci testinin sonuçlarına göre belirlenmiştir. Eğilme direncine ilişkin objektif veriler içerisinde en yüksek ve en düşük eğilme direnci değerlerinin ait olduğu kumaş tipleri, test yönüne göre farklılık göstermektedir. Bu durumda hangi test yönünün dikkate alınacağına karar verilmelidir. Öte yandan, tez kapsamındaki tüm kumaşlar için ve tüm test yönleri için en yüksek eğilme direnci değeri (90,3 μJ/m) D2.6 kodlu kumaşın çözgü yönüne aittir, en düşük eğilme direnci (1,1 μJ/m) ise C03 kodlu kumaşın atkı yönüne aittir.

Kumaşların ortalama eğilme direnci değerleri dikkate alındığında ise sistematik kumaşlar içerisinde en düşük eğilme direncinin (8,6 μJ/m) C03 kodlu kumaş tipine, en yüksek eğilme direncinin (40,9 μJ/m) A02 kodlu kumaş tipine; durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde en düşük eğilme direncinin (6,9 μJ/m) E3.3 kodlu kumaş tipine, en yüksek eğilme direncinin (54,8 μJ/m) D2.6 kodlu kumaş tipine ait

olduğu görülmektedir. Belirtilen incelemeler ışığında, tez kapsamındaki denim kumaşlar arasından D2.6 kodlu kumaş tipinin "çok sert" ifadesine ve E3.3 kodlu kumaşın "çok yumuşak" ifadesine referans olarak verilmesine karar verilmiştir.

Kumaş yüzeyinin pürüzlülük-düzgünlük açısından uzman jüri tarafından duyusal testler ile değerlendirilmesi esnasında katılımcılara verilecek referans kumaşlar; sürtünme katsayıları, yüzey profili parametreleri, halkadan çekme testi sonuçları ve tüketici tutum değerlendirmesi bulgularına göre belirlenmiştir. İncelemeler ışığında, tez kapsamındaki denim kumaşlar arasından D1.3 kodlu kumaş tipinin "çok pürüzlü yüzey" ifadesine ve D3.2 kodlu kumaşın "çok düzgün yüzey" ifadesine referans olarak verilmesine karar verilmiştir.

2.4.2.6 Değerlendirme Süreci

Duyusal testler kapsamında uzman jüri katılımcılar ile gerçekleştirilen sertlik yumuşaklık ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey değerlendirmeleri; Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Konfor Laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarın ortam şartları, 24^oC sıcaklık ve %45 bağıl neme ayarlanmıştır. Katılımcıya sunulacak kumaş numuneleri de, laboratuvarda belirtilen ortam koşullarında 7/24 kondisyonlu halde muhafaza edilmiştir.

Duyusal değerlendirmeler her katılımcı için, her bir oturum arasında en az yedi ve en fazla on gün olmak kaydıyla, üç oturumda gerçekleştirilmiştir. Her bir oturumdan elde edilen sertlik yumuşaklık ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey değerlendirmelerine ilişkin sayısal veriler çok çeşitli istatistiksel yöntemler ile değerlendirilmiştir. Katılımcıların cevaplarının kendi içerisindeki tutarlılığı, katılımcıların cevaplarının diğer katılımcılar ile tutarlılığı ve duyusal testlerden elde edilen verilerin diğer bulgularla ilişkisinin incelenmesi amacıyla kullanılan istatistiksel yöntemler Bölüm 2.5'te verilmiştir.

2.4.3 Önkol Testi ile Sıcak-Soğuk Hissinin Değerlendirilmesi

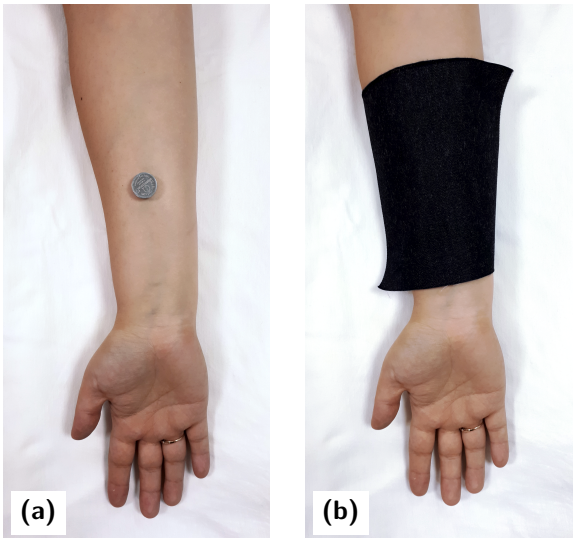
Uzman jüri önkol testi, yaşları 28 ile 35 arasında değişen 10 tekstil mühendisinin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Sıcak-soğuk hissine ilişkin testlerin doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için, değerlendirme işlemine ilişkin önemli noktaları kapsayan ve bu noktalara açıklık getiren bir prosedür oluşturulmuştur. Hazırlanan prosedür, değerlendirilecek özelliğin tanımını, değerlendirme tekniğini, değerlendirme süresini, değerlendirme skalasını ve değerlendirme işlem sırasını belirtmektedir. Değerlendirilen kavramlar prosedürde belirtildiği şekilde katılımcılara açıklanmıştır. Bu açıklamada, her parametrenin değerlendirilmesi esnasında takip edilmesi gereken basamaklar detaylı olarak ifade edilmiştir.

2.4.3.1 Sıcak-Soğuk Hissi Değerlendirmesi Prosedürü

Tanım: Sıcak ve soğuk kavramları ile ifade edilen ısı alışverişi, kumaşa ilk temas anında gerçekleşen ısı transferi ile oluşan histir.

Değerlendirme tekniği: Jüri üyesi, paravanın altındaki açıklıktan kollarını kumaş numunesinin koluna temas ettirileceği alana kadar uzatarak iç kısmı üste gelecek şekilde yerleştirir. Katılımcıdan değerlendirme aşamasında iki kolunu da aynı pozisyonda sabitlemesi istenmiştir. Temas sırasında deride gerçekleşen olası sıcaklık değişiminin tespiti için ön kolun (bilek-dirsek arası) iç kısmına sıcaklık ölçen sensör bir bantla yapıştırılır. Kare şeklindeki kumaş numunesinin iç yüzü, katılımcının koluna temas ettirilir (Şekil 2.28). Katılımcı, kumaş numunesinin ilk temas anında gerçekleşen ısı alışverişini değerlendirerek sıcak-soğuk hissine karar verir.

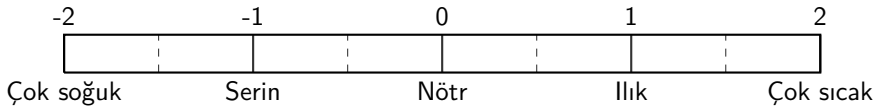
Değerlendirme süresi: Her bir kumaş numunesi, 30 saniye boyunca katılımcının koluna temas ettirilir. Bir sonraki numunenin değerlendirilmesine başlamadan önce, katılımcının kolu 30 saniye boyunca açık halde ve her hangi bir temas olmadan bekletilir.



Şekil 2.28 Uzman jüri tarafından sıcak-soğuk hissinin önkol testi ile değerlendirilmesi: (a) sensörün kol üzerindeki konumu ve (b) kumaş numunesinin yerleşimi (Kişisel arşiv, 2018)

2.4.3.2 Değerlendirme Skalası

Temas sırasında katılımcı sıcak-soğuk hissine ilişkin görüşünü skala yardımıyla değerlendirir (Şekil 2.29). Sıcak-soğuk hissi değerlendirilirken, kolun kumaşla temas etmeden önceki durumu 'nötr' olarak kabul edilmiştir. Çift kutuplu skalada kelimeler arası 8 kategoriye ayrılmaktadır ve orta nokta nötr algıyı ifade etmektedir. Katılımcıya; değerlendirdiği kumaşın sıcak-soğuk hissine ilişkin skalada uygun gördüğü ifadeye ve bu ifadeye denk düşen sayısal değere karar verme sürecinde; tam sayılara karşılık gelen sözel ifadelere ek olarak, sınıf aralığı belirtmek suretiyle ara değerleri de seçme olanağı tanınmıştır. Burada amaç, katılımcının iki ifade arasında karasız kaldığı durumlarda, tam hemfikir olamadığı bir ifadeyi seçmek zorunda kalması yerine, kararsız kaldığı iki ifadeye eşit uzaklıktaki bir noktayı seçmesine imkan tanımaktır. Böylelikle katılımcının sıcak-soğuk hissine ilişkin ifadeleri gerçeğe en yakın biçimde kaydedilmiş olur. Sınıf aralığı şeklinde ifade edilen değerlendirme sonuçları, sınıf orta değerleri dikkate alınarak sayısal veriye dönüştürülmüştür.



Şekil 2.29 Sıcak-soğuk hissinin değerlendirilmesinde kullanılan skala

2.4.3.3 Değerlendirme Süreci

Uzman jüri değerlendirmesinde dokunsal konforu geliştirilmiş sistematik denim kumaşların (24 farklı tip) sıcak-soğuk hissi, önkol testi ile değerlendirilmiştir. Duyusal testler kapsamında uzman jüri katılımcılar ile gerçekleştirilen sıcak-soğuk hissi değerlendirmesi; Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Konfor Laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarın ortam şartları, 24^oC sıcaklık ve %45 bağıl neme ayarlanmıştır. Katılımcıya sunulacak kumaş numuneleri de, laboratuvarda belirtilen ortam koşullarında 7/24 kondisyonlu halde muhafaza edilmiştir. Katılımcının testten en az 20 dakika önce laboratuvara gelerek ortam şartlarına uyum sağlaması gerekmektedir.

Test esnasında 15 cm x 15 cm boyutlarındaki numuneler, katılımcının önkollarına temas ettirilir. Katılımcının sıcak-soğuk hissine ilişkin görüşü ilgili forma kaydedilir. Bu sırada sensör aracılığıyla deri yüzey sıcaklığı kaydedilmektedir. Saniyede bir kaydedilen deri sıcaklık değerleri, daha sonra sensör için hazırlanmış bir yazılım yardımıyla sayısal veriye dönüştürülür. Temas anındaki deri yüzey sıcaklığı değişiminin doğru saptanabilmesi için, temas anı bilgisi de saniye hassasiyetle forma kaydedilir.

Önkol testi her katılımcı için, tek bir oturumda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sıcak-soğuk hissi ve sensör kayıtlarına ilişkin sayısal veriler istatistiksel yöntemler ile değerlendirilmiştir. Katılımcıların cevaplarının diğer katılımcılar ile tutarlılığı ve duyusal testlerden elde edilen verilerin diğer bulgularla ilişkisinin incelenmesi amacıyla kullanılan istatistiksel yöntemler Bölüm 2.5'te verilmiştir.

2.5 İstatistiksel Analiz

Objektif ölçümlerle elde edilen yapısal kumaş özellikleri, mekanik kumaş özellikleri ve kumaş yüzey özelliklerine ilişkin veriler ve aynı zamanda duyusal testlerden elde edilen konfor parametrelerine ilişkin veriler, tez çalışmasının amacına uygun olarak belirli kategorilere ayrılmış ve seçili özellikler çeşitli temel istatistiksel analiz yöntemleri veya non-parametrik verilerin analizinde kullanılan yöntemler ile, IMB SPSS Statistics 23 istatistiksel paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada Kendal Uyum Katsayısı (W) denemeye katılan kişilerin tekrarlı değerlendirme sonuçlarının ve farklı kişilerin aynı kumaş için yaptıkları değerlendirmelerin tutarlılıklarının belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır (Kaplan, 2009). Bu yöntem üç veya daha fazla sayıda olayın belirli özellikler açısından değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar arasındaki uyum oranının belirlenmesi için kullanılır. Jüri içi güvenilirlik olarak da adlandırılan bu yöntem ile hesaplanan Kendal Uyum Katsayısı (W) değerinin 1'e yaklaşması değerlendirilen parametre için jüri üyeleri arasındaki uyumun yüksek olduğunu gösterir.

Objektif ölçümler ile belirlenen özellikler; yapısal kumaş özellikleri, mekanik kumaş özellikleri ve kumaş yüzey özellikleridir. Sistematik denim kumaşların üretiminde kullanılan farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, objektif ölçümler ile belirlenen kumaş özelliklerine etkisi; A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş, B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş ve C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. Duyusal testlerden elde edilen veriler için bu ilişki, Wilcoxon işaretli sıralar testi ile incelenmiştir.

Sistematik denim kumaşlarda %100 viskon atkı ipliği yerine %15 hayvansal lif %85 viskon karışımı atkı ipliği tercih edilmesi durumunda, objektif ölçümler ile belirlenen kumaş özelliklerinde gözlemlenen farklılıklar; A serisi için %100 viskon atkı ipliğine sahip A03 kodlu kumaş, B serisi için %100 viskon atkı ipliğine sahip B03 kodlu kumaş ve C serisi için %100 viskon atkı ipliğine sahip C03 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. Duyusal testlerden elde edilen veriler için bu

ilişki, Wilcoxon işaretli sıralar testi ile incelenmiştir.

Dokunsal konforun iyileştirilmesi amacıyla uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin, objektif ölçümler ile belirlenen kumaş özelliklerine etkisi, bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. Kumaşların yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tipine ait test sonuçları, işlem görmemiş muadiline ait test sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada C serisinin referans kumaşları A serisidir, E serisi ve T serisinin referans kumaşları ise D serisindedir. Duyusal testlerden elde edilen veriler için bu ilişki, Wilcoxon işaretli sıralar testi ile incelenmiştir.

Dokunsal konforun iyileştirilmesi amacıyla denenen farklı dokuma işlemi parametrelerinin, objektif ölçümler ile belirlenen kumaş özelliklerine etkisi, bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. Kumaşların alternatif dokuma parametreleri ile üretilmiş tipine ait test sonuçları, standart dokuma parametreleri ile üretilmiş muadiline ait test sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada B serisinin referans kumaşları A serisindedir. Duyusal testlerden elde edilen veriler için bu ilişki, Wilcoxon işaretli sıralar testi ile incelenmiştir.

Farklı kumaş özelliklerine ilişkin objektif ölçümlerden elde edilen verilerin birbiri arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Duyusal testlerin kendi arasındaki ilişkisi ve objektif ölçümlerden elde edilen veriler ile duyusal testler arasındaki ilişkiler ise Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı (rs) hesaplanarak incelenmiştir.

Çeşitli testlerden elde edilen objektif ve subjektif veriler faktör analizi metodu ile aralarındaki ilişkilere göre faktör alt gruplarına ayrılmıştır. Faktör analizi veriler arasındaki ilişkilere dayanarak verilerin daha anlamlı ve özet bir biçimde sunulmasını sağlayan bir istatistiksel analiz türüdür. Amaç esas olarak değişkenler arasındaki karşılıklı bağımlılığın kökenini araştırmaktadır. Faktör analizi ile elde edilen döndürülmüş bileşen matrisindeki (rotated component matrix) sayısal verilerden faydalanılarak faktör alt grupları belirlenmiştir.

BÖLÜM ÜÇ
SONUÇ

3.1 Yapısal ve Mekanik Özelliklere İlişkin Bulgular

3.1.1 İplik Özellikleri

Eğirme sistemi, iplik numarası, kat adedi, büküm miktarı ve yönü gibi iplik üretim parametrelerinin tutum üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Sistematik denim kumaş üretiminde, eşdeğer yapısal özelliklere (numara, kat adedi, eğirme sistemi, büküm katsayısı vb) sahip atkı iplikleri ile çalışılmıştır. Atkı ipliği olarak kullanılmak üzere seçilen iplikler sekiz tiptir; %100 Pamuk, %100 poliester, 67/33 poliester/viskon, 50/50 poliester/viskon, %100 viskon, 85/15 viskon/angora, 85/15 viskon/yün ve 85/15 viskon/ipek olmak üzere farklı hammadde içeriklerine sahiptir.

Sistematik denim kumaşların üretiminde kullanılan iplikler eşdeğer yapısal özelliklere sahip olmakla beraber, hammadde farkından dolayı mekanik özellikleri farklılık gösterebilmektedir. Sistematik kumaş üretiminde kullanılan ipliklerin mekanik özelliklerine ilişkin ölçüm sonuçları ve kumaş özellikleri ile ilişkisi bu bölümde ilgili başlıklar altında verilmiştir.

3.1.1.1 İpliklerin Kopma Yükü ve Kopma Uzaması Değerleri

Sistematik denim kumaşların üretiminde kullanılan ipliklerin kopma yükü ve kopma uzaması değerleri Tablo 3.1'de görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, Y02 kodlu %100 poliester ipliğin en yüksek kopma yüküne sahip olduğu görülmektedir. %85 viskon %15 hayvansal lif içeren iplikler (Y04, Y05 ve Y06) en düşük mukavemet değerine sahiptir. Bu değerleri %100 viskon içeren Y03 kodlu iplik tipi izlemektedir.

İncelenen iplik tipleri arasında, hammaddesi %100 pamuk olan iplik tipleri (Y01 ve Y09) en düşük kopma uzaması değerine sahiptir. Diğer iplik tiplerinin kopma

uzaması yaklaşık %20 olmakla beraber, karışımdaki viskon oranı arttıkça ipliklerin kopma uzamasının da arttığı görülmektedir.

Tablo 3.1 Sistematik denim kumaş üretiminde kullanılan ipliklerin kopma yükü ve kopma uzaması değerleri

İplik kodu	**Kullanım yönü**	**Kumaş tipi**	**Kopma yükü** (N)		**Kopma uzaması** (%)	
Y01	Atkı	A01, B01, C01	3,98	(0,46)	10,3	(1,0)
Y02	Atkı	A02, B02, C02	6,12	(0,49)	18,6	(1,0)
Y03	Atkı	A03, B03, C03	2,84	(0,25)	22,3	(1,3)
Y04	Atkı	A04, B04, C04	2,31	(0,25)	22,9	(2,7)
Y05	Atkı	A05, B05, C05	2,57	(0,23)	23,1	(2,0)
Y06	Atkı	A06, B06, C06	2,49	(0,12)	22,6	(1,4)
Y07	Atkı	A07, B07, C07	4,91	(0,32)	19,1	(1,2)
Y08	Atkı	A08, B08, C08	4,68	(0,43)	22,6	(0,7)
Y09	Çözgü	Tüm sistematik kumaşlar	4,77	(0,52)	15,9	(1,7)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

3.1.1.2 İpliklerin Tüylülük Değerleri

Sistematik denim kumaşların üretiminde kullanılan atkı ipliklerin tüylülük değerleri Tablo 3.2'de görülmektedir. 100 m uzunluğundaki iplikte saptanan 1 mm ve 2 mm uzunluğundaki tüylerin toplam sayısına (S1+2) ilişkin veriler incelendiğinde, Y01 ve Y08 kodlu ipliklerin en düşük tüylülük değerine (<18000) sahip olduğu görülmektedir. Diğer iplik tiplerinin S1+2 değeri ise 25000 ile 32000 arasında değişmektedir.

Tablo 3.2 Sistematik denim kumaş üretiminde kullanılan ipliklerin tüylülük değerleri

İplik kodu	**Kullanım yönü**	**Kumaş tipi**	**S1+2** (adet/100 m)		**S3** (adet/100 m)	
Y01	Atkı	A01, B01, C01	17915	(1994)	977	(199)
Y02	Atkı	A02, B02, C02	31739	(1549)	1896	(298)
Y03	Atkı	A03, B03, C03	29759	(478)	3079	(293)
Y04	Atkı	A04, B04, C04	25229	(418)	2516	(81)
Y05	Atkı	A05, B05, C05	31394	(625)	3120	(63)
Y06	Atkı	A06, B06, C06	25847	(423)	2653	(107)
Y07	Atkı	A07, B07, C07	26919	(308)	1920	(47)
Y08	Atkı	A08, B08, C08	17073	(319)	922	(13)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.
S1+2: 100 m uzunluğundaki iplikte saptanan 1 mm ve 2 mm uzunluğundaki tüylerin sayısı.
S3: 100 m uzunluğundaki iplikte saptanan 3 mm ve daha uzun tüylerin sayısı.

100 m uzunluğundaki iplikte saptanan 3 mm ve daha uzun tüylerin toplam sayısına (S3) ilişkin veriler incelendiğinde de Y01 ve Y08 kodlu ipliklerin en düşük tüylülük

değerine (<1000) sahip olduğu görülmektedir. Diğer iplik tiplerinin S3 değeri ise 1800 ile 3200 arasında değişmektedir.

3.1.2 Kumaş Kalınlığı ve Sıkıştırılabilme Oranı

3.1.2.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

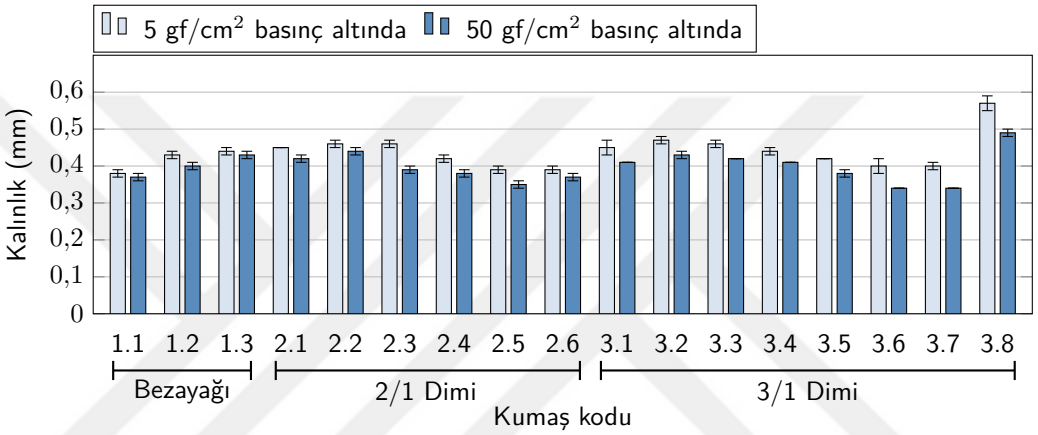
Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) 5 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değerleri, 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen sıkıştırılmış kalınlık değerleri ve 2.1 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanan sıkıştırılabilme oranı değerleri Tablo 3.3'te görülmektedir.

Tablo 3.3 D, E ve T serisindeki kumaşların kalınlık ve sıkıştırılabilme oranı

Kumaş kodu	**Kalınlık**[1] (mm)	**Kalınlık**[2] (mm)	**Sıkıştırılabilme oranı** (%)
D1.1	0,38 (0,01)	0,37 (0,01)	2,6
D1.2	0,43 (0,01)	0,40 (0,01)	5,4
D1.3	0,44 (0,01)	0,43 (0,01)	3,4
D2.1	0,45 (0,00)	0,42 (0,01)	6,7
D2.2	0,46 (0,01)	0,44 (0,01)	5,2
D2.3	0,46 (0,01)	0,39 (0,01)	15,4
D2.4	0,42 (0,01)	0,38 (0,01)	9,5
D2.5	0,39 (0,01)	0,35 (0,01)	12,2
D2.6	0,39 (0,01)	0,37 (0,01)	4,9
D3.1	0,45 (0,02)	0,41 (0,00)	7,4
D3.2	0,47 (0,01)	0,43 (0,01)	9,1
D3.3	0,46 (0,01)	0,42 (0,00)	9,3
D3.4	0,44 (0,01)	0,41 (0,00)	5,3
D3.5	0,42 (0,00)	0,38 (0,01)	8,6
D3.6	0,40 (0,02)	0,34 (0,00)	14,1
D3.7	0,40 (0,01)	0,34 (0,00)	14,8
D3.8	0,57 (0,02)	0,49 (0,01)	12,9
E1.1	0,43 (0,02)	0,37 (0,02)	14,1
E1.3	0,55 (0,01)	0,44 (0,02)	20,0
E2.4	0,55 (0,01)	0,45 (0,01)	17,0
E2.6	0,46 (0,02)	0,38 (0,01)	17,9
E3.3	0,65 (0,02)	0,53 (0,01)	18,3
T1.1	0,45 (0,01)	0,38 (0,01)	17,4
T1.3	0,56 (0,02)	0,46 (0,01)	17,9
T2.4	0,57 (0,02)	0,47 (0,01)	17,5
T2.6	0,49 (0,01)	0,40 (0,01)	20,0
T3.3	0,70 (0,02)	0,58 (0,00)	17,1

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.
[1] 5 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir.
[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir.

Kumaşların 5 gf/cm^2 basınç altındaki kalınlığı incelendiğinde D1.1, D2.5 ve D2.6 kodlu kumaşların kalınlığının en düşük olduğu görülmektedir. D1.1 kodlu kumaşın atkı ipliği %100 ketendir. D2.5 ve D2.6 kodlu kumaşlar %100 pamuk olmakla beraber bu iki kumaş tipinde yüzey indigo boya ile kaplıdır. D3.8 kodlu kumaşın kalınlığı ise en yüksektir. D3.8 kodlu kumaşın çözgüsü %100 pamuk, atkı ipliği ise %3,7 oranında elastan içermektedir. D3.8 kodlu kumaş aynı zamanda durum analizi numune grubu denim kumaşları arasında en yüksek birim alan kütlesine (274 g/m^2) sahip kumaş tipidir.

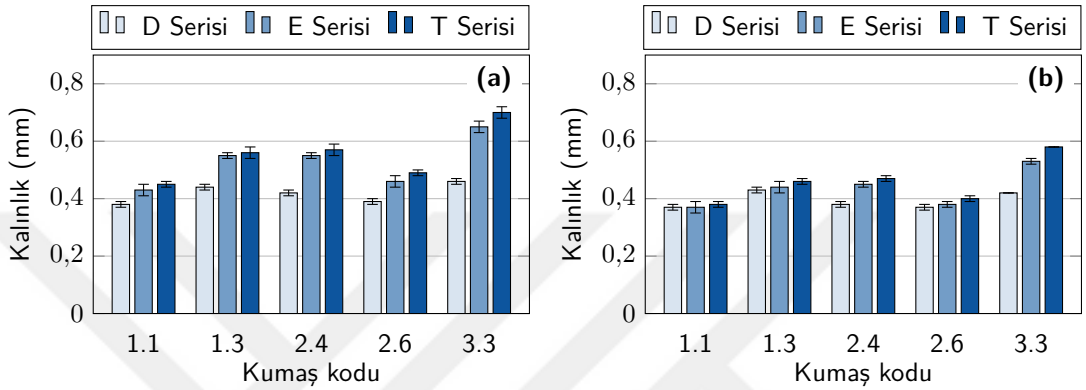


Şekil 3.1 D serisindeki kumaşların 5 gf/cm^2 ve 50 gf/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değerleri

5 gf/cm^2 ve 50 gf/cm^2 basınç altında gerçekleştirilen kalınlık ölçümleri arasındaki oransal fark, sıkıştırılabilme oranı olarak ifade edilmektedir. D serisinde en yüksek sıkıştırılabilme oranı %15,4 olmak üzere D2.3 numaralı kumaşa aittir. Bu değeri %14,8 ile D3.7 kodlu kumaş ve %14,1 ile D3.6 kodlu kumaş izlemektedir. Üç kumaş tipi de %100 pamuktur ve her hangi bir kaplama vb işleme tabi tutulmamıştır. Sıkıştırılabilme oranının en düşük olduğu kumaş (%2,6) ise D1.1 kodlu çözgüsü %100 pamuk atkısı %100 keten kumaştır. Bu değeri %3,4 sıkıştırılabilme oranı ile D1.3 numaralı %100 pamuk, bezayağı kumaş izlemektedir (Şekil 3.1).

D, E ve T serisi karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, uygulanan işlemlerin kumaş kalınlığını arttırdığı görülmüştür (Şekil 3.2). Enzim yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulan kumaşların kalınlığı, işlem görmemiş muadillerine göre %13 ile %40 arasında artış göstermiştir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulan durum

analizi numune grubu kumaşlarının kalınlığı ise, işlem görmemiş muadillerine göre %19 ile %52 arasında artış göstermiştir. Uygulanan işlemin kalınlık üzerindeki etkisi bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde, hem E serisindeki hem de T serisindeki tüm kumaş tipleri için uygulanan işlemlerin D serisindeki muadillerine göre kalınlıkta yarattığı fark, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Kan ve Yuen, 2009).

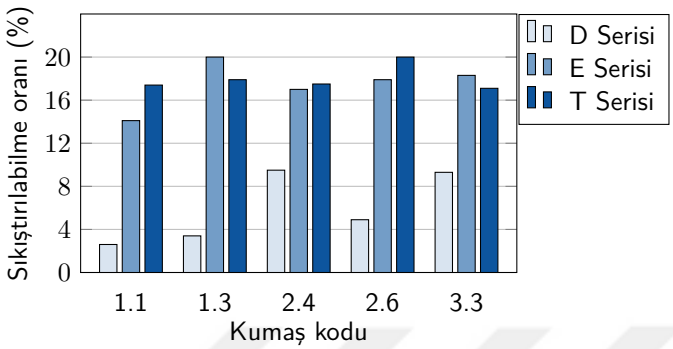


Şekil 3.2 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının (a) 5 g/cm^2 basınç altında ve (b) 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değerleri

Kumaşların 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen sıkıştırılmış kalınlık değerlerinde ise eskitme ve yumuşatma işlemleri sonrasında gözlemlenen artış daha düşük seviyededir. Enzim yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulan kumaşların sıkıştırılmış kalınlığı, işlem görmemiş muadillerine göre %2 ile %26 arasında artış gösterirken, D1.1 ile E1.1 kodlu kumaşların sıkıştırılmış kalınlık değerleri arasında her hangi bir fark gözlemlenmemiştir. Uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin sıkıştırılmış kalınlık değerleri üzerindeki etkisi bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde, E serisindeki kumaşlar ile D serisindeki muadillerinin sıkıştırılmış kalınlık değerleri arasındaki fark, sadece E2.4 ve E3.3 kodlu kumaşlar için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Taş yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulan kumaşların sıkıştırılmış kalınlığı ise, işlem görmemiş muadillerine göre %7 ile %39 arasında artış gösterirken, D1.1 ile T1.1 kodlu kumaşların sıkıştırılmış kalınlık değerleri arasındaki fark %0,5'tir. Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin sıkıştırılmış kalınlık değerleri

üzerindeki etkisi bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde, T serisindeki kumaşlar ile D serisindeki muadillerinin sıkıştırılmış kalınlık değerleri arasındaki fark, T1.1 kodlu kumaş haricindeki tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 3.3 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının sıkıştırılabilme oranları

Kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık bulgularına paralel olarak, uygulanan eskitme ve yumuşatma işlemleri ile sıkıştırılabilme oranının da arttığı gözlemlenmiştir (Şekil3.3). Burada dikkat çeken nokta, tüketici değerlendirmesi esnasında tutum skoru 1 olarak puanlanan kumaşların arasından seçilen D1.1, D1.3 ve D2.6 kodlu kumaşların sıkıştırılabilme oranı enzim yıkama ve yumuşatma işlemi sonrasında %265 ile %489 arasında artmış, taş yıkama ve yumuşatma işlemi sonrasında ise %308 ile %566 arasında artmış iken, tutum skoru 3 olan kumaş tipi (D2.4) ve tutum skoru 5 olan kumaş tipi (D3.3) için sıkıştırılabilme oranındaki artışın %80 ile %96 arasında kalmasıdır.

Tüketici tarafından tutumu beğenilmeyen kumaşların sıkıştırılabilme oranı oldukça düşük iken, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla uygulanan işlemler, sıkıştırılabilme oranının ciddi oranda artmasını sağlamıştır. Sıkıştırılabilme oranlarına ilişkin histogram genel olarak incelendiğinde, başlangıçta farklı sıkıştırılabilme oranı değerlerine ve farklı tutum skorlarına sahip olan tüm kumaş tiplerinin, uygulanan eskitme ve yumuşatma işlemleri sonrasında sıkıştırılabilme oranlarının yaklaşık olarak aynı seviyeye geldiği (%14 ile %20 arasında) görülmektedir. Uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin sıkıştırılabilme oranı üzerindeki etkisi eşlenik t-testi ile incelendiğinde, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Uygulanan enzim + taş yıkama ve yumuşatma işleminin sıkıştırılabilme oranı üzerindeki etkisi eşlenik t-testi ile incelendiğinde, bu işlem için de fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

3.1.2.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) 5 g/cm^2 ve 50 g/cm^2 yük altında ölçülen kalınlık değerleri ve 2.1 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanan sıkıştırılabilme oranları Tablo 3.4'te görülmektedir. A serisinde en yüksek kalınlık değeri (0,49 mm) viskon/yün karışımı atkı ipliğine sahip kumaşa (A05) aittir. En düşük kalınlık değeri ise (0,44 mm) viskon/ipek karışımı atkı ipliğine sahip kumaşa (A06) ve (0,46 mm) viskon/angora karışımı atkı ipliğine sahip kumaşa (A04) aittir. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların kalınlık değerleri üzerindeki etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde, atkı yönünde %85 viskon %15 angora içeren kumaş tipi (A04) ve %85 viskon %15 ipek içeren kumaş tipi (A06) haricinde hiç bir kumaşın kalınlık değeri ile referans kumaş arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Sıkıştırılmış kalınlık değerleri için benzer şekilde gerçekleştirilen bağımsız örnek t-testi sonucunda ise A serisindeki hiç bir kumaş tipi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Bu durum, A serisi kumaşları içerisinde angora ve ipek içeren kumaş tipleri haricinde hiç bir kumaş tipi için hammaddenin kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerlerine etkisi olmadığını göstermektedir.

B serisinde bir tip hariç tüm kumaşların kalınlığı 0,38 mm'dir. En düşük kalınlık değeri ise (0,36 mm) viskon/ipek karışımı atkı ipliğine sahip kumaşa (B06) aittir. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri üzerindeki etkisi B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde, atkı ipliğinde %15 ipek %85 viskon içeren kumaşın (B06) kalınlık değeri hariç, B serisindeki hiç bir kumaş için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

C serisinde en yüksek kalınlık değeri (0,76 mm) viskon/angora karışımı atkı ipliğine

Tablo 3.4 A, B ve C serisindeki kumaşların kalınlık ve sıkıştırılabilme oranı

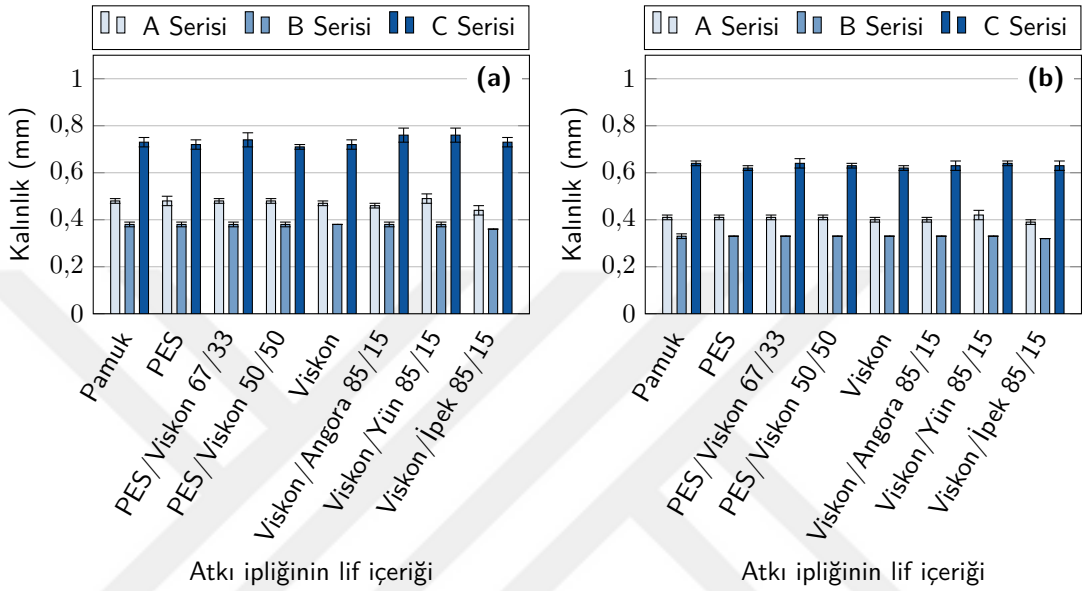
Kumaş kodu	**Kalınlık**[1] (mm)	**Kalınlık**[2] (mm)	**Sıkıştırılabilme oranı** (%)
A01	0,48 (0,01)	0,41 (0,01)	15,7
A02	0,48 (0,02)	0,41 (0,01)	14,3
A03	0,47 (0,01)	0,40 (0,01)	14,3
A04	0,46 (0,01)	0,40 (0,01)	13,7
A05	0,49 (0,02)	0,42 (0,02)	14,8
A06	0,44 (0,02)	0,39 (0,01)	11,1
A07	0,48 (0,01)	0,41 (0,01)	13,5
A08	0,48 (0,01)	0,41 (0,01)	13,9
B01	0,38 (0,01)	0,33 (0,01)	15,1
B02	0,38 (0,01)	0,33 (0,00)	13,0
B03	0,38 (0,00)	0,33 (0,00)	13,3
B04	0,38 (0,01)	0,33 (0,00)	12,6
B05	0,38 (0,01)	0,33 (0,00)	13,9
B06	0,36 (0,00)	0,32 (0,00)	10,3
B07	0,38 (0,01)	0,33 (0,00)	11,9
B08	0,38 (0,01)	0,33 (0,00)	13,2
C01	0,73 (0,02)	0,64 (0,01)	12,7
C02	0,72 (0,02)	0,62 (0,01)	14,5
C03	0,72 (0,02)	0,62 (0,01)	13,4
C04	0,76 (0,03)	0,63 (0,02)	16,3
C05	0,76 (0,03)	0,64 (0,01)	15,5
C06	0,73 (0,02)	0,63 (0,02)	13,3
C07	0,74 (0,03)	0,64 (0,02)	13,2
C08	0,71 (0,01)	0,63 (0,01)	11,8

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.
[1] 5 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeri.
[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeri.

sahip kumaşa (C04) ve viskon/yün karışımı atkı ipliğine sahip kumaşa (C05) aittir. C serisinde en düşük kalınlık değeri ise (0,71 mm) 50/50 poliester/viskon karışımı atkı ipliğine sahip kumaşa (C08) aittir. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların kalınlık değerleri üzerindeki etkisi C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde, atkı yönünde %50 viskon %50 poliester içeren kumaş tipi (C08) haricinde hiç bir kumaşın kalınlık değeri ile referans kumaş arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Sıkıştırılmış kalınlık değerleri için benzer şekilde gerçekleştirilen bağımsız örnek t-testi sonucunda ise atkı yönünde %100 poliester içeren kumaş tipi (C02), %50 viskon %50 poliester içeren kumaş tipi (C08) ve %100 viskon içeren kumaş tipi (C03) haricinde hiç bir kumaşın kalınlık değeri ile referans kumaş arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

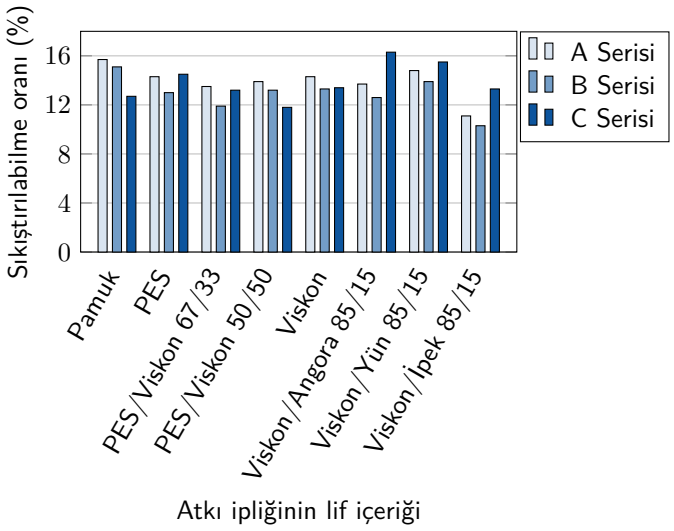
A, B ve C serilerinin kalınlık değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu

görülmektedir (Şekil 3.4). Seriler arasındaki bu kalınlık farkının istatistiksel olarak anlamlı olduğu bağımsız örnek t-testi ile saptanmıştır ($p < 0,05$). A, B ve C serilerinin sıkıştırılmış kalınlık değerleri için de benzer bir durum söz konusudur. Bu değerler için de sistematik gruplar arasındaki fark bağımsız örnek t-testi ile sınanmış ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 3.4 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) 5 g/cm^2 basınç altında ve (b) 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değerleri

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin kalınlık ve sıkıştırılabilme oranı üzerindeki etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. Hem 5 g/cm^2 hem de 50 g/cm^2 basınç altında gerçekleştirilen ölçümlerde, A serisindeki kumaşların B serisine göre daha yüksek kalınlık değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Dimi örgü raporuna ve daha yüksek sıklığa sahip A serisindeki kumaşların kalınlık değerleri ile bezayağı örgü raporuna ve daha düşük sıklığa sahip B serisindeki kumaşların kalınlık değerleri, bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırılmış ve aradaki fark tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). A serisindeki denim kumaşlar ile B serisindeki denim kumaşların sıkıştırılabilme oranları arasındaki fark ise eşlenik t-testi ile karşılaştırılmış ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). A serisindeki kumaşlar B serisine kıyasla daha yüksek sıkıştırılabilme oranına sahiptir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 A, B ve C serisindeki kumaşlarının sıkıştırılabilme oranları

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kalınlık ve sıkıştırılabilme oranı üzerindeki etkisi incelendiğinde, hem 5 g/cm^2 hem de 50 g/cm^2 basınç altında gerçekleştirilen ölçümlerde, C serisindeki kumaşların A serisine göre daha yüksek kalınlık değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işlemi kumaş kalınlığını arttırmıştır. Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Kan ve Yuen, 2009). Aynı durum sıkıştırılmış kalınlık değerleri için de geçerlidir. A serisi ve C serisindeki kumaşların ölçülen kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri, her kumaş tipi için bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırılmış ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Öte yandan eskitme ve yumuşatma işlemi görmüş kumaşlar (C serisi) ile, işlem görmemiş kumaşların (A serisi) sıkıştırılabilme oranları eşlenik t-testi ile karşılaştırıldığında, eşler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fak saptanmamıştır ($p > 0,05$). Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işlemi, sistematik kumaşların sıkıştırılabilme oranında anlamlı bir fark yaratmamıştır.

3.1.2.3 Kumaş Kalınlığı ve Sıkıştırılabilme Oranına İlişkin Korelasyonlar

Tez kapsamındaki denim kumaşların kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri; birim alan kütlesi ile doğru orantılıdır. Kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri,

çözgü yönünde kaydedilen düşük yük altında uzama yeteneği ile doğru orantılı iken, atkı yönü için anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri; eğilme direnci, kayma direnci ve halkadan çekme yükü (öncü tepe ve ana tepe yükleri) ile ters orantılıdır. Kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri aynı zamanda, halkadan çekme testi esnasında kaydedilen ana tepe konumu değerleri ile ters orantılıdır (Tablo 3.5). Sıkıştırılabilme oranı ise; halkadan çekme testi esnasında kaydedilen ana tepe konumuna ilişkin değerler ile doğru orantılı iken; eğilme direnci, halkadan çekme yükü (öncü tepe ve ana tepe yükleri) ile ters orantılıdır.

Tablo 3.5 Kumaşların kalınlık, sıkıştırılmış kalınlık ve sıkıştırılabilme oranı ile diğer kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson kor. *(N=51)*	**Test yönü**	**Kalınlık**[1] (mm)	**Kalınlık**[2] (mm)	**Sıkıştırılabilme oranı** (%)
Birim alan kütlesi (g/m^2)		0,746**	0,776**	0,069
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	0,509**	0,532**	-0,023
	Atkı	-0,139	-0,152	-0,006
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	-0,306*	-0,269	-0,276*
	Atkı	-0,289*	-0,247	-0,350*
	$+45^o$	-0,295*	-0,242	-0,377**
	-45^o	-0,404**	-0,362**	-0,349*
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	-0,446**	-0,440**	-0,114
	-45^o	-0,633**	-0,637**	-0,136
Kayma direnci [4] (N/m)	$+45^o$	-0,378**	-0,372**	-0,106
	-45^o	-0,575**	-0,565**	-0,181
Öncü tepe yükü (cN)		-0,320*	-0,240	-0,521**
Öncü tepe konumu (mm)		0,152	0,129	0,099
Ana tepe yükü (cN)		-0,367**	-0,314*	-0,371**
Ana tepe konumu (mm)		0,420**	0,334*	0,553**
Statik sürtünme k.	Çözgü	-0,167	-0,197	0,140
	Atkı	-0,510**	-0,520**	-0,112
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	-0,227	-0,240	0,038
	Atkı	-0,600**	-0,597**	-0,199
Ra (μm)	Çözgü	0,708**	0,676**	0,363**
	Atkı	0,900**	0,867**	0,430**
Rq (μm)	Çözgü	0,707**	0,678**	0,346*
	Atkı	0,911**	0,876**	0,434**
Rp (μm)	Çözgü	0,614**	0,564**	0,432**
	Atkı	0,896**	0,845**	0,500**
Rmrd (%)	Çözgü	-0,360**	-0,316*	-0,325*
	Çözgü	-0,829**	-0,785**	-0,457**
RΔq	Çözgü	0,257	0,187	0,393**
	Atkı	0,812**	0,749**	0,538**

Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$'dir.

Kalınlık sonuçlarının yüzey özellikleri ile ilişkisi incelendiğinde, kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık sonuçlarının atkı yönündeki statik ve dinamik sürtünme

katsayıları ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Sıkıştırılabilme oranı ile sürtünme katsayıları arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Kumaşların kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri; yüzey profili parametrelerinden yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve atkı yönündeki profil eğimi (RΔq) ile doğru orantılı, materyal oranı (Rmrd) ile ters orantılıdır. Sıkıştırılabilme oranı da benzer şekilde; yüzey profili parametrelerinden yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve profil eğimi (RΔq) ile doğru orantılı, materyal oranı (Rmrd) ile ters orantılıdır.

3.1.3 Düşük Yük Altında Uzayabilme Yeteneği

3.1.3.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) düşük yük (100 N/m) altında uzama değerleri Tablo 3.6'da görülmektedir. Değerler incelendiğinde, atkı yönünde %100 keten iplik kullanılmış olan D1.1 kodlu kumaş tipi için atkı yönündeki ortalama % uzama değerinin çözgü yönünden daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 3.6). Diğer bezayağı kumaşların çözgü yönündeki uzayabilme yeteneği atkı yönüne kıyasla daha düşüktür. 2/1 dimi kumaşların atkı ve çözgü yönündeki uzama değerleri birbirine yakındır ve değerler arasında anlamlı bir fark görülmemektedir. Öte yandan 3/1 dimi kumaşların ilk dört tipinde (D3.1, D3.2, D3.3 ve D3.4) atkı yönündeki uzama yeteneğinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Belirtilen kumaş tiplerinde, pamuk/poliester karışımı özlü iplikler atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Aynı kumaş grubu için çözgü boyarmaddesi haricindeki tüm parametreler aynıdır. Çözgü yönündeki uzama değerleri incelendiğinde, indigo boyalı kumaşın (D3.3) bu dört kumaş tipi içerisinde en düşük çözgü uzama değerine sahip olduğu görülmektedir. 3/1 dimi kumaş grubunda D3.5 ve D3.8 kodlu kumaş tiplerinde, elastan karışımlı pamuk iplikleri atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Çözgü iplikleri ise %100 pamuktur. Bu kumaş tiplerinde de atkı yönündeki uzama yeteneğinin çözgü yönünden daha yüksek olduğu görülmüştür.

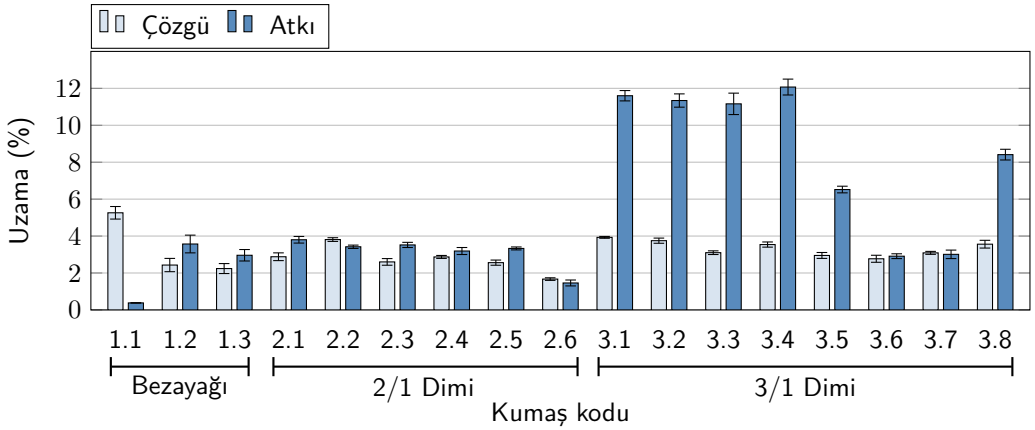
Tablo 3.6 D, E ve T serisindeki kumaşların 100 N/m yük altında kaydedilen uzama değerleri

Kumaş kodu	**Uzama miktarı** (%)	
	Çözgü	Atkı
D1.1	5,26 (0,34)	0,38 (0,01)
D1.2	2,43 (0,36)	3,57 (0,48)
D1.3	2,24 (0,27)	2,96 (0,31)
D2.1	2,88 (0,21)	3,80 (0,18)
D2.2	3,81 (0,10)	3,42 (0,09)
D2.3	2,60 (0,18)	3,52 (0,14)
D2.4	2,87 (0,08)	3,19 (0,19)
D2.5	2,56 (0,14)	3,33 (0,08)
D2.6	1,67 (0,07)	1,46 (0,16)
D3.1	3,93 (0,05)	11,60 (0,28)
D3.2	3,75 (0,14)	11,34 (0,36)
D3.3	3,10 (0,10)	11,16 (0,58)
D3.4	3,54 (0,14)	12,07 (0,43)
D3.5	2,95 (0,16)	6,52 (0,18)
D3.6	2,77 (0,19)	2,91 (0,13)
D3.7	3,09 (0,08)	3,01 (0,23)
D3.8	3,56 (0,21)	8,41 (0,29)
E1.1	4,58 (0,13)	0,40 (0,03)
E1.3	4,49 (0,17)	4,74 (0,17)
E2.4	2,81 (0,18)	4,07 (0,15)
E2.6	1,39 (0,15)	2,36 (0,08)
E3.3	4,06 (0,22)	16,75 (0,26)
T1.1	5,00 (0,20)	0,41 (0,03)
T1.3	4,83 (0,23)	4,82 (0,08)
T2.4	3,72 (0,25)	4,13 (0,22)
T2.6	1,71 (0,10)	2,74 (0,12)
T3.3	4,99 (0,06)	16,63 (0,21)

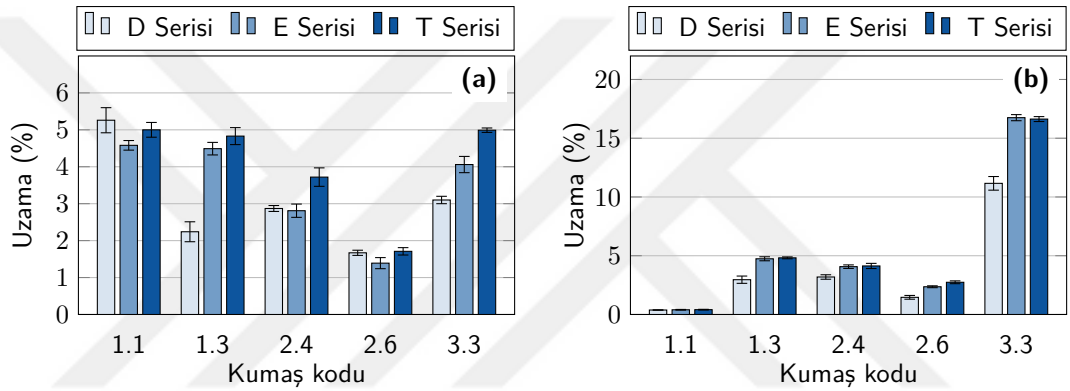
Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

Uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların çözgü yönündeki uzama yeteneği üzerindeki etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, E1.1 ve E2.6 kodlu kumaşların uzama yeteneğinin düştüğü (sırasıyla %13 ve %17), E1.3 ve E3.3 kodlu kumaşların uzama yeteneğinin arttığı (sırasıyla %100 ve %31), E2.4 kodlu kumaşın uzama yeteneğindeki değişimin ise çok düşük olduğu (%2) görülmektedir (Şekil 3.7). Enzim yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tüm kumaş tipleri için çözgü yönündeki uzama yeteneği değişimi bağımsız örnek t-testi ile sınanmış ve E2.4 kodlu kumaş hariç tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların atkı yönündeki uzama yeteneği üzerindeki etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, sadece E1.1 kodlu kumaşın uzama yeteneğindeki artışın düşük olduğu



Şekil 3.6 D serisindeki kumaşların 100 N/m yük altında kaydedilen uzama değerleri



Şekil 3.7 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının 100 N/m yük altında (a) çözgü ve (b) atkı yönünde ölçülen uzama değerleri

(%5), diğer tüm kumaş tiplerinin uzama yeteneğinde %27 ila %62 oranında bir artış gerçekleştiği görülmektedir. Enzim yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tüm kumaş tipleri için atkı yönündeki uzama yeteneği değişimi bağımsız örnek t-testi ile sınanmış ve E1.1 kodlu kumaş hariç tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin çözgü yönündeki uzama yeteneği üzerindeki etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, T1.3, T2.4 ve T3.3 kodlu kumaşların uzama yeteneğinin arttığı (sırasıyla %116, %30 ve %61), T1.1 ve T2.6 kodlu kumaşların uzama yeteneğindeki değişimin ise çok düşük olduğu (sırasıyla %5 ve %2) görülmektedir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tüm kumaş tipleri için çözgü yönündeki uzama yeteneği değişimi bağımsız

örnek t-testi ile sınanmış, T1.1 ve T2.6 kodlu kumaşlar hariç tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin atkı yönündeki uzama yeteneği üzerindeki etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaş tiplerinin uzama yeteneğinin %9 ile %88 arasında değişen oranlarda arttığı görülmektedir. Sonuçlar bağımsız örnek t-testi ile sınanmış ve tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, taş yıkama ve yumuşatma işleminin enzim yıkama ve yumuşatma işlemine göre uzama yeteneğini iyileştirmede daha etkili olduğu görülmektedir. Her iki işlem tipinde de, atkı yönünde keten iplik kullanılan D1.1 kodlu kumaşın işlem görmüş tiplerinde (E1.1 ve T1.1) uzayabilme yeteneği çözgü yönünde düşerken atkı yönünde ise oldukça sınırlı bir artış elde edilmiştir. Her iki işlem tipi ile de kaydedilen en yüksek artış D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı kumaşın işlem görmüş tiplerine (E1.3 ve T1.3) aittir. Buna ek olarak, D3.3 kodlu 3/1 dimi örgü raporuna sahip atkısı poliester pamuk karışımı özlü iplik olan denim kumaşın işlem görmüş tiplerinin (E3.3 ve T3.3) uzama yeteneğinde de kayda değer bir artış gözlemlenmiştir. Yıkama işleminin denim kumaşların uzama yeteneğine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Kan ve Yuen, 2009; Yang ve ark., 2013).

3.1.3.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) düşük yük (100 N/m) altında uzama değerleri Tablo 3.7'de görülmektedir. A serisindeki denim kumaşların atkı yönündeki uzama yeteneği ortalama %2,3'tür. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki uzama değerleri üzerindeki etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, atkı yönünde %85 viskon %15 angora içeren kumaş tipi (A04), %85 viskon %15 yün içeren kumaş tipi (A05) ve %67 poliester %33 viskon içeren kumaş tipi (A07) haricinde tüm kumaş tipleri için uzama değerlerindeki fark istatistiksel

Tablo 3.7 A, B ve C serisindeki kumaşların 100 N/m yük altında kaydedilen uzama değerleri

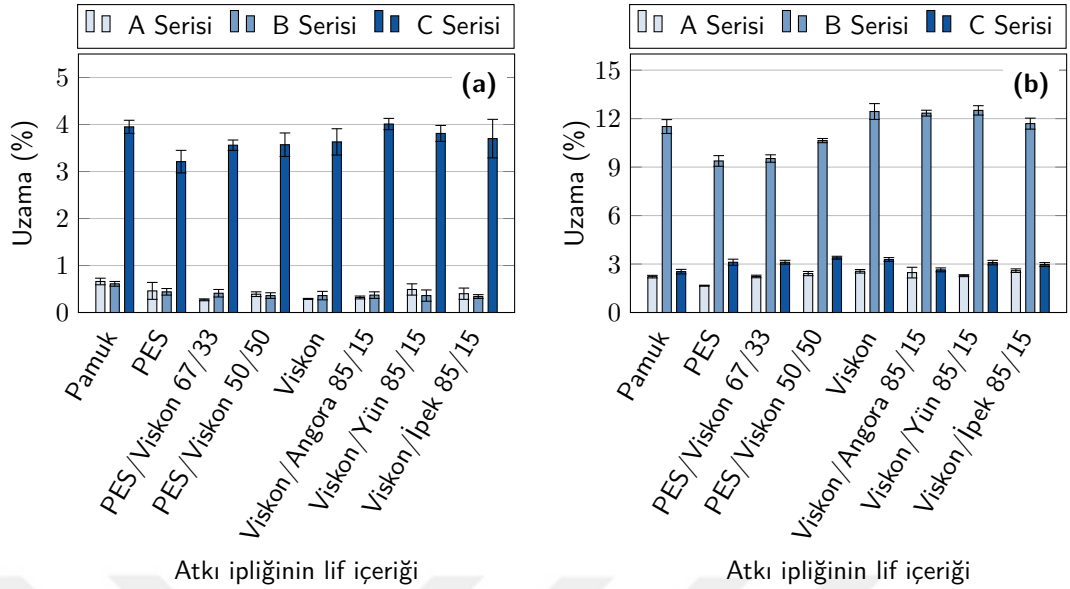
Kumaş kodu	**Uzama miktarı** (%)	
	Çözgü	Atkı
A01	0,66 (0,07)	2,22 (0,08)
A02	0,46 (0,18)	1,66 (0,03)
A03	0,29 (0,01)	2,55 (0,11)
A04	0,32 (0,03)	2,47 (0,33)
A05	0,49 (0,12)	2,28 (0,06)
A06	0,40 (0,12)	2,59 (0,11)
A07	0,27 (0,02)	2,23 (0,08)
A08	0,39 (0,05)	2,41 (0,13)
B01	0,61 (0,05)	11,51 (0,43)
B02	0,44 (0,07)	9,38 (0,33)
B03	0,36 (0,09)	12,44 (0,49)
B04	0,37 (0,07)	12,34 (0,18)
B05	0,36 (0,12)	12,51 (0,29)
B06	0,34 (0,04)	11,69 (0,34)
B07	0,41 (0,08)	9,53 (0,23)
B08	0,36 (0,06)	10,64 (0,13)
C01	3,95 (0,14)	2,53 (0,14)
C02	3,21 (0,24)	3,11 (0,19)
C03	3,63 (0,28)	3,28 (0,12)
C04	4,01 (0,12)	2,64 (0,12)
C05	3,81 (0,17)	3,09 (0,14)
C06	3,70 (0,41)	2,97 (0,12)
C07	3,56 (0,11)	3,11 (0,12)
C08	3,57 (0,25)	3,39 (0,09)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

B serisindeki denim kumaşların atkı yönündeki uzama yeteneği ortalama %11,3'tür. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki uzama değerleri üzerindeki etkisi B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, atkı yönünde %85 viskon %15 ipek içeren kumaş tipi (B06) haricinde tüm kumaş tipleri için uzama değerlerindeki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

C serisindeki denim kumaşların atkı yönündeki uzama yeteneği ortalama %3,0'dır. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki uzama değerleri üzerindeki etkisi C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, atkı yönünde %85 viskon %15 angora içeren kumaş tipi (C04) haricinde tüm kumaş tipleri için uzama değerlerindeki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 3.8 A, B ve C serisindeki kumaşların 100 N/m yük altında (a) çözgü ve (b) atkı yönünde ölçülen uzama değerleri

A, B ve C serisinde yer alan ve atkı yönünde %100 poliester içeren kumaşların uzama yeteneği, pamuk içeren referans kumaşlardan daha düşüktür. Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Dhingra ve ark., 1981).

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı arttıkça, kumaşın uzama yeteneğinin düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 3.8) ve atkı ipliğindeki poliester oranı ile uzama yeteneği arasındaki korelasyon, A serisi ve B serisi kumaşları için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların atkı yönündeki uzama yeteneği arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = -0,845$ ve B serisi için $r = -0,957$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009). Kumaşların atkı yönünde düşük yük altında uzama yeteneği ile atkı ipliklerinin kopma uzaması sonuçları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

%100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/angora karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların uzama yeteneği incelendiğinde, A ve B serisindeki kumaşların uzama yeteneğinde hammadde farklılığından kaynaklanan anlamlı bir fark saptanmamıştır. Öte yandan C serisindeki kumaşlar için viskon/angora karışımı

atkı ipliğine sahip kumaşın atkı yönündeki uzama yeteneği %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşa göre daha düşüktür. C serisindeki bu iki kumaş tipi için atkı yönündeki uzama yeteneğinde gözlemlenen fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

%100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/yün karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların uzama yeteneği incelendiğinde, B ve C serisindeki kumaşların uzama yeteneğinde hammadde farklılığından kaynaklanan anlamlı bir fark saptanmamıştır. Öte yandan A serisindeki kumaşlar için viskon/yün karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların atkı yönündeki uzama yeteneği %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşa göre daha düşüktür. A serisindeki bu iki kumaş tipi için atkı yönündeki uzama yeteneğinde gözlemlenen fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

%100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/ipek karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların uzama yeteneği incelendiğinde, A serisindeki kumaşların uzama yeteneğinde hammadde farklılığından kaynaklanan anlamlı bir fark saptanmamıştır. Öte yandan B ve C serisindeki kumaşlar için viskon/ipek karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların atkı yönündeki uzama yeteneği %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlara göre daha düşüktür. B ve C serisindeki bu kumaş tipleri için atkı yönündeki uzama yeteneğinde gözlemlenen fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin uzama yeteneği üzerindeki etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. A serisindeki kumaşlar B serisine göre daha yüksek çözgü sıklığına sahip olmakla beraber, atkı sıklığı her iki serideki kumaşlar için aynıdır. A serisi ve B serisindeki kumaşlar çözgü yönü için yakın uzama değerlerine sahiptir ve %67 poliester %33 viskon içeren atkı ipliğine sahip kumaş tipleri (A07 ile B07) haricinde bu iki serideki kumaşların hiç birinde çözgü yönündeki uzama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Atkı yönündeki uzama değerleri için ise farklı bir durum söz konusudur. B serisindeki kumaşların atkı yönündeki uzama yeteneği A serisine göre daha yüksektir ve bu fark bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırıldığında, tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin uzama yeteneği üzerindeki etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşların A serisine göre daha yüksek uzayabilme yeteneğine sahip olduğu görülmektedir. A serisindeki ve C serisindeki kumaşların çözgü yönündeki uzayabilme yetenekleri, her kumaş tipi için bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırılmış ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). A serisindeki ve C serisindeki kumaşların atkı yönündeki uzayabilme yetenekleri, her kumaş tipi için bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırılmış ve %85 viskon %15 angora içeren kumaş tipleri (A04 ile C04) hariç tüm kumaş tipleri için aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan eskitme ve yumuşatma işlemi her iki test yönü için de uzama yeteneğinde artışa sebep olmakla beraber, C serisindeki kumaşların çözgü yönündeki uzama yeteneği A serisindeki kumaşlardan belirgin şekilde daha yüksektir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi, kumaşların çözgü yönündeki uzayabilme yeteneğini (6 ile 13 kat arasında) arttırmıştır. Öte yandan atkı yönünde, taş yıkama ve yumuşatma işleminin uzama yeteneğini daha az (yaklaşık 1,5 kat) arttırdığı gözlemlenmiştir. Yıkama işleminin denim kumaşların uzama yeteneğine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Kan ve Yuen, 2009; Yang ve ark., 2013).

3.1.3.3 Düşük Yük Altında Uzayabilme Yeteneğine İlişkin Korelasyonlar

Tez kapsamındaki denim kumaşların düşük yük altında uzama yeteneği; eğilme direnci ile, kayma direnci ile ve halkadan çekme yükü (öncü tepe ve ana tepe yükleri) ile ters orantılıdır (Tablo 3.8). Çözgü yönündeki düşük yük altında uzama yeteneği, birim alan kütlesi, kumaş kalınlığı ve halkadan çekme testinin öncü tepe konumu değerleri ile doğru orantılı iken; atkı yönündeki düşük yük altında uzama yeteneği, birim alan kütlesi, kumaş kalınlığı ve halkadan çekme testinin öncü tepe konumu değerleri ile ters orantılıdır.

Çalışma kapsamında incelenen denim kumaşların düşük yük altında uzama yeteneği ile statik ve dinamik sürtünme katsayıları arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

Tablo 3.8 Kumaşların 100 N/m yük altında kaydedilen uzama yeteneği ile diğer kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson kor. *(N=51)*	**Test yönü**	**Uzama yeteneği** (%)	
		Çözgü	Atkı
Birim alan kütlesi (g/m^2)		0,379**	-0,418**
Kumaş kalınlığı[1] (mm)		0,509**	-0,139
Kumaş kalınlığı[2] (mm)		0,532**	-0,152
Sıkıştırılabilme oranı (%)		-0,023	-0,006
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	-0,664**	-0,250
	Atkı	0,291*	-0,347*
	$+45^o$	-0,308*	-0,418**
	-45^o	-0,335*	-0,322*
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	-0,706**	-0,399**
	-45^o	-0,758**	-0,001
Kayma direnci[4] (N/m)	$+45^o$	-0,600**	-0,506**
	-45^o	-0,748**	-0,211
Öncü tepe yükü (cN)		-0,358**	-0,396**
Öncü tepe konumu (mm)		0,395**	-0,478**
Ana tepe yükü (cN)		-0,489**	-0,340*
Ana tepe konumu (mm)		0,206	0,046
Statik sürtünme k.	Çözgü	-0,177	-0,165
	Atkı	-0,059	-0,066
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	-0,048	-0,110
	Atkı	-0,066	0,003
Ra (μm)	Çözgü	0,622**	-0,439**
	Atkı	0,488**	-0,307*
Rq (μm)	Çözgü	0,639**	-0,412**
	Atkı	0,482**	-0,293*
Rp (μm)	Çözgü	0,537**	-0,153
	Atkı	0,525**	-0,140
Rmrd (%)	Çözgü	-0,192	-0,112
	Atkı	-0,446**	0,131
RΔq	Çözgü	0,489**	0,217
	Atkı	0,556**	-0,099

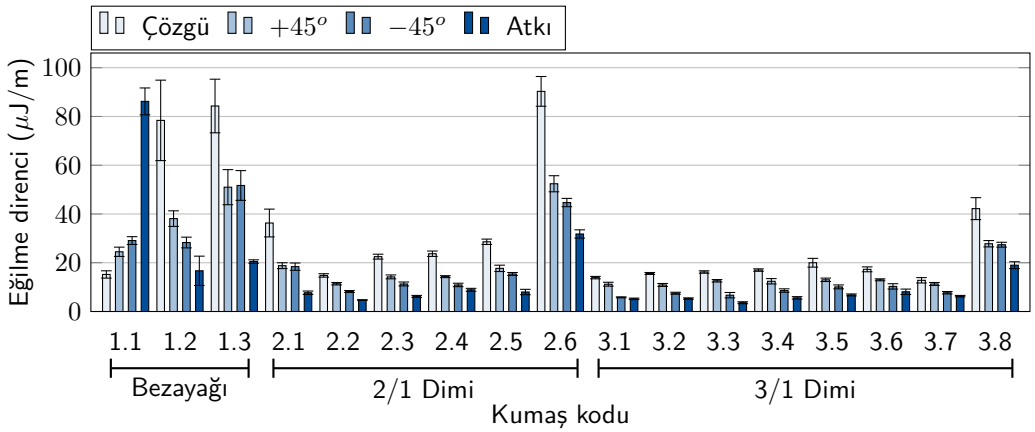
Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$'dir.

Çözgü yönündeki uzama yeteneği; yüzey profili parametrelerinden yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve atkı yönündeki profil eğimi (RΔq) ile doğru orantılı, materyal oranı (Rmrd) ile ters orantılıdır. Atkı yönündeki uzama yeteneği ise; yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq) ile ters orantılı iken, diğer yüzey profili parametreleri ile anlamlı herhangi bir korelasyon göstermemektedir.

3.1.4 Eğilme Direnci

3.1.4.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) eğilme direnci değerleri Tablo 3.9'da görülmektedir. D serisindeki kumaşların (D1.1 kodlu kumaş tipi hariç) tümünde, çözgü yönündeki eğilme direnci, atkı yönü ve diyagonal yönlerdeki eğilme direncinden daha yüksektir (Şekil 3.9). D1.1 kodlu kumaşın atkısı %100 keten, çözgüsü %100 pamuktur ve bu kumaş tipi için atkı yönündeki eğilme direnci diğer test yönlerine göre daha yüksektir. D1.2 ve D1.3 kodlu bezayağı kumaş numunelerinin çözgü ve atkı iplikleri aynı hammaddeye sahiptir (%100 pamuk), aynı zamanda çözgü ve atkı ipliklerinin inceliği eşittir (Nm 20). Bu kumaş tipleri için çözgü yönündeki eğilme direncinin diğer yönlere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum çözgü sıklığının yüksek (28 tel/cm), atkı sıklığının düşük (20 tel/cm) olması ile açıklanmıştır. Benzer durum 2/1 dimi kumaş numuneleri için de geçerlidir. Tüm 2/1 dimi kumaş tiplerinde, çözgü yönündeki eğilme direncinin diğer yönlere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, hammadde ve iplik numarası gibi parametrelerin iki yön için benzer olması sebebiyle, çözgü sıklığının atkı sıklığına göre daha yüksek oluşu ile açıklanmıştır.



Şekil 3.9 D serisindeki kumaşların eğilme direnci değerleri

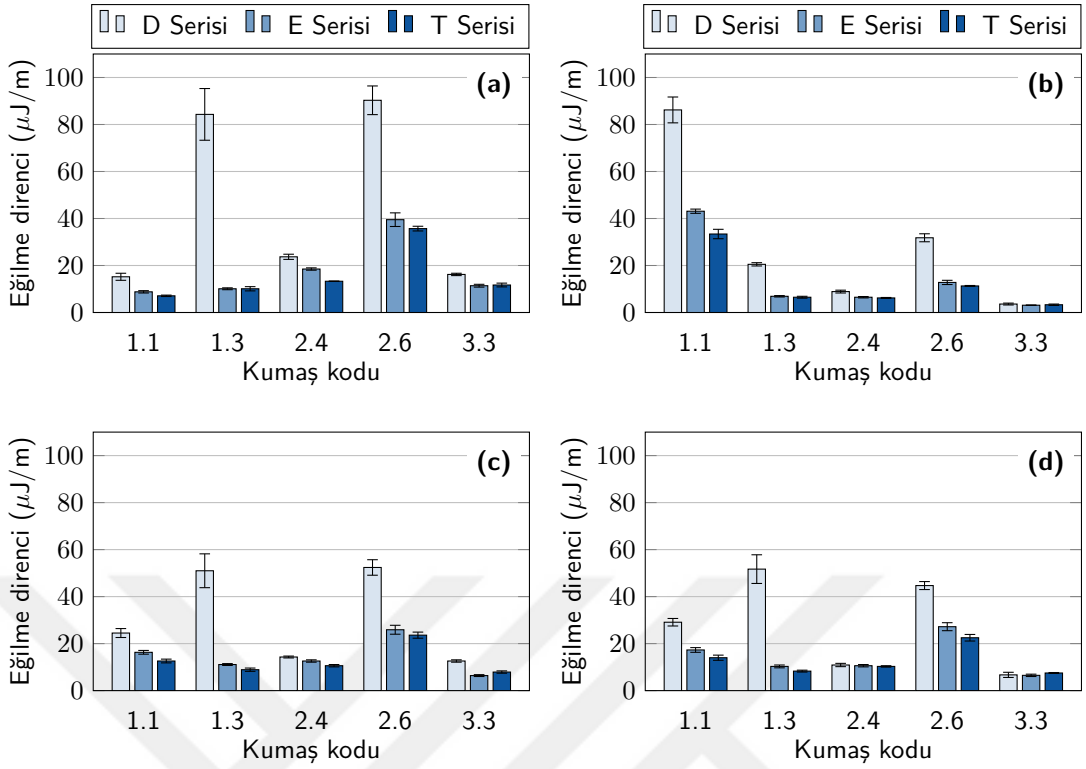
Diyagonal yöndeki numunelerin eğilme direnci incelendiğinde, +45^o yönündeki

numunelerin eğilme direncinin (D1.1 kodlu kumaş tipi hariç) daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle sağa yatık dimi karakterli kumaşlar için bu beklenen bir sonuçtur. Sağa yatık dimi örgü yapısına sahip kumaştan kesilen $+45^o$ doğrultusundaki numunelerde, dimi çizgilerini oluşturan çözgü ipliği gruplarının şerit şeklindeki numunenin uzun kenarına paralel hatlar oluşturacak şekilde konumlanması ve bu iplik gruplarının, şeridin eğilmesini zorlaştıracak bir etki yaratması beklenen bir sonuçtur. Diagonal yönlü numunelerin eğilme dirençleri arasındaki farkın aynı zamanda, atkı ve çözgü yönlerindeki hammadde ve sıklık farklarından ileri geldiği düşünülmektedir. 3/1 dimi kumaş grubunda D3.8 kodlu kumaş tipi dışındaki örneklerin eğilme direncinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. D3.8 kodlu kumaş tipinde kullanılan iplikler aynı gruptaki kumaş tiplerine kıyasla çok daha kalındır ve kumaşın birim alan kütlesi oldukça yüksektir.

Tablo 3.9 D, E ve T serisindeki kumaşların eğilme direnci değerleri

Kumaş kodu	**Eğilme direnci** (μJ/m)							
	Çözgü		Atkı		$+45^o$		-45^o	
D1.1	15,2	(1,5)	86,2	(5,5)	24,5	(1,9)	29,1	(1,6)
D1.2	78,4	(16,5)	16,7	(6,0)	38,1	(3,2)	28,3	(2,2)
D1.3	84,3	(11,0)	20,5	(0,7)	51,0	(7,2)	51,7	(6,1)
D2.1	36,3	(5,7)	7,7	(0,7)	18,8	(1,2)	18,4	(1,5)
D2.2	14,8	(0,7)	4,7	(0,1)	11,4	(0,5)	8,2	(0,4)
D2.3	22,5	(1,0)	6,2	(0,4)	14,2	(0,8)	11,3	(0,8)
D2.4	23,7	(1,1)	8,9	(0,6)	14,3	(0,4)	10,9	(0,7)
D2.5	28,6	(1,1)	8,0	(1,1)	17,7	(1,3)	15,4	(0,6)
D2.6	90,3	(6,1)	31,8	(1,7)	52,4	(3,3)	44,7	(1,7)
D3.1	13,9	(0,5)	5,2	(0,3)	11,2	(0,8)	5,8	(0,2)
D3.2	15,6	(0,4)	5,3	(0,3)	10,9	(0,6)	7,5	(0,4)
D3.3	16,2	(0,5)	3,6	(0,4)	12,6	(0,5)	6,7	(1,1)
D3.4	17,0	(0,5)	5,6	(0,5)	12,4	(1,1)	8,6	(0,7)
D3.5	20,0	(1,8)	6,8	(0,4)	13,0	(0,7)	10,1	(0,8)
D3.6	17,3	(1,0)	8,1	(1,1)	13,0	(0,4)	10,3	(1,1)
D3.7	12,8	(1,1)	6,3	(0,3)	11,3	(0,6)	7,7	(0,5)
D3.8	42,2	(4,5)	19,0	(1,4)	27,8	(1,3)	27,4	(1,0)
E1.1	8,8	(0,5)	43,1	(0,9)	16,3	(0,8)	17,3	(1,0)
E1.3	10,1	(0,4)	6,9	(0,3)	11,1	(0,4)	10,3	(0,6)
E2.4	18,5	(0,5)	6,5	(0,3)	12,6	(0,5)	10,6	(0,5)
E2.6	39,5	(2,9)	12,8	(0,9)	25,9	(1,9)	27,2	(1,7)
E3.3	11,4	(0,6)	3,1	(0,1)	6,4	(0,4)	6,5	(0,5)
T1.1	7,1	(0,3)	33,4	(2,0)	12,6	(0,8)	14,0	(1,1)
T1.3	10,1	(0,9)	6,5	(0,4)	8,9	(0,7)	8,3	(0,4)
T2.4	13,3	(0,1)	6,2	(0,2)	10,6	(0,5)	10,3	(0,3)
T2.6	35,7	(1,0)	11,3	(0,2)	23,6	(1,3)	22,5	(1,4)
T3.3	11,7	(0,8)	3,3	(0,3)	7,9	(0,5)	7,5	(0,2)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.



Şekil 3.10 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının (a) çözgü, (b) atkı, (c) $+45^o$ ve (d) -45^o yönünde ölçülen eğilme direnci değerleri

Uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların çözgü yönündeki eğilme direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların eğilme direncinin %22 ila %88 oranında düştüğü görülmüştür (Şekil3.10) ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların atkı yönündeki eğilme direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların eğilme direncinin %13 ila %66 oranında düştüğü görülmüştür ve E3.3 kodlu kumaş tipi haricinde tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların $+45^o$ yönündeki eğilme direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların eğilme direncinin %12 ila %78 oranında düştüğü görülmüştür ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların -45^o yönündeki eğilme direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde,

tüm kumaşların eğilme direncinin %3 ila %80 oranında düştüğü görülmüştür, E2.4 ve E3.3 kodlu kumaş tipleri haricinde tüm kumaşlar için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların çözgü yönündeki eğilme direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların eğilme direncinin %27 ila %88 oranında düştüğü görülmüştür ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların atkı yönündeki eğilme direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların eğilme direncinin %9 ila %68 oranında düştüğü görülmüştür ve T3.3 kodlu kumaş tipi haricinde tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların $+45^o$ yönündeki eğilme direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların eğilme direncinin %26 ila %83 oranında düştüğü görülmüştür ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların -45^o yönündeki eğilme direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, T3.3 kodlu kumaş tipi haricinde tüm kumaşların eğilme direncinin %6 ila %84 oranında düştüğü görülmüştür, T2.4 ve T3.3 kodlu kumaş tipleri haricindeki tüm kumaşlar için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Dokunsal konforun iyileştirilmesi amacıyla uygulanan işlemlerin eğilme direnci üzerindeki etkisi genel olarak değerlendirildiğinde, taş yıkama ve yumuşatma işleminin, enzim yıkama ve yumuşatma işlemine göre kumaşların eğilme direncini azaltma konusunda daha etkili olduğu görülmektedir. Yıkama işleminin denim kumaşların eğilme direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Juciene ve ark., 2006).

D serisinde çözgü yönünde en yüksek eğilme direncine sahip olan kumaş, D2.6 kodlu kumaş tipidir. Çözgü yönündeki eğilme direnci, %100 pamuk ve ön yüzü indigo kaplamalı bu kumaş tipine uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %46, taş

yıkama ve yumuşatma işlemi ile %61 düşmüştür.

D serisinde çözgü yönünde en yüksek eğilme direncine sahip olan ikinci kumaş, D1.3 kodlu kumaş tipidir. Çözgü yönündeki eğilme direnci, %100 pamuk bezayağı bir kumaş olan bu kumaş tipine uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile de, taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile de %88 düşmüştür.

D serisinde atkı yönünde en yüksek eğilme direncine sahip olan kumaş, D1.1 kodlu kumaş tipidir. Atkı yönündeki eğilme direnci, %100 keten atkı ipliğine sahip bu kumaş tipine uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %50, taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile %61 düşmüştür.

Yıkama işleminin denim kumaşların eğilme direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Yang ve ark., 2013; Mir ve ark., 2014; Maryan ve Montazer, 2015; Juciene ve ark., 2006). Her iki işlem tipinde de, tüm test yönleri için eğilme direnci düşerken, D3.3 kodlu kumaşın işlem görmüş tiplerinin (E3.3 ve T3.3) eğilme direncinde ciddi bir fark saptanmamıştır. D3.3 kodlu kumaşın işlem görmeden önce de, durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde en düşük eğilme direncine sahip kumaşlar arasında yer alması sebebiyle, bu kumaş tipi için uygulanan işlemler sonucunda eğilme direncinde büyük bir değişim olması beklenmemektedir. Bu kumaş tipi, mevcut hali ile iyi tutum özelliklerine sahip bir kumaşın, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinden ne ölçüde etkileneceğini gözlemlemek amacıyla dokunsal konforu geliştirilmek üzere seçilen durum analizi numune grubu kumaşları arasına dahil edilmiştir.

3.1.4.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların eğilme direnci değerleri Tablo 3.10'da görülmektedir. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki eğilme direnci üzerindeki etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi incelenmiş, sadece atkı yönünde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaş tipleri (A02 ve A07) için fark

istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). A serisindeki, atkı ipliğinde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaşların atkı yönündeki eğilme direnci, referans kumaştan daha yüksektir (Şekil 3.11). Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Dhingra ve ark., 1981).

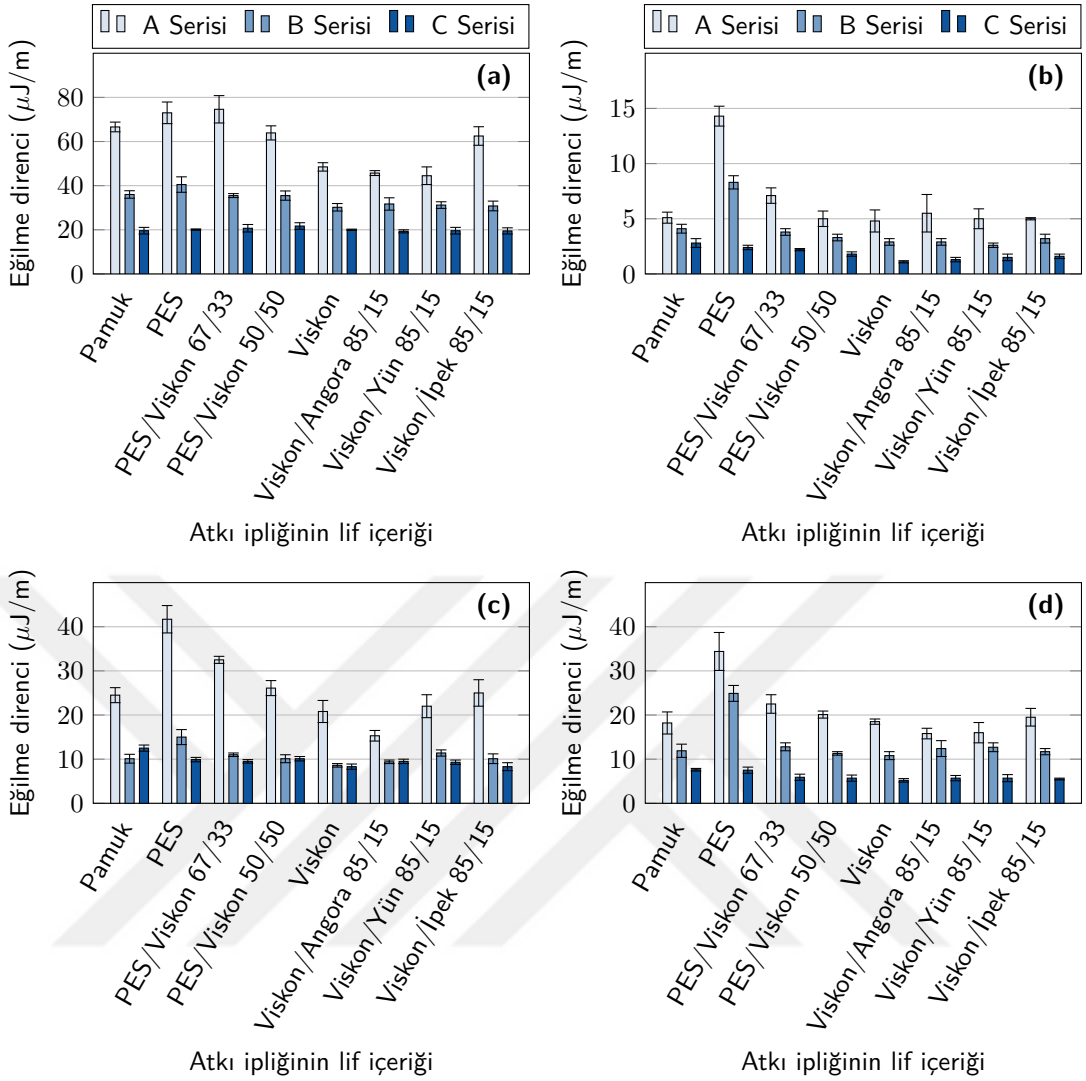
Tablo 3.10 A, B ve C serisindeki kumaşların eğilme direnci değerleri

Kumaş kodu	**Eğilme direnci** (μJ/m)							
	Çözgü		Atkı		$+45^o$		-45^o	
A01	66,6	(2,2)	5,1	(0,5)	24,5	(1,7)	18,2	(2,5)
A02	73,0	(4,9)	14,3	(0,9)	41,7	(3,1)	34,4	(4,3)
A03	48,5	(1,9)	4,8	(1,0)	20,8	(2,5)	18,5	(0,6)
A04	45,7	(1,1)	5,5	(1,7)	15,3	(1,2)	15,8	(1,2)
A05	44,5	(4,0)	5,0	(0,9)	22,0	(2,6)	16,0	(2,3)
A06	62,5	(4,2)	5,0	(0,1)	25,0	(3,0)	19,5	(2,0)
A07	74,6	(6,2)	7,1	(0,7)	32,5	(0,8)	22,5	(2,1)
A08	63,9	(3,2)	5,0	(0,7)	26,1	(1,7)	20,1	(0,8)
B01	36,0	(1,7)	4,1	(0,4)	10,1	(1,0)	11,9	(1,5)
B02	40,5	(3,5)	8,3	(0,6)	15,0	(1,7)	24,9	(1,8)
B03	30,2	(1,7)	2,9	(0,3)	8,6	(0,4)	10,8	(0,9)
B04	31,7	(2,8)	2,9	(0,3)	9,4	(0,4)	12,4	(1,8)
B05	31,2	(1,5)	2,6	(0,2)	11,4	(0,7)	12,7	(1,0)
B06	30,8	(2,2)	3,2	(0,4)	10,1	(1,1)	11,7	(0,7)
B07	35,5	(0,9)	3,8	(0,3)	11,0	(0,4)	12,8	(0,9)
B08	35,5	(2,1)	3,3	(0,3)	10,1	(0,9)	11,3	(0,4)
C01	19,6	(1,5)	2,8	(0,4)	12,5	(0,7)	7,6	(0,3)
C02	20,1	(0,3)	2,4	(0,2)	9,9	(0,5)	7,5	(0,7)
C03	20,0	(0,3)	1,1	(0,1)	8,3	(0,6)	5,2	(0,4)
C04	19,3	(0,7)	1,3	(0,2)	9,5	(0,5)	5,7	(0,6)
C05	19,6	(1,5)	1,5	(0,3)	9,3	(0,5)	5,7	(0,8)
C06	19,5	(1,4)	1,6	(0,2)	8,3	(0,9)	5,5	(0,2)
C07	20,7	(1,7)	2,2	(0,1)	9,5	(0,4)	5,9	(0,7)
C08	21,7	(1,5)	1,8	(0,2)	10,1	(0,5)	5,7	(0,7)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki eğilme direnci üzerindeki etkisi B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, B07 kodlu kumaş tipi hariç tüm kumaşlar için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). B serisine ait, atkı ipliği %100 poliester olan kumaş tipinin (B02) atkı yönündeki eğilme direnci, referans kumaştan (B01) daha yüksektir, diğer tüm kumaş tiplerinin eğilme direnci referans kumaştan daha düşüktür. Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Dhingra ve ark., 1981).

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki eğilme direnci üzerindeki etkisi C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak



Şekil 3.11 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) çözgü, (b) atkı, (c) $+45^o$ ve (d) -45^o yönünde ölçülen eğilme direnci değerleri

bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, C02 kodlu kumaş tipi hariç tüm kumaşlar için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). C serisindeki tüm kumaş tiplerinin atkı yönündeki eğilme direnci, referans kumaştan (C01) daha düşüktür.

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı arttıkça, kumaşın eğilme direncinin arttığı gözlemlenmiştir. Atkı ipliğindeki poliester oranı ile atkı yönündeki ve diyagonal yönlerdeki ($+45^o$ ve -45^o) eğilme direnci sonuçları arasındaki korelasyon, A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların atkı yönündeki eğilme direnci arasındaki

korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,777$, B serisi için $r = 0,749$ ve C serisi için $r = 0,952$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların $+45^o$ yönündeki eğilme direnci arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,924$, B serisi için $r = 0,835$ ve C serisi için $r = 0,661$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların -45^o yönündeki eğilme direnci arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,769$, B serisi için $r = 0,740$ ve C serisi için $r = 0,725$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Poliester kullanımının, denim kumaşların eğilme direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009).

%100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların atkı yönündeki eğilme direnci sonuçları incelendiğinde, A ve B serisi için anlamlı bir fark saptanmamıştır. Öte yandan C serisindeki kumaşlar için viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların (C04, C05 ve C06) atkı yönündeki eğilme direnci %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşa göre (C03) daha yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin eğilme direnci üzerindeki etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. B serisindeki kumaşlar, tüm test yönleri için, A serisine göre daha düşük eğilme direncine sahiptir ve bu fark, tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu bulgu, çözgü sıklığı ve örgü raporu değiştirilerek, aynı iplikler ile çözgü yönünde %30 ila %52 oranında, atkı yönünde %19 ila %48 oranında, $+45^o$ yönünde %38 ila %66 oranında ve -45^o yönünde %20 ila %44 oranında daha düşük eğilme direncine sahip denim kumaşlar elde edilebileceğini göstermektedir. Sıklığın, denim kumaşların eğilme direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin eğilme direnci üzerindeki etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşlar, tüm test yönleri için, A serisine göre daha düşük eğilme direncine sahiptir ve bu fark, tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Taş yıkama ve

yumuşatma işlemi, kumaşların eğilme direncini çözgü yönünde %56 ila %72 oranında, atkı yönünde %44 ila %83 oranında, $+45^o$ yönünde %38 ila %76 oranında ve -45^o yönünde %58 ila %78 oranında düşürmüştür. Yıkama işleminin denim kumaşların eğilme direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Yang ve ark., 2013; Mir ve ark., 2014; Maryan ve Montazer, 2015; Juciene ve ark., 2006).

3.1.4.3 Eğilme Direncine İlişkin Korelasyonlar

Tablo 3.11 Kumaşların eğilme direnci değerleri ile diğer kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson kor. (N=51)	**Test yönü**	**Eğilme direnci** (μJ/m)			
		Çözgü	Atkı	$+45^o$	-45^o
Birim alan kütlesi (g/m^2)		-0,048	-0,080	0,048	-0,119
Kumaş kalınlığı[1] (mm)		-0,306*	-0,289*	-0,295*	-0,404**
Kumaş kalınlığı[2] (mm)		-0,269	-0,247	-0,242	-0,362**
Sıkıştırılabilme oranı (%)		-0,276*	-0,350*	-0,377**	-0,349*
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	-0,664**	0,291*	-0,308*	-0,335*
	Atkı	-0,250	-0,347*	-0,418**	-0,322*
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	0,807**	0,110	0,726**	0,713**
	-45^o	0,680**	0,156	0,516**	0,657**
Kayma direnci[4] (N/m)	$+45^o$	0,821**	0,135	0,787**	0,713**
	-45^o	0,838**	0,196	0,697**	0,760**
Öncü tepe yükü (cN)		0,816**	0,469**	0,870**	0,838**
Öncü tepe konumu (mm)		-0,058	0,501**	0,206	0,203
Ana tepe yükü (cN)		0,853**	0,338*	0,883**	0,868**
Ana tepe konumu (mm)		-0,360**	-0,137	-0,409**	-0,376**
Statik sürtünme k.	Çözgü	0,253	0,084	0,328*	0,260
	Atkı	0,147	0,227	0,324*	0,287*
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	0,142	0,201	0,306*	0,280*
	Atkı	0,080	0,263	0,257	0,265
Ra (μm)	Çözgü	-0,325*	0,161	-0,131	-0,141
	Atkı	-0,270	-0,138	-0,200	-0,294*
Rq (μm)	Çözgü	-0,337*	0,161	-0,143	-0,153
	Atkı	-0,271	-0,152	-0,209	-0,302*
Rp (μm)	Çözgü	-0,387**	0,102	-0,273	-0,201
	Atkı	-0,345*	-0,181	-0,284*	-0,341*
Rmrd (%)	Çözgü	0,234	-0,078	0,264	0,099
	Atkı	0,251	0,244	0,182	0,259
RΔq	Çözgü	-0,447**	0,117	-0,325*	-0,222
	Atkı	-0,493**	-0,151	-0,432**	-0,483**

Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$'dir.

Tez kapsamındaki denim kumaşların eğilme direnci; kumaş kalınlığı, sıkıştırılabilme oranı ve düşük yük altında uzama yeteneği ile ters orantılı iken;

kayma direnci ve halkadan çekme yükü (öncü tepe ve ana tepe yükleri) ile doğru orantılıdır (Tablo 3.11). Kumaşların çözgü, $+45^o$ ve -45^o yönündeki eğilme direnci değerleri, halkadan çekme testinin ana tepe konumu ile ters orantılıdır. Atkı yönündeki eğilme direnci ise, halkadan çekme testinin öncü tepe konumu ile doğru orantılıdır.

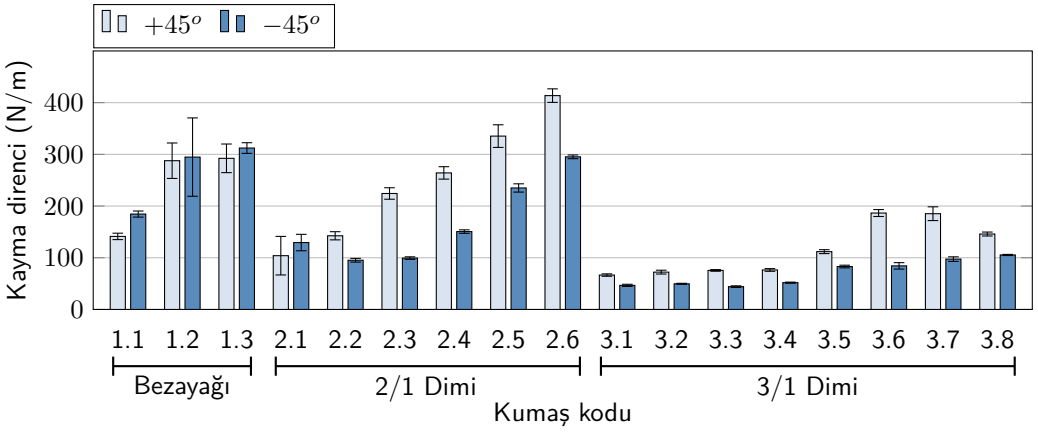
Eğilme direnci sonuçlarının yüzey özellikleri ile ilişkisi incelendiğinde, atkı yönündeki eğilme direnci sonuçlarının hiç bir yüzey özelliği ile istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon göstermediği saptanmıştır. $+45^o$ ve -45^o yönlerinde ölçülen eğilme direncinin statik ve dinamik sürtünme katsayıları ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Eğilme direnci, yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve yüzey profili eğimi (RΔq) ile ters, profilin materyal oranı (Rmrd) ile doğru orantılıdır.

3.1.5 Kayma Direnci - Çapraz Yönlü Uzama Yöntemi

3.1.5.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) çapraz yönlü uzama yöntemi ile elde edilen kayma direnci değerleri Tablo 3.12'de görülmektedir. Çapraz yönlü uzama testinde en yüksek kayma direnci değeri (414 N/m) D2.6 kodlu kumaşın $+45^o$ test yönünde kaydedilmiştir. -45^o test yönü için ise en yüksek kayma direnci değeri (312 N/m) D1.3 kodlu kumaşa aittir (Şekil 3.12). Atkı yönünde poliester/pamuk karışımı özlü iplik kullanılan kumaş tiplerinin (D3.1, D3.2, D3.3 ve D3.4) D serisi kumaşları içerisinde en düşük kayma direnci değerlerine sahip olduğu görülmektedir. İndigo kaplamalı denim kumaşlar (D2.4, D2.5, D2.6) ve bezayağı örgü raporuna sahip %100 pamuk denim kumaşlar (D1.2 ve D1.3) ise oldukça yüksek kayma direncine sahiptir.

Sonuçlarda dikkat çeken diğer bir nokta da $+45^o$ yönündeki numunelerin kayma direncinin (dört kumaş tipi hariç) -45^o yönündeki numunelerin kayma direncinden



Şekil 3.12 D serisindeki kumaşların çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değerleri

daha yüksek olmasıdır. Dimi kumaşlardaki diyagonal yerleşimin bu farka sebep olduğu düşünülmektedir. Tekstil ürünlerinin anizotropik yapıya sahip olduğu, atkı ve çözgü ipliğindeki farklılıkların ve kumaşın örgü raporunun bu farklılığı pekiştirdiği öngörülebilen sonuçlardır. Durum analizi numune grubundaki kumaşlar ile iki farklı diyagonal yönde gerçekleştirilen ölçümler arasında deneysel olarak da saptanan bu farklılık, özellikle denim kumaşlar ile çalışılırken kayma deformasyonu ölçümlerinin her iki diyagonal yönde de gerçekleştirilmesi gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Çapraz yönlü uzama yöntemine göre gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alınarak; uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kayma direncinin %19 ila %63 oranında düştüğü görülmüştür (Şekil3.13) ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların -45^o yönündeki kayma direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kayma direncinin %29 ila %69 oranında düştüğü görülmüştür ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Çapraz yönlü uzama yöntemi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alınarak; uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile

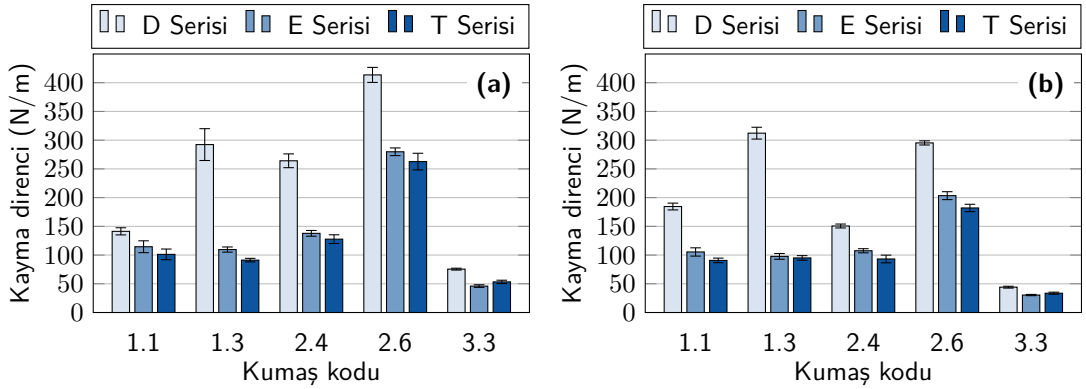
Tablo 3.12 D, E ve T serisindeki kumaşların çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değerleri

Kumaş kodu	**Kayma direnci** (N/m)					
	Ortalama		$+45^o$		-45^o	
D1.1	162,9	(23,4)	141,3	(6,2)	184,5	(5,9)
D1.2	291,2	(55,6)	287,7	(34,3)	294,7	(75,8)
D1.3	302,3	(22,3)	292,3	(27,7)	312,2	(10,3)
D2.1	116,7	(30,2)	104,0	(37,3)	129,4	(15,9)
D2.2	118,8	(25,6)	142,5	(7,9)	95,2	(3,6)
D2.3	161,8	(66,3)	224,3	(11,1)	99,3	(2,5)
D2.4	207,4	(60,4)	264,1	(12,0)	150,6	(3,4)
D2.5	285,2	(55,1)	335,3	(21,9)	235,0	(8,0)
D2.6	354,4	(63,1)	413,6	(13,1)	295,2	(3,6)
D3.1	56,5	(10,7)	66,5	(2,3)	46,6	(2,1)
D3.2	60,9	(12,2)	72,2	(3,7)	49,6	(1,0)
D3.3	59,8	(16,6)	75,5	(1,6)	44,1	(1,6)
D3.4	64,1	(13,1)	76,4	(2,6)	51,8	(1,1)
D3.5	97,4	(15,5)	111,8	(3,8)	83,0	(2,6)
D3.6	135,4	(54,2)	186,5	(6,7)	84,3	(6,2)
D3.7	141,3	(47,2)	185,2	(13,3)	97,4	(4,4)
D3.8	125,7	(21,5)	145,9	(3,8)	105,4	(1,1)
E1.1	109,9	(9,6)	114,5	(10,3)	105,4	(7,2)
E1.3	103,6	(7,7)	109,6	(4,5)	97,7	(5,0)
E2.4	122,7	(16,5)	137,8	(5,0)	107,5	(3,6)
E2.6	241,6	(40,8)	279,8	(6,7)	203,4	(6,9)
E3.3	38,2	(8,4)	46,0	(2,3)	30,4	(1,1)
T1.1	95,9	(8,7)	101,2	(9,3)	90,7	(4,0)
T1.3	93,1	(3,9)	91,2	(3,1)	95,0	(4,0)
T2.4	110,5	(19,4)	127,7	(7,6)	93,2	(6,7)
T2.6	222,3	(43,8)	262,7	(14,5)	182,0	(6,4)
T3.3	43,4	(10,6)	53,3	(2,9)	33,6	(1,8)

Sonuçlar, çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değerleridir ve ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kayma direncinin %28 ila %69 oranında düştüğü görülmüştür ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların -45^o yönündeki kayma direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kayma direncinin %24 ila %70 oranında düştüğü görülmüştür ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

D serisinde en yüksek kayma direncine sahip olan kumaş, D2.6 kodlu kumaş tipidir. Çapraz yönlü uzama yöntemine ilişkin veriler dikkate alındığında, D2.6 kodlu kumaşın ortalama kayma direncinin, uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %32, taş



Şekil 3.13 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının çapraz yönlü uzama yöntemi ile (a) $+45^o$ yönünde ve (b) -45^o yönünde ölçülen kayma direnci değerleri

yıkama ve yumuşatma işlemi ile %37 düştüğü gözlemlenmiştir.

D serisinde en yüksek kayma direncine sahip olan ikinci kumaş, D1.3 kodlu kumaş tipidir. Çapraz yönlü uzama yöntemine ilişkin veriler dikkate alındığında, D1.3 kodlu kumaşın ortalama kayma direncinin, uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %66, taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile %69 düştüğü gözlemlenmiştir.

D3.3 kodlu kumaşın işlem görmeden önce de, D serisinde en düşük kayma direncine sahip kumaşlar arasında yer alması sebebiyle, bu kumaş tipi için uygulanan işlemler sonucunda kayma direncinde büyük bir değişim olması beklenmemekte iken, çapraz yönlü uzama yöntemine ilişkin veriler dikkate alındığında, D3.3 kodlu kumaşın ortalama kayma direncinin, uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %36, taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile %27 düştüğü gözlemlenmiştir. Yıkama işleminin denim kumaşların kayma direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Juciene ve ark., 2006).

3.1.5.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) çapraz yönlü uzama yöntemi ile elde edilen kayma direnci değerleri Tablo 3.13'te görülmektedir. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların $+45^o$ ve -45^o yönündeki kayma direnci üzerindeki etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak

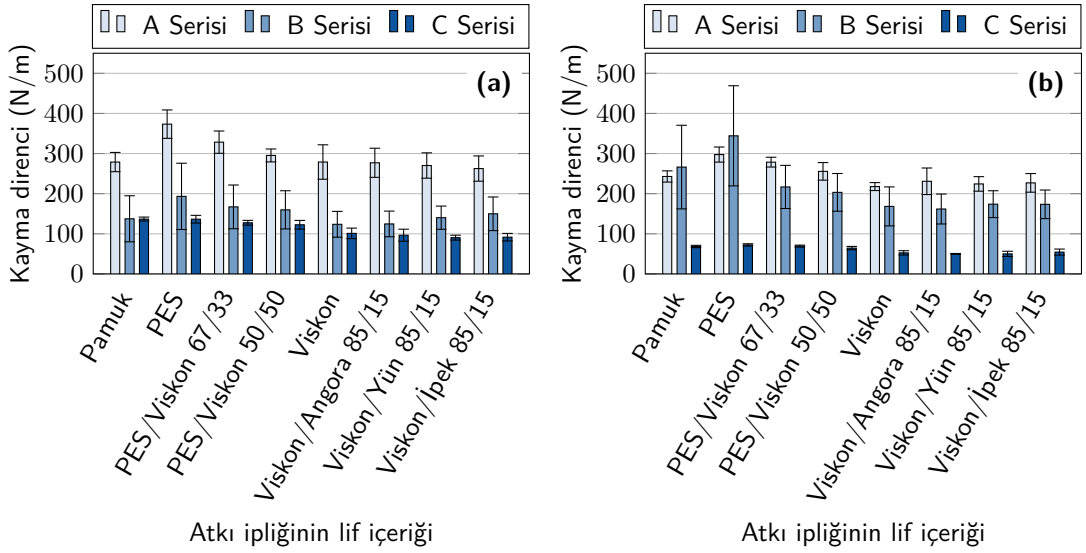
bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. A serisindeki kumaşların çapraz yönlü uzama yöntemi ile gerçekleştirilen kayma direnci testi sonuçlarına göre, atkı ipliğinde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaşların $+45^o$ yönünde ölçülen kayma direnci, referans kumaştan daha yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). A serisindeki kumaşlar içerisinde, atkı ipliğinde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaşların -45^o yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha yüksektir, atkı ipliğinde %100 viskon içeren kumaşın -45^o yönündeki kayma direnci ise referans kumaştan daha düşüktür ve fark bu kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$) (Şekil 3.14).

Tablo 3.13 A, B ve C serisindeki kumaşların çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değerleri

Kumaş kodu	**Kayma direnci** (N/m)					
	Ortalama		$+45^o$		-45^o	
A01	260,8	(26,4)	278,8	(24,0)	242,9	(14,0)
A02	335,4	(48,1)	373,3	(35,4)	297,5	(18,8)
A03	248,3	(43,6)	278,9	(42,9)	217,7	(9,9)
A04	253,9	(40,8)	277,0	(36,3)	230,9	(33,1)
A05	247,2	(34,3)	270,2	(31,6)	224,3	(18,1)
A06	244,8	(32,1)	262,6	(31,5)	226,9	(23,2)
A07	303,5	(33,2)	328,4	(27,8)	278,6	(12,2)
A08	275,5	(27,7)	295,3	(16,1)	255,6	(21,9)
B01	201,9	(105,2)	137,4	(57,4)	266,3	(104,2)
B02	268,8	(128,9)	193,3	(82,6)	344,2	(124,8)
B03	146,0	(46,2)	123,7	(32,2)	168,3	(48,6)
B04	143,2	(38,8)	124,6	(32,0)	161,8	(37,3)
B05	157,0	(35,0)	140,2	(28,9)	173,9	(33,4)
B06	161,7	(39,8)	149,9	(41,9)	173,5	(35,6)
B07	191,9	(58,5)	167,1	(54,5)	216,8	(53,8)
B08	181,5	(51,2)	159,7	(47,6)	203,3	(47,0)
C01	102,6	(36,2)	136,7	(5,0)	68,4	(2,9)
C02	104,3	(34,4)	136,4	(9,6)	72,3	(2,9)
C03	76,8	(27,3)	101,1	(13,1)	52,5	(5,4)
C04	73,3	(26,4)	96,5	(15,0)	50,0	(1,0)
C05	70,2	(22,1)	90,4	(6,1)	50,0	(6,5)
C06	73,0	(21,2)	91,6	(9,4)	54,4	(7,6)
C07	98,4	(30,9)	127,5	(6,0)	69,4	(2,4)
C08	93,4	(31,6)	122,5	(10,9)	64,4	(4,2)

Sonuçlar, çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değerleridir ve ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların $+45^o$ ve -45^o yönündeki kayma direnci üzerindeki etkisi B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. B serisindeki kumaşlarının çapraz yönlü uzama yöntemi ile gerçekleştirilen kayma direnci testi



Şekil 3.14 A, B ve C serisindeki kumaşların çapraz yönlü uzama yöntemi ile (a) $+45^o$ yönünde ve (b) -45^o yönünde ölçülen kayma direnci değerleri

sonuçlarına göre, hiç bir kumaş tipi için $+45^o$ yönündeki kayma direnci değerleri ile referans kumaş arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). B serisine ait, atkı ipliğinde %50 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaşlar hariç tüm kumaşların -45^o yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha düşüktür ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların $+45^o$ ve -45^o yönündeki kayma direnci üzerindeki etkisi C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. C serisindeki kumaşlarının çapraz yönlü uzama yöntemi ile gerçekleştirilen kayma direnci testi sonuçlarına göre, atkı ipliğinde %100 poliester içeren kumaş hariç tüm kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha düşüktür ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). C serisine ait, atkı ipliğinde %50 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaş tipleri hariç tüm kumaşların -45^o yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha düşüktür ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı arttıkça, kumaşın kayma direncinin arttığı gözlemlenmiştir ve atkı ipliğindeki poliester oranı ile ortalama kayma direnci sonuçları arasındaki korelasyon, A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak

anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009). Çapraz yönlü uzama yöntemi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerinin sonuçlarına göre; atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların ortalama kayma direnci arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,644$, B serisi için $r = 0,472$ ve C serisi için $r = 0,324$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların $+45^o$ yönünde ölçülen kayma direnci arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,733$, B serisi için $r = 0,415$ ve C serisi için $r = 0,810$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların -45^o yönünde ölçülen kayma direnci arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,890$, B serisi için $r = 0,602$ ve C serisi için $r = 0,890$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Poliester kullanımının, denim kumaşların kayma direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009).

Çapraz yönlü uzama yöntemi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alınarak; %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların kayma direnci verileri bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırıldığında; A, B veya C serilerinden hiç biri için $+45^o$ veya -45^o test yönünde anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin kayma direnci üzerindeki etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. Çapraz yönlü uzama yönteminden elde edilen kayma direnci verileri dikkate alındığında, B serisindeki kumaşların $+45^o$ test yönü için, A serisine göre daha düşük kayma direncine sahip olduğu görülmektedir ve tüm kumaş tipleri için A serisi ve B serisi arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Daha düşük çözgü sıklığı ile çalışıldığında ve 3/1 dimi yerine bezayağı örgü raporu tercih edildiğinde, denim kumaşların $+45^o$ yönünde ölçülen kayma direnci %43 ile %56 arasında değişen oranlarda azalmıştır. Aynı karşılaştırma -45^o test yönü için gerçekleştirildiğinde, %100 pamuk atkı ipliğine sahip kumaş tipi (B01) ve %100 poliester atkı ipliğine sahip kumaş tipi (B02) dışındaki tüm B serisi kumaşlarının, A serisindeki muadiline göre daha düşük kayma direncine sahip olduğu görülmektedir ve fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Daha düşük çözgü sıklığı ile çalışıldığında ve

3/1 dimi yerine bezayağı örgü raporu tercih edildiğinde, B01 ve B02 kodlu kumaş tipleri haricindeki denim kumaşların -45^o yönünde ölçülen kayma direnci %20 ile %30 arasında değişen oranlarda azalmıştır. Sıklığın, denim kumaşların kayma direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009).

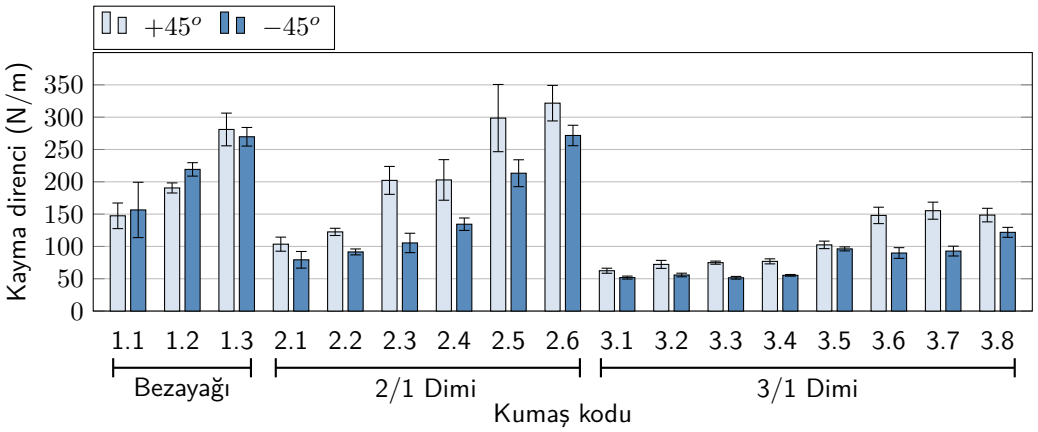
Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kayma direnci üzerindeki etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. Çapraz yönlü uzama yönteminden elde edilen kayma direnci verileri dikkate alındığında, C serisindeki kumaşların A serisine göre daha düşük kayma direncine sahip olduğu görülmektedir. Bu fark, tüm kumaş tipleri ve her iki test yönü için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Taş yıkama ve yumuşatma işlemi, kumaşların $+45^o$ yönünde ölçülen kayma direncini %51 ila %67 oranında, -45^o yönünde ölçülen kayma direncini %72 ila %78 oranında düşürmüştür. Yıkama işleminin denim kumaşların kayma direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Yang ve ark., 2013; Juciene ve ark., 2006).

3.1.6 Kayma Direnci - Kayma Çerçevesi Yöntemi

3.1.6.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) kayma çerçevesi ile elde edilen kayma direnci değerleri Tablo 3.14'te görülmektedir. D serisi için kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen en yüksek kayma direnci değeri (322 N/m) D2.6 kodlu kumaşın $+45^o$ test yönünde kaydedilmiştir. -45^o test yönü için de en yüksek kayma direnci değeri (272 N/m) D2.6 kodlu kumaşa aittir (Şekil 3.15). Atkı yönünde poliester/pamuk karışımı özlü iplik kullanılan kumaş tiplerinin (D3.1, D3.2, D3.3 ve D3.4) durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde en düşük kayma direnci değerlerine sahip olduğu görülmektedir. İndigo kaplamalı denim kumaşlar (D2.4, D2.5, D2.6) ve bezayağı örgü raporuna sahip %100

pamuk denim kumaşlar (D1.2 ve D1.3) ise oldukça yüksek kayma direncine sahiptir.



Şekil 3.15 D serisindeki kumaşların kayma çerçevesi ile ölçülen kayma direnci değerleri

Sonuçlarda dikkat çeken diğer bir nokta da $+45^o$ yönündeki numunelerin kayma direncinin (iki kumaş tipi hariç) -45^o yönündeki numunelerin kayma direncinden daha yüksek olmasıdır. Dimi kumaşlardaki diyagonal yerleşimin bu farka sebep olduğu düşünülmektedir. Tekstil ürünlerinin anizotropik yapıya sahip olduğu, atkı ve çözgü ipliğindeki farklılıkların ve kumaşın örgü raporunun bu farklılığı pekiştirdiği öngörülebilen sonuçlardır. Durum analizi numune grubundaki kumaşlar ile iki farklı diyagonal yönde gerçekleştirilen ölçümler arasında deneysel olarak da saptanan bu farklılık, özellikle denim kumaşlar ile çalışılırken kayma deformasyonu ölçümlerinin her iki diyagonal yönde de gerçekleştirilmesi gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Kayma çerçevesi verileri dikkate alınarak; uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kayma direncinin %25 ila %68 oranında düştüğü görülmüştür (Şekil3.16) ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların -45^o yönündeki kayma direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kayma direncinin %20 ila %68 oranında düştüğü görülmüştür ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate

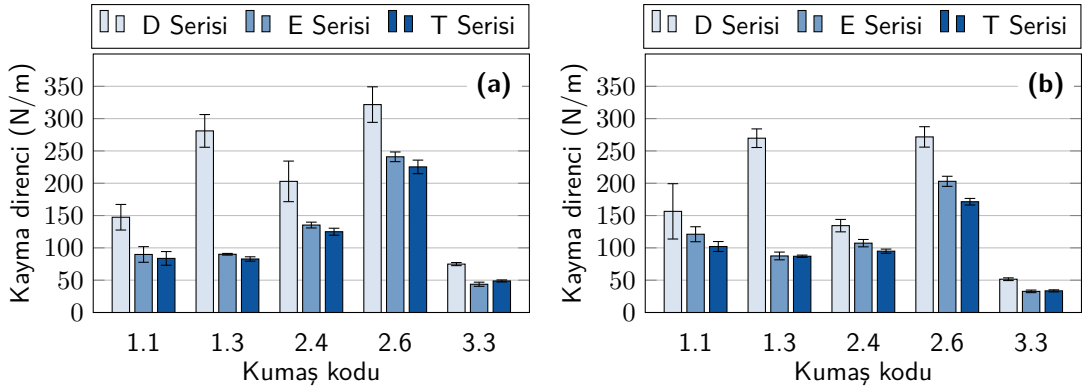
Tablo 3.14 D, E ve T serisindeki kumaşların kayma çerçevesi ile ölçülen kayma direnci değerleri

Kumaş kodu	**Kayma direnci** (N/m)					
	Ortalama		$+45^o$		-45^o	
D1.1	152,0	(19,3)	147,4	(19,8)	156,5	(42,8)
D1.2	204,9	(6,7)	190,5	(7,8)	219,2	(10,4)
D1.3	275,4	(17,7)	281,0	(25,3)	269,7	(14,4)
D2.1	91,4	(9,3)	103,5	(10,9)	79,3	(12,9)
D2.2	107,0	(3,5)	122,5	(5,6)	91,5	(4,6)
D2.3	153,8	(8,7)	202,2	(21,6)	105,4	(15,0)
D2.4	168,6	(13,0)	202,9	(31,4)	134,4	(9,6)
D2.5	255,9	(16,7)	298,6	(52,0)	213,3	(20,8)
D2.6	296,7	(12,9)	321,7	(27,5)	271,7	(15,8)
D3.1	57,1	(1,8)	62,4	(3,9)	51,8	(2,3)
D3.2	64,0	(3,1)	72,2	(6,2)	55,8	(2,8)
D3.3	63,2	(1,6)	74,9	(2,4)	51,5	(2,1)
D3.4	66,1	(2,1)	76,9	(3,9)	55,3	(1,3)
D3.5	99,3	(2,1)	102,4	(5,8)	96,2	(3,1)
D3.6	118,9	(6,4)	148,0	(12,7)	89,8	(8,3)
D3.7	124,0	(8,1)	155,3	(13,2)	92,8	(7,6)
D3.8	135,1	(3,8)	148,5	(10,5)	121,8	(7,7)
E1.1	105,4	(5,6)	89,8	(12,1)	121,1	(11,6)
E1.3	88,8	(3,4)	90,1	(1,3)	87,5	(6,0)
E2.4	121,3	(4,3)	135,3	(4,5)	107,3	(5,7)
E2.6	222,0	(2,5)	240,9	(7,5)	203,0	(7,8)
E3.3	38,2	(1,7)	43,7	(3,2)	32,7	(2,0)
T1.1	92,9	(8,9)	83,7	(10,6)	102,1	(7,7)
T1.3	84,9	(1,5)	82,8	(3,4)	87,0	(1,8)
T2.4	110,0	(1,6)	125,0	(5,4)	94,9	(3,2)
T2.6	198,4	(6,8)	225,3	(10,5)	171,4	(5,1)
T3.3	41,2	(1,6)	48,8	(1,6)	33,5	(1,6)

Sonuçlar, kayma çerçevesi ile ölçülen kayma direnci değerleridir ve ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

alınarak; uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kayma direncinin %30 ila %71 oranında düştüğü görülmüştür ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların -45^o yönündeki kayma direncine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kayma direncinin %29 ila %68 oranında düştüğü görülmüştür ve tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde en yüksek kayma direncine sahip olan kumaş, D2.6 kodlu kumaş tipidir. Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alındığında, ortalama kayma direnci,



Şekil 3.16 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının kayma çerçevesi ile (a) $+45^o$ yönünde ve (b) -45^o yönünde ölçülen kayma direnci değerleri

%100 pamuk ve ön yüzü indigo kaplamalı bu kumaş tipine uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %25, taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile %33 düşmüştür.

Durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde en yüksek kayma direncine sahip olan ikinci kumaş, D1.3 kodlu kumaş tipidir. Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alındığında, ortalama kayma direnci, %100 pamuk bezayağı bir kumaş olan bu kumaş tipine uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %68, taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile %71 düşmüştür.

D3.3 kodlu kumaşın işlem görmeden önce de, durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde en düşük kayma direncine sahip kumaşlar arasında yer alması sebebiyle, bu kumaş tipi için uygulanan işlemler sonucunda kayma direncinde büyük bir değişim olması beklenmemekte iken, kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alındığında, D3.3 kodlu kumaşın ortalama kayma direncinin, uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %40, taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile %35 düştüğü gözlemlenmiştir. Yıkama işleminin denim kumaşların kayma direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Juciene ve ark., 2006).

3.1.6.2 Sistematik Denim Kumaşlar

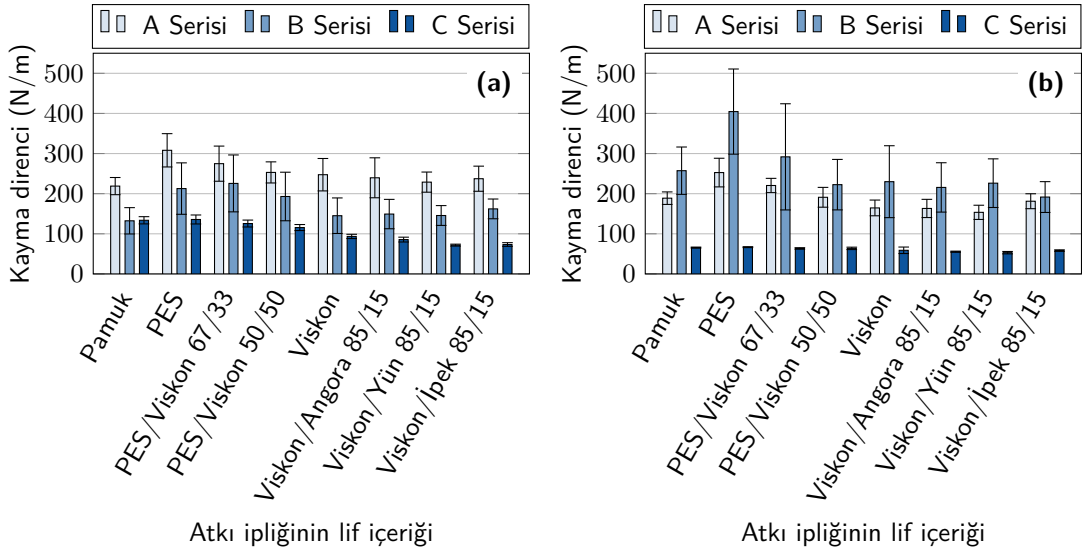
Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) kayma çerçevesi ile elde edilen kayma direnci değerleri Tablo 3.15'te görülmektedir. Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alınarak; farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direnci üzerindeki etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi incelenmiş, sadece atkı yönünde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaş tipleri (A02 ve A07) için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). A serisindeki, atkı ipliğinde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha yüksektir (Şekil 3.17).

Tablo 3.15 A, B ve C serisindeki kumaşların kayma çerçevesi ile ölçülen kayma direnci değerleri

Kumaş kodu	**Kayma direnci** (N/m)					
	Ortalama		$+45^o$		-45^o	
A01	203,8	(4,2)	218,9	(21,4)	188,8	(15,6)
A02	280,3	(10,3)	308,1	(41,5)	252,6	(35,7)
A03	205,9	(13,1)	247,3	(40,4)	164,5	(19,6)
A04	201,4	(16,0)	239,6	(49,8)	163,2	(22,7)
A05	191,2	(11,5)	228,8	(25,1)	153,5	(17,7)
A06	209,2	(7,2)	237,3	(31,3)	181,2	(18,6)
A07	247,6	(20,9)	274,8	(43,8)	220,4	(17,8)
A08	222,0	(7,4)	253,0	(26,3)	191,0	(24,7)
B01	194,9	(16,2)	132,4	(32,8)	257,3	(59,0)
B02	308,6	(33,5)	212,7	(64,1)	404,6	(106,1)
B03	187,5	(27,3)	145,1	(44,3)	229,9	(89,6)
B04	182,4	(19,9)	149,2	(36,6)	215,6	(61,5)
B05	185,9	(20,0)	145,6	(24,7)	226,2	(60,6)
B06	176,9	(10,6)	162,1	(24,6)	191,6	(38,4)
B07	258,7	(34,9)	225,6	(70,9)	291,8	(132,3)
B08	207,8	(13,6)	193,0	(60,5)	222,5	(62,9)
C01	99,7	(4,4)	133,7	(9,0)	65,6	(1,3)
C02	101,2	(5,3)	135,7	(11,2)	66,7	(1,1)
C03	76,2	(1,9)	93,5	(5,3)	58,9	(8,1)
C04	70,5	(3,7)	85,6	(6,0)	55,4	(1,4)
C05	62,4	(2,2)	71,8	(2,4)	53,0	(3,0)
C06	65,7	(2,9)	73,3	(4,6)	58,2	(1,9)
C07	94,6	(5,1)	125,6	(8,6)	63,5	(1,9)
C08	89,6	(2,6)	115,6	(7,5)	63,7	(3,0)

Sonuçlar, kayma çerçevesi ile ölçülen kayma direnci değerleridir ve ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate



Şekil 3.17 A, B ve C serisindeki kumaşların kayma çerçevesi ile (a) $+45^o$ yönünde ve (b) -45^o yönünde ölçülen kayma direnci değerleri

alınarak; farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların -45^o yönündeki kayma direnci üzerindeki etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi incelenmiş, sadece atkı yönünde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaş tipleri (A02 ve A07) ve %15 oranında yün içeren kumaş tipi (A05) için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). A serisindeki, atkı ipliğinde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaşların -45^o yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha yüksektir. A serisindeki, atkı ipliğinde %15 yün içeren kumaşın -45^o yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha düşüktür.

Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alınarak; farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direnci üzerindeki etkisi B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi incelenmiş, sadece atkı yönünde %50 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaş tipleri (B02, B07 ve B08) ile %15 oranında ipek içeren kumaş tipi (B06) için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). B serisindeki, atkı ipliğinde %50 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaşların ve %15 oranında ipek içeren kumaşın $+45^o$ yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha yüksektir.

Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alınarak; farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların -45^o yönündeki kayma direnci üzerindeki etkisi B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi incelenmiş, sadece atkı yönünde %100 poliester içeren kumaş tipi (B02) ile %15 oranında ipek içeren kumaş tipi (B06) için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). B serisindeki, atkı ipliğinde %100 poliester içeren kumaşın -45^o yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha yüksektir. B serisindeki, atkı ipliğinde %15 ipek içeren kumaşın -45^o yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha düşüktür.

Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alınarak; farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direnci üzerindeki etkisi C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi incelenmiş, atkı yönünde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaş tipleri (C02 ve C07) haricindeki tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). C serisindeki, atkı ipliğinde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaşlar haricindeki tüm kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha düşüktür.

Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alınarak; farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların -45^o yönündeki kayma direnci üzerindeki etkisi C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi incelenmiş, atkı yönünde %15 hayvansal lif içeren kumaş tipleri (C04, C05 ve C06) için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). C serisindeki, atkı ipliğinde %15 hayvansal lif içeren kumaşların -45^o yönündeki kayma direnci, referans kumaştan daha düşüktür.

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı arttıkça, kumaşın kayma direncinin arttığı gözlemlenmiştir ve atkı ipliğindeki poliester oranı ile ortalama kayma direnci sonuçları arasındaki korelasyon, A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009). Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerinin

sonuçlarına göre; atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların ortalama kayma direnci arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,871$, B serisi için $r = 0,811$ ve C serisi için $r = 0,928$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direnci arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,512$, B serisi için $r = 0,415$ ve C serisi için $r = 0,897$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların -45^o yönündeki kayma direnci arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,802$, B serisi için $r = 0,507$ ve C serisi için $r = 0,566$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Poliester kullanımının, denim kumaşların kayma direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009).

Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alınarak; %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların $+45^o$ yönündeki kayma direnci sonuçları incelendiğinde, A ve B serisi için anlamlı bir fark saptanmamıştır. Öte yandan C serisindeki kumaşlar için atkı yönünde %15 oranında yün içeren kumaş tipinin (C05) ve %15 oranında ipek içeren kumaş tipinin (C06) $+45^o$ yönündeki kayma direnci %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşa göre (C03) daha düşüktür ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların -45^o yönündeki kayma direnci sonuçları incelendiğinde; A, B veya C serilerinden hiç biri için anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin kayma direnci üzerindeki etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alındığında, B serisindeki kumaşların $+45^o$ test yönü için, A serisine göre daha düşük kayma direncine sahip olduğu görülmektedir. Daha düşük çözgü sıklığı ile çalışıldığında ve 3/1 dimi yerine bezayağı örgü raporu tercih edildiğinde, denim kumaşların $+45^o$ yönünde ölçülen kayma direnci %18 ile %41 arasında değişen oranlarda azalmıştır. Atkı yönünde %67 poliester %33 viskon içeren (A07-B07) kumaşlar ve %50 poliester %50 viskon içeren (A08-B08) kumaşlar haricindeki tüm kumaş tipleri için A serisi ve B serisi arasındaki

bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alındığında, B serisindeki kumaşların -45^o test yönü için, A serisine göre daha yüksek kayma direncine sahip olduğu görülmektedir. Dokuma parametrelerindeki değişiklik -45^o test yönündeki kayma direncini %6 ile %60 arasında değişen oranlarda yükselmiştir. Atkı yönünde %67 poliester %33 viskon içeren (A07-B07) kumaşlar, %50 poliester %50 viskon içeren (A08-B08) kumaşlar, %100 viskon içeren kumaşlar ve %15 ipek %85 viskon içeren kumaşlar haricindeki tüm kumaş tipleri için A serisi ve B serisi arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

A ve B serisindeki kumaşların kayma çerçevesi ile ölçülen ortalama kayma direnci değerleri karşılaştırıldığında ise farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. B serisindeki atkı yönünde %15 ipek %85 viskon içeren kumaşın (B06) ortalama kayma direnci A serisindeki muadiline (A06) göre %16 düşmüştür. B serisindeki %50 poliester %50 viskon içeren kumaşın (B08) ortalama kayma direnci A serisindeki muadiline (A08) göre %6 düşmüştür. Bu iki kumaş tipi haricindeki hiç bir kumaş tipi çiftinin ortalama kayma direnci değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kayma direnci üzerindeki etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. Kayma çerçevesi ile gerçekleştirilen kayma direnci testlerine ilişkin veriler dikkate alındığında, C serisindeki kumaşların, tüm test yönleri için, A serisine göre daha düşük kayma direncine sahip olduğu görülmektedir ve bu fark, tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Taş yıkama ve yumuşatma işlemi, kumaşların tüm yönlerdeki kayma direncini %39 ila %74 oranında düşürmüştür. A ve C serisindeki kumaşların kayma çerçevesi ile ölçülen ortalama kayma direnci değerleri karşılaştırıldığında da, C serisindeki kumaşların A serisine göre %51 ile %69 arasında değişen oranlarda daha düşük kayma direncine sahip olduğu görülmektedir ve bu fark, tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Yıkama işleminin denim kumaşların kayma direncine etkisine ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Yang ve ark., 2013; Juciene ve ark., 2006).

3.1.6.3 Kayma Direncine İlişkin Korelasyonlar

Kumaşların -45^o yönünde kaydedilen kayma direnci değerleri, birim alan kütlesi ile ters orantılı iken, $+45^o$ yönünde kaydedilen kayma direnci değerleri için anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Tüm kayma direnci sonuçları; kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri ile ters orantılı iken; sıkıştırılabilme oranı için anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Kayma direnci, kumaşların düşük yük altında uzama yeteneği ile ters orantılıdır. Kumaşların kayma direnci; çözgü, $+45^o$ ve -45^o yönündeki eğilme direnci değerleri ile ve halkadan çekme yükü (öncü tepe ve ana tepe yükü) ile doğru orantılıdır. Kayma direnci aynı zamanda, halkadan çekme testinin ana tepe konumu ile ters orantılıdır (Tablo 3.16).

Kayma direnci sonuçlarının yüzey özellikleri ile ilişkisi incelendiğinde, $+45^o$ yönünde ölçülen kayma direncinin çözgü yönünde kaydedilen statik ve dinamik sürtünme katsayıları ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Kayma direnci, yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve yüzey profil eğimi (RΔq) ile ters profilin materyal oranı (Rmrd) ile doğru orantılıdır.

İki farklı kayma direnci ölçüm yönteminden elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, kayma çerçevesi yöntemi ile elde edilen kayma direnci sonuçlarının, yapısal ve mekanik özelliklerle daha yüksek korelasyon gösterdiği dikkat çekmektedir. Halkadan çekme testi sonuçları ise bu değerlendirmede istisna oluşturmaktadır. Halkadan çekme testi bulguları çapraz yönlü uzama testinden elde edilen kayma direnci sonuçları ile daha yüksek korelasyon göstermektedir. Yüzey sürtünme katsayıları çapraz yönlü uzama testi sonuçları ile daha yüksek korelasyon gösterirken, yüzey profili parametrelerine ilişkin değerler kayma çerçevesi sonuçları ile daha yüksek korelasyon göstermektedir. Kayma çerçevesi ve çapraz yönlü uzama yöntemi arasındaki korelasyon katsayıları ise; $+45^o$ test yönü için $r = 0,960$ ve -45^o test yönü için $r = 0,923$'tür ($p < 0,05$).

Tablo 3.16 Kumaşların kayma direnci değerleri ile diğer kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson kor. *(N=51)*	**Test yönü**	**Kayma direnci**[1] (N/m)		**Kayma direnci**[2] (N/m)	
		$+45^o$	-45^o	$+45^o$	-45^o
Birim alan kütlesi (g/m^2)		-0,102	-0,534**	-0,006	-0,381**
Kumaş kalınlığı[3] (mm)		-0,446**	-0,633**	-0,378**	-0,575**
Kumaş kalınlığı[4] (mm)		-0,440**	-0,637**	-0,372**	-0,565**
Sıkıştırılabilme oranı (%)		-0,114	-0,136	-0,106	-0,181
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	-0,706**	-0,758**	-0,600**	-0,748**
	Atkı	-0,399**	-0,001	-0,506**	-0,211
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	0,807**	0,680**	0,821**	0,838**
	Atkı	0,110	0,156	0,135	0,196
	$+45^o$	0,726**	0,516**	0,787**	0,697**
	-45^o	0,713**	0,657**	0,713**	0,760**
Öncü tepe yükü (cN)		0,698**	0,528**	0,732**	0,720**
Öncü tepe konumu (mm)		-0,099	-0,226	0,000	-0,075
Ana tepe yükü (cN)		0,798**	0,647**	0,818**	0,778**
Ana tepe konumu (mm)		-0,330*	-0,307*	-0,338*	-0,301*
Statik sürtünme k.	Çözgü	0,393**	0,106	0,420**	0,218
	Atkı	0,306*	0,141	0,350*	0,162
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	0,264	0,062	0,281*	0,111
	Atkı	0,224	0,153	0,242	0,126
Ra (μm)	Çözgü	-0,370**	-0,487**	-0,276*	-0,420**
	Atkı	-0,344*	-0,594**	-0,251	-0,499**
Rq (μm)	Çözgü	-0,397**	-0,495**	-0,302*	-0,431**
	Atkı	-0,348*	-0,589**	-0,259	-0,498**
Rp (μm)	Çözgü	-0,477**	-0,352*	-0,447**	-0,394**
	Atkı	-0,439**	-0,603**	-0,362**	-0,544**
Rmrd (%)	Çözgü	0,290*	-0,034	0,362**	0,119
	Atkı	0,343*	0,579**	0,265	0,502**
RΔq	Çözgü	-0,558**	-0,280*	-0,541**	-0,368**
	Atkı	-0,573**	-0,665**	-0,489**	-0,642**

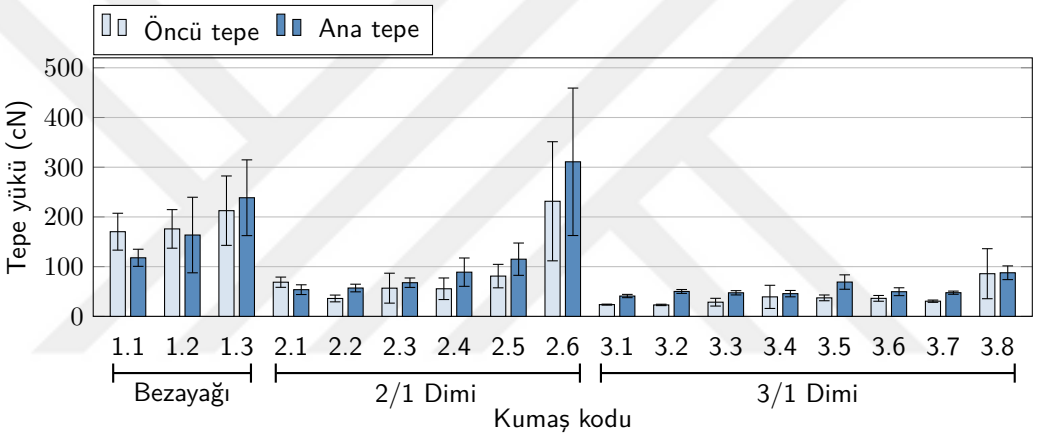
Kayma direnci[1] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[2] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Kalınlık[3] 5 g/cm^2 ve kalınlık[4] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$'dir.

3.1.7 Halkadan Çekme Testi Sonuçları

3.1.7.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe ve ana tepe yük ve konum değerleri Tablo 3.17'de görülmektedir. Ana tepeler incelendiğinde, D2.6 kodlu kumaşın en yüksek halkadan çekme yüküne (311 cN) sahip olduğu görülmektedir. Bu değeri 239 cN ile D1.3 kodlu kumaş izlemektedir. Öncü tepeler incelendiğinde de benzer bir durum

gözlemlenir. D2.6 kodlu kumaş en yüksek öncü tepe yüküne (232 cN) sahiptir ve bu değeri 213 cN ile D1.3 kodlu kumaş izlemektedir. Bezayağı grubundaki üç tip kumaşın da halkadan çekme yükü diğer kumaş tiplerine göre oldukça yüksektir (Şekil 3.18). Kaydedilen ana tepe yük değerleri içerisinde, D3.1 kodlu kumaşın en düşük halkadan çekme yüküne (41 cN) sahip olduğu görülmektedir. Bu değeri 46 cN ile D3.4 kodlu kumaş izlemektedir. Öncü tepeler incelendiğinde de benzer bir durum gözlemlenir. D3.2 kodlu kumaş en düşük öncü tepe değerine (23 cN) sahiptir ve bu değeri 24 cN ile D3.1 kodlu kumaş izlemektedir. Bahsi geçen üç kumaş tipinde de atkı ipliği olarak PES/pamuk karışımı özlü iplik kullanılmıştır ve kumaşların %100 pamuk olan çözgü iplikleri küp boyalıdır.



Şekil 3.18 D serisindeki kumaşların halkadan çekme grafiğindeki öncü tepe ve ana tepenin yük değerleri

Seçili durum analizi numune grubu kumaşlarına uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların halkadan çekme yüküne (öncü tepe ve ana tepe yüklerine) etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların halkadan çekme yükünün düştüğü görülmüştür (Şekil 3.19). Enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile kumaşların öncü tepe yükü %60 ila %93 oranında, ana tepe yükü ise %25 ila %86 oranında düşmüştür. Tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların halkadan çekme yüküne etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların halkadan çekme yükünün düştüğü görülmüştür. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile kumaşların öncü tepe yükü %59 ila %93 oranında, ana tepe yükü ise %17 ila %86 oranında düşmüştür.

Tablo 3.17 D, E ve T serisindeki kumaşların halkadan çekme grafiğinde yer alan öncü tepe ve ana tepenin yük ve konum değerleri

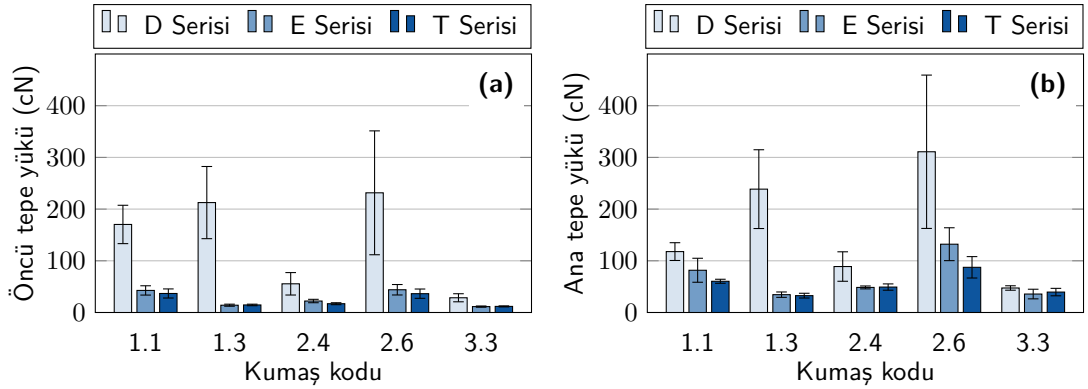
Kumaş kodu	Öncü tepe		Ana tepe	
	Yük (cN)	Konum (mm)	Yük (cN)	Konum (mm)
D1.1	170,3 (37,1)	13,3 (2,5)	117,8 (17,2)	26,2 (2,6)
D1.2	175,9 (38,8)	12,9 (2,9)	163,6 (76,0)	25,1 (4,0)
D1.3	212,6 (69,8)	11,4 (2,0)	238,6 (76,2)	22,9 (4,4)
D2.1	68,7 (10,3)	12,6 (0,6)	53,7 (9,8)	29,3 (1,9)
D2.2	36,0 (6,8)	8,1 (0,5)	57,0 (7,7)	26,1 (1,0)
D2.3	56,7 (30,1)	9,2 (1,6)	67,7 (9,5)	24,5 (2,7)
D2.4	55,5 (21,7)	10,1 (1,0)	88,9 (28,5)	26,1 (2,3)
D2.5	81,0 (23,6)	8,6 (2,1)	115,0 (32,5)	24,7 (5,5)
D2.6	231,5 (119,8)	9,6 (3,0)	310,9 (148,3)	21,6 (7,8)
D3.1	23,6 (1,0)	9,7 (0,7)	40,9 (3,3)	26,0 (0,7)
D3.2	23,0 (1,4)	8,7 (0,5)	50,1 (3,9)	26,1 (1,0)
D3.3	28,5 (7,8)	9,0 (1,2)	47,4 (4,3)	25,4 (1,6)
D3.4	39,2 (23,3)	9,7 (1,3)	45,7 (6,4)	23,7 (1,7)
D3.5	37,2 (5,8)	9,7 (1,4)	69,0 (14,5)	25,0 (5,7)
D3.6	36,2 (5,8)	12,1 (1,9)	49,6 (7,9)	27,0 (3,4)
D3.7	30,5 (2,3)	10,7 (1,0)	47,6 (3,2)	22,2 (4,9)
D3.8	85,8 (50,3)	10,2 (1,8)	87,7 (13,8)	22,8 (2,0)
E1.1	42,7 (9,0)	13,5 (2,8)	81,7 (23,2)	29,2 (4,8)
E1.3	14,1 (2,0)	12,0 (1,4)	34,5 (5,2)	27,7 (11,6)
E2.4	22,2 (3,3)	11,2 (0,9)	48,5 (2,8)	33,7 (4,3)
E2.6	44,0 (10,1)	11,0 (0,8)	132,1 (31,8)	23,6 (7,5)
E3.3	11,4 (1,2)	10,7 (1,6)	35,7 (9,3)	32,2 (4,7)
T1.1	36,8 (8,8)	13,3 (1,8)	60,4 (3,9)	31,0 (2,0)
T1.3	14,6 (1,5)	12,5 (1,1)	32,6 (4,6)	31,0 (11,4)
T2.4	17,0 (1,9)	10,5 (1,3)	49,2 (6,1)	33,4 (2,0)
T2.6	36,4 (9,0)	11,7 (0,9)	87,4 (20,7)	33,5 (1,9)
T3.3	11,8 (1,0)	10,6 (1,5)	39,5 (7,2)	33,0 (3,3)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

Tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde en yüksek halkadan çekme yüküne sahip olan kumaş, D2.6 kodlu kumaş tipidir. %100 pamuk ve ön yüzü indigo kaplamalı bu kumaş için ana tepe yükü, enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %58, taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile %72 düşmüştür. Öncü tepe yükünde kaydedilen azalma ise, enzim yıkama ve yumuşatma işlemi için %81, taş yıkama ve yumuşatma işlemi için %84'dir.

Durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde en yüksek halkadan çekme yüküne sahip olan ikinci kumaş, D1.3 kodlu kumaş tipidir. %100 pamuk bezayağı bir kumaş olan bu kumaş için ana tepe yükü, hem enzim yıkama ve yumuşatma işlemi



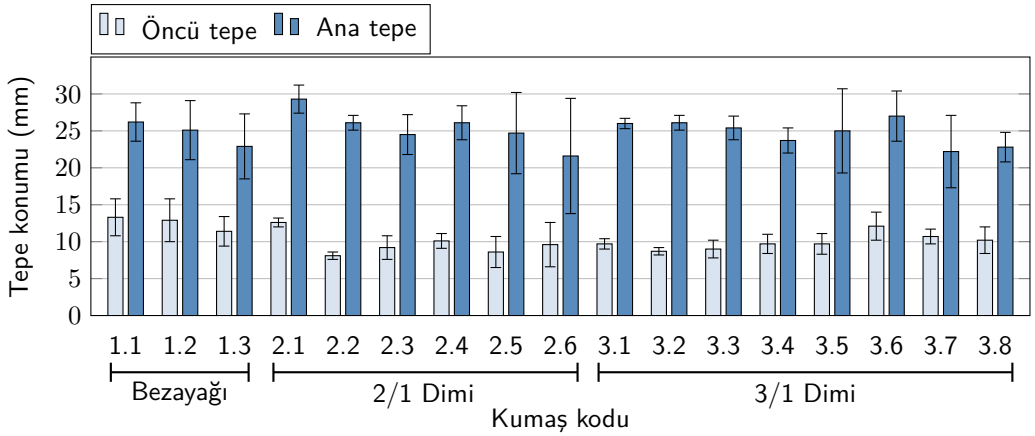
Şekil 3.19 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının halkadan çekme grafiğindeki (a) öncü tepe ve (b) ana tepenin yük değerleri

ile, hem de taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile %86 düşmüştür. Öncü tepe yükünde kaydedilen azalma ise, hem enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, hem de taş yıkama ve yumuşatma işlemi için %93'tür.

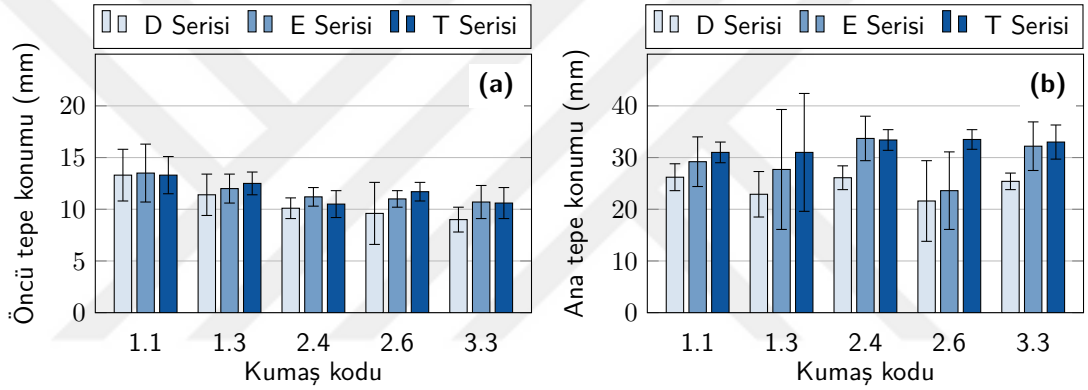
D3.3 kodlu kumaşın işlem görmeden önce de, durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde en düşük halkadan çekme yüküne sahip kumaşlar arasında yer alması sebebiyle, bu kumaş tipi için uygulanan işlemler sonucunda halkadan çekme yükünde büyük bir değişim olması beklenmemekte iken, D3.3 kodlu kumaşın ana tepe yükü, enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %25, taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile %17 düşmüştür. Öncü tepe yükünde kaydedilen azalma ise, enzim yıkama ve yumuşatma işlemi için %60, taş yıkama ve yumuşatma işlemi için %59'dur.

Halkadan çekme testi esnasında kaydedilen tepelerin konumuna ilişkin sonuçlar incelendiğinde, öncü tepe konumunun 10 mm ile 13 mm arasında değiştiği, ana tepe konumunun ise 24 mm ile 29 mm arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 3.20). Halkadan çekme yükü sonuçlarının aksine, tepe konumlarına ilişkin histogram üzerinden kumaş tipleri arasındaki ilişki ve farklılıkları gözlemlemek daha zordur. Bu sebeple tepe konumlarına ilişkin veriler, bu bölümün ilerleyen kısımlarında yer alan istatistiksel değerlendirmeler içerisinde ele alınmıştır.

Seçili durum analizi numune grubu kumaşlarına uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin, kumaşların öncü tepe konumuna etkisi işlem görmemiş muadilleri ile



Şekil 3.20 D serisindeki kumaşların halkadan çekme grafiğindeki öncü tepe ve ana tepenin konum değerleri



Şekil 3.21 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının halkadan çekme grafiğindeki (a) öncü tepe ve (b) ana tepenin konum değerleri

karşılaştırılarak incelendiğinde, D3.3 kodlu kumaş tipi haricinde hiç bir kumaş için anlamlı bir fark saptanmamıştır (Şekil 3.21). D3.3 kodlu kumaşın öncü tepe konumu enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile %19, taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile %18 yükselmiştir ($p < 0,05$).

Seçili durum analizi numune grubu kumaşlarına uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin, kumaşların ana tepe konumuna etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, D2.4 ve D3.3 kodlu kumaş tipi haricinde hiç bir kumaş için anlamlı bir fark saptanmamıştır. Enzim yıkama ve yumuşatma işlemi ile D2.4 kodlu kumaşın ana tepe konumu %29, D3.3 kodlu kumaşın ana tepe konumu %27 yükselmiştir ($p < 0,05$). Uygulanan taş yıkama ve

yumuşatma işleminin, kumaşların ana tepe konumuna etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların ana tepe konumunun %18 ile %55 arasında değişen oranlarda yükseldiği görülmüştür ve D1.3 kodlu kumaş tipi haricinde tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

3.1.7.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe ve ana tepe yük ve konum değerleri Tablo 3.18'de görülmektedir. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların halkadan çekme testinde kaydedilen öncü tepe yüküne etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, hiç bir kumaş tipi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, ana tepe yüküne etkisi bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde ise, atkı yönünde %100 poliester içeren kumaş tipi (A02), %100 viskon içeren kumaş tipi (A03) ve %15 yün %85 viskon içeren kumaş tipi (A05) haricinde hiç bir kumaş tipi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Bahsi geçen üç kumaş tipinin (A02, A03 ve A05) ana tepe yükü, referans kumaştan daha yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$) (Şekil 3.22).

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların halkadan çekme testinde kaydedilen öncü tepe yüküne etkisi B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, atkı yönünde %67 poliester %33 viskon içeren kumaş tipi (B07) haricinde hiç bir kumaş tipi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Atkı yönünde %67 poliester %33 viskon içeren kumaşın (B07) öncü tepe yükü, referans kumaştan daha düşüktür ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, ana tepe yüküne etkisi bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde ise, atkı yönünde %100 poliester içeren kumaş tipi (B02) haricinde hiç bir kumaş tipi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). B02 kodlu kumaş tipinin ana tepe yükü, referans

Tablo 3.18 A, B ve C serisindeki kumaşların halkadan çekme grafiğinde yer alan öncü tepe ve ana tepenin yük ve konum değerleri

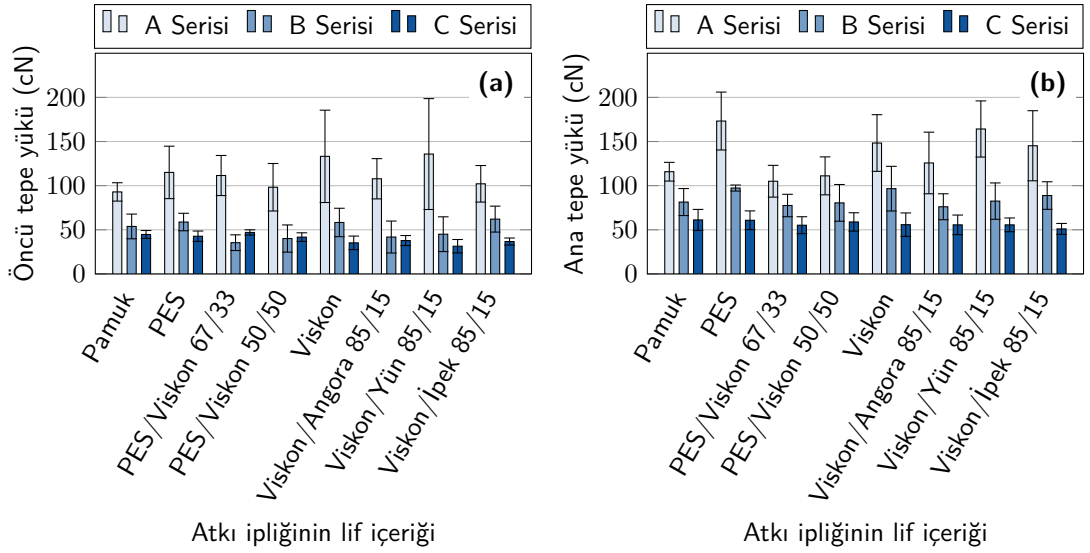
Kumaş kodu	Öncü tepe				Ana tepe			
	Yük (cN)		Konum (mm)		Yük (cN)		Konum (mm)	
A01	92,9	(10,4)	9,2	(0,6)	115,8	(10,6)	27,0	(3,1)
A02	115,0	(29,7)	10,2	(1,0)	173,2	(32,8)	27,7	(1,1)
A03	133,2	(52,3)	11,4	(3,6)	148,3	(32,1)	27,6	(4,7)
A04	107,8	(22,8)	10,0	(2,7)	125,7	(34,9)	29,2	(2,6)
A05	135,8	(62,8)	11,7	(2,0)	164,2	(31,8)	27,4	(3,5)
A06	102,1	(20,7)	9,8	(1,3)	145,2	(39,7)	27,8	(2,9)
A07	111,5	(22,7)	11,6	(3,4)	105,0	(18,0)	26,7	(2,7)
A08	98,2	(26,9)	10,0	(2,2)	111,1	(21,5)	26,8	(3,0)
B01	53,8	(14,0)	8,0	(1,4)	81,4	(15,3)	26,1	(1,7)
B02	58,8	(9,9)	8,7	(0,6)	97,3	(3,4)	26,3	(1,8)
B03	58,3	(16,1)	9,6	(1,2)	96,6	(25,3)	26,8	(1,0)
B04	41,8	(18,1)	8,5	(1,3)	76,1	(14,7)	27,5	(1,7)
B05	45,0	(19,7)	9,1	(1,0)	82,5	(20,6)	27,3	(1,3)
B06	62,1	(14,7)	9,7	(1,6)	88,8	(15,6)	26,4	(2,5)
B07	35,4	(8,9)	9,4	(0,8)	77,5	(12,7)	27,4	(1,7)
B08	40,1	(15,4)	8,8	(1,0)	80,5	(20,8)	28,1	(1,1)
C01	44,7	(4,5)	10,7	(1,2)	61,2	(11,9)	28,4	(3,7)
C02	42,7	(5,9)	10,5	(1,8)	60,8	(10,6)	29,2	(4,0)
C03	35,2	(7,7)	10,3	(1,1)	55,8	(13,3)	28,7	(2,9)
C04	37,8	(5,7)	9,7	(1,3)	55,6	(11,1)	27,5	(3,4)
C05	31,4	(7,6)	9,8	(1,4)	55,6	(7,8)	27,6	(2,1)
C06	36,7	(4,0)	10,4	(0,5)	51,0	(6,2)	25,7	(0,7)
C07	47,0	(3,0)	12,2	(0,9)	55,2	(9,6)	31,7	(3,0)
C08	41,7	(4,9)	10,3	(1,8)	58,9	(10,4)	28,4	(2,7)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

kumaştan daha yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların halkadan çekme testinde kaydedilen öncü tepe yüküne etkisi C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi incelenmiş, atkı yönünde %85 ve daha yüksek oranda viskon içeren kumaş tipleri (C03, C04, C05 ve C06) haricinde hiç bir kumaş tipi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Atkı yönünde %85 ve daha yüksek oranda viskon içeren kumaş tiplerinin (C03, C04, C05 ve C06) öncü tepe yükü, referans kumaştan daha düşüktür ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, ana tepe yüküne etkisi bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde ise, C serisine ait hiç bir kumaş tipi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı ile ana tepe yükü arasındaki korelasyon;



Şekil 3.22 A, B ve C serisindeki kumaşların halkadan çekme grafiğindeki (a) öncü tepe ve (b) ana tepenin yük değerleri

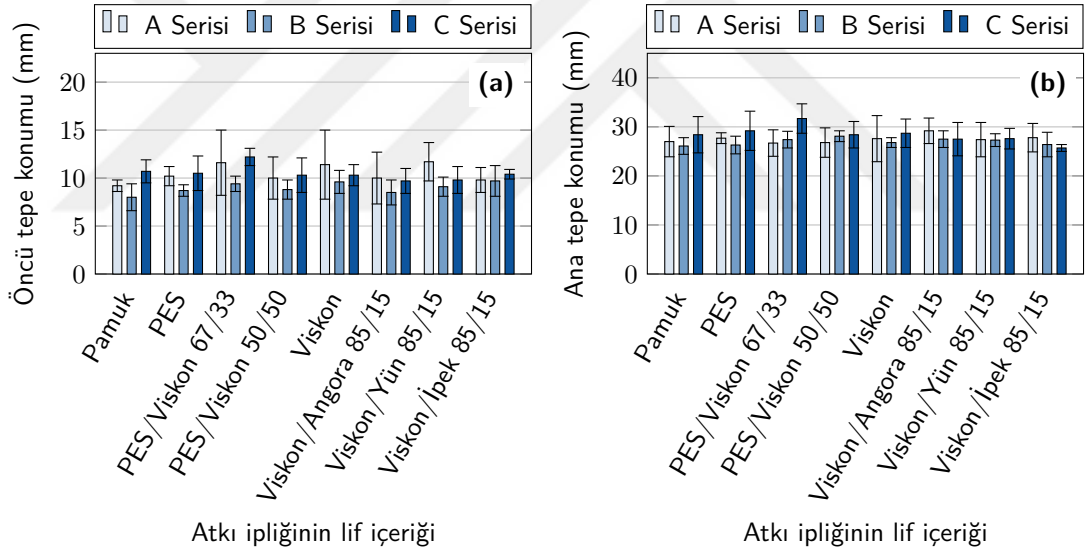
A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak incelenmiş ve hiç bir anlamlı korelasyon saptanmamıştır. Atkı ipliğindeki poliester oranı ile öncü tepe yükü arasındaki korelasyon ise, sadece C serisi için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların öncü tepe yükü arasındaki korelasyon katsayısı C serisi için $r = 0,482$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$).

%100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe yükü karşılaştırmalı olarak bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde; A serisi, B serisi veya C serisi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Kumaşların halkadan çekme testi esnasında kaydedilen ana tepe yükü karşılaştırmalı olarak bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde de; A serisi, B serisi veya C serisi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Bu bulgulara göre, kumaşlarda %100 viskon atkı ipliği yerine %15 hayvansal lif %85 viskon içeren atkı ipliği kullanılması, halkadan çekme yükünde anlamlı bir değişiklik yaratmamıştır.

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin halkadan çekme yükü (öncü tepe ve ana tepe yükleri) üzerindeki etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. B serisindeki kumaşların A serisine göre daha düşük öncü tepe ve ana tepe yüküne

sahip olduğu görülmektedir. Daha düşük çözgü sıklığı ile çalışıldığında ve 3/1 dimi yerine bezayağı örgü raporu tercih edildiğinde, denim kumaşların öncü tepe yükü %39 ile %68 arasında değişen oranlarda, ana tepe yükü ise %26 ile %50 arasında değişen oranlarda azalmıştır. Tüm kumaş tipleri için A serisi ve B serisi arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin halkadan çekme yükü üzerindeki etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşların A serisine göre daha düşük öncü tepe ve ana tepe yüküne sahip olduğu görülmektedir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi, kumaşların öncü tepe yükünü %52 ile %77 arasında değişen oranlarda, ana tepe yükünü %47 ile %66 arasında değişen oranlarda düşürmüştür. Tüm kumaş tipleri için A serisi ve C serisi arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 3.23 A, B ve C serisindeki kumaşların halkadan çekme grafiğindeki (a) öncü tepe ve (b) ana tepenin konum değerleri

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların halkadan çekme testinde kaydedilen öncü tepe konumuna etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. Atkı yönünde %100 poliester içeren kumaş tipi (A02) ve %15 yün %85 viskon içeren kumaş tipinin (A05) öncü tepe konumu değeri, referans kumaştan daha yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$) (Şekil 3.23). A serisindeki diğer kumaşların öncü tepe

konumu ile referans kumaş arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların halkadan çekme testinde kaydedilen öncü tepe konumuna etkisi B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. Atkı yönünde %67 poliester %33 viskon içeren kumaş tipi (B07) ve %100 viskon içeren kumaş tipinin (B03) öncü tepe konumu değeri, referans kumaştan daha yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). B serisindeki diğer kumaşların öncü tepe konumu ile referans kumaş arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların halkadan çekme testinde kaydedilen öncü tepe konumuna etkisi C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. Atkı yönünde %67 poliester %33 viskon içeren kumaş tipinin (C07) öncü tepe konumu değeri, referans kumaştan daha yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). C serisindeki diğer kumaşların öncü tepe konumu ile referans kumaş arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların halkadan çekme testinde kaydedilen ana tepe konumuna etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak, B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak, C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiştir. Atkı yönünde %50 poliester %50 viskon içeren kumaş tipinin (B08) ana tepe konumu değeri, referans kumaştan (B01) daha yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). A serisi, B serisi ve C serisindeki diğer kumaşların ana tepe konumu ile referans kumaş arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı ile öncü tepe konumu ve ana tepe konumu arasında hiç bir anlamlı korelasyon saptanmamıştır ($p > 0,05$).

%100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe

konum değerleri karşılaştırmalı olarak bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde; A serisi, B serisi ve C serisi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

%100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların halkadan çekme testi esnasında kaydedilen ana tepe konum değerleri karşılaştırmalı olarak bağımsız örnek t-testi ile incelendiğinde; A serisi ve B serisi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Sadece C serisinde atkı yönünde %15 oranında ipek içeren kumaşın (C06) ana tepe konumu değeri, %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaştan (C03) daha düşüktür ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin denim kumaşların halkadan çekme testinde kaydedilen öncü tepe konumuna etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. B serisindeki kumaşların A serisine göre daha düşük öncü tepe konumu değerine sahip olduğu görülmektedir. Atkı yönünde %100 poliester içeren kumaş tipleri (A02-B02) ve %15 yün %85 viskon içeren kumaş tiplerinin (A05-B05) öncü tepe konumu değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). A serisi ve B serisindeki diğer kumaşların öncü tepe konumları arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin ana tepe konumuna etkisi, A ve B serileri karşılaştırılarak incelendiğinde, A serisi ve B serisindeki hiç bir kumaş tipi için anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin, denim kumaşların halkadan çekme testinde kaydedilen öncü tepe ve ana tepe konumuna etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. Atkı yönünde %100 pamuk içeren kumaş tiplerinin (A01-C01) öncü tepe konumu, %67 poliester %33 viskon içeren kumaş tiplerinin (A07-C07) ana tepe konumu değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). A serisi ve C serisindeki diğer kumaşların öncü tepe konumları veya ana tepe konumları arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

3.1.7.3 Halkadan Çekme Testi Sonuçlarına İlişkin Korelasyonlar

Çeşitli araştırmacılar, halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe ve ana tepenin yük ve konum verilerinin pek çok kumaş özelliği ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Pan ve Yen, 1992; Grover ve ark., 1993; Sülar ve Okur, 2008b; Üren ve Okur, 2017). Denim kumaşların dokunsal konforunun analizi ve geliştirilmesi konulu bu tez çalışmasında, denim kumaşlar için halkadan çekme testi sonuçlarının hangi kumaş özellikleri ile ilişkilendirilebileceği istatistiksel olarak incelenmiştir. Denim kumaşların halkadan çekme testinden elde edilen dört parametreye ilişkin korelasyon katsayıları Tablo 3.19'da görülmektedir. Halkadan çekme testi verilerinin hangi kumaş özellikleri ile doğru veya ters orantılı olduğu şu şekilde özetlenmiştir;

Öncü tepenin konumu: Uzama yeteneği (çözgü yönü), kopma yükü (atkı yönü), kopma uzaması (çözgü yönü) ve eğilme direnci (atkı yönü) ile doğru orantılıdır. Uzama yeteneği (atkı yönü) ve kopma uzaması (atkı yönü) ile ters orantılıdır. Yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve yüzey profil eğimi (RΔq) ile doğru orantılıdır.

Ana tepenin konumu: Kumaş kalınlığı ve sıkıştırılabilme oranı ile doğru orantılıdır. Eğilme direnci (atkı yönü hariç) ve kayma direnci ile ters orantılıdır. Atkı yönündeki statik ve dinamik sürtünme katsayısı ile ters orantılıdır. Yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve yüzey profil eğimi (RΔq) ile doğru orantılıdır. Yüzey materyal oranı (Rmrd) ile ters orantılıdır.

Öncü tepe yükü: Kopma yükü (çözgü), eğilme direnci ve kayma direnci ile doğru orantılıdır. Kumaş kalınlığı, sıkıştırılabilme oranı, uzama yeteneği ve kopma uzaması (atkı) ile ters orantılıdır. Yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve yüzey profil eğimi (RΔq) ile ters orantılıdır.

Ana tepe yükü: Kopma yükü (çözgü), eğilme direnci ve kayma direnci ile doğru orantılıdır. Kumaş kalınlığı, sıkıştırılmış kalınlık, sıkıştırılabilme oranı ve uzama yeteneği ile ters orantılıdır. Çözgü yönündeki statik ve dinamik sürtünme katsayısıyla doğru orantılıdır. Yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve yüzey profil eğimi (RΔq) ile

Tablo 3.19 Kumaşların halkadan çekme testi verileri ile diğer kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson kor. *(N=51)*	Test yönü	Tepe yükü (cN)		Tepe konumu (mm)	
		Öncü tepe	Ana tepe	Öncü tepe	Ana tepe
Birim alan kütlesi (g/m^2)		0,003	-0,081	0,132	0,080
Kumaş kalınlığı[1] (mm)		-0,320*	-0,367**	0,152	0,420**
Kumaş kalınlığı[2] (mm)		-0,240	-0,314*	0,129	0,334*
Sıkıştırılabilme oranı (%)		-0,521**	-0,371**	0,099	0,553**
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	-0,358**	-0,489**	0,395**	0,206
	Atkı	-0,396**	-0,340*	-0,478**	0,046
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	0,816**	0,853**	-0,058	-0,360**
	Atkı	0,469**	0,338*	0,501**	-0,137
	$+45^o$	0,870**	0,883**	0,206	-0,409**
	-45^o	0,838**	0,868**	0,203	-0,376**
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	0,698**	0,798**	-0,099	-0,330*
	-45^o	0,528**	0,647**	-0,226	-0,307*
Kayma direnci[4] (N/m)	$+45^o$	0,732**	0,818**	0,000	-0,338*
	-45^o	0,720**	0,778**	-0,075	-0,301*
Statik sürtünme k.	Çözgü	0,240	0,334*	-0,071	-0,073
	Atkı	0,187	0,251	-0,063	-0,413**
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	0,179	0,283*	-0,034	-0,141
	Atkı	0,145	0,193	-0,084	-0,453**
Ra (μm)	Çözgü	-0,170	-0,193	0,561**	0,431**
	Atkı	-0,256	-0,261	0,301*	0,472**
Rq (μm)	Çözgü	-0,177	-0,204	0,557**	0,423**
	Atkı	-0,260	-0,265	0,293*	0,479**
Rp (μm)	Çözgü	-0,307*	-0,296*	0,413**	0,486**
	Atkı	-0,347*	-0,338*	0,283*	0,560**
Rmrd (%)	Çözgü	0,224	0,172	-0,082	-0,356*
	Atkı	0,268	0,237	-0,254	-0,499**
RΔq	Çözgü	-0,414**	-0,386**	0,383**	0,501**
	Atkı	-0,493**	-0,476**	0,320*	0,614**

Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$'dir.

ters orantılıdır.

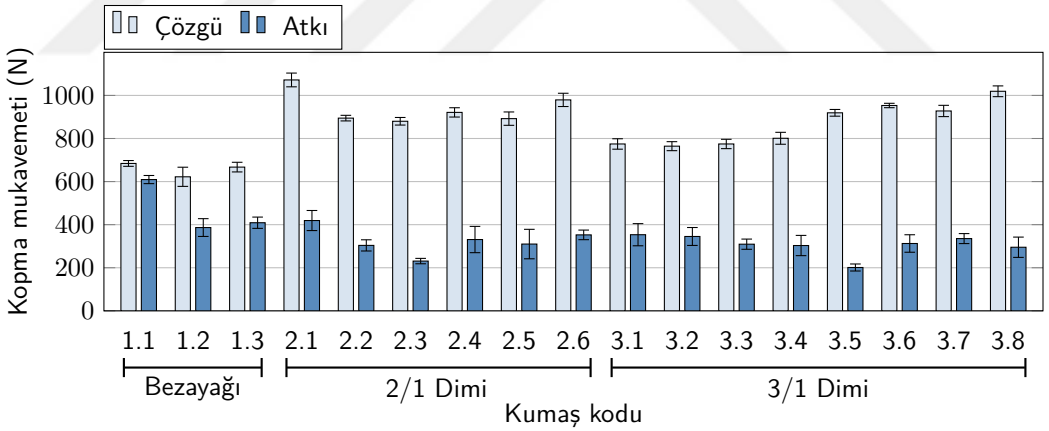
3.1.8 Kumaş Kopma Yükü ve Kopma Uzaması

Denim kumaşlara uygulanan çeşitli mekanik ve kimyasal eskitme işlemlerinin, kumaşların kopma yükü ve uzamasını değişen oranlarda etilediği bilinmektedir (Tarhan ve Sarıışık, 2009; Çakmak, 2013). Tez kapsamındaki denim kumaşlara; dokunsal konforun iyileştirilmesi amacıyla çeşitli yıkama işlemleri uygulanmış, farklı dokuma parametreleri ve çeşitli hammaddeler denenmiştir. Yapılan iyileştirmelerin

dokunsal konfor üzerindeki etkisi incelenirken; kopma yükü ve uzaması değerlerindeki değişim de dikkate alınmıştır.

3.1.8.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) kopma yükü ve kopma uzaması değerleri Tablo 3.20'de görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, durum analizi numune grubu kumaşlarının tümünde, çözgü yönündeki kopma yükünün atkı yönünden daha yüksek olduğu görülmektedir. Çözgü yönündeki en yüksek mukavemet değeri (1071 N) D2.1 kodlu kumaşa aittir. Atkı yönünde ise en yüksek mukavemet değeri (609 N) atkı yönünde %100 keten iplik kullanılmış olan D1.1 kodlu kumaşa aittir (Şekil 3.24). Bezayağı kumaşların çözgü yönündeki kopma yükü ile atkı yönündeki kopma yükü arasındaki fark, dimi örgü raporuna sahip kumaşlara göre daha düşüktür.



Şekil 3.24 D serisindeki kumaşların kopma yükü değerleri

Uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların çözgü yönündeki kopma yüküne etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kopma yükünün (%5 ila %20) düştüğü, E2.6 kodlu kumaşın kopma yükündeki değişimin ise çok düşük olduğu (%1,8) görülmektedir (Şekil3.25). Enzim yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tüm kumaş tipleri için çözgü yönündeki kopma yükü değişimi bağımsız örnek t-testi ile sınanmış ve E2.6 kodlu kumaş hariç

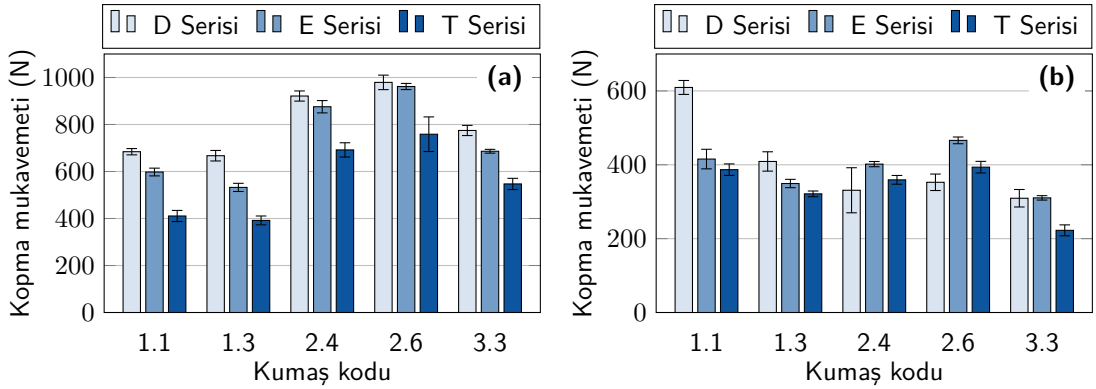
Tablo 3.20 D, E ve T serisindeki kumaşların kopma yükü ve kopma uzaması değerleri

Kumaş kodu	**Kopma yükü** (N)				**Kopma uzaması** (%)			
	Çözgü		Atkı		Çözgü		Atkı	
D1.1	684,2	(13,4)	609,4	(18,9)	27,4	(0,9)	5,7	(0,2)
D1.2	622,2	(44,5)	386,6	(41,3)	29,2	(1,2)	20,6	(1,0)
D1.3	667,2	(22,4)	409,0	(26,2)	33,0	(1,1)	20,0	(0,4)
D2.1	1071,8	(31,9)	419,2	(46,6)	26,0	(0,4)	18,2	(0,6)
D2.2	894,6	(13,0)	303,8	(26,0)	22,5	(0,6)	14,9	(0,2)
D2.3	880,0	(17,6)	231,0	(12,5)	18,9	(0,5)	15,2	(0,5)
D2.4	921,2	(21,6)	331,0	(61,0)	20,2	(0,9)	16,8	(0,6)
D2.5	892,2	(31,0)	310,0	(68,4)	18,0	(0,8)	16,7	(0,6)
D2.6	979,2	(30,8)	352,6	(22,3)	16,8	(0,4)	14,8	(0,3)
D3.1	774,6	(24,2)	353,4	(51,4)	19,7	(0,2)	38,3	(1,1)
D3.2	764,4	(20,9)	345,2	(41,6)	20,4	(0,3)	37,1	(0,7)
D3.3	774,6	(21,7)	309,4	(23,7)	17,5	(0,3)	35,7	(1,1)
D3.4	801,0	(27,7)	303,2	(47,0)	20,9	(1,0)	37,6	(1,0)
D3.5	919,2	(15,6)	201,2	(16,3)	18,3	(1,2)	20,0	(0,7)
D3.6	953,2	(10,2)	312,6	(40,6)	18,5	(0,9)	14,9	(0,3)
D3.7	927,8	(26,2)	335,4	(23,2)	18,9	(0,7)	15,4	(0,7)
D3.8	1019,2	(25,0)	295,2	(47,1)	22,6	(0,7)	27,5	(0,5)
E1.1	597,8	(16,5)	415,5	(26,5)	26,7	(0,9)	6,0	(0,2)
E1.3	532,3	(17,4)	349,3	(11,3)	23,8	(0,5)	20,7	(0,4)
E2.4	875,6	(26,2)	401,8	(7,1)	22,3	(0,4)	19,3	(0,3)
E2.6	961,7	(13,1)	466,1	(9,1)	17,0	(0,6)	18,8	(0,2)
E3.3	686,2	(8,1)	310,4	(6,0)	19,7	(0,2)	44,2	(0,5)
T1.1	410,7	(23,7)	386,8	(15,6)	24,2	(1,5)	6,3	(0,1)
T1.3	391,9	(18,8)	321,3	(7,7)	25,0	(0,5)	21,2	(0,4)
T2.4	691,9	(30,4)	359,2	(11,9)	24,8	(0,6)	19,0	(0,2)
T2.6	758,6	(73,7)	393,6	(15,7)	18,1	(0,4)	17,9	(0,2)
T3.3	547,1	(23,8)	222,5	(14,8)	22,5	(0,2)	43,7	(0,9)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların atkı yönündeki kopma yüküne etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, E1.1 ve E1.3 kodlu kumaşların kopma yükünün (sırasıyla %32 ve %15) düştüğü, E2.4 ve E2.6 kodlu kumaşların kopma yükünün (sırasıyla %21 ve %32) yükseldiği, E3.3 kodlu kumaşın kopma yükündeki değişimin ise çok düşük olduğu (%0,3) görülmektedir. Enzim yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tüm kumaş tipleri için atkı yönündeki kopma yükü değişimi bağımsız örnek t-testi ile sınanmış, E2.4 ve E3.3 kodlu kumaşlar hariç tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların çözgü yönündeki kopma yüküne etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kopma yükünün %23 ila %41 oranında düştüğü görülmektedir. Taş



Şekil 3.25 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının (a) çözgü yönündeki ve (b) atkı yönündeki kopma yükü değerleri

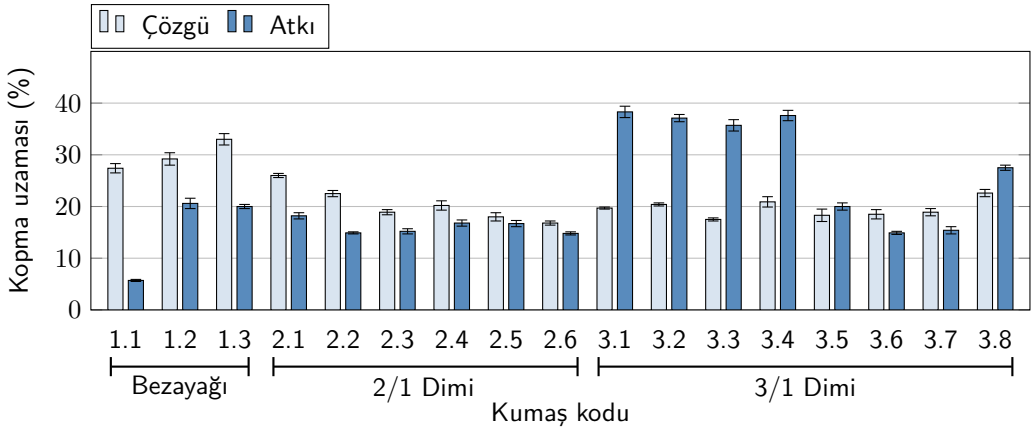
yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tüm kumaş tipleri için çözgü yönündeki kopma yükü değişimi bağımsız örnek t-testi ile sınanmış ve tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların atkı yönündeki kopma yüküne etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, T1.1, T1.3 ve T3.3 kodlu kumaşların kopma yükünün (sırasıyla %37, %22 ve %28) düştüğü, T2.4 ve T2.6 kodlu kumaşların ise kopma yükünün (sırasıyla %9 ve %12) yükseldiği görülmektedir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tüm kumaş tipleri için atkı yönündeki kopma yükü değişimi bağımsız örnek t-testi ile sınanmış, T2.4 kodlu kumaş hariç tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Dokunsal konforun iyileştirilmesi amacıyla uygulanan işlemlerin mukavemet üzerindeki etkisi genel olarak değerlendirildiğinde, taş yıkama ve yumuşatma işleminin enzim yıkama ve yumuşatma işlemine göre kumaşların kopma yükünü daha olumsuz etkilediği görülmektedir. Her iki işlem tipinde de, çözgü yönündeki kopma yükü tüm kumaşlarda düşerken, D2.4 ve D2.6 kodlu kumaşların işlem görmüş tiplerinde (E2.4, T2.4, E2.6 ve T2.6) kopma yükü atkı yönünde artmıştır. Her iki işlem tipi ile de çözgü yönünde kaydedilen en yüksek mukavemet kaybı, D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı kumaşın işlem görmüş tiplerine (E1.3 ve T1.3) aittir. Buna ek olarak, her iki işlem tipi ile de atkı yönünde kaydedilen en yüksek mukavemet kaybı, D1.1 kodlu atkısı %100 keten kumaşın işlem görmüş tiplerine (E1.1 ve T1.1) aittir.

Mukavemet kaybına ilişkin bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Tarhan ve Sarıışık, 2009; Khedher ve ark., 2009; Mir ve ark., 2014). Öte yandan D2.4 ve D2.6 kodlu kumaş tiplerinde yıkama işlemi sonrasında gözlemlenen mukavemet artışı, beklenmeyen bir bulgudur ve bu bulgu, kumaşların her ikisinin de indigo kaplamalı olması ile ilişkilendirilmiştir. Yıkama etkisi ile kaplamanın azalması durumunda, kumaş içerisindeki ipliklerin daha serbest hareket edebilir hale gelmesi mümkündür (Arıkan ve ark., 2015). Bu şekilde kumaşların yıkama sonrasında daha yüksek mukavemet değerlerine ulaşabilmesi ihtimal dahilindedir. Mukavemette artışa sebep olabilecek diğer bir durum da, yıkama işlemi sonrasında gözlemlenebilen sıklık artışıdır. Fakat söz konusu kumaşların sıklığında, yıkama sonrasında her hangi bir artış gözlemlenmemiştir.

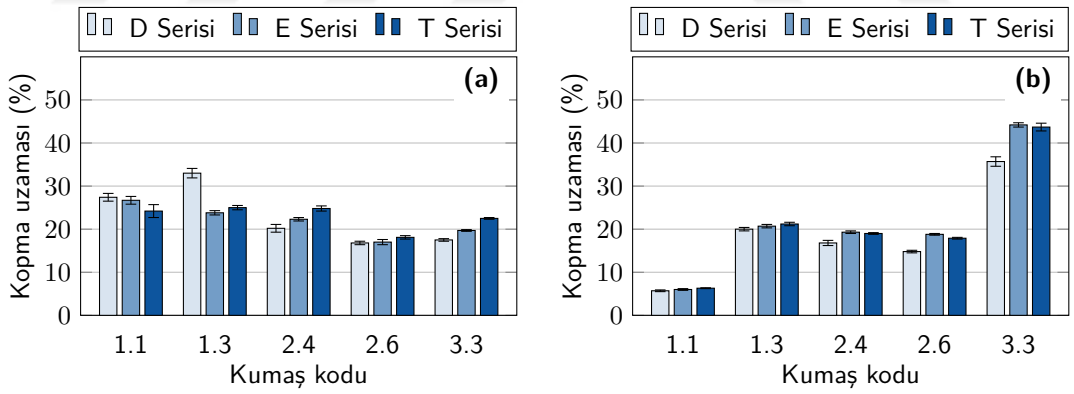
Kopma uzamasına ilişkin sonuçlar incelendiğinde, 3/1 dimi kumaşların ilk dört tipinde (D3.1, D3.2, D3.3 ve D3.4) atkı yönündeki kopma uzamasının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Belirtilen kumaş tiplerinde, pamuk poliester karışımı özlü iplikler atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Bu dört kumaş tipinin aynı zamanda atkı yönündeki kopma uzaması çözgü yönünden daha yüksektir. 3/1 dimi kumaş grubunda D3.5 ve D3.8 kodlu kumaş tiplerinde, elastan karışımlı pamuk iplikleri atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Çözgü iplikleri ise %100 pamuktur. Bu kumaş tiplerinde de atkı yönündeki kopma uzaması çözgü yönünden daha yüksektir. Diğer tüm durum analizi kumaş tiplerinde çözgü yönündeki kopma uzaması değerinin atkı yönünden daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3.26).

Uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamasına etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, E1.3 kodlu kumaşın kopma uzamasının düştüğü (%28), E2.4 ve E3.3 kodlu kumaşların kopma uzamasının (sırasıyla %11 ve %13) yükseldiği, E1.1 ve E2.6 kodlu kumaşların kopma uzamasındaki değişimin ise çok düşük olduğu (sırasıyla %2,7 ve %1,4) görülmektedir (Şekil 3.27). Enzim yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tüm kumaş tipleri için çözgü yönündeki kopma uzaması değişimi bağımsız örnek t-testi ile sınanmış, E1.1 ve E2.6 kodlu kumaşlar hariç tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan enzim yıkama ve



Şekil 3.26 D serisindeki kumaşların kopma uzaması değerleri

yumuşatma işleminin kumaşların atkı yönündeki kopma uzamasına etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kopma uzamasının %4 ila %27 oranında arttığı görülmektedir. Enzim yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tüm kumaş tipleri için atkı yönündeki kopma uzaması değişimi bağımsız örnek t-testi ile sınanmış ve tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 3.27 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının (a) çözgü yönündeki ve (b) atkı yönündeki kopma uzaması değerleri

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamasına etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, T1.1 ve T1.3 kodlu kumaşın kopma uzamasının düştüğü (sırasıyla %12 ve %24), T2.4, T2.6 ve T3.3 kodlu kumaşların kopma uzamasının (sırasıyla %23, %9 ve%29) yükseldiği görülmektedir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemine tabi

tutulmuş tüm kumaş tipleri için çözgü yönündeki kopma uzaması değişimi bağımsız örnek t-testi ile sınanmış ve tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların atkı yönündeki kopma uzamasına etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, tüm kumaşların kopma uzamasının %6 ila %23 oranında arttığı görülmektedir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş tüm kumaş tipleri için atkı yönündeki kopma uzaması değişimi bağımsız örnek t-testi ile sınanmış ve tüm kumaş tipleri için fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Dokunsal konforun iyileştirilmesi amacıyla uygulanan işlemlerin genel anlamda kumaşların kopma uzamasını olumlu etkilediği görülmektedir. Her iki işlem tipinde de, atkı yönündeki kopma uzaması değerleri tüm kumaşlarda artarken, D1.1 ve D1.3 kodlu kumaşların işlem görmüş tiplerinde (E1.1, T1.1, E1.3 ve T1.3) kopma uzaması çözgü yönünde düşmüştür. Her iki işlem tipi ile de çözgü yönünde kaydedilen en yüksek uzama artışı, D2.4 ve D3.3 kodlu kumaşların işlem görmüş tiplerine (E2.4, T2.4, E3.3 ve T3.3) aittir, atkı yönünde kaydedilen en yüksek uzama artışı ise, D2.6 ve D3.3 kodlu kumaşların işlem görmüş tiplerine (E2.6, T2.6, E3.3 ve T3.3) aittir.

3.1.8.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) kopma yükü ve kopma uzaması değerleri Tablo 3.21'de görülmektedir. A serisindeki denim kumaşların atkı yönündeki kopma yükü ortalama 271 N'dur. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki kopma yükü değerleri üzerindeki etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi incelenmiş, tüm kumaş tipleri için kopma yükü değerlerindeki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). A serisindeki, atkı ipliğinde %50 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaşların atkı yönündeki kopma yükü, referans kumaştan daha yüksektir. Atkı ipliğinde %85 ve daha yüksek oranda viskon içeren kumaşların atkı yönündeki kopma yükü ise, referans kumaştan daha düşüktür (Şekil 3.28).

B serisindeki denim kumaşların atkı yönündeki kopma yükü ortalama 203 N'dur.

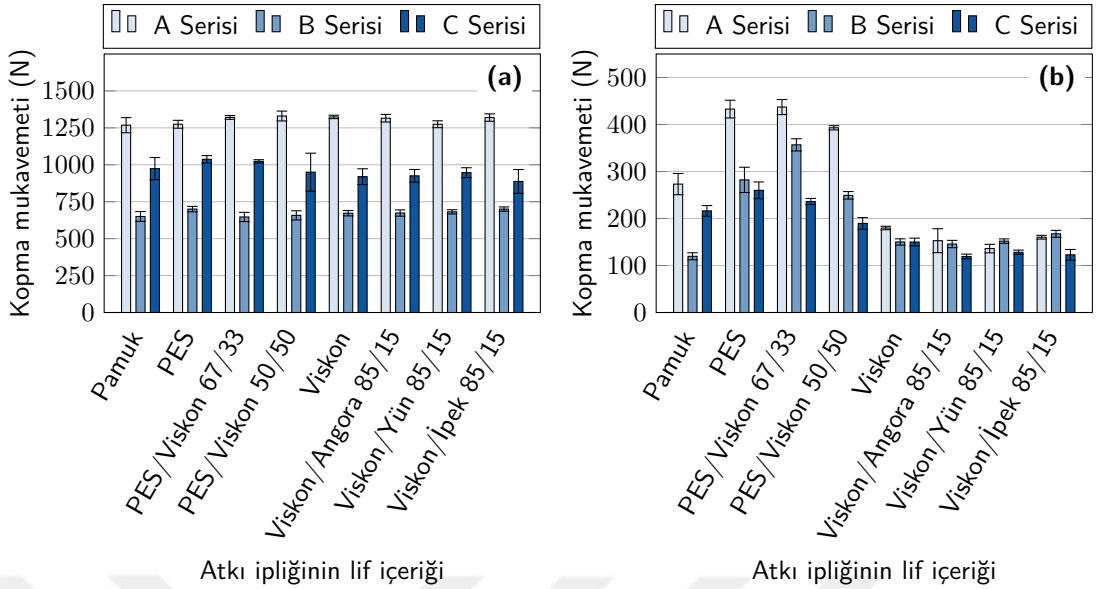
Tablo 3.21 A, B ve C serisindeki kumaşların kopma yükü ve kopma uzaması değerleri

Kumaş kodu	**Kopma yükü** (N)		**Kopma uzaması** (%)	
	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı
A01	1268,2 (51,2)	273,2 (22,6)	12,5 (1,1)	12,0 (0,3)
A02	1274,4 (26,7)	432,8 (18,9)	12,3 (0,6)	21,7 (0,5)
A03	1324,0 (11,7)	179,8 (3,7)	11,4 (0,3)	17,7 (0,6)
A04	1315,4 (25,8)	152,8 (25,5)	11,1 (0,1)	17,9 (0,8)
A05	1274,4 (23,3)	136,0 (9,1)	12,4 (0,5)	17,2 (0,6)
A06	1319,6 (25,0)	160,2 (4,0)	11,6 (0,4)	19,0 (0,8)
A07	1320,6 (12,8)	437,2 (16,0)	11,3 (0,4)	22,4 (0,3)
A08	1330,2 (33,3)	393,0 (4,5)	11,7 (0,2)	23,7 (0,7)
B01	650,1 (33,1)	119,6 (7,5)	7,2 (0,8)	33,2 (0,5)
B02	700,0 (18,4)	282,2 (26,9)	6,9 (0,6)	44,1 (1,0)
B03	672,2 (18,1)	150,1 (6,7)	6,3 (0,2)	40,5 (1,4)
B04	673,5 (21,2)	145,7 (7,8)	5,8 (0,2)	42,7 (1,3)
B05	681,5 (14,3)	151,9 (4,7)	5,9 (0,1)	43,3 (0,8)
B06	700,3 (14,4)	167,4 (7,4)	5,9 (0,1)	43,6 (0,8)
B07	646,7 (31,3)	356,7 (13,0)	6,2 (0,1)	45,5 (0,6)
B08	657,5 (31,1)	249,3 (8,0)	5,9 (0,1)	44,0 (0,7)
C01	974,0 (75,3)	216,2 (11,3)	29,8 (1,6)	12,4 (0,4)
C02	1037,2 (25,0)	260,0 (17,8)	25,4 (0,3)	20,1 (0,5)
C03	919,6 (53,4)	150,0 (8,2)	27,5 (0,7)	15,5 (0,9)
C04	925,2 (43,0)	119,2 (5,0)	29,3 (1,0)	14,0 (0,7)
C05	946,8 (33,3)	128,2 (4,6)	29,0 (0,5)	15,9 (0,4)
C06	887,2 (80,5)	122,8 (11,4)	28,3 (0,9)	16,1 (1,0)
C07	1023,4 (11,0)	236,2 (6,5)	26,8 (0,7)	19,0 (0,5)
C08	950,0 (128,6)	189,6 (12,3)	26,6 (1,7)	18,5 (0,9)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki kopma yükü değerleri üzerindeki etkisi B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, tüm kumaş tipleri için kopma yükü değerlerindeki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). B serisindeki tüm kumaşların atkı yönündeki kopma yükü, referans kumaştan daha yüksektir.

C serisindeki denim kumaşların atkı yönündeki kopma yükü ortalama 178 N'dur. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki kopma yükü değerleri üzerindeki etkisi C serisi için %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, tüm kumaş tipleri için kopma yükü değerlerindeki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). C serisindeki, atkı ipliğinde %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren kumaşların atkı yönündeki kopma yükü, referans kumaştan daha yüksektir. Atkı ipliğinde %50 ve daha yüksek oranda viskon içeren kumaşların atkı yönündeki kopma yükü ise, referans kumaştan



Şekil 3.28 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) çözgü yönündeki ve (b) atkı yönündeki kopma yükü değerleri

daha düşüktür.

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı arttıkça, kumaşın kopma yükünün arttığı gözlemlenmiştir ve atkı ipliğindeki poliester oranı ile kopma yükü arasındaki korelasyon, A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların atkı yönündeki kopma yükü arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,928$, B serisi için $r = 0,820$ ve C serisi için $r = 0,957$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$).

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin kopma yükü üzerindeki etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. A serisindeki kumaşların çözgü yönündeki kopma yükü değerleri B serisine göre oldukça yüksektir ve bu fark tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). A serisindeki kumaşlar B serisine göre daha yüksek çözgü sıklığına sahiptir ve çözgü yönünde kaydedilen kopma yükü değerleri arasındaki bu fark, sıklık farkı ile açıklanabilmektedir.

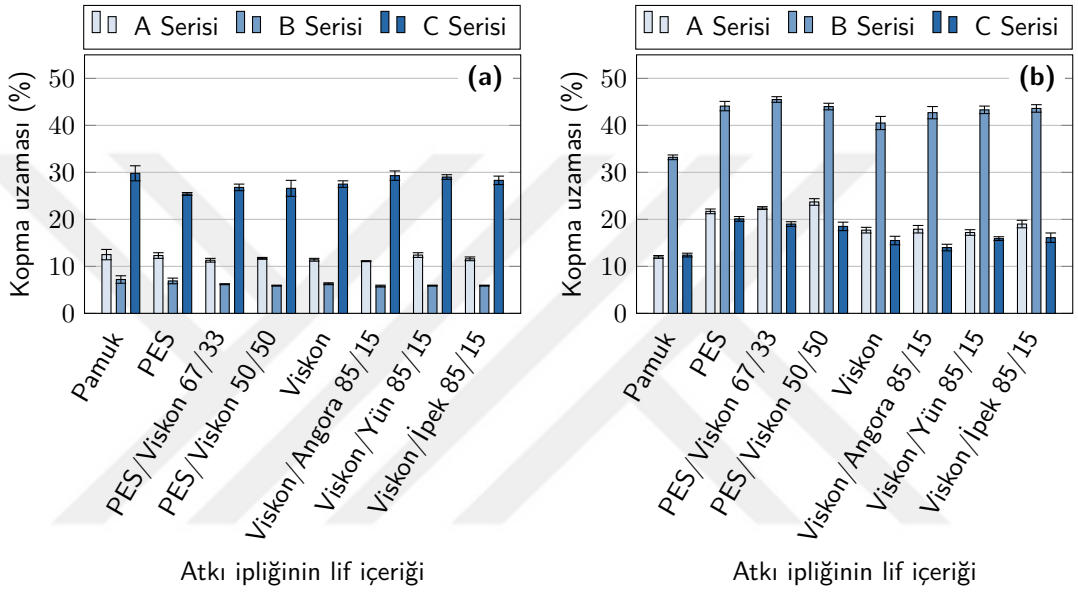
Referans kumaşlar (A01-B01), atkı yönünde %100 poliester %100 viskon ve karışımlarını içeren kumaş tipleri (A02-B02, A03-B03, A07-B07 ve A08-B08) için, A serisindeki kumaşların atkı yönündeki kopma yükü değerleri B serisine göre daha

yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Atkı ipliği olarak %85 viskon %15 hayvansal lif içeren kumaş tiplerinde ise, angora içeren kumaş tipleri (A04-B04) ve ipek içeren kumaş tiplerinde (A06-B06) A serisi ve B serisi arasında kopma yükü bakımından anlamlı bir fark saptanmazken, yün içeren kumaş tiplerinin (A05-B05) B serisinde atkı yönündeki kopma yükü değerleri A serisine göre daha yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kopma yükü üzerindeki etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. A serisindeki kumaşların C serisine göre daha yüksek kopma yüküne sahip olduğu görülmektedir. A serisindeki ve C serisindeki kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemetleri, her kumaş tipi için bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırılmış ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işlemi, çözgü yönünde kumaş tipine göre %19 ile %33 arasında değişen oranlarda mukavemet kaybına sebep olmuştur. Çözgü yönünde en düşük mukavemet kaybı, atkısı %100 poliester kumaşta (A02-C02); en yüksek mukavemet kaybı, atkısı %15 ipek %85 viskon içeren kumaşta (A06-C06) kaydedilmiştir. Çözgü yönündeki mukavemet kaybı değerleri, kumaş tipine göre büyük bir farklılık göstermemektedir. Bulgular mevcut literatür ile uyumludur (Tarhan ve Sarıışık, 2009; Khedher ve ark., 2009; Mir ve ark., 2014; Arıkan ve ark., 2015).

A serisindeki ve C serisindeki kumaşların atkı yönündeki kopma yükü, her kumaş tipi için bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırılmış ve atkı ipliğinde %85 viskon %15 yün içeren kumaş tipleri (A05-C05) hariç tüm kumaşlar için aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işlemi, atkı yönünde kumaş tipine göre %6 ile %52 arasında değişen oranlarda mukavemet kaybına sebep olmuştur. Atkı yönündeki mukavemet kaybı kumaş tipine göre farklılık göstermektedir; en fazla mukavemet kaybı poliester viskon karışımı atkı ipliğine sahip kumaş tiplerinde (A07-C07 kumaş çifti için %46 ve A08-C08 kumaş çifti için %52) kaydedilmiştir. En az mukavemet kaybı ise %85 viskon %15 yün atkı ipliğine sahip A05-C05 kumaş çiftinde (%6) kaydedilmiştir.

A serisindeki denim kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması ortalama %18,9'dur. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisi A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi incelenmiş, tüm kumaş tipleri için kopma uzaması değerlerindeki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). A serisindeki tüm kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması değerleri, referans kumaştan daha yüksektir (Şekil 3.29).



Şekil 3.29 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) çözgü yönündeki ve (b) atkı yönündeki kopma uzaması değerleri

B serisindeki denim kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması ortalama %42,1'dir. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisi B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, tüm kumaş tipleri için kopma uzaması değerlerindeki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). B serisindeki tüm kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması, referans kumaştan daha yüksektir.

C serisindeki denim kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması ortalama %16,4'tür. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, denim kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisi C serisi için %100 pamuk C01

kodlu kumaş referans alınarak bağımsız örnek t-testi ile incelenmiş, tüm kumaş tipleri için kopma uzaması değerlerindeki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). C serisindeki tüm kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması, referans kumaştan daha yüksektir.

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı arttıkça, kumaşın kopma uzamasının da arttığı gözlemlenmiştir ve atkı ipliğindeki poliester oranı ile kopma uzaması arasındaki korelasyon; A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması arasındaki korelasyon katsayısı A serisi için $r = 0,672$, B serisi için $r = 0,767$ ve C serisi için $r = 0,920$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$).

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin kopma uzaması üzerindeki etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. A serisindeki kumaşların çözgü yönündeki kopma uzaması değerleri B serisine göre daha yüksektir ve fark tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). A serisindeki kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması değerleri ise, B serisine göre daha düşüktür ve fark tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Kumaşlar daha düşük çözgü sıklığı ile ve bezayağı örgü raporu ile dokunduğunda; çözgü yönündeki uzayabilme yeteneği %43 (A01-B01) ile %52 (A05-B05) arasında değişen oranda azalmıştır, atkı yönündeki uzayabilme yeteneği ise %86 (A08-B08) ile %176 (A01-B01) arasında değişen oranda artmıştır.

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin kopma uzaması üzerindeki etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşların A serisine göre daha yüksek kopma uzamasına sahip olduğu görülmektedir. A serisindeki ve C serisindeki kumaşların çözgü yönündeki kopma uzaması, her kumaş tipi için bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırılmış ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işlemi, çözgü yönünde kumaş tipine göre kopma uzamasında %107 ile %164 arasında değişen oranlarda artış sağlamıştır. Çözgü yönünde uzama yeteneğinde kaydedilen en düşük artış, atkısı %100 poliester kumaşa (A02-C02); en yüksek artış, atkısı %15 angora %85 viskon içeren

kumaşa (A04-C04) aittir.

A serisindeki ve C serisindeki kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması, her kumaş tipi için bağımsız örnek t-testi ile karşılaştırılmış ve %100 pamuk referans kumaş tipleri (A01-C01) hariç tüm kumaşlar için aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işlemi, kumaş tipine göre (A01-C01 hariç) atkı yönünde kaydedilen kopma uzamasında %7 (A02-C02) ile %22 (A08-C08) arasında değişen oranlarda düşüşe sebep olmuştur.

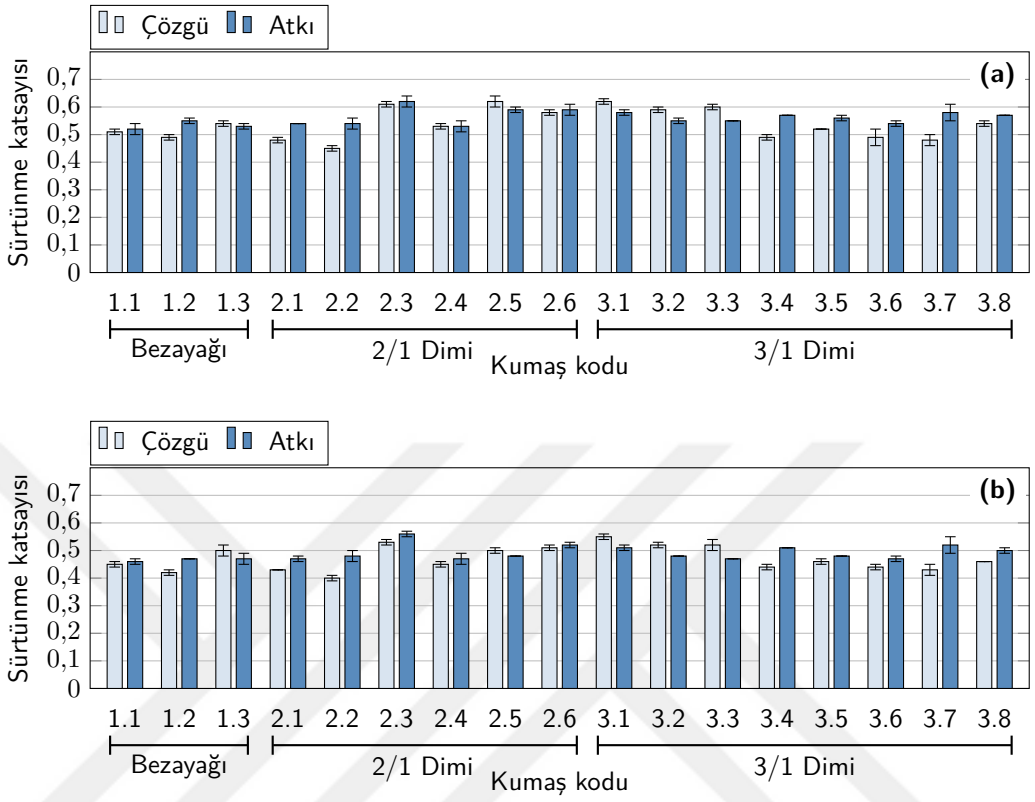
3.2 Yüzey Özelliklerine İlişkin Bulgular

3.2.1 Sürtünme Katsayısı

3.2.1.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) statik ve dinamik sürtünme katsayıları Tablo 3.22'de görülmektedir. Durum analizi numune grubu kumaşları arasında çözgü yönünde en yüksek statik ve dinamik sürtünme katsayısına sahip olan kumaş poliester pamuk karışımı atkı ipliğine sahip, çözgüsü küp boyalı, 3/1 dimi örgü raporuna sahip D3.1 kodlu kumaştır (Şekil 3.30). Çözgü yönündeki en düşük statik ve dinamik sürtünme katsayısına sahip olan kumaş ise %100 pamuk (karde) ring ipliği ile dokunmuş, indigo boyalı ve 2/1 dimi örgü raporuna sahip D2.2 kodlu kumaştır. Atkı yönünde en yüksek statik ve dinamik sürtünme katsayısına sahip olan kumaş %100 pamuk, 2/1 dimi örgü raporuna sahip D2.3 kodlu kumaştır. Atkı yönündeki en düşük statik ve dinamik sürtünme katsayısına sahip olan kumaş ise %100 keten atkı ipliği ile dokunmuş, bezayağı örgü raporuna sahip D1.1 kodlu kumaştır. Dinamik sürtünme katsayılarının statik sürtünme katsayılarından düşük olması, beklenen bir sonuçtur. Çözgü ve atkı yönünde, statik sürtünme katsayısı ile dinamik sürtünme katsayısı arasındaki farkın en fazla olduğu denim kumaş, D2.5 kodlu kumaştır. Statik sürtünme katsayısı ile dinamik sürtünme

katsayısı arasındaki farkın en düşük olduğu kumaş tipleri ise; çözgü yönünde D3.6, atkı yönünde D1.3 kodlu kumaştır.



Şekil 3.30 D serisindeki kumaşların (a) statik ve (b) dinamik sürtünme katsayıları

D, E ve T serisi kumaşları için sürtünme katsayılarındaki değişimin, kumaş tipine ve yıkama işlemine bağlı olarak farklı değerler aldığı görülmektedir (Şekil 3.31). %100 pamuk, bezayağı örgü raporuna sahip D1.1 kodlu kumaş tipinin sürtünme katsayısı, yıkama ve yumuşatma işlemleri ile (%7 ile %9 arasında değişen oranlarda) artmıştır ($p < 0,05$).

Atkı yönünde %100 keten içeren D1.3 kodlu kumaş tipinin enzim yıkama ve yumuşatma işleminden sonra atkı yönündeki statik sürtünme katsayısı %8 artmıştır ($p < 0,05$). Taş yıkama ve yumuşatma işleminden sonra ise atkı yönündeki dinamik sürtünme katsayısı %6, çözgü yönündeki sürtünme katsayıları ise (statik) %7 ve (dinamik) %14 oranında azalmıştır.

Kaplamalı kumaş tiplerinin sürtünme katsayıları yıkama işlemlerinden daha az

Tablo 3.22 D, E ve T serisindeki kumaşların statik ve dinamik sürtünme katsayıları

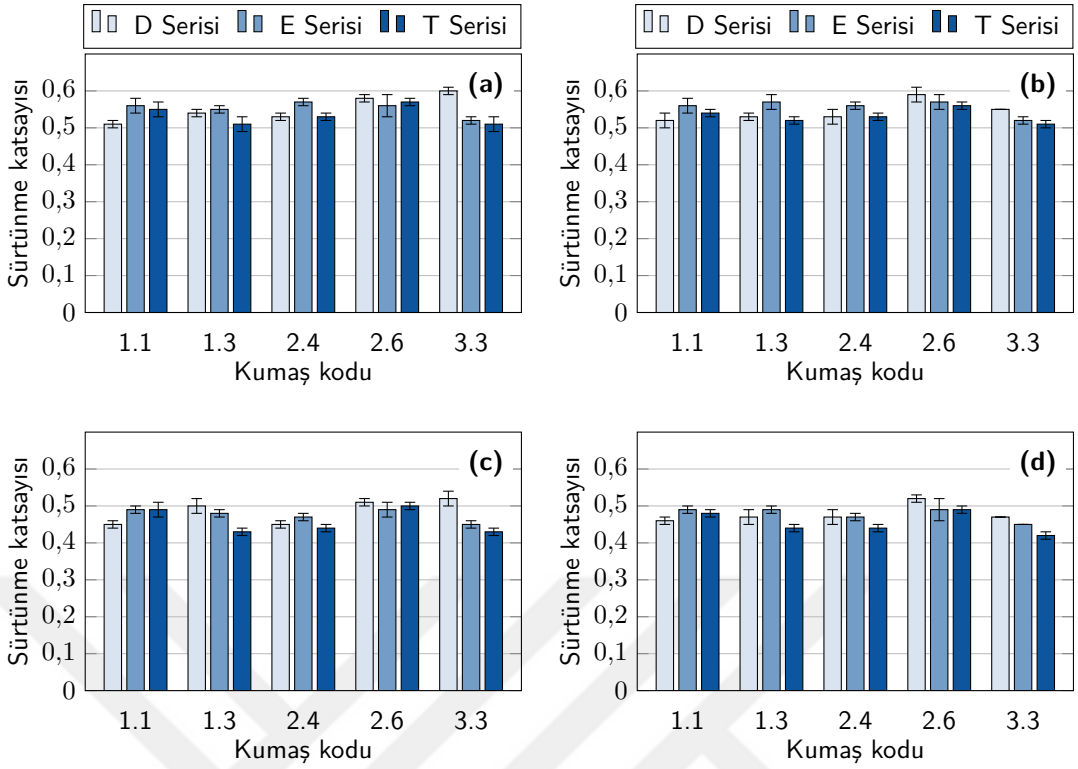
Kumaş kodu	**Statik sürtünme katsayısı**				**Dinamik sürtünme katsayısı**			
	Çözgü		Atkı		Çözgü		Atkı	
D1.1	0,51	(0,01)	0,52	(0,02)	0,45	(0,01)	0,46	(0,01)
D1.2	0,49	(0,01)	0,55	(0,01)	0,42	(0,01)	0,47	(0,00)
D1.3	0,54	(0,01)	0,53	(0,01)	0,50	(0,02)	0,47	(0,02)
D2.1	0,48	(0,01)	0,54	(0,00)	0,43	(0,00)	0,47	(0,01)
D2.2	0,45	(0,01)	0,54	(0,02)	0,40	(0,01)	0,48	(0,02)
D2.3	0,61	(0,01)	0,62	(0,02)	0,53	(0,01)	0,56	(0,01)
D2.4	0,53	(0,01)	0,53	(0,02)	0,45	(0,01)	0,47	(0,02)
D2.5	0,62	(0,02)	0,59	(0,01)	0,50	(0,01)	0,48	(0,00)
D2.6	0,58	(0,01)	0,59	(0,02)	0,51	(0,01)	0,52	(0,01)
D3.1	0,62	(0,01)	0,58	(0,01)	0,55	(0,01)	0,51	(0,01)
D3.2	0,59	(0,01)	0,55	(0,01)	0,52	(0,01)	0,48	(0,00)
D3.3	0,60	(0,01)	0,55	(0,00)	0,52	(0,02)	0,47	(0,00)
D3.4	0,49	(0,01)	0,57	(0,00)	0,44	(0,01)	0,51	(0,00)
D3.5	0,52	(0,00)	0,56	(0,01)	0,46	(0,01)	0,48	(0,00)
D3.6	0,49	(0,03)	0,54	(0,01)	0,44	(0,01)	0,47	(0,01)
D3.7	0,48	(0,02)	0,58	(0,03)	0,43	(0,02)	0,52	(0,03)
D3.8	0,54	(0,01)	0,57	(0,00)	0,46	(0,00)	0,50	(0,01)
E1.1	0,56	(0,02)	0,56	(0,02)	0,49	(0,01)	0,49	(0,01)
E1.3	0,55	(0,01)	0,57	(0,02)	0,48	(0,01)	0,49	(0,01)
E2.4	0,57	(0,01)	0,56	(0,01)	0,47	(0,01)	0,47	(0,01)
E2.6	0,56	(0,03)	0,57	(0,02)	0,49	(0,02)	0,49	(0,03)
E3.3	0,52	(0,01)	0,52	(0,01)	0,45	(0,01)	0,45	(0,00)
T1.1	0,55	(0,02)	0,54	(0,01)	0,49	(0,02)	0,48	(0,01)
T1.3	0,51	(0,02)	0,52	(0,01)	0,43	(0,01)	0,44	(0,01)
T2.4	0,53	(0,01)	0,53	(0,01)	0,44	(0,01)	0,44	(0,01)
T2.6	0,57	(0,01)	0,56	(0,01)	0,50	(0,01)	0,49	(0,01)
T3.3	0,51	(0,02)	0,51	(0,01)	0,43	(0,01)	0,42	(0,01)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

etkilenmiştir. İndigo kaplamalı D2.4 kodlu kumaşın çözgü yönündeki sürtünme katsayısı enzim yıkama ve yumuşatma işleminden sonra (statik) %8 ve (dinamik) %5 oranında artmıştır ($p < 0,05$). Taş yıkama ve yumuşatma işleminden sonra ise anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir.

İndigo kaplamalı D2.6 kodlu kumaşın, taş yıkama ve yumuşatma işleminden sonra, atkı yönündeki statik sürtünme katsayısı %6, çözgü yönündeki dinamik sürtünme katsayısı %3 ve atkı yönündeki dinamik sürtünme katsayısı %5 azalmıştır ($p < 0,05$). Enzim yıkama ve yumuşatma işleminden sonra ise anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir.

Polyester-pamuk karışımı özlü atkı ipliği ile dokunmuş D3.3 kodlu kumaş tipinin sürtünme katsayıları ise; enzim yıkama ve yumuşatma işleminden sonra %14 ile %5 arasında değişen oranlarda; taş yıkama ve yumuşatma işleminden sonra ise %17 ile



Şekil 3.31 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının (a) çözgü ve (b) atkı yönündeki statik sürtünme katsayısı, (c) çözgü ve (d) atkı yönündeki dinamik sürtünme katsayısı

%7 arasında değişen oranlarda azalmıştır ($p < 0,05$).

3.2.1.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) statik ve dinamik sürtünme katsayıları Tablo 3.23'te görülmektedir. Mevcut literatürde, viskon-poliester karışımı kumaşlarda kullanılan poliester oranı arttıkça, sürtünme katsayısının arttığı saptanmıştır (Nayak ve ark., 2009). Pamuk ve poliester kumaşların karşılaştırıldığı çalışmalarda ise, poliester içeren kumaşların sürtünme katsayısının pamuk içeren kumaşlardan daha düşük olduğu ifade edilmiştir (Arshi ve ark., 2012b; Sülar ve ark., 2013; Asad ve ark., 2016). Tez çalışması kapsamında üretilen poliester, viskon ve karışımlarını içeren kumaş tipleri için; atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların sürtünme katsayıları arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Atkı yönünde poliester kullanılan kumaş tipleri ile pamuk kullanılan referans kumaş tiplerinin

sürtünme katsayıları arasında da anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

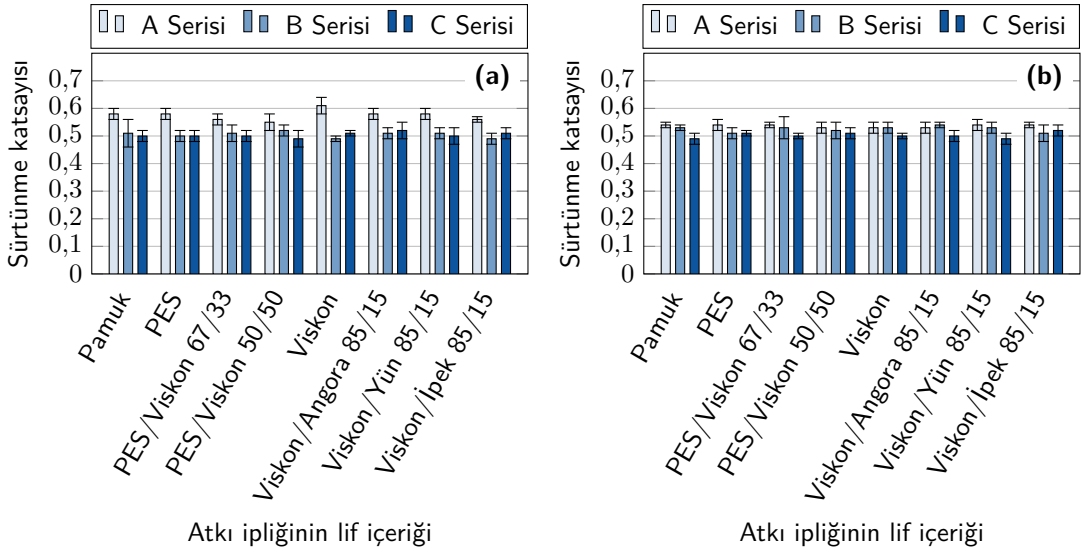
Tablo 3.23 A, B ve C serisindeki kumaşların statik ve dinamik sürtünme katsayıları

Kumaş kodu	**Statik sürtünme katsayısı**				**Dinamik sürtünme katsayısı**			
	Çözgü		Atkı		Çözgü		Atkı	
A01	0,58	(0,02)	0,54	(0,01)	0,47	(0,01)	0,46	(0,01)
A02	0,58	(0,02)	0,54	(0,02)	0,48	(0,01)	0,46	(0,02)
A03	0,61	(0,03)	0,53	(0,02)	0,48	(0,01)	0,46	(0,01)
A04	0,58	(0,02)	0,53	(0,02)	0,48	(0,01)	0,46	(0,02)
A05	0,58	(0,02)	0,54	(0,02)	0,47	(0,02)	0,46	(0,02)
A06	0,56	(0,01)	0,54	(0,01)	0,45	(0,01)	0,46	(0,01)
A07	0,56	(0,02)	0,54	(0,01)	0,45	(0,01)	0,46	(0,01)
A08	0,55	(0,03)	0,53	(0,02)	0,45	(0,02)	0,45	(0,02)
B01	0,51	(0,05)	0,53	(0,01)	0,44	(0,03)	0,46	(0,02)
B02	0,50	(0,02)	0,51	(0,02)	0,43	(0,02)	0,46	(0,02)
B03	0,49	(0,01)	0,53	(0,02)	0,42	(0,01)	0,45	(0,01)
B04	0,51	(0,02)	0,54	(0,01)	0,44	(0,01)	0,48	(0,01)
B05	0,51	(0,02)	0,53	(0,02)	0,44	(0,01)	0,46	(0,02)
B06	0,49	(0,02)	0,51	(0,03)	0,42	(0,02)	0,44	(0,03)
B07	0,51	(0,03)	0,53	(0,04)	0,45	(0,02)	0,47	(0,03)
B08	0,52	(0,02)	0,52	(0,03)	0,45	(0,01)	0,47	(0,02)
C01	0,50	(0,02)	0,49	(0,02)	0,42	(0,02)	0,42	(0,02)
C02	0,50	(0,02)	0,51	(0,01)	0,44	(0,02)	0,43	(0,02)
C03	0,51	(0,01)	0,50	(0,01)	0,43	(0,01)	0,42	(0,01)
C04	0,52	(0,03)	0,50	(0,02)	0,44	(0,01)	0,43	(0,01)
C05	0,50	(0,03)	0,49	(0,02)	0,43	(0,01)	0,42	(0,01)
C06	0,51	(0,02)	0,52	(0,02)	0,44	(0,01)	0,43	(0,01)
C07	0,50	(0,02)	0,50	(0,01)	0,43	(0,01)	0,43	(0,01)
C08	0,49	(0,03)	0,51	(0,02)	0,44	(0,01)	0,44	(0,00)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

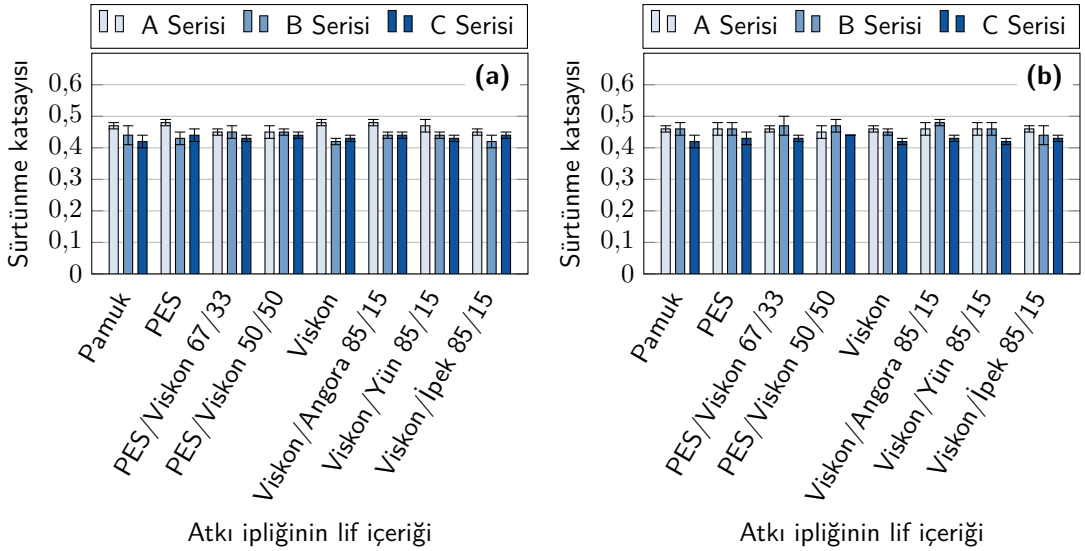
Farklı dokuma işlemi parametrelerinin sürtünme katsayısı üzerindeki etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. B serisindeki kumaşların A serisine göre çözgü yönünde daha düşük statik sürtünme katsayısına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.32). Atkı yönünde %67 poliester %33 viskon içeren kumaş tipi (A07-B07) ve %50 poliester %50 viskon içeren kumaş tipi (A08-B08) haricinde, dinamik sürtünme katsayısı için de aynı durum geçerlidir ($p < 0,05$). Daha düşük çözgü sıklığı ile çalışıldığında ve 3/1 dimi yerine bezayağı örgü raporu tercih edildiğinde, denim kumaşların çözgü yönündeki statik sürtünme katsayısı %7 ile %19, dinamik sürtünme katsayısı %7 ile %13 arasında değişen oranda azalmıştır (Şekil 3.33). Atkı yönündeki statik veya dinamik sürtünme katsayısı için ise, A serisi ve B serisi kumaşları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin sürtünme katsayısı üzerindeki



Şekil 3.32 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) çözgü ve (b) atkı yönünde kaydedilen statik sürtünme katsayıları

etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşların A serisine göre hem çözgü hem atkı yönünde daha düşük statik sürtünme katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Atkı yönünde %50 poliester %50 viskon içeren kumaş tiplerinin (A08-C08) atkı yönündeki statik sürtünme katsayısı değerleri haricinde, tüm kumaş tipleri için A serisi ve C serisi arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Kumaşların statik sürtünme katsayısı, taş yıkama işlemi ile çözgü yönünde %9 ile %16, atkı yönünde %5 ile %11 arasında değişen oranda azalmıştır. C serisindeki kumaşların A serisine göre hem çözgü hem atkı yönünde daha düşük dinamik sürtünme katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Atkı yönünde %100 poliester içeren kumaş tiplerinin (A02-C02) atkı yönündeki dinamik sürtünme katsayısı ve %50 poliester %50 viskon atkı ipliğine sahip kumaş tiplerinin (A08-C08) çözgü ve atkı yönündeki dinamik sürtünme katsayıları haricinde, tüm kumaş tipleri için A serisi ve C serisi arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Kumaşların dinamik sürtünme katsayısı, taş yıkama işlemi ile çözgü yönünde %4 ile %10, atkı yönünde %6 ile %9 arasında değişen oranda azalmıştır.



Şekil 3.33 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) çözgü ve (b) atkı yönünde kaydedilen dinamik sürtünme katsayıları

3.2.1.3 Sürtünme Katsayılarına İlişkin Korelasyonlar

Kumaşların atkı yönündeki statik ve dinamik sürtünme katsayısı, kumaş kalınlığı ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri ile ters orantılıdır. Sürtünme katsayıları ile; sıkıştırılabilme oranı veya düşük yük altında uzama yeteneği arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Sürtünme katsayıları; diyagonal yöndeki eğilme direnci değerleri ve $+45^o$ yönündeki kayma direnci değerleri ile doğru orantılıdır. Çözgü yönünde kaydedilen statik ve dinamik sürtünme katsayıları, halkadan çekme testi ana tepe yük değeri ile doğru orantılıdır. Atkı yönünde kaydedilen statik ve dinamik sürtünme katsayıları ise, halkadan çekme testi ana tepe konumu değeri ile ters orantılıdır (Tablo 3.24).

Çözgü yönündeki statik sürtünme katsayısı; çözgü yönündeki yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ile ters, çözgü yönündeki yüzey materyal oranı (Rmrd) ile doğru orantılıdır. Atkı yönündeki statik sürtünme katsayısı ise; yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve (atkı yönündeki) yüzey profil eğimi (RΔq) ile ters, materyal oranı (Rmrd) ile doğru orantılıdır. Kumaşların çözgü yönündeki dinamik sürtünme katsayısı; hiç bir yüzey profili parametresi ile korelasyon göstermemektedir. Atkı yönündeki dinamik sürtünme katsayısı ise; yüzey

Tablo 3.24 Kumaşların sürtünme katsayısı değerleri ile diğer kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson kor. *(N=51)*	**Test yönü**	**Sürtünme katsayısı**			
		Statik		**Dinamik**	
		Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı
Kumaş kalınlığı[1] (mm)		-0,167	-0,510**	-0,227	-0,600**
Kumaş kalınlığı[2] (mm)		-0,197	-0,520**	-0,240	-0,597**
Sıkıştırılabilme oranı (%)		0,140	-0,112	0,038	-0,199
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	-0,177	-0,059	-0,048	-0,066
	Atkı	-0,165	-0,066	-0,110	0,003
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	0,253	0,147	0,142	0,080
	Atkı	0,084	0,227	0,201	0,263
	$+45^o$	0,328*	0,324*	0,306*	0,257
	-45^o	0,260	0,287*	0,280*	0,265
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	0,393**	0,306*	0,264	0,224
	-45^o	0,106	0,141	0,062	0,153
Kayma direnci[4] (N/m)	$+45^o$	0,420**	0,350*	0,281*	0,242
	-45^o	0,218	0,162	0,111	0,126
Öncü tepe yükü (cN)		0,240	0,187	0,179	0,145
Öncü tepe konumu (mm)		-0,071	-0,063	-0,034	-0,084
Ana tepe yükü (cN)		0,334*	0,251	0,283*	0,193
Ana tepe konumu (mm)		-0,073	-0,413**	-0,141	-0,453**
Ra (μm)	Çözgü	-0,195	-0,396**	-0,173	-0,447**
	Atkı	-0,123	-0,477**	-0,187	-0,561**
Rq (μm)	Çözgü	-0,199	-0,401**	-0,171	-0,449**
	Atkı	-0,132	-0,489**	-0,197	-0,573**
Rp (μm)	Çözgü	-0,279*	-0,449**	-0,214	-0,452**
	Atkı	-0,146	-0,479**	-0,193	-0,553**
Rmrd (%)	Çözgü	0,307*	0,416**	0,229	0,373**
	Atkı	-0,005	0,331*	0,039	0,414**
RΔq	Çözgü	-0,221	-0,213	-0,107	-0,165
	Atkı	-0,172	-0,453**	-0,177	-0,479**

Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$'dir.

pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve (atkı yönündeki) yüzey profil eğimi (RΔq) ile ters, materyal oranı (Rmrd) ile doğru orantılıdır.

3.2.2 Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey profili bir yüzeyin dokusunu ifade eder ve kumaş yüzeyinde kaydedilen düşey sapmalar ile karakterize edilir. Bu sapmalar yüksek ise yüzeyin pürüzlü, düşük iste yüzeyin düzgün olduğu kabul edilir. Mitutoyo SJ 301 yüzey pürüzlülük ölçeri tarafından, testler esnasında anlık olarak kaydedilen tüm sapmalara ilişkin sayısal değerler kullanılarak hesaplanan profil parametreleri içerisinden, kumaş tutumu ile

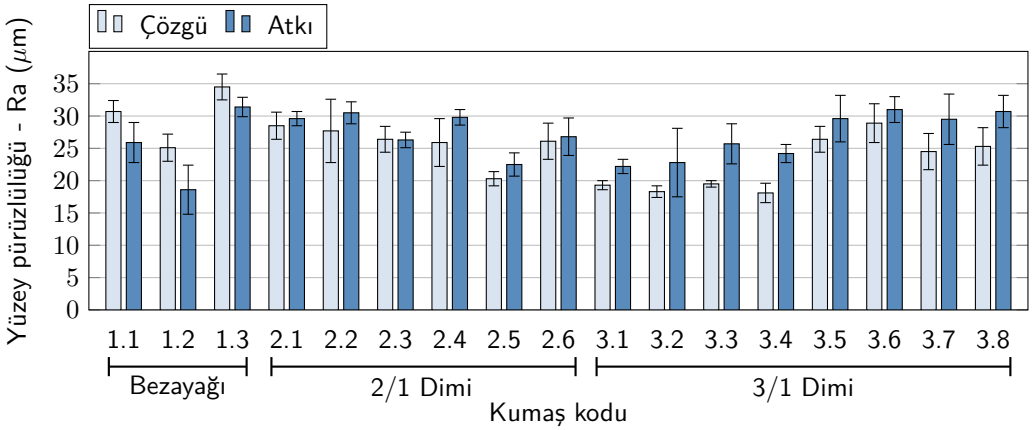
ilişkili olduğu bilinen Ra, Rq, Rp, Rmrd ve RΔq parametreleri sonuçları kaydedilmiştir.

Ortalama mutlak sapma (Ra), kumaşın ne kadar pürüzlü olduğunu ifade eden ve yaygın olarak kullanılan bir profil parametresidir. Kumaş profilindeki tüm sapmaların mutlak değerlerinin aritmetik ortalaması, ortalama mutlak sapma (Ra) değerini vermektedir. Ra değeri yaygın kullanılan bir profil parametresi olmakla birlikte, pürüzlülüğü tam ifade etme konusunda yetersiz kalabilmektedir. Farklı özellikteki yüzeyler aynı Ra değerine sahip olabilmektedir. Sapmaların karelerinin aritmetik ortalamasının karekökü (Rq), kumaşın ne kadar pürüzlü olduğunu ifade eden bir başka profil parametresidir. Kumaş profilindeki tüm sapmaların karelerinin aritmetik ortalamasının karekökü (Rq) değerini vermektedir. Ra ve Rq parametrelerinin birimi μm'dir.

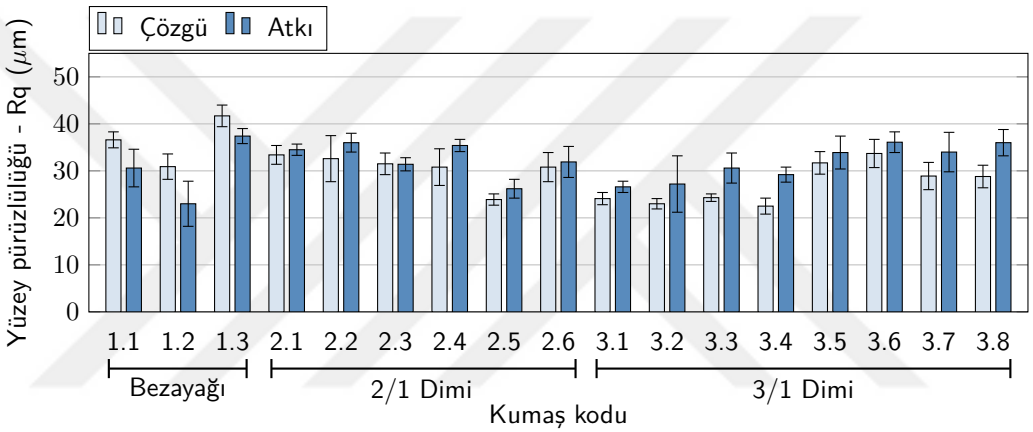
3.2.2.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq) değerleri Tablo 3.25'te görülmektedir. Durum analizi numune grubu kumaşlarının çözgü yönündeki Ra değeri 18 μm ile 35 μm arasında değişmektedir. Çözgü yönünde en yüksek Ra değeri D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa, en düşük Ra değeri ise D3.4 kodlu atkısı küp boyalı, poliester pamuk karışımı özlü iplik olan kumaşa aittir. Atkı yönündeki Ra değeri 19 μm ile 31 μm arasında değişmektedir. Atkı yönünde en yüksek Ra değeri D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa, en düşük Ra değeri ise D1.2 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa aittir (Şekil 3.34).

Durum analizi numune grubu kumaşlarının çözgü yönündeki Rq değeri 23 μm ile 42 μm arasında değişmektedir. Çözgü yönünde en yüksek Rq değeri D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa, en düşük Rq değeri ise D3.4 kodlu atkısı küp boyalı, poliester pamuk karışımı özlü iplik olan kumaşa aittir. Atkı yönündeki Rq değeri 23 μm ile 37 μm arasında değişmektedir. Atkı yönünde en yüksek Rq değeri



Şekil 3.34 D serisindeki kumaşların çözgü ve atkı yönündeki yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri



Şekil 3.35 D serisindeki kumaşların çözgü ve atkı yönündeki yüzey pürüzlülüğü (Rq) değerleri

D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa, en düşük Rq değeri ise D1.2 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa aittir (Şekil 3.35).

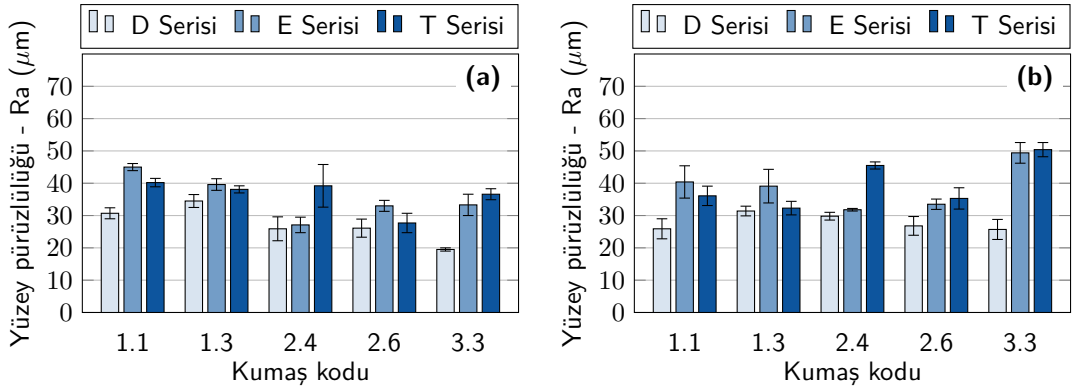
Enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların yüzey pürüzlülüğüne etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, işlem sonrasında kumaşların Ra ve Rq değerlerinin yükseldiği görülmektedir (Şekil 3.36 ve 3.37). D2.4 ve E2.4 kodlu kumaş çiftinin çözgü yönündeki Ra ve Rq değerleri dışında, tüm kumaş tipleri için farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Farkın istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu kumaş tipleri değerlendirmeye alındığında; enzim yıkama ve yumuşatma işleminden sonra kumaşların Ra değerinin çözgü yönünde %15 ila %71, atkı yönünde %7 ila %92 oranında arttığı, Rq değerinin çözgü yönünde %14 ila %67, atkı yönünde %7 ila %92 oranında arttığı görülmektedir.

Tablo 3.25 D, E ve T serisindeki kumaşların yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq) değerleri

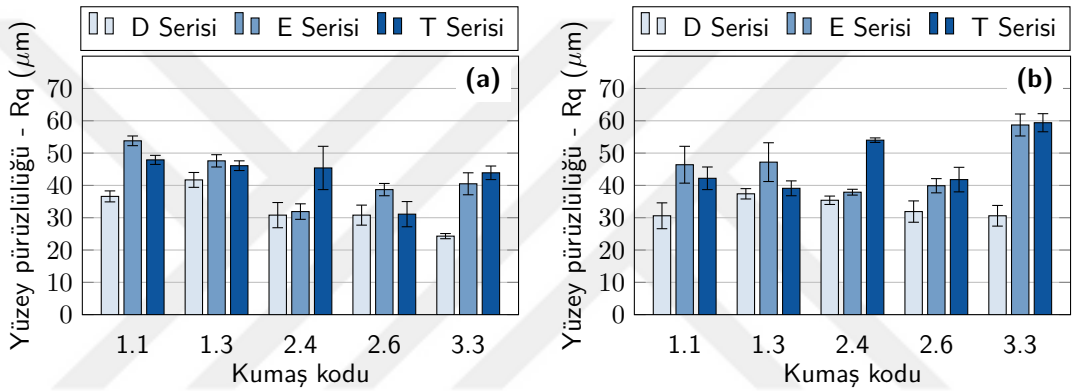
Kumaş kodu	**Yüzey pürüzlülüğü - Ra** (μm)		**Yüzey pürüzlülüğü - Rq** (μm)	
	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı
D1.1	30,7 (1,7)	25,9 (3,1)	36,6 (1,7)	30,6 (4,0)
D1.2	25,1 (2,1)	18,6 (3,8)	30,9 (2,7)	23,0 (4,8)
D1.3	34,5 (2,0)	31,4 (1,5)	41,7 (2,3)	37,4 (1,6)
D2.1	28,5 (2,1)	29,6 (1,1)	33,4 (2,0)	34,5 (1,2)
D2.2	27,7 (4,9)	30,5 (1,7)	32,6 (4,9)	36,0 (2,0)
D2.3	26,4 (2,0)	26,3 (1,2)	31,5 (2,3)	31,4 (1,4)
D2.4	25,9 (3,7)	29,8 (1,2)	30,8 (3,9)	35,4 (1,3)
D2.5	20,3 (1,1)	22,5 (1,8)	23,9 (1,2)	26,2 (2,0)
D2.6	26,1 (2,8)	26,8 (2,9)	30,8 (3,1)	31,9 (3,3)
D3.1	19,3 (0,7)	22,2 (1,1)	24,1 (1,3)	26,6 (1,2)
D3.2	18,3 (0,9)	22,8 (5,3)	23,0 (1,1)	27,2 (6,0)
D3.3	19,5 (0,5)	25,7 (3,1)	24,3 (0,8)	30,6 (3,2)
D3.4	18,1 (1,5)	24,2 (1,4)	22,5 (1,7)	29,2 (1,6)
D3.5	26,4 (2,0)	29,6 (3,6)	31,7 (2,4)	33,9 (3,5)
D3.6	28,9 (3,0)	31,0 (2,0)	33,7 (3,0)	36,1 (2,2)
D3.7	24,5 (2,8)	29,5 (3,9)	28,9 (2,9)	34,0 (4,2)
D3.8	25,3 (2,9)	30,7 (2,5)	28,8 (2,4)	36,0 (2,8)
E1.1	45,0 (1,1)	40,4 (5,0)	53,8 (1,5)	46,4 (5,7)
E1.3	39,6 (1,8)	39,1 (5,2)	47,6 (1,9)	47,2 (6,0)
E2.4	27,1 (2,4)	31,8 (0,4)	31,9 (2,4)	37,9 (0,9)
E2.6	33,0 (1,7)	33,5 (1,6)	38,7 (1,9)	39,9 (2,2)
E3.3	33,3 (3,3)	49,4 (3,2)	40,5 (3,4)	58,7 (3,4)
T1.1	40,2 (1,3)	36,1 (3,0)	47,9 (1,4)	42,2 (3,5)
T1.3	38,1 (1,1)	32,3 (2,1)	46,1 (1,5)	39,1 (2,3)
T2.4	39,2 (6,6)	45,5 (1,1)	45,4 (6,7)	54,0 (0,7)
T2.6	27,7 (3,0)	35,3 (3,3)	31,1 (3,9)	41,8 (3,8)
T3.3	36,6 (1,7)	50,4 (2,2)	43,9 (2,1)	59,4 (2,8)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

Taş yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların yüzey pürüzlülüğüne etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, işlem sonrasında kumaşların Ra ve Rq değerlerinin yükseldiği görülmektedir. D2.6 ve T2.6 kodlu kumaş çiftinin çözgü yönündeki Ra ve Rq değerleri ile D1.3 ve T1.3 kodlu kumaş çiftinin atkı yönündeki Ra ve Rq değerleri haricinde tüm kumaş tipleri için farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Farkın istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu kumaş tipleri değerlendirmeye alındığında; taş yıkama ve yumuşatma işleminden sonra kumaşların Ra değerinin çözgü yönünde %11 ila %87, atkı yönünde %32 ila %96 oranında arttığı, Rq değerinin çözgü yönünde %10 ila %81, atkı yönünde %31 ila %94 oranında arttığı görülmektedir.



Şekil 3.36 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının (a) çözgü ve (b) atkı yönündeki yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri



Şekil 3.37 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının (a) çözgü ve (b) atkı yönündeki yüzey pürüzlülüğü (Rq) değerleri

3.2.2.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq) değerleri Tablo 3.26'da görülmektedir. Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki korelasyon; A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak incelenmiştir. A serisi kumaşları için atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların atkı yönünde kaydedilen Ra ve Rq değerleri arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla $r = 0,481$ ve $r = 0,457$ olarak hesaplanmıştır ($p < 0,05$). Poliester oranı arttıkça, kumaşların pürüzlülüğü artmaktadır.

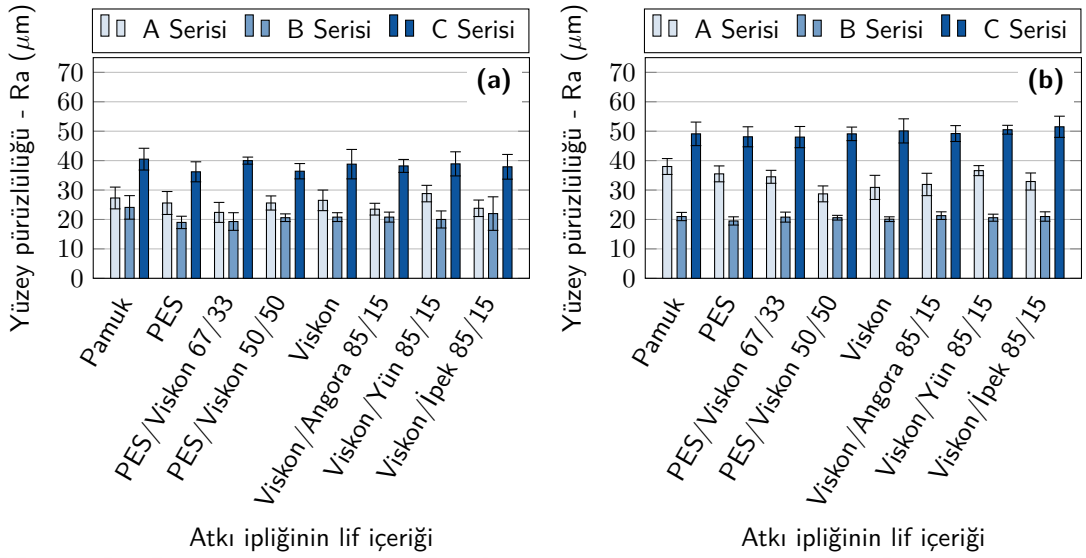
Farklı dokuma işlemi parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. B serisindeki kumaşların A serisine

Tablo 3.26 A, B ve C serisindeki kumaşların yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq) değerleri

Kumaş kodu	**Yüzey pürüzlülüğü - Ra** (μm)				**Yüzey pürüzlülüğü - Rq** (μm)			
	Çözgü		Atkı		Çözgü		Atkı	
A01	27,3	(3,7)	38,0	(2,7)	32,2	(4,6)	44,5	(2,7)
A02	25,6	(3,9)	35,5	(2,7)	30,2	(4,5)	41,3	(2,5)
A03	26,5	(3,5)	30,9	(4,1)	30,8	(3,7)	36,9	(4,5)
A04	23,5	(2,0)	31,9	(3,8)	28,3	(2,3)	37,7	(3,5)
A05	28,8	(2,8)	36,6	(1,7)	33,8	(3,0)	43,4	(1,4)
A06	23,8	(2,8)	32,9	(2,9)	28,3	(3,2)	38,9	(3,0)
A07	22,4	(3,4)	34,5	(2,2)	26,9	(3,5)	40,4	(1,8)
A08	25,6	(2,4)	28,7	(2,7)	30,2	(2,5)	34,5	(2,7)
B01	24,1	(4,0)	21,0	(1,4)	28,9	(4,4)	25,6	(1,5)
B02	19,0	(2,1)	19,5	(1,4)	23,2	(2,4)	23,8	(1,4)
B03	20,8	(1,5)	20,1	(0,8)	24,6	(1,7)	24,6	(1,0)
B04	20,8	(1,7)	21,3	(1,3)	25,4	(2,1)	25,9	(1,4)
B05	20,0	(2,9)	20,6	(1,2)	24,2	(3,2)	25,1	(1,2)
B06	22,0	(5,7)	21,0	(1,6)	26,4	(5,9)	25,4	(1,8)
B07	19,3	(3,0)	20,8	(1,7)	23,4	(3,3)	25,9	(2,0)
B08	20,6	(1,3)	20,6	(0,8)	24,8	(1,8)	24,8	(1,1)
C01	40,5	(3,7)	49,1	(4,0)	47,8	(4,4)	58,0	(4,3)
C02	36,2	(3,4)	48,1	(3,4)	43,7	(3,7)	57,1	(4,0)
C03	38,8	(5,0)	50,1	(4,1)	45,7	(5,5)	59,4	(4,3)
C04	38,2	(2,2)	49,2	(2,7)	45,7	(2,4)	58,5	(3,0)
C05	38,9	(4,1)	50,5	(1,5)	45,9	(4,4)	60,0	(1,9)
C06	37,9	(4,2)	51,5	(3,6)	45,2	(4,7)	60,9	(3,9)
C07	40,0	(1,2)	48,0	(3,6)	46,7	(1,6)	57,4	(3,8)
C08	36,4	(2,6)	49,1	(2,3)	43,1	(2,8)	58,6	(3,0)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

göre daha düşük Ra ve Rq değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.38 ve 3.39). Daha düşük çözgü sıklığı ile çalışıldığında ve 3/1 dimi yerine bezayağı örgü raporu tercih edildiğinde, denim kumaşların çözgü yönündeki Ra değeri %8 ile %30, atkı yönündeki Ra değeri %28 ile %45 arasında değişen oranda; çözgü yönündeki Rq değeri %7 ile %28, atkı yönündeki Rq değeri %28 ile %43 arasında değişen oranda azalmıştır. A serisi ve B serisi kumaşlarının çözgü yönündeki Ra değerleri arasındaki fark üç kumaş tipi çifti (A01-B01, A06-B06 ve A07-B07) haricinde tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). A serisi ve B serisi kumaşlarının çözgü yönündeki Rq değerleri arasındaki fark dört kumaş tipi çifti (A01-B01, A04-B04, A06-B06 ve A07-B07) haricinde tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). A serisi ve B serisi kumaşlarının atkı yönündeki Ra değerleri arasındaki fark ve Rq değerleri arasındaki fark ise tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Sıklık ve örgü raporunun, denim kumaşların yüzey pürüzlülüğüne etkisine ilişkin bulgular mevcut



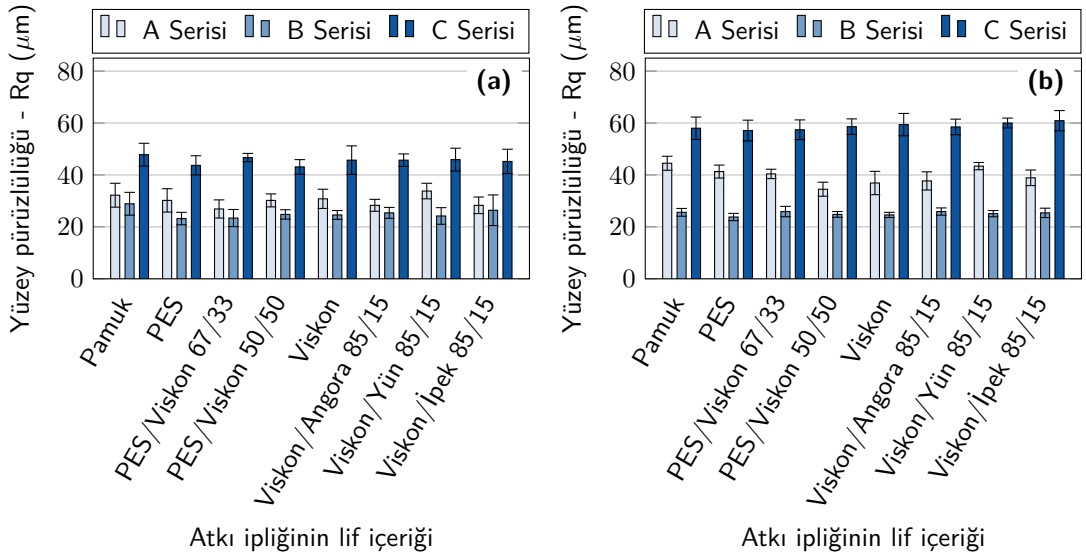
Şekil 3.38 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) çözgü ve (b) atkı yönündeki yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri

literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin yüzey pürüzlülüğüne etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşların A serisine göre daha yüksek Ra ve Rq değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile, denim kumaşların çözgü yönündeki Ra değeri %35 ile %78, atkı yönündeki Ra değeri %29 ile %71 arasında değişen oranda; çözgü yönündeki Rq değeri %36 ile %74, atkı yönündeki Rq değeri %30 ile %70 arasında değişen oranda artmıştır. A serisi ve C serisi kumaşlarının Ra değerleri arasındaki fark ve Rq değerleri arasındaki fark ise tüm kumaş tipleri ve tüm test yönleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

3.2.2.3 Yüzey Pürüzlülüğüne İlişkin Korelasyonlar

Kumaşların yüzey pürüzlülüğünü ifade eden Ra ve Rq değerleri; birim alan kütlesi, kalınlık, sıkıştırılmış kalınlık ve sıkıştırılabilme oranı ile doğru orantılıdır (Tablo 3.27). Yüzey pürüzlülüğü değerlerinin; çözgü yönündeki düşük yük altında uzama yeteneği ile doğru, atkı yönündeki düşük yük altında uzama yeteneği ile ters orantılı



Şekil 3.39 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) çözgü ve (b) atkı yönündeki yüzey pürüzlülüğü (Rq) değerleri

olduğu görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü değerleri ile eğilme direnci arasında sadece çözgü yönündeki veriler için anlamlı korelasyon saptanmıştır. Öte yandan yüzey pürüzlülüğü değerleri, kayma direnci sonuçları ile pek çok anlamlı korelasyon göstermektedir. Dikkat çeken bir diğer nokta da halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe ve ana tepe konumlarının yüzey pürüzlülüğü değerleri ile doğru orantılı olmasıdır. Yüzey pürüzlülüğü ile, halkadan çekme testi esnasında kaydedilen tepelerin yük değerleri arasında ise anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

Kumaşların yüzey pürüzlülüğü değerleri; atkı yönünde kaydedilen statik ve dinamik sürtünme katsayıları ile ters orantılıdır. Bu veriye göre, incelenen denim kumaşların yüzey pürüzlülüğü yani kumaşın profilinde μm hassasiyetle kaydedilen sapmalar arttıkça, sürtünme katsayısı düşmektedir. Kumaşların sürtünme katsayısı ile yüzey pürüzlülüğü değerlerinin birbiri ile ters orantılı olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından da ifade edilmektedir (Nayak ve ark., 2009; Asad ve ark., 2016). Uygulanan yıkama (enzim/taş+enzim) ve yumuşatma işlemleri ile, pürüzlülük artarken sürtünme katsayısı düşmüştür. Bu bulgu, profilde sapma oluşturan liflerin, kumaş yüzeyini daha sürtünmesiz hale getirdiğini göstermektedir.

Tablo 3.27 Kumaşların yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq) değerleri ile diğer kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson kor. *(N=51)*	**Test yönü**	**Yüzey pürüzlülüğü - Ra** (μm)		**Yüzey pürüzlülüğü - Rq** (μm)	
		Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı
Birim alan kütlesi (g/m^2)		0,442**	0,700**	0,418**	0,692**
Kumaş kalınlığı[1] (mm)		0,708**	0,900**	0,707**	0,911**
Kumaş kalınlığı[2] (mm)		0,676**	0,867**	0,678**	0,876**
Sıkıştırılabilme oranı (%)		0,363**	0,430**	0,346*	0,434**
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	0,622**	0,488**	0,639**	0,482**
	Atkı	-0,439**	-0,307*	-0,412**	-0,293*
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	-0,325*	-0,270	-0,337*	-0,271
	Atkı	0,161	-0,138	0,161	-0,152
	$+45^o$	-0,131	-0,200	-0,143	-0,209
	-45^o	-0,141	-0,294*	-0,153	-0,302*
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	-0,370**	-0,344*	-0,397**	-0,348*
	-45^o	-0,487**	-0,594**	-0,495**	-0,589**
Kayma direnci[4] (N/m)	$+45^o$	-0,276*	-0,251	-0,302*	-0,259
	-45^o	-0,420**	-0,499**	-0,431**	-0,498**
Öncü tepe konumu (mm)		0,561**	0,301*	0,557**	0,293*
Ana tepe konumu (mm)		0,431**	0,472**	0,423**	0,479**
Statik sürtünme k.	Çözgü	-0,195	-0,123	-0,199	-0,132
	Atkı	-0,396**	-0,477**	-0,401**	-0,489**
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	-0,173	-0,187	-0,171	-0,197
	Atkı	-0,447**	-0,561**	-0,449**	-0,573**

Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$'dir.

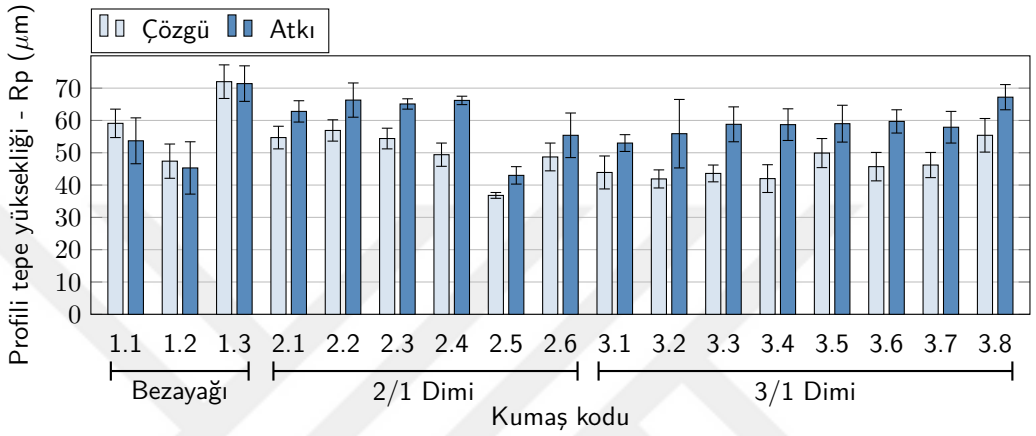
3.2.3 Yüzey Profili Tepe Yüksekliği

Yüzey profili tepe yüksekliği (Rp), her bir örneklem uzunluğunda saptanan tepe noktalarının ortalamasıdır. Tez kapsamında gerçekleştirilen ölçümlerde tek bir test için ölçüm uzunluğu 12,5 mm ve örneklem uzunluğu 2,5 mm'dir. Bu durumda Rp değeri, tek bir ölçümde beş örneklem uzunluğunda saptanan beş tepe noktasının ortalamasıdır. Rp parametresinin birimi μm'dir.

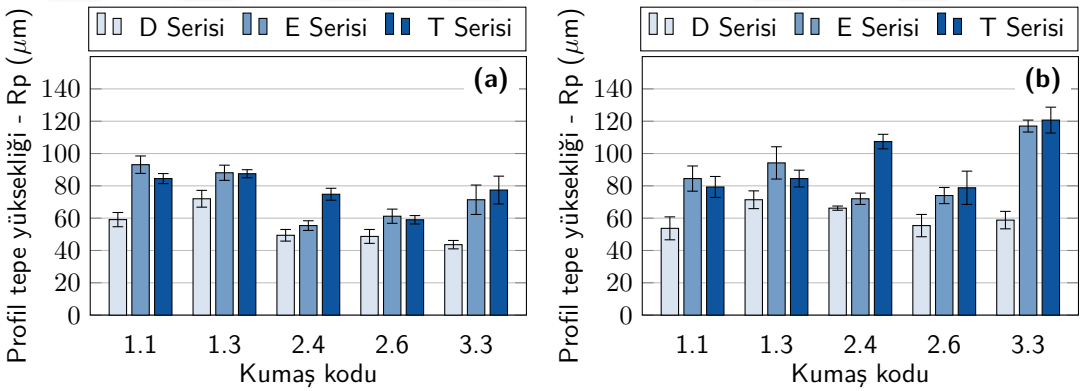
3.2.3.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) değerleri Tablo 3.28'de görülmektedir. Durum analizi numune grubu kumaşlarının çözgü yönündeki Rp değeri 37 μm ile 72 μm arasında

değişmektedir. Çözgü yönünde en yüksek Rp değeri D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa, en düşük Rp değeri ise D2.5 kodlu %100 pamuk, indigo kaplamalı kumaşa aittir. Atkı yönündeki Rp değeri 43 μm ile 71 μm arasında değişmektedir. Atkı yönünde en yüksek Rp değeri D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa, en düşük Rp değeri ise D2.5 kodlu %100 pamuk, indigo kaplamalı kumaşa aittir (Şekil 3.40).



Şekil 3.40 D serisindeki kumaşların çözgü ve atkı yönündeki yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) değerleri



Şekil 3.41 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının (a) çözgü ve (b) atkı yönünde kaydedilen yüzey profili tepe noktası (Rp) değerleri

Uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin kumaşların yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) değerlerine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, işlem sonrasında kumaşların Rp değerlerinin yükseldiği görülmektedir (Şekil 3.41). Enzim yıkama ve yumuşatma işleminden sonra tüm kumaşların Rp değeri çözgü yönünde %12 ila %64, atkı yönünde %9 ila %99

Tablo 3.28 D, E ve T serisindeki kumaşların yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) değerleri

Kumaş kodu	**Profil tepe yüksekliği - Rp** (μm)			
	Çözgü		Atkı	
D1.1	59,1	(4,4)	53,7	(7,1)
D1.2	47,4	(5,3)	45,3	(8,1)
D1.3	72,0	(5,2)	71,4	(5,5)
D2.1	54,7	(3,5)	62,8	(3,3)
D2.2	56,9	(3,3)	66,3	(5,3)
D2.3	54,4	(3,2)	65,1	(1,6)
D2.4	49,4	(3,6)	66,2	(1,3)
D2.5	36,8	(0,9)	43,0	(2,7)
D2.6	48,7	(4,3)	55,4	(6,9)
D3.1	43,9	(5,1)	53,0	(2,6)
D3.2	41,9	(2,8)	55,9	(10,6)
D3.3	43,6	(2,6)	58,8	(5,4)
D3.4	42,0	(4,3)	58,7	(4,9)
D3.5	49,9	(4,5)	59,0	(5,7)
D3.6	45,7	(4,4)	59,7	(3,6)
D3.7	46,2	(3,9)	57,9	(4,9)
D3.8	55,4	(5,2)	67,2	(3,9)
E1.1	93,1	(5,4)	84,5	(7,8)
E1.3	88,1	(4,7)	94,2	(10,0)
E2.4	55,4	(3,0)	72,0	(3,5)
E2.6	61,2	(4,4)	74,0	(5,0)
E3.3	71,4	(9,1)	117,0	(3,7)
T1.1	84,5	(3,1)	79,3	(6,5)
T1.3	87,5	(2,5)	84,5	(5,2)
T2.4	74,8	(3,7)	107,4	(4,5)
T2.6	59,0	(2,6)	78,8	(10,3)
T3.3	77,4	(8,6)	120,7	(8,0)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

oranında artmıştır. Taş yıkama ve yumuşatma işleminden sonra da tüm kumaşların Rp değeri çözgü yönünde %21 ila %78, atkı yönünde %18 ila %105 oranında artmıştır. Fark tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

3.2.3.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) değerleri Tablo 3.29'da görülmektedir. Farklı dokuma işlemi parametrelerinin yüzey profili tepe yüksekliğine (Rp) etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür (Şekil 3.42). B serisindeki kumaşların A serisine göre çözgü yönünde daha yüksek, atkı yönünde daha düşük Rp değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Atkı ipliğinde %15 angora %85 viskon içeren kumaş tipi (B04) ve %15 ipek %85

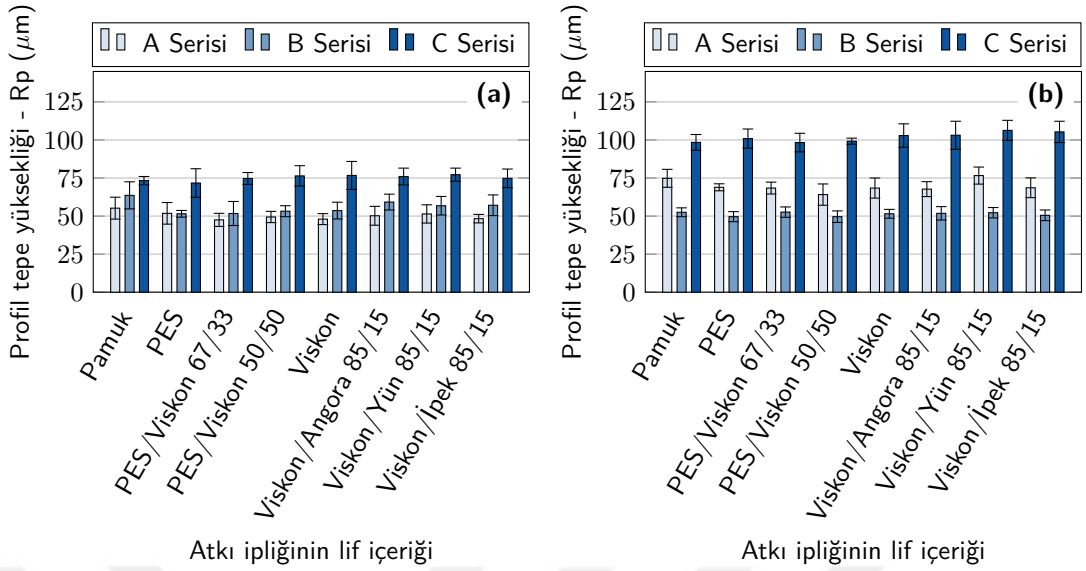
Tablo 3.29 A, B ve C serisindeki kumaşların yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) değerleri

Kumaş kodu	**Profil tepe yüksekliği - Rp** (μm)			
	Çözgü		Atkı	
A01	55,2	(7,2)	74,8	(5,9)
A02	51,8	(7,1)	68,9	(2,3)
A03	48,0	(3,6)	68,4	(6,6)
A04	50,2	(6,2)	67,7	(4,9)
A05	51,4	(6,0)	76,6	(5,6)
A06	48,3	(2,8)	68,6	(6,5)
A07	47,5	(4,3)	68,4	(3,9)
A08	49,4	(3,7)	64,1	(7,0)
B01	63,6	(8,9)	52,5	(2,9)
B02	51,5	(2,2)	49,6	(3,3)
B03	53,6	(5,5)	51,5	(2,9)
B04	59,2	(5,2)	51,8	(4,4)
B05	56,8	(6,1)	52,2	(3,4)
B06	57,1	(6,8)	50,5	(3,5)
B07	51,7	(7,9)	52,6	(3,4)
B08	53,2	(3,6)	49,6	(3,8)
C01	73,3	(2,7)	98,4	(5,2)
C02	71,7	(9,4)	100,9	(6,3)
C03	76,7	(9,2)	102,9	(7,7)
C04	76,0	(5,5)	103,1	(9,2)
C05	77,2	(4,3)	106,3	(6,6)
C06	74,8	(6,1)	105,3	(7,0)
C07	74,7	(3,9)	98,3	(6,1)
C08	76,4	(6,7)	99,2	(2,0)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

viskon içeren kumaş tipi (B06), A serisindeki muadillerine (A04 ve A06) kıyasla çözgü yönünde %18 daha yüksek Rp değerine sahiptir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Atkı yönündeki Rp değeri ise %23 ile %32 arasında değişen oranda azalmıştır ve fark tüm kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin yüzey profili tepe yüksekliğine (Rp) etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşların A serisine göre daha yüksek Rp değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile, denim kumaşların çözgü yönündeki Rp değeri %33 ile %60, atkı yönündeki Rp değeri %32 ile %55 arasında değişen oranda artmıştır. A serisi ve C serisi kumaşlarının Rp değerleri arasındaki fark tüm kumaş tipleri ve tüm test yönleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 3.42 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) çözgü ve (b) atkı yönünde kaydedilen yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) değerleri

3.2.3.3 Yüzey Profili Tepe Yüksekliğine İlişkin Korelasyonlar

Kumaşların profil tepe yüksekliği (Rp) değerleri; kalınlık, sıkıştırılmış kalınlık ve sıkıştırılabilme oranı ile doğru orantılıdır. Atkı yönünde kaydedilen Rp değerleri, kumaşların birim alan kütlesi ile doğru orantılıdır. Profil tepe yüksekliği; çözgü yönünde kaydedilen düşük yük altında uzama yeteneği ile doğru orantılı; eğilme direnci ve kayma direnci ile ters orantılıdır. Profil tepe yüksekliği, halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe ve ana tepenin yük değerleri ile ters, konum değerleri ile doğru orantılıdır (Tablo 3.30).

Kumaşların profil tepe yüksekliği; statik ve dinamik sürtünme katsayıları ile ters orantılıdır. İncelenen denim kumaşların profilinde μm hassasiyetle kaydedilen tepelerin yüksekliği arttıkça, sürtünme katsayısı düşmektedir. Uygulanan yıkama (enzim/taş+enzim) ve yumuşatma işlemleri ile, profil tepe yüksekliği artarken sürtünme katsayısı düşmüştür. Bu bulgu, profilde tepeleri oluşturan liflerin, kumaş yüzeyini daha sürtünmesiz hale getirdiğini göstermektedir.

Tablo 3.30 Kumaşların yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) değeri ile diğer kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson kor. *(N=51)*	**Test yönü**	**Profil tepe yüksekliği - Rp** (μm)	
		Çözgü	Atkı
Birim alan kütlesi (g/m^2)		0,171	0,575**
Kumaş kalınlığı[1] (mm)		0,614**	0,896**
Kumaş kalınlığı[2] (mm)		0,564**	0,845**
Sıkıştırılabilme oranı (%)		0,432**	0,500**
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	0,537**	0,525**
	Atkı	-0,153	-0,140
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	-0,387**	-0,345*
	Atkı	0,102	-0,181
	$+45^o$	-0,273	-0,284*
	-45^o	-0,201	-0,341*
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	-0,477**	-0,439**
	-45^o	-0,352*	-0,603**
Kayma direnci[4] (N/m)	$+45^o$	-0,447**	-0,362**
	-45^o	-0,394**	-0,544**
Öncü tepe yükü (cN)		-0,307*	-0,347*
Öncü tepe konumu (mm)		0,413**	0,283*
Ana tepe yükü (cN)		-0,296*	-0,338*
Ana tepe konumu (mm)		0,486**	0,560**
Statik sürtünme k.	Çözgü	-0,279*	-0,146
	Atkı	-0,449**	-0,479**
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	-0,214	-0,193
	Atkı	-0,452**	-0,553**

Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$'dir.

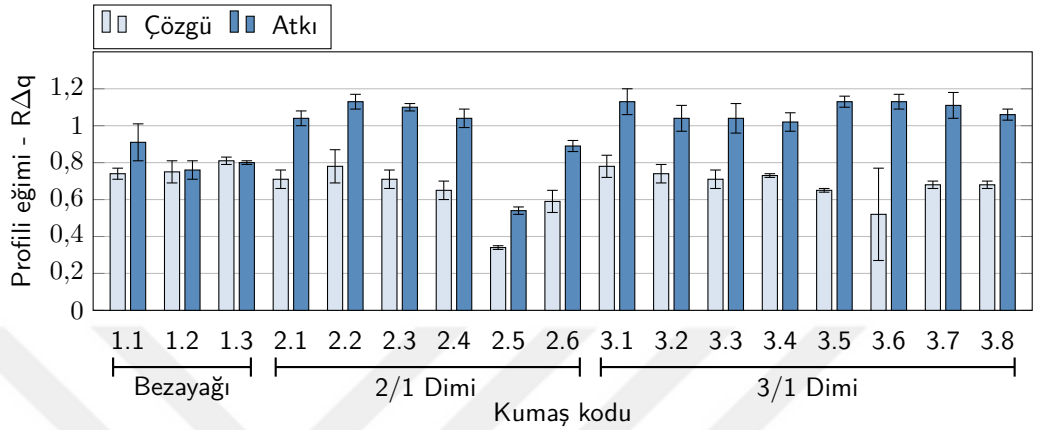
3.2.4 Yüzey Profili Eğimi

Yüzey profili eğimi (RΔq), profilin bölgesel eğiminin (dy/dx) karelerinin aritmetik ortalamasının kareköküdür, birimsizdir.

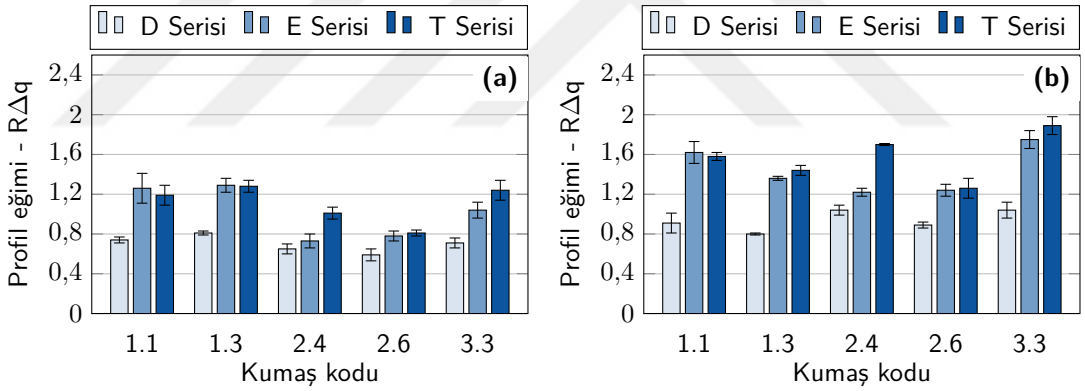
3.2.4.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) yüzey profili eğimi (RΔq) değerleri Tablo 3.31'de görülmektedir. Durum analizi numune grubu kumaşlarının çözgü yönündeki RΔq değeri 0,34 ile 0,81 arasında değişmektedir. Çözgü yönünde en yüksek RΔq değeri D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa, en düşük RΔq değeri ise D2.5 kodlu %100 pamuk, indigo

kaplamalı kumaşa aittir. Atkı yönündeki RΔq değeri 0,54 ile 1,13 arasında değişmektedir. Atkı yönünde en yüksek RΔq değeri D3.6 kodlu %100 pamuk, 3/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşa, en düşük RΔq değeri ise D2.5 kodlu %100 pamuk, indigo kaplamalı kumaşa aittir (Şekil 3.43).



Şekil 3.43 D serisindeki kumaşların çözgü ve atkı yönündeki yüzey profili eğimi (RΔq) değerleri



Şekil 3.44 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının (a) çözgü ve (b) atkı yönünde kaydedilen yüzey profili eğimi (RΔq) değerleri

Enzim yıkama ve yumuşatma işleminin kumaşların RΔq değerine etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, işlem sonrasında kumaşların RΔq değerinin yükseldiği görülmektedir (Şekil 3.44). D2.4 ve E2.4 kodlu kumaş çiftinin çözgü yönündeki RΔq değeri dışında, tüm kumaş tipleri için farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Farkın istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu kumaş tipleri değerlendirmeye alındığında; enzim yıkama ve yumuşatma işleminden sonra kumaşların RΔq değerinin çözgü yönünde %33 ila %70, atkı yönünde %16 ila

Tablo 3.31 D, E ve T serisindeki kumaşların yüzey profili eğimi (RΔq) değerleri

Kumaş kodu	**Profil eğimi - RΔq**			
	Çözgü		Atkı	
D1.1	0,74	(0,03)	0,91	(0,10)
D1.2	0,75	(0,06)	0,76	(0,05)
D1.3	0,81	(0,02)	0,80	(0,01)
D2.1	0,71	(0,05)	1,04	(0,04)
D2.2	0,78	(0,09)	1,13	(0,04)
D2.3	0,71	(0,05)	1,10	(0,02)
D2.4	0,65	(0,05)	1,04	(0,05)
D2.5	0,34	(0,01)	0,54	(0,02)
D2.6	0,59	(0,06)	0,89	(0,03)
D3.1	0,78	(0,06)	1,13	(0,07)
D3.2	0,74	(0,05)	1,04	(0,07)
D3.3	0,71	(0,05)	1,04	(0,08)
D3.4	0,73	(0,01)	1,02	(0,05)
D3.5	0,65	(0,01)	1,13	(0,03)
D3.6	0,52	(0,25)	1,13	(0,04)
D3.7	0,68	(0,02)	1,11	(0,07)
D3.8	0,68	(0,02)	1,06	(0,03)
E1.1	1,26	(0,15)	1,62	(0,11)
E1.3	1,29	(0,07)	1,36	(0,02)
E2.4	0,73	(0,07)	1,22	(0,04)
E2.6	0,78	(0,05)	1,24	(0,06)
E3.3	1,04	(0,08)	1,75	(0,09)
T1.1	1,19	(0,10)	1,58	(0,04)
T1.3	1,28	(0,06)	1,44	(0,05)
T2.4	1,01	(0,06)	1,70	(0,01)
T2.6	0,81	(0,03)	1,26	(0,10)
T3.3	1,24	(0,10)	1,89	(0,09)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

%78 oranında arttığı görülmektedir. Taş yıkama ve yumuşatma işleminden sonra kumaşların RΔq değeri çözgü yönünde %38 ile %74, atkı yönünde ise %43 ile %82 arasında değişen oranda artmıştır. Tüm kumaş tipleri için fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

3.2.4.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) yüzey profili eğimi (RΔq) değerleri Tablo 3.32'de görülmektedir. Farklı dokuma işlemi parametrelerinin yüzey profili eğimine (RΔq) etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. B serisindeki kumaşların A serisine göre çözgü yönünde daha yüksek, atkı yönünde daha düşük RΔq değerlerine sahip olduğu görülmektedir. A01 ve B01 kodlu kumaş çiftinin çözgü yönündeki RΔq değerleri; A06 ve B06 kodlu kumaş çiftinin atkı

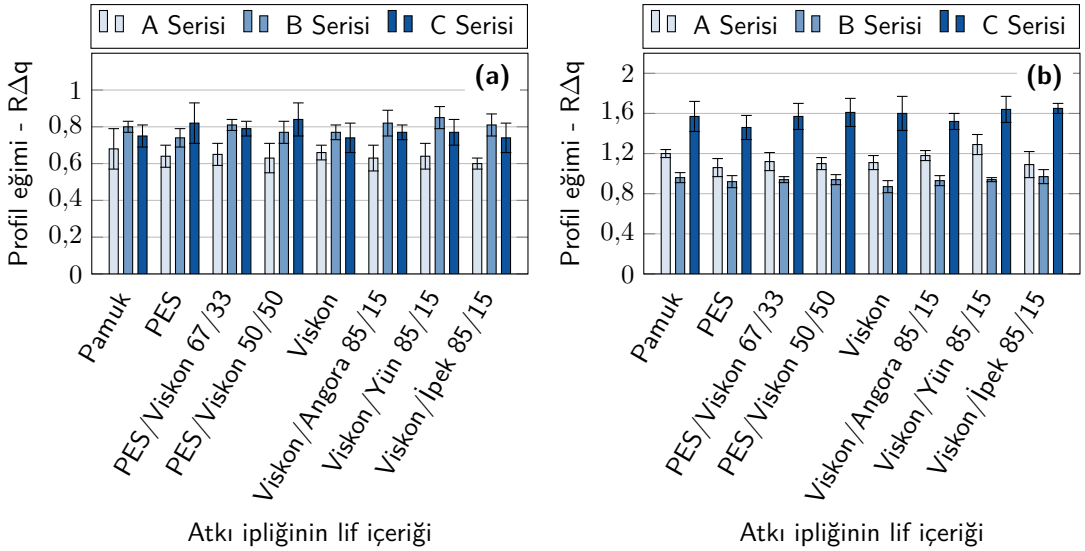
yönündeki RΔq değerleri dışında, tüm kumaş tipleri için farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Farkın istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu kumaş tipleri değerlendirmeye alındığında; dokuma parametreleri değiştirildiğinde (daha düşük çözgü sıklığı ile çalışıldığında ve 3/1 dimi yerine bezayağı örgü raporu tercih edildiğinde) kumaşların RΔq değerinin çözgü yönünde %16 ila %35 oranında arttığı, atkı yönünde %13 ila %28 oranında düştüğü görülmektedir.

Tablo 3.32 A, B ve C serisindeki kumaşların yüzey profili eğimi (RΔq) değerleri

Kumaş kodu	**Profil eğimi - RΔq**			
	Çözgü		Atkı	
A01	0,68	(0,11)	1,20	(0,04)
A02	0,64	(0,06)	1,06	(0,09)
A03	0,66	(0,04)	1,11	(0,07)
A04	0,63	(0,07)	1,18	(0,05)
A05	0,64	(0,07)	1,29	(0,10)
A06	0,60	(0,03)	1,09	(0,13)
A07	0,65	(0,06)	1,12	(0,09)
A08	0,63	(0,08)	1,10	(0,06)
B01	0,80	(0,03)	0,96	(0,05)
B02	0,74	(0,05)	0,92	(0,06)
B03	0,77	(0,04)	0,87	(0,06)
B04	0,82	(0,07)	0,93	(0,05)
B05	0,85	(0,06)	0,94	(0,02)
B06	0,81	(0,06)	0,97	(0,07)
B07	0,81	(0,03)	0,94	(0,03)
B08	0,77	(0,06)	0,94	(0,05)
C01	0,75	(0,06)	1,57	(0,15)
C02	0,82	(0,11)	1,46	(0,12)
C03	0,74	(0,08)	1,60	(0,17)
C04	0,77	(0,04)	1,52	(0,08)
C05	0,77	(0,07)	1,64	(0,13)
C06	0,74	(0,08)	1,65	(0,05)
C07	0,79	(0,04)	1,57	(0,13)
C08	0,84	(0,09)	1,61	(0,14)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin yüzey profili eğimine (RΔq) etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşların A serisine göre daha yüksek RΔq değerlerine sahip olduğu görülmektedir. A01 ve C01 kodlu kumaş çiftinin çözgü yönündeki RΔq değerleri; A03 ve C03 kodlu kumaş çiftinin çözgü yönündeki RΔq değerleri dışında, tüm kumaş tipleri için farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Farkın istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu kumaş tipleri değerlendirmeye alındığında; taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile kumaşların RΔq değerinin çözgü yönünde %21 ila %32 oranında, atkı yönünde ise



Şekil 3.45 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) çözgü ve (b) atkı yönünde kaydedilen yüzey profili eğimi (RΔq) değerleri

%27 ila %31 oranında arttığı görülmektedir (Şekil 3.45).

3.2.4.3 Yüzey Profili Eğimine İlişkin Korelasyonlar

Kumaşların atkı yönünde kaydedilen yüzey profili eğimi (RΔq) değerleri; birim alan kütlesi, kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri ile doğru orantılıdır (Tablo 3.33). Yüzey profili eğimi; sıkıştırılabilme oranı ve çözgü yönünde kaydedilen düşük yük altında uzama yeteneği ile doğru orantılı; eğilme direnci ve kayma direnci ile ters orantılıdır. Yüzey profili eğimi; halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe ve ana tepenin yük değerleri ile ters, konum değerleri ile doğru orantılıdır.

Kumaşların atkı yönünde kaydedilen yüzey profili eğimi (RΔq); atkı yönünde kaydedilen statik ve dinamik sürtünme katsayıları ile ters orantılıdır. İncelenen denim kumaşların profil eğimi arttıkça, sürtünme katsayısı düşmektedir. Uygulanan yıkama (enzim/taş+enzim) ve yumuşatma işlemleri ile, profil eğimi artarken sürtünme katsayısı düşmüştür. Bu bulgu, profil eğimini arttıran liflerin, kumaş yüzeyini daha sürtünmesiz hale getirdiğini göstermektedir.

Tablo 3.33 Kumaşların yüzey profili eğimi (RΔq) değeri ile diğer kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson kor. (N=51)	**Test yönü**	**Profil eğimi - RΔq**	
		Çözgü	Atkı
Birim alan kütlesi (g/m^2)		-0,237	0,497**
Kumaş kalınlığı[1] (mm)		0,257	0,812**
Kumaş kalınlığı[2] (mm)		0,187	0,749**
Sıkıştırılabilme oranı (%)		0,393**	0,538**
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	0,489**	0,556**
	Atkı	0,217	-0,099
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	-0,447**	-0,493**
	Atkı	0,117	-0,151
	$+45^o$	-0,325*	-0,432**
	-45^o	-0,222	-0,483**
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	-0,558**	-0,573**
	-45^o	-0,280*	-0,665**
Kayma direnci[4] (N/m)	$+45^o$	-0,541**	-0,489**
	-45^o	-0,368**	-0,642**
Öncü tepe yükü (cN)		-0,414**	-0,493**
Öncü tepe konumu (mm)		0,383**	0,320*
Ana tepe yükü (cN)		-0,386**	-0,476**
Ana tepe konumu (mm)		0,501**	0,614**
Statik sürtünme k.	Çözgü	-0,221	-0,172
	Atkı	-0,213	-0,453**
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	-0,107	-0,177
	Atkı	-0,165	-0,479**

Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$'dir.

3.2.5 Yüzey Profili Materyal Oranı

Profilin materyal oranı "mr" olarak adlandırılır. Profilde kaydedilen en yüksek tepe değerleri ve en düşük vadi değerleri arasında kalan alan (Rt) cihaz tarafından hesaplanır. Bu aralıktaki tüm sapmalar 10 μm'lik kesitler halinde incelenerek, her kesit seviyesi için materyal oranı hesaplanır. Rmrd değerinin hesaplanması için belirlenen kesit seviyesi, profilin ortalama tepe yüksekliği ve ortalama vadi derinliği arasında kalan alanın %10'udur. Birimi %'dir.

3.2.5.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) yüzey profili

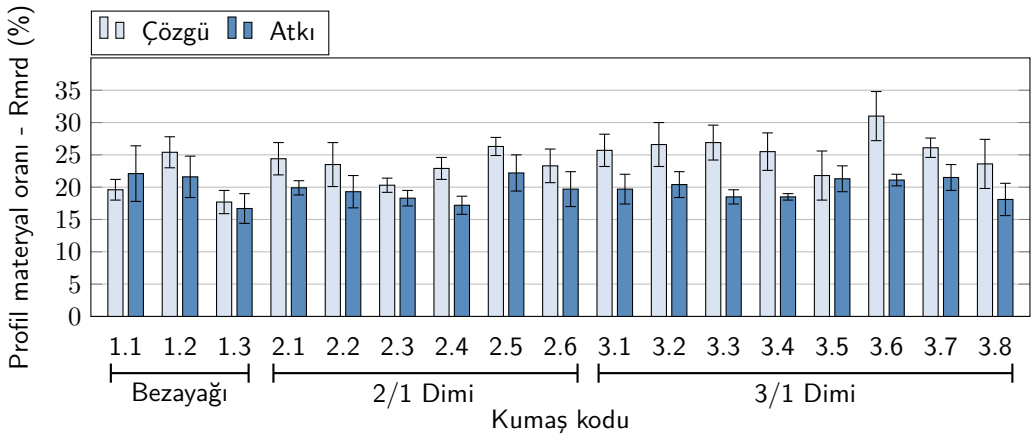
materyal oranı (Rmrd) değerleri Tablo 3.34'te görülmektedir. Durum analizi numune grubu kumaşlarının çözgü yönündeki Rmrd değeri %18 ile %31 arasında değişmektedir. Çözgü yönünde en yüksek Rmrd değeri D3.6 kodlu %100 pamuk, 3/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşa, en düşük Rmrd değeri ise D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa aittir. Atkı yönündeki Rmrd değeri %17 ile %22 arasında değişmektedir. Atkı yönünde en yüksek Rmrd değeri D2.5 kodlu %100 pamuk, indigo kaplamalı kumaşa, en düşük Rmrd değeri ise D1.3 kodlu %100 pamuk bezayağı örgü raporuna sahip kumaşa aittir (Şekil 3.46).

Tablo 3.34 D, E ve T serisindeki kumaşların yüzey profili materyal oranı (Rmrd) değerleri

Kumaş kodu	**Materyal oranı - Rmrd** (%)			
	Çözgü		Atkı	
D1.1	19,6	(1,6)	22,1	(4,3)
D1.2	25,4	(2,4)	21,6	(3,2)
D1.3	17,7	(1,8)	16,7	(2,3)
D2.1	24,4	(2,5)	19,9	(1,1)
D2.2	23,5	(3,4)	19,3	(2,5)
D2.3	20,3	(1,1)	18,3	(1,2)
D2.4	22,9	(1,7)	17,2	(1,4)
D2.5	26,3	(1,4)	22,2	(2,8)
D2.6	23,3	(2,6)	19,7	(2,7)
D3.1	25,7	(2,5)	19,7	(2,3)
D3.2	26,6	(3,4)	20,4	(2,0)
D3.3	26,9	(2,7)	18,5	(1,1)
D3.4	25,5	(2,9)	18,5	(0,5)
D3.5	21,8	(3,8)	21,3	(2,0)
D3.6	31,0	(3,8)	21,1	(0,9)
D3.7	26,1	(1,5)	21,5	(2,0)
D3.8	23,6	(3,8)	18,1	(2,5)
E1.1	17,1	(2,7)	18,7	(1,4)
E1,3	16,8	(0,6)	15,4	(0,8)
E2,4	23,1	(2,3)	17,2	(1,2)
E2,6	21,6	(2,3)	17,4	(1,3)
E3,3	18,9	(1,7)	14,0	(0,8)
T1,1	16,9	(1,1)	17,6	(0,7)
T1,3	16,8	(0,8)	16,5	(1,1)
T2,4	20,5	(3,7)	15,0	(1,2)
T2,6	19,6	(3,4)	16,4	(1,2)
T3,3	17,5	(2,0)	14,1	(0,5)

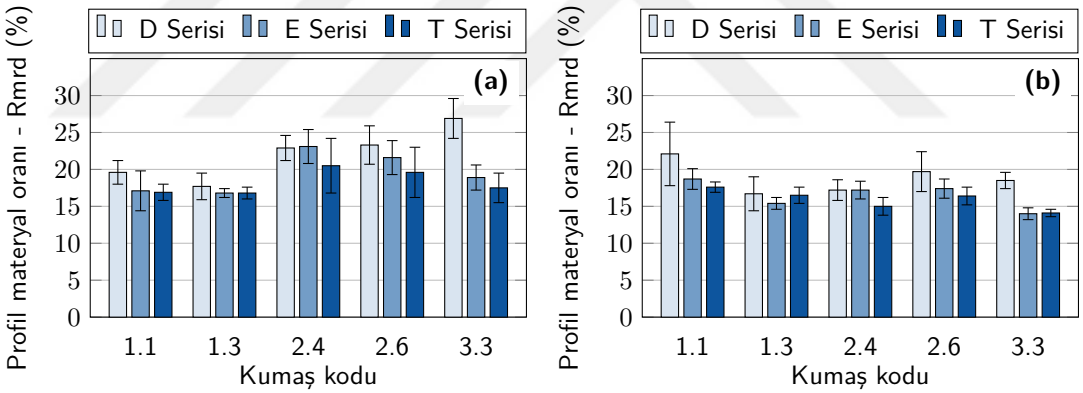
Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

Uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerinin kumaşların yüzey profili materyal oranına (Rmrd) etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, işlem sonrasında kumaşların Rmrd değerinin genel olarak düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 3.47). Enzim yıkama ve yumuşatma işleminden sonra D3.3



Şekil 3.46 D serisindeki kumaşların çözgü ve atkı yönünde kaydedilen yüzey profili materyal oranı (Rmrd) değerleri

kodlu kumaşın materyal oranı çözgü yönünde %30, atkı yönünde %25 azalmıştır ve fark sadece bu kumaş çifti (D3.3-E3.3) için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

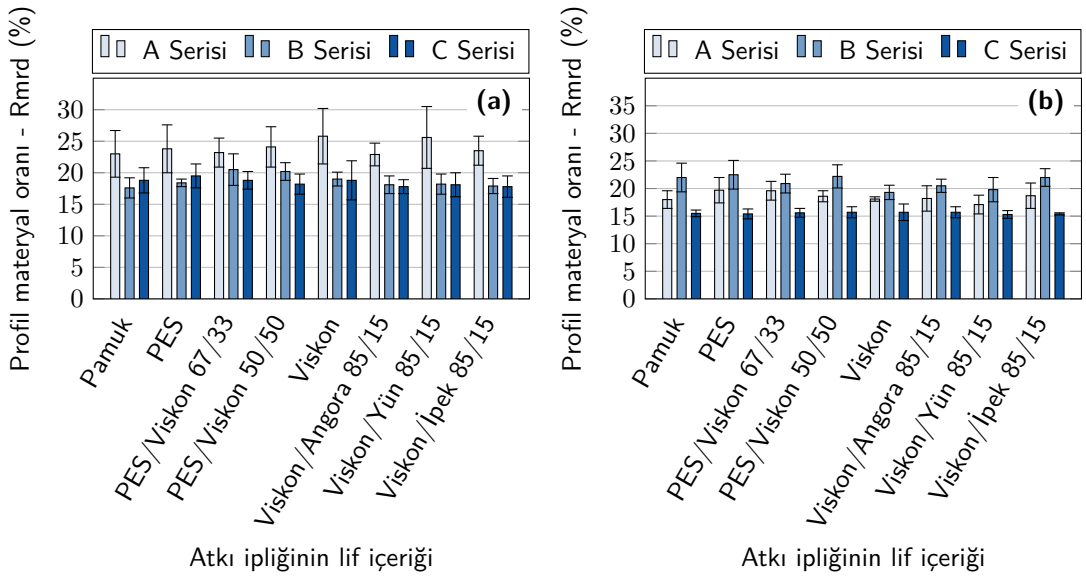


Şekil 3.47 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının (a) çözgü ve (b) atkı yönünde kaydedilen yüzey profili materyal oranı (Rmrd) değerleri

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işlemlerinin kumaşların yüzey profili materyal oranına (Rmrd) etkisi işlem görmemiş muadilleri ile karşılaştırılarak incelendiğinde, işlem sonrasında kumaşların Rmrd değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Taş yıkama ve yumuşatma işleminden sonra D1.1 kodlu kumaşın materyal oranı çözgü yönünde %14, D2.4 kodlu kumaşın materyal oranı atkı yönünde %13, D2.6 kodlu kumaşın materyal oranı atkı yönünde %17, D3.3 kodlu kumaşın materyal oranı çözgü yönünde %35 ve atkı yönünde %24 azalmıştır ($p < 0,05$).

3.2.5.2 Sistematik Denim Kumaşlar

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) yüzey profili materyal oranı (Rmrd) değerleri Tablo 3.35'te görülmektedir. Farklı dokuma işlemi parametrelerinin yüzey profili materyal oranına (Rmrd) etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. B serisindeki kumaşların A serisine göre çözgü yönünde daha düşük, atkı yönünde daha yüksek Rmrd değerlerine sahip olduğu görülmektedir. A07 ve B07 kodlu kumaş çiftinin çözgü yönündeki Rmrd değerleri dışında, tüm kumaş tipleri için çözgü yönündeki Rmrd değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Farkın istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu kumaş tipleri değerlendirmeye alındığında; dokuma parametreleri değiştirildiğinde (daha düşük çözgü sıklığı ile çalışıldığında ve 3/1 dimi yerine bezayağı örgü raporu tercih edildiğinde) kumaşların Rmrd değerinin çözgü yönünde %16 ila %29 oranında azaldığı görülmektedir. Atkı yönünde ise B01 kodlu kumaşın Rmrd değeri A01 kodlu kumaştan %22, B06 kodlu kumaşın Rmrd değeri A06 kodlu kumaştan %18 ve B08 kodlu kumaşın Rmrd değeri A08 kodlu kumaştan %20 daha yüksektir ($p < 0,05$). Atkı yönündeki diğer Rmrd değerleri için A serisi ve B serisi arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).



Şekil 3.48 A, B ve C serisindeki kumaşların (a) çözgü ve (b) atkı yönünde kaydedilen yüzey profili materyal oranı (Rmrd) değerleri

Tablo 3.35 A, B ve C serisindeki kumaşların yüzey profili materyal oranı (Rmrd) değerleri

Kumaş kodu	**Materyal oranı - Rmrd** (%)			
	Çözgü		Atkı	
A01	23,0	(3,7)	18,0	(1,6)
A02	23,8	(3,8)	19,7	(2,3)
A03	25,8	(4,4)	18,1	(0,4)
A04	22,9	(1,8)	18,2	(2,3)
A05	25,6	(4,9)	17,1	(1,7)
A06	23,5	(2,3)	18,7	(2,3)
A07	23,2	(2,3)	19,6	(1,7)
A08	24,1	(3,2)	18,6	(1,0)
B01	17,6	(1,6)	22,0	(2,6)
B02	18,4	(0,6)	22,5	(2,6)
B03	19,0	(1,1)	19,3	(1,3)
B04	18,1	(1,4)	20,5	(1,2)
B05	18,2	(1,6)	19,8	(2,2)
B06	17,9	(1,2)	22,0	(1,6)
B07	20,5	(2,5)	20,9	(1,7)
B08	20,2	(1,4)	22,2	(2,1)
C01	18,8	(2,0)	15,5	(0,6)
C02	19,5	(1,9)	15,4	(0,9)
C03	18,8	(3,1)	15,7	(1,5)
C04	17,8	(1,1)	15,7	(1,0)
C05	18,1	(1,9)	15,3	(0,7)
C06	17,8	(1,7)	15,4	(0,2)
C07	18,8	(1,4)	15,6	(0,8)
C08	18,2	(1,6)	15,7	(1,0)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin yüzey profili materyal oranına (Rmrd) etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşların A serisine göre daha düşük Rmrd değerlerine sahip olduğu görülmektedir. A01-C01 kodlu kumaş çiftinin ve A02-C02 kodlu kumaş çiftinin çözgü yönündeki; A04-C04 kodlu kumaş çiftinin ve A05-B05 kodlu kumaş çiftinin atkı yönündeki Rmrd değerleri dışında, tüm kumaş tipleri için farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Farkın istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu kumaş tipleri değerlendirmeye alındığında; taş yıkama ve yumuşatma işlemi ile kumaşların Rmrd değerinin çözgü yönünde %19 ila %29 oranında, atkı yönünde ise %13 ila %22 oranında azaldığı görülmektedir (Şekil 3.48).

3.2.5.3 Yüzey Profili Materyal Oranına İlişkin Korelasyonlar

Kumaşların yüzey profili materyal oranı (Rmrd) değerleri; kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değerleri ile ters orantılıdır. Atkı yönünde kaydedilen materyal oranı değerleri, kumaşların birim alan kütlesi ile ters orantılıdır (Tablo 3.36).

Tablo 3.36 Kumaşların yüzey profili materyal oranı (Rmrd) değeri ile diğer kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson kor. *(N=51)*	**Test yönü**	**Materyal oranı - Rmrd** (%)	
		Çözgü	Atkı
Birim alan kütlesi (g/m^2)		0,128	-0,560**
Kumaş kalınlığı[1] (mm)		-0,360**	-0,829**
Kumaş kalınlığı[2] (mm)		-0,316*	-0,785**
Sıkıştırılabilme oranı (%)		-0,325*	-0,457**
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	-0,192	-0,446**
	Atkı	-0,112	0,131
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	0,290*	0,343*
	-45^o	-0,034	0,579**
Kayma direnci[4] (N/m)	$+45^o$	0,362**	0,265
	-45^o	0,119	0,502**
Öncü tepe konumu (mm)		-0,082	-0,254
Ana tepe konumu (mm)		-0,356*	-0,499**
Statik sürtünme k.	Çözgü	0,307*	-0,005
	Atkı	0,416**	0,331*
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	0,229	0,039
	Atkı	0,373**	0,414**

Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$'dir.

Yüzey profili materyal oranı; sıkıştırılabilme oranı ve çözgü yönünde kaydedilen düşük yük altında uzama yeteneği ile ters orantılı; kayma direnci ile doğru orantılıdır. Profil materyal oranı; halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe ve ana tepenin konum değerleri ile ters orantılıdır. Eğilme direnci ve halkadan çekme yükü (öncü tepe ve ana tepe yükü) ile profil materyal oranı arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

Kumaşların profil materyal oranı; statik ve dinamik sürtünme katsayıları ile doğru orantılıdır. Uygulanan yıkama (enzim/taş+enzim) ve yumuşatma işlemleri ile, kumaşların profil materyal oranı azalırken, sürtünme katsayısı da düşmüştür.

3.3 Duyusal Değerlendirme Bulguları

3.3.1 Tüketici Tutum Değerlendirmesi Sonuçları

3.3.1.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi); tutum skoru frekansları, modu ve ortalaması sırasıyla Tablo 3.37'de görülmektedir.

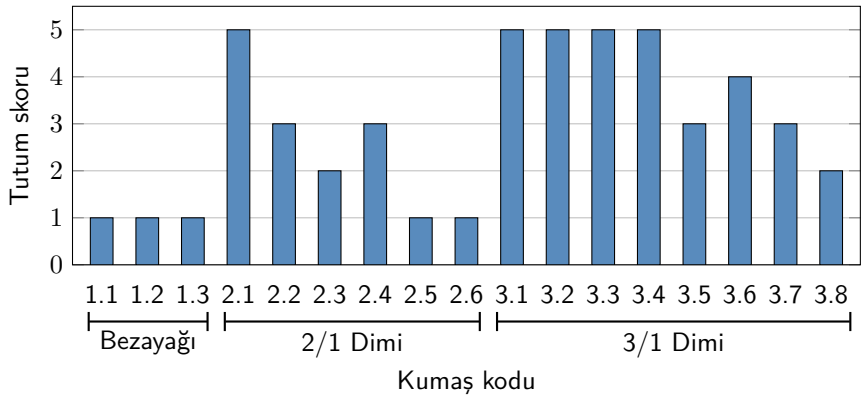
Tablo 3.37 D, E ve T serisindeki kumaşların tutum skoru ortalama değeri, mod değeri ve mod frekansları

Kumaş kodu	**Tutum skoru frekansı** (%)					**Tutum skoru***	
	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi	Mod	Ortalama
D1.1	62,8	25,0	8,5	3,0	0,8	1	1,54
D1.2	67,0	21,5	8,3	2,8	0,5	1	1,48
D1.3	75,3	16,0	5,0	3,3	0,5	1	1,38
D2.1	3,0	10,0	19,0	31,5	36,5	5	3,89
D2.2	5,5	15,0	36,8	27,3	15,5	3	3,32
D2.3	12,8	34,0	29,0	20,0	4,3	2	2,69
D2.4	8,3	22,0	36,5	26,3	7,0	3	3,02
D2.5	52,8	29,0	13,3	3,5	1,5	1	1,72
D2.6	68,0	21,8	5,8	2,8	1,8	1	1,49
D3.1	0,3	1,8	14,0	31,0	53,0	5	4,35
D3.2	0,3	5,8	13,3	31,8	49,0	5	4,24
D3.3	1,8	6,5	18,5	31,3	42,0	5	4,05
D3.4	0,5	4,0	7,5	41,8	46,3	5	4,29
D3.5	6,5	18,8	38,0	23,0	13,8	3	3,19
D3.6	4,0	18,3	26,5	31,5	19,8	4	3,45
D3.7	3,5	15,8	36,0	31,8	13,0	3	3,35
D3.8	16,8	37,0	29,3	12,0	5,0	2	2,52
E1.1	72,5	20,0	5,0	2,5	0,0	1	1,38
E1.3	47,5	30,0	12,5	5,0	5,0	1	1,90
E2.4	7,5	22,5	50,0	20,0	0,0	3	2,83
E2.6	65,0	25,0	5,0	5,0	0,0	1	1,50
E3.3	2,5	10,0	10,0	40,0	37,5	4	4,00
T1.1	45,0	22,5	22,5	7,5	2,5	1	2,00
T1.3	42,5	30,0	15,0	7,5	5,0	1	2,03
T2.4	2,5	7,5	22,5	42,5	25,0	4	3,80
T2.6	25,0	42,5	17,5	15,0	0,0	2	2,23
T3.3	0,0	0,0	5,0	25,0	70,0	5	4,65

* Tutum skoru değerlerine karşılık gelen ifadeler; çok kötü (1), kötü (2), orta (3), iyi (4) ve çok iyi (5) şeklindedir.

Tutum skoru 1 olan ve katılımcılar tarafından tutumu çok sert / çok kötü olarak değerlendirilen durum analizi numune grubu kumaşlarının tutum skorunun mod frekansının %50'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum, tüketicilerin

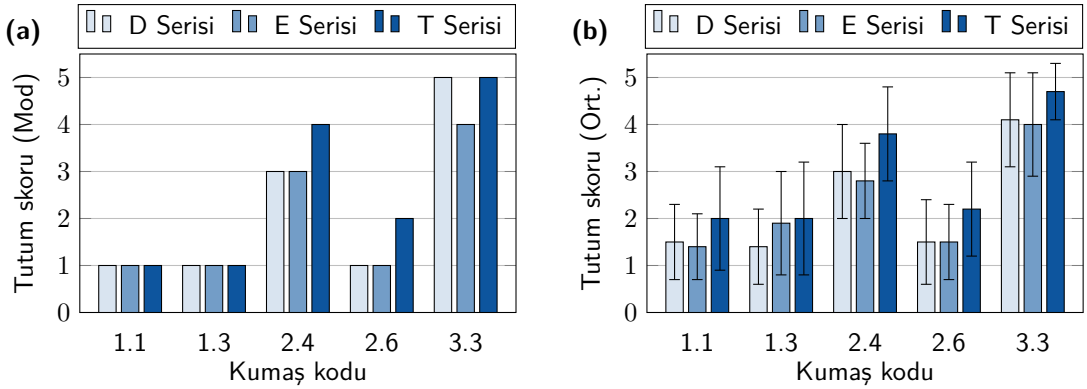
yarısından fazlasının belirtilen kumaşların tutumunu “çok sert” bulduğunu göstermektedir (Şekil 3.49).



Şekil 3.49 D serisindeki kumaşların tutum skoru (mod) değerleri

D1.3 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk ring karde Ne 20 indigo boyalı ve atkı ipliği %100 pamuk ring karde Ne 20’dir. Bezayağı örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 180 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; yakma + yıkama + apre + sanfor şeklindedir. D1.3 kodlu kumaşın %75,3 frekans ile tutum skoru 1’dir. E1.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.3 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E1.3 kodlu kumaşın %47,5 frekans ile tutum skoru 1’dir. T1.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.3 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T1.3 kodlu kumaşın %42,5 frekans ile tutum skoru 1’dir. Belirtilen kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan eskitme ve yumuşatma işlemleri, tutum skorunu (mod) değiştirmezken, ancak mod frekansının düşmesini sağlamıştır. D1.3 kodlu kumaşın ortalama tutum skoru 1,38’dir, E1.3 ve T1.3 kodlu kumaşların ortalama tutum skoru ise sırasıyla 1,90 ve 2,03’tür. Ortalama tutum skoru değerleri dikkate alınacak olursa, işlemlerin bu kumaş tipi için sınırlı bir iyileşme sağladığı görülmektedir (Şekil 3.50).

D2.6 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk ring karde Ne 23 indigo boyalı ve atkı ipliği %100 pamuk ring karde Ne 24’tür. 2/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 200 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; kostik yakma + indigo kaplama + yıkama + apre + sanfor şeklindedir. D2.6 kodlu kumaşın



Şekil 3.50 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının tutum skoru (a) mod ve (b) ortalama değerleri

%68,0 frekans ile tutum skoru 1'dir. Bu kumaşın en belirgin özelliği indigo kaplama işlemine tabi tutulmuş olmasıdır. E2.6 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.6 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E2.6 kodlu kumaşın %65,0 frekans ile tutum skoru 1'dir. T2.6 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.6 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T2.6 kodlu kumaşın %42,5 frekans ile tutum skoru 2'dir. Belirtilen kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, tutum skorunu (mod) değiştirmezken, ancak mod frekansının düşmesini sağlamıştır. Öte yandan taş yıkama ve yumuşatma işlemi bu kumaş tipi için tutum skorunun 1 puan artmasını sağlamıştır. D2.6 kodlu kumaşın ortalama tutum skoru 1,49'dur, E2.6 ve T2.6 kodlu kumaşların ortalama tutum skoru ise sırasıyla 1,50 ve 2,23'tür. Ortalama tutum skoru değerleri dikkate alınacak olursa, ön yüzü indigo kaplı bu kumaş tipi için sadece taş yıkama ve yumuşatma işleminin tutumda bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

D1.1 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk kompakt penye Ne 30 indigo boyalı ve atkı ipliği %100 keten ring karde Ne 14'tür. Bezayağı örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 190 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; yakma + yıkama + amonyak + apre + sanfor şeklindedir. D1.1 kodlu kumaşın %62,8 frekans ile tutum skoru 1'dir. Bu kumaşın en belirgin özelliği atkı yönünde keten iplik kullanılmış olmasıdır. E1.1 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.1 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş

halidir. E1.1 kodlu kumaşın %72,5 frekans ile tutum skoru 1'dir. T1.1 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.1 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T1.1 kodlu kumaşın %45,0 frekans ile tutum skoru 1'dir. Belirtilen kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, tutum skorunu (mod) değiştirmezken, mod frekansının da yükselmesine sebep olmuştur. Öte yandan taş yıkama ve yumuşatma işlemi bu kumaş tipi için tutum skoru frekansının düşmesini sağlamıştır. D1.1 kodlu kumaşın ortalama tutum skoru 1,54'tür, E1.1 ve T1.1 kodlu kumaşların ortalama tutum skoru ise sırasıyla 1,38 ve 2,00'dir. Ortalama tutum skoru değerleri dikkate alınacak olursa, atkı ipliği keten olan bu kumaş tipi için sadece taş yıkama ve yumuşatma işleminin tutumda bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

D1.2 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk ring karde Ne 20 indigo boyalı ve atkı ipliği %100 pamuk ring karde Ne 20'dir. Bezayağı örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 180 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; yakma + yıkama + apre + sanfor şeklindedir. D1.2 kodlu kumaşın %67,0 frekans ile tutum skoru 1'dir. Bu kumaş, D1.3 kodlu kumaş ile benzer yapıya sahip olduğundan, iyileşme davranışının da D1.3 kodlu kumaşa benzer olacağı ve dolayısıyla yeni bir bulgu sağlamayacağı öngörülerek, dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarına dahil edilmemiştir.

D2.5 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk ring penye Ne 23 indigo boyalı ve atkı ipliği %100 pamuk ring penye Ne 24'tür. 2/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 212 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; kostik yakma + indigo kaplama, kalandırlama, fiksaj + sudan geçime + sanfor şeklindedir. D2.5 kodlu kumaşın %52.8 frekans ile tutum skoru 1'dir. Bu kumaşın en belirgin özelliği indigo kaplama işlemine tabi tutulmuş olmasıdır.

D2.5 kodlu kumaş, D2.6 kodlu kumaş ile benzer yapıya sahip olduğundan, enzim veya taş yıkama işlemleri ile elde edilecek iyileşmenin D2.6 kodlu kumaşa benzer olacağı ve dolayısıyla yeni bir bulgu sağlamayacağı öngörülerek, D2.5 kodlu kumaş, dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarına dahil

edilmemiştir.

D3.8 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk ring karde Ne 14 indigo boyalı ve atkı ipliği %96 pamuk %4 elastan ring penye Ne 18'dir. 3/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 275 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; kostik yakma + apre + sanfor şeklindedir. D3.8 kodlu kumaşın %37,0 frekans ile tutum skoru 2'dir. Bu kumaşın en belirgin özelliği kalın iplikler ile dokunmuş olması ve çalışma kapsamındaki diğer denim kumaşlara göre gramajının yüksek olmasıdır.

D2.3 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk ring karde Ne 22 indigo boyalı ve atkı ipliği %100 pamuk ring karde Ne 24'tür. 2/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 200 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; kostik yakma + apre + sanfor şeklindedir. D2.3 kodlu kumaşın %34,0 frekans ile tutum skoru 2'dir.

D serisinde yer alan ve tutum skoru 2 olan kumaşlar incelendiğinde, tutum skorunun mod frekansının %30 ile %40 arasında olduğu görülmektedir. Katılımcılar belirtilen kumaşların tutumunu "sert" bulmaktadır. Kumaşların tutum skoru 3 için frekanslarının %25'in üzerinde olması, tutumunun orta seviyeye yaklaştığını göstermektedir.

D2.4 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk ring penye Ne 20 indigo boyalı ve atkı ipliği %100 pamuk ring penye Ne 20'dir. 2/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 200 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; kostik yakma + 2 tekrar indigo kaplama + yıkama + apre + sanfor şeklindedir. D2.4 kodlu kumaşın %36,5 frekans ile tutum skoru 3'tür. E2.4 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.4 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E2.4 kodlu kumaşın %50,0 frekans ile tutum skoru 3'tür. T2.4 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.4 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T2.4 kodlu kumaşın %42,5 frekans ile tutum skoru 4'tür. Belirtilen kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, tutum skorunu (mod) değiştirmezken, mod frekansının da yükselmesine sebep

olmuştur. Öte yandan taş yıkama ve yumuşatma işlemi bu kumaş tipi için tutum skorunu bir puan yükseltmiştir. Ortalama tutum skoru değerleri dikkate alınacak olursa, bu kumaş tipi için sadece taş yıkama ve yumuşatma işleminin tutumda bir iyileşme sağladığı görülmektedir (D2.4 için 3,02; E2.4 için 2,83 ve T2.4 için 3,80).

D3.5 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk kompakt penye Ne 30 indigo boyalı ve atkı ipliği %94 pamuk %6 elastan ring penye Ne 30'dur. 3/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 194 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; kostik yakma + apre + sanfor şeklindedir. D3.5 kodlu kumaşın %38,0 frekans ile tutum skoru 3'tür. Bu kumaşın dikkat çeken özelliği çözgü yönünde kompakt iplik kullanılmış olmasıdır.

D2.2 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk ring karde Ne 16 indigo boyalı ve atkı ipliği %100 pamuk ring karde Ne 22'dir. 2/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 200 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; yakma + yıkama + sanfor şeklindedir. D2.2 kodlu kumaşın %36,8 frekans ile tutum skoru 3'tür.

D3.7 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk kompakt penye Ne 30 indigo boyalı ve atkı ipliği %100 pamuk kompakt penye Ne 30'dur. 3/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 190 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; kostik yakma + apre + sanfor şeklindedir. D3.7 kodlu kumaşın %36,0 frekans ile tutum skoru 3'tür. Bu kumaşın dikkat çeken özelliği hem atkı hem de çözgü yönünde Ne30 inceliğinde %100 pamuk kompakt penye iplik kullanılmış olmasıdır.

D serisinde yer alan ve tutum skoru 3 olan kumaşlar incelendiğinde, tutum skorunun mod frekansının %30 ile %40 arasında olduğu görülmektedir. Katılımcılar belirtilen kumaşların tutumunu "ne sert ne yumuşak" (orta tutum seviyesinde) bulmaktadır. Kumaşların tutum skoru 4 için frekanslarının %20'in üzerinde olması, tutumunun "yumuşak tutum" seviyesine yaklaştığını göstermektedir.

D serisinde yer alan ve tutum skoru 4 olan sadece bir tip kumaş bulunmaktadır. D3.6 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %100 pamuk kompakt penye Ne 30 indigo boyalı

ve atkı ipliği %100 pamuk kompakt penye Ne 26'dır. 3/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 195 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; kostik yakma + apre + sanfor şeklindedir. D3.6 kodlu kumaşın %31,5 frekans ile tutum skoru 4'tür.

D2.1 kodlu denim kumaşın çözgü ipliği %60 pamuk %40 Tencel ring penye Ne 20 indigo boyalı ve atkı ipliği %60 pamuk %40 Tencel ring penye Ne 20'dir. 2/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşın birim alan kütlesi 207 g/m^2 olmak üzere, uygulanan işlemler sırasıyla; yıkama + apre + sanfor şeklindedir. D2.1 kodlu kumaşın %36,5 frekans ile tutum skoru 5'tir. Bu kumaşın dikkat çeken özelliği hem çözgü hem atkı ipliğinde %40 oranında rejenere selülozik lif kullanılmış olmasıdır.

D serisinde yer alan ve tutum skoru 5 olan diğer dört kumaş tipi ise (D3.1, D3.2, D3.3 ve D3.4) temel olarak aynı üretim parametrelerine sahiptir. Kumaşların çözgü ipliği %100 pamuk ring karde Ne 20 ve atkı ipliği %82 pamuk %18 poliester Ne 20 penye özlü ipliktir. 3/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşların birim alan kütlesi 195 g/m^2'dir. Kumaşlar arasında fark yaratan özellikler şu şekildedir; D3.3 kodlu kumaşın çözgü ipliği indigo boyalıdır. D3.1, D3.2 ve D3.4 kodlu kumaşların çözgü ipliği küp (Indanthren) boyalıdır. D3.1 ve D3.2 kodlu kumaşlara uygulanan işlemler; orta sıcaklıkta yıkama + apre + sanfor şeklindedir. D3.3 ve D3.4 kodlu kumaşlara uygulanan işlemler; sıcak yıkama + apre + sanfor şeklindedir. Tutumu "çok yumuşak" olarak değerlendirilen dört adet D serisi kumaşı arasında, D3.3 kodlu çözgüsü indigo boyalı denim kumaşın mod frekansı diğer kumaşlardan daha düşüktür (%42,0). Tutumu "çok iyi" olarak değerlendirilen D serisi kumaşları arasında, en yüksek mod frekansına sahip olan iki kumaş tipi; D3.2 (mod frekansı %49,0) ve D3.1 (mod frekansı %53,0) kodlu denim kumaşlardır. Bu iki kumaş tipinin ortak özelliği, yıkama işleminin daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilmiş olmasıdır. Bulgular, özlü iplik kullanımının tutumu olumlu yönde etkilediğine ilişkin mevcut literatür ile uyumludur (Pramanik ve Patil, 2009).

E3.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D3.3 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E3.3 kodlu

kumaşın %40,0 frekans ile tutum skoru 4'tür. T3.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D3.3 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T3.3 kodlu kumaşın %70,0 frekans ile tutum skoru 5'tir. Belirtilen kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, tutum skorunun bir puan düşmesine sebep olmuştur. Öte yandan taş yıkama ve yumuşatma işlemi bu kumaş tipi için tutum skorunun frekansını yükseltmiştir. Ortalama tutum skoru değerleri dikkate alınacak olursa, bu kumaş tipi için sadece taş yıkama ve yumuşatma işleminin tutumda bir iyileşme sağladığı görülmektedir (D3.3 için 4,05; E3.3 için 4,00 ve T3.3 için 4,65).

D serisindeki tüm kumaşlar genel olarak incelendiğinde indigo kaplama işleminin tutumu olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda hammadde tercihinde pamuğun rejenere selülozik lifler ile karıştırılması halinde kumaş tutumunun iyileştiği gözlemlenmiştir. Keten içeren kumaş tipinin tutumu tüketiciler tarafından beğenilmemiştir. Atkı yönünde özlü iplik kullanımının dokunsal konfora katkısı dikkat çekmektedir; tüketiciler tarafından en çok beğenilen ticari denim örneği; atkı ipliği olarak dış yüzü pamuk lifi ile kaplanmış, öz bölgesinde poliester bulunan %82 pamuk %18 poliester penye özlü iplik kullanılmış denim kumaşlardır. Sonuçlar aynı zamanda yıkama işleminin daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilmesinin tutumu olumlu etkilediğini göstermektedir. Diğer tüm özellikleri aynı olan ve İndigo boyarmadde yerine küp boyama yöntemi ile boyanan çözgülere sahip kumaşların tutumu, indigo boyanan muadiline göre daha iyi bulunmuştur.

Denim kumaşlara uygulanan yıkama işlemlerinin, kumaş tutumunu iyileştirmesi ve dolayısıyla tutum skorunu arttırması beklenmektedir (Juciene ve ark., 2006; Yang ve ark., 2013; Mir ve ark., 2014; Halleb ve ark., 2015; Maryan ve Montazer, 2015). Seçili kumaş tipleri için dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla uygulanan eskitme ve yumuşatma işlemlerinin sınırlı bir iyileşme sağladığı görülmüştür. Enzim yıkama ve yumuşatma işleminin tutum skoruna etkisi yok denecek kadar azdır. Hatta kimi kumaş tiplerinde tutum işlem sonrasında kısmen kötüleşmiştir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise iki kumaş tipinde tutum skorunun bir puan artmasını sağlamıştır. Uygulanan işlemlerin dokunsal konfora etkisi düşük olduğundan,

kumaşların tutumundaki değişimin değerlendirilmesi amacıyla tutum skoru (mod) değeri yerine ortalama tutum skoru değerlerinin incelenmesi daha anlaşılır sonuçlar ortaya koymaktadır (Şekil 3.50). Bulgular aynı zamanda, durum analizi numune grubu kumaşlarına uygulanan enzim yıkama ve taş yıkama işlemlerinin tutum üzerindeki etkisinin daha hassas incelenebilmesi amacıyla, tutumun daha geniş bir skala ile değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bakımdan, 0-100 arası puanlama ile gerçekleştirilen uzman jüri değerlendirmesi ile elde edilen skaler sonuçlar, beşli likert ölçeği ile gerçekleştirilen tüketici tutum değerlendirmesi ile elde edilen tutum skoru sonuçlarına kıyasla daha anlamlı sonuçlar vermiştir.

3.3.1.2 Sistematik Denim Kumaşlar

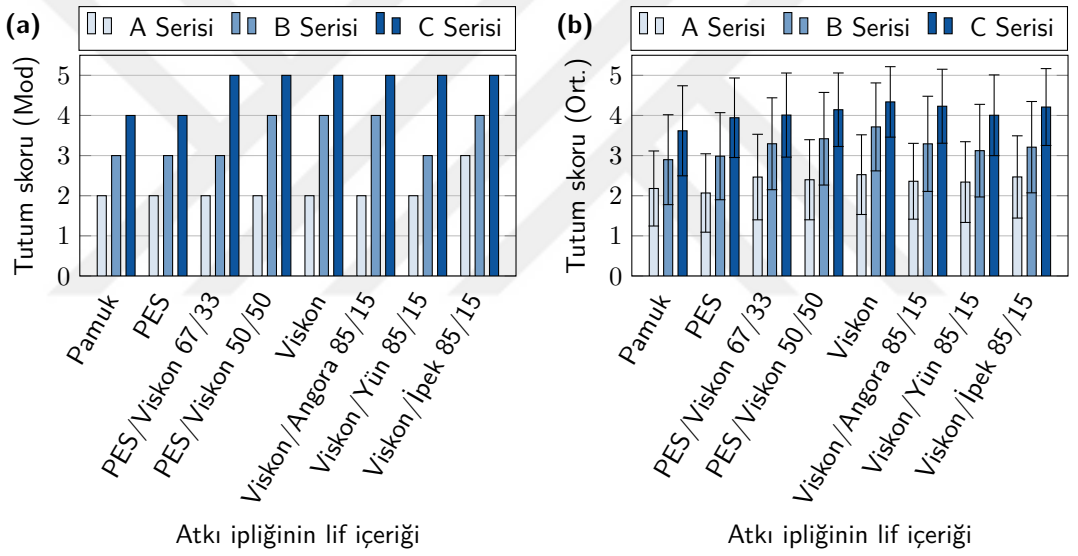
Tablo 3.38 A, B ve C serisindeki kumaşların tutum skoru ortalama değeri, mod değeri ve mod frekansları

Kumaş kodu	**Tutum skoru frekansı** (%)					**Tutum skoru***	
	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi	Mod	Ortalama
A01	25,8	39,8	26,5	6,8	1,3	2	2,18
A02	32,3	39,3	19,8	7,0	1,8	2	2,07
A03	15,5	35,5	32,3	14,5	2,3	2	2,53
A04	18,3	41,3	27,8	11,8	1,0	2	2,36
A05	22,5	35,5	29,8	10,0	2,3	2	2,34
A06	19,8	31,8	32,8	13,5	2,3	3	2,47
A07	18,8	37,5	26,3	13,5	4,0	2	2,47
A08	19,5	36,5	31,8	9,3	3,0	2	2,40
B01	10,5	27,3	33,8	19,0	9,5	3	2,90
B02	9,5	23,0	35,0	24,5	8,0	3	2,99
B03	3,8	10,3	25,0	32,8	28,3	4	3,72
B04	7,3	20,0	27,0	27,8	18,0	4	3,29
B05	7,3	26,0	27,3	26,3	13,3	3	3,12
B06	6,3	23,3	28,0	28,3	14,3	4	3,21
B07	7,5	16,0	32,5	27,5	16,5	3	3,30
B08	4,8	19,3	26,0	29,3	20,8	4	3,42
C01	3,3	14,5	26,3	29,3	26,8	4	3,62
C02	1,0	8,5	20,5	35,3	34,8	4	3,94
C03	0,5	4,8	10,0	30,0	54,8	5	4,34
C04	0,8	5,3	13,3	31,8	49,0	5	4,23
C05	1,5	7,3	19,5	32,8	39,0	5	4,01
C06	1,0	5,5	15,0	28,5	50,0	5	4,21
C07	1,8	8,8	17,5	30,8	41,3	5	4,01
C08	0,8	4,8	17,0	34,5	43,0	5	4,14

* Tutum skoru değerlerine karşılık gelen ifadeler; çok kötü (1), kötü (2), orta (3), iyi (4) ve çok iyi (5) şeklindedir.

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) tutum skoru değerleri Tablo 3.38'de görülmektedir. A01 kodlu kumaşın atkı ve çözgü ipliği %100 pamuktur. Bu

kumaş A serisinin referans kumaşıdır. A01 kodlu kumaşın tutum skoru 2'dir. Katılımcılar A serisi referans kumaşının tutumunu "sert" bulmaktadır. Atkı ipliğinde farklı oranlarda poliester viskon karışımı içeren dört kumaş tipi (A02 %100 poliester, A07 %67 poliester %33 viskon, A08 %50 poliester %50 viskon ve A03 %100 viskon) için de tutum skoru 2'dir. Atkı ipliğinde değişen oranlarda poliester viskon karışımı kullanılması, A serisi kumaşlarının tutum skorunda bir etki yaratmamıştır (Şekil 3.51). Atkı ipliğinde %85 viskon %15 hayvansal lif içeren üç kumaş tipinden angora içeren (A04) ve yün içeren (A05) kumaş tiplerinin tutum skoru 2, ipek içeren kumaş tipinin (A06) tutum skoru 3'tür. A serisi içerisinde tüketici değerlendirmesinde en beğenilen kumaş tutum skoru 3 ile %85 viskon %15 ipek içeren atkı ipliğine sahip kumaş tipi (A06) olmuştur.



Şekil 3.51 A, B ve C serisindeki kumaşların tutum skoru (a) mod ve (b) ortalama değerleri

B01 kodlu kumaşın atkı ve çözgü ipliği %100 pamuktur. Bu kumaş B serisinin referans kumaşıdır. B01 kodlu kumaşın tutum skoru 3'tür. Katılımcılar B serisi referans kumaşının tutumunu "orta sertlikte" bulmaktadır. Atkı ipliğinde farklı oranlarda poliester viskon karışımı içeren dört kumaş tipinden %100 poliester içeren (B02) ve %67 poliester %33 viskon içeren (B07) kumaş tiplerinin tutum skoru 3 iken, %50 poliester %50 viskon içeren (B08) ve %100 viskon içeren (B03) kumaş tipleri için tutum skoru 4'tür. Atkı ipliğinde kullanılan viskon oranının artması, B serisi kumaşlarının tutum skorunu iyileştirmiştir. Atkı ipliğinde %85 viskon %15 hayvansal

lif içeren üç kumaş tipinden %15 yün içeren (B05) kumaş tipinin tutum skoru 3 iken %15 angora içeren (B04) ve %15 ipek içeren (B06) kumaş tiplerinin tutum skoru 4'tür. B serisi içerisinde tüketici değerlendirmesinde tutum skoru 4 ile en beğenilen kumaş tiplerinin atkı ipliklerinin hammaddeleri şu şekildedir; %100 viskon, %50 poliester %50 viskon, %85 viskon %15 angora ve %85 viskon %15 ipek (mod frekanslarına göre en beğenilen kumaş ilk yazılmıştır).

C01 kodlu kumaşın atkı ve çözgü ipliği %100 pamuktur. Bu kumaş C serisinin referans kumaşıdır. C01 kodlu kumaşın tutum skoru 4'tür. Katılımcılar C serisi referans kumaşının tutumunu "yumuşak" bulmaktadır. Atkı ipliğinde farklı oranlarda poliester viskon karışımı içeren dört kumaş tipinden %100 poliester içeren (C02) kumaş tipinin tutum skoru 4 iken, %67 poliester %33 viskon içeren (C07), %50 poliester %50 viskon içeren (C08) ve %100 viskon içeren (C03) kumaş tipleri için tutum skoru 5'tir. Atkı ipliğinde kullanılan viskon oranının artması, C serisi kumaşlarının tutum skorunu iyileştirmiştir. Atkı ipliğinde %85 viskon %15 hayvansal lif içeren üç kumaş tipinin de (C04, C05, C06) tutum skoru 5'tir. %100 pamuk referans kumaş ve atkı ipliği %100 poliester olan kumaş tipi dışındaki tüm C serisi kumaşlarının tutumu tüketiciler tarafından "çok yumuşak" olarak değerlendirilmiştir.

Üretilen sistematik denim kumaşların tutum skoru değerleri dikkate alınarak, hammaddenin tutuma etkisi değerlendirildiğinde, atkı ipliğinde kullanılan viskonun tutumu iyileştirdiği görülmüştür. Aynı zamanda atkı ipliğinde %15 oranında kullanılan angora ve ipek gibi hayvansal liflerin de tutumu kısmen iyileştirdiği saptanmıştır.

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin tutum skoruna etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. Aynı iplik tipi ile dokunmuş A serisi ve B serisi kumaşları kendi içerisinde eşleştirilerek karşılaştırıldığında, B serisindeki kumaşların A serisindeki muadillerine göre daha yüksek tutum skoruna sahip olduğu görülmektedir. B serisinde, bezayağı örgü raporu ile ve A serisine göre daha düşük sıklıkta dokunmuş kumaşlar görülmektedir. A serisindeki kumaşlar için çözgü sıklığı 47 tel/cm iken B serisindeki kumaşların çözgü sıklığı 38 tel/cm'dir. A serisi ve B

serisi kumaşların atkı sıklığı ise her iki sistematik kumaş grubu için de aynıdır ve 21 tel/cm 'dir. Daha düşük çözgü sıklığında ve farklı örgü raporu ile dokunduğunda denim kumaşların tutum skorunun 1 veya 2 puan iyileştirilebileceği görülmüştür.

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin yüzey pürüzlülüğüne etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. Uygulanan enzim yıkama, taş yıkama ve yumuşatma işlemlerinin kumaş tutumunu iyileştirmesi beklenmektedir (Juciene ve ark., 2006; Yang ve ark., 2013; Mir ve ark., 2014; Halleb ve ark., 2015; Maryan ve Montazer, 2015). Aynı iplik tipi ile dokunmuş A serisi ve C serisi kumaşları kendi içerisinde eşleştirilerek karşılaştırıldığında, C serisindeki kumaşların A serisindeki muadillerine göre çok daha yüksek tutum skoruna sahip olduğu görülmektedir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemleri ile denim kumaşların tutum skorunun 2 veya 3 puan iyileştirilebileceği görülmüştür.

3.3.1.3 Tutum Skoruna İlişkin Korelasyonlar

Kumaşların tutum skoru; yapısal bir kumaş parametresi olan sıkıştırılmış kalınlık değeri ile doğru orantılıdır. Birim alan kütlesi ve kalınlık değerleri ile tutum skoru arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Tutum skoru; atkı yönündeki düşük yük altında uzama yeteneği ile doğru orantılıdır; eğilme direnci ve kayma direnci ile ters orantılıdır; halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü ve ana tepe yük değerleri ile ve öncü tepe konum değeri ile ters orantılıdır; statik ve dinamik sürtünme katsayıları ile ters orantılıdır (Tablo 3.39).

Tez kapsamındaki tüm kumaşlar dikkate alındığında (A, B, C, D, E ve T serisi; n=51), yüzey profili parametreleri ile tutum skoru arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi; n=24) tutum skoru; yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve yüzey profili eğimi (RΔq) ile doğru orantılı; yüzey profili materyal oranı (Rmrd) ile ters orantılıdır (Tablo 3.40). Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D, E ve T serisi; n=27) tutum skoru ise; yüzey pürüzlülüğü, yüzey profili tepe yüksekliği ve yüzey profili eğimi ile ters orantılı; yüzey profili materyal oranı ile doğru orantılıdır.

Tablo 3.39 A, B, C, D, E ve T serisindeki kumaşların tutum skoru ile kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Spearman's rho (N=51)	**Test yönü**	**Tutum skoru**
Kumaş kalınlığı[1] (mm)		0,275
Kumaş kalınlığı[2] (mm)		0,363**
Sıkıştırılabilme oranı (%)		-0,140
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	0,189
	Atkı	0,494**
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	-0,309*
	Atkı	-0,727**
	$+45^o$	-0,673**
	-45^o	-0,757**
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	-0,592**
	-45^o	-0,601**
Kayma direnci[4] (N/m)	$+45^o$	-0,648**
	-45^o	-0,683**
Öncü tepe yükü (cN)		-0,473**
Öncü tepe konumu (mm)		-0,290*
Ana tepe yükü (cN)		-0,589**
Ana tepe konumu (mm)		0,193
Statik sürtünme k.	Çözgü	-0,377**
	Atkı	-0,462**
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	-0,401**
	Atkı	-0,374**

Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $\rho < 0,05$ ve ** $\rho < 0,01$'dir.

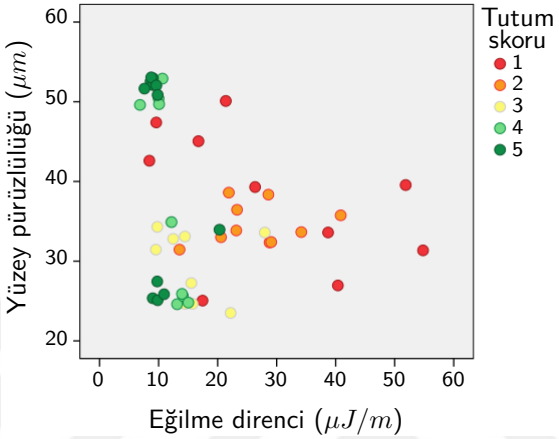
Tablo 3.40 A, B ve C serisindeki kumaşların tutum skoru ile yüzey profili parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları

Spearman's rho (N=24)[1], (N=27)[2]	**Test yönü**	**Tutum skoru[1]**	**Tutum skoru[2]**
Ra (μm)	Çözgü	0,440*	-0,398*
	Atkı	0,443*	-0,128
Rq (μm)	Çözgü	0,432*	-0,380
	Atkı	0,439*	-0,106
Rp (μm)	Çözgü	0,869**	-0,424*
	Atkı	0,414*	-0,056
Rmrd (%)	Çözgü	-0,729**	0,494**
	Atkı	-0,424*	-0,045
RΔq	Çözgü	0,566**	-0,170
	Atkı	0,420*	0,100

Tutum skoru[1] altında A, B, ve C serisi (sistematik denim kumaşlar); tutum skoru[2] altında D, E ve T serisi (durum analizi numune grubu kumaşları) için hesaplanan korelasyon katsayıları yer almaktadır. Korelasyon katsayısı anlamlılık düzeyi * $\rho < 0,05$ ve ** $\rho < 0,01$'dir.

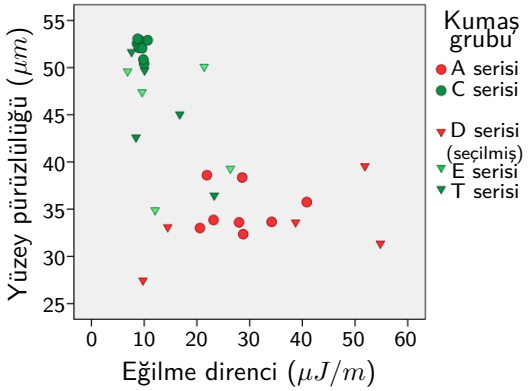
Sonuçlar incelendiğinde, kumaşların yüzey profili parametreleri ve tüketiciler tarafından belirlenen tutum skoru değerleri arasında, kumaş tipine bağlı olarak farklı ilişkiler saptanabileceği görülmektedir. Bu durumun bir sebebi, denim kumaşların

tutum skoru belirlenirken, tüketicilerin eğilme direnci ve kayma direnci gibi mekanik özelliklere öncelik vermesidir. Şekil 3.52'de görülüğü gibi, ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rq) değerleri düşük seviyede olan kumaşlar da, yüksek seviyede olan kumaşlar da tüketiciler tarafından çok iyi tutuma sahip (tutum skoru 5) olarak değerlendirilmiştir. Öte yandan, kumaşların ortalama eğilme direnci değerleri arttıkça, tutum skoru değerlerinin düştüğü görülmektedir.



Şekil 3.52 Denim kumaşların tutum skoruna göre gruplanmış, pürüzlülük (Rq) ve eğilme direnci değerleri

Kumaşların yüzey profili parametreleri ve tüketiciler tarafından belirlenen tutum skoru değerleri arasında, kumaş tipine bağlı olarak farklı ilişkiler saptanmasının diğer bir sebebi de, yüzey profilinde μm hassasiyetle kaydedilen sapmaların, sert pürüzlerden kaynaklanabileceği gibi, yüzeye çıkan liflerin oluşturduğu yumuşak tüylerden de kaynaklanabilmesidir. Ortalama eğilme direnci ve yüzey pürüzlülüğü (Rq) değerlerinin verildiği Şekil 3.53'te, dokunsal konforun iyileştirilmesi amacıyla yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş kumaşların sonuçları yeşil renkli semboller ile, bu kumaşların işlem görmeden önceki hallerine ilişkin sonuçlar ise kırmızı renkli semboller ile ifade edilmiştir. Uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemleri ile, kumaşların eğilme direnci azalırken, yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Sistematik denim kumaşların yıkama ve yumuşatma işlemleri sonrasında tüketiciler tarafından belirlenen tutum skoru değerleri artarken, iyileştirilmek üzere seçilen durum analizi numune grubundaki kumaşların tutum skorunda belirgin bir değişim gözlemlenmemiştir.



Şekil 3.53 Yıkama işlemine tabi tutulmuş denim kumaşların ve işlem görmeden önceki hallerinin kumaş tipine göre gruplanmış pürüzlülük (Rq) ve eğilme direnci değerleri

3.3.2 Uzman Jüri Değerlendirmesi Sonuçları

Tez kapsamındaki sistematik denim kumaşların (A serisi, B serisi ve C serisi), durum analizi numune grubu kumaşlarının (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E serisi ve T serisi) dokunsal konfor ile ilişkili olduğu bilinen sertlik-yumuşaklık özelliği ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özelliği, uzman jüri tarafından duyusal testler ile değerlendirilmiştir.

3.3.2.1 Durum Analizi Numune Grubu Kumaşları

Durum analizi numune grubundaki kumaşların (D serisi) ve dokunsal konforu geliştirilmiş durum analizi numune grubu kumaşlarının (E ve T serisi) uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık puanları ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları Tablo 3.41'de görülmektedir. Durum analizi numune grubu kumaşları arasında en sert bulunan kumaşlar, en düşük sertlik-yumuşaklık puanlarına sahip olan D1.2 (puanı 8,2) ve D1.3 (puanı 8,8) kodlu kumaşlardır. Bu kumaşlar %100 pamuktur ve bezayağı örgü raporuna sahiptir. Uzman jüri tarafından çok sert olarak değerlendirilen bu iki kumaş tipinin tutumu, tüketiciler tarafından da çok kötü olarak değerlendirilmiştir (tutum skoru 1) (Şekil 3.54).

Durum analizi numune grubunda yüksek eğilme direncine sahip bir diğer kumaş

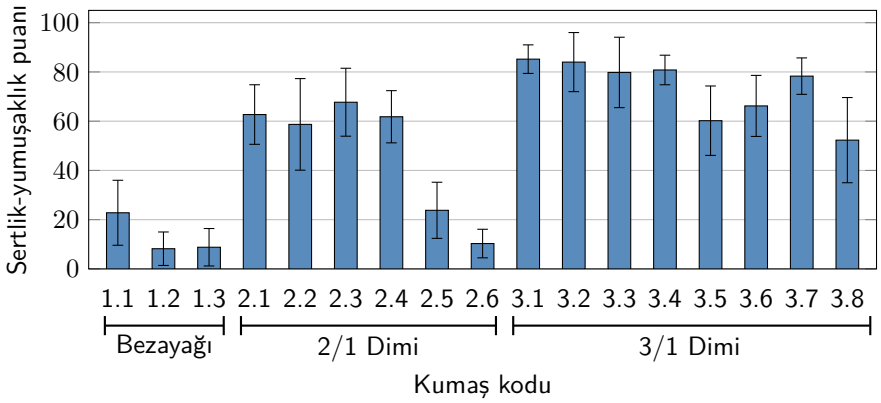
Tablo 3.41 D, E ve T serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları

Kumaş kodu	Sertlik-yumuşaklık puanı		Pürüzlü y.-düzgün y. puanı	
D1.1	22,8	(13,2)	32,5	(16,8)
D1.2	8,2	(6,8)	43,5	(16,9)
D1.3	8,8	(7,6)	7,7	(7,4)
D2.1	62,7	(12,1)	81,0	(7,6)
D2.2	58,7	(18,6)	61,2	(5,0)
D2.3	67,7	(13,8)	62,5	(8,8)
D2.4	61,8	(10,6)	64,5	(10,1)
D2.5	23,8	(11,4)	52,3	(15,6)
D2.6	10,3	(5,8)	31,7	(15,7)
D3.1	85,2	(5,8)	85,0	(9,0)
D3.2	84,0	(12,0)	86,5	(5,6)
D3.3	79,8	(14,3)	86,5	(7,1)
D3.4	80,8	(6,0)	84,3	(10,1)
D3.5	60,2	(14,1)	62,3	(14,3)
D3.6	66,2	(12,4)	75,7	(9,3)
D3.7	78,3	(7,4)	78,2	(10,2)
D3.8	52,3	(17,3)	61,7	(10,7)
E1.1	22,7	(11,8)	42,0	(14,6)
E1.3	74,5	(12,4)	48,3	(10,0)
E2.4	75,0	(12,3)	77,5	(9,6)
E2.6	27,2	(11,0)	54,5	(13,4)
E3.3	91,3	(4,6)	81,0	(12,2)
T1.1	42,0	(14,4)	68,8	(12,1)
T1.3	82,5	(8,3)	60,2	(13,2)
T2.4	83,8	(10,2)	87,5	(8,4)
T2.6	44,3	(19,1)	72,5	(15,3)
T3.3	93,8	(3,8)	88,5	(8,3)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir.
Sertlik "0" ve yumuşaklık "100" puanı ile ifade edilmektedir.
Pürüzlü yüzey "0" ve düzgün yüzey "100" puanı ile ifade edilmektedir.

tipi de D2.6 kodlu kumaştır. Ön yüzü indigo kaplama işlemi görmüş olan bu kumaş tipi, uzman jüri tarafından çok sert bulunmuştur ve puanı 10,3'tür. Ön yüzü indigo kaplama işlemi görmüş bir diğer kumaş tipi de D2.5 kodlu kumaştır. D2.5 kodlu kumaş, uzman jüri tarafından sert bulunmuştur ve puanı 23,8'dir. Uzman jüri değerlendirmesi bulgularına benzer olarak, ön yüzü indigo kaplamalı bu iki kumaş tipinin tutumu tüketiciler tarafından da çok kötü olarak değerlendirilmiştir.

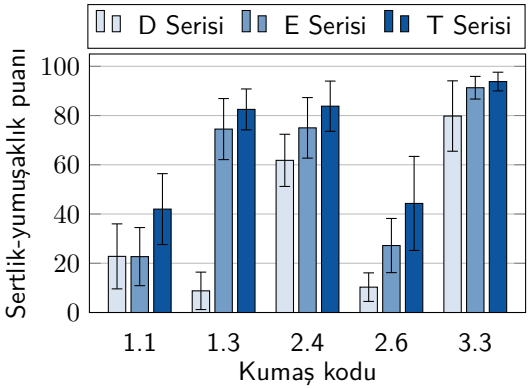
Atkı yönünde %100 keten içeren D1.1 kodlu kumaş, durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde, atkı yönünde ölçülen en yüksek eğilme direnci değerine sahiptir. Bu kumaş tipi uzman jüri tarafından sert olarak değerlendirilmiştir (puanı 22,8), tüketici tutum skoru da 1'dir.



Şekil 3.54 D serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık puanları (Sertlik "0" ve yumuşaklık "100" puanı ile ifade edilmektedir.)

Denim kumaşlara uygulanan yıkama işlemlerinin, kumaş tutumunu iyileştirmesi ve dolayısıyla sertlik-yumuşaklık puanını arttırması beklenmektedir (Juciene ve ark., 2006; Yang ve ark., 2013; Mir ve ark., 2014; Halleb ve ark., 2015; Maryan ve Montazer, 2015). Dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla seçilen durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde D1.1, D1.3 ve D2.6 kodlu kumaş tipleri yer almaktadır (D1.2 kodlu ile D1.3 kodlu kumaşların benzer olması sebebiyle, sadece bir tip iyileştirmeye dahil edilmiştir.) E1.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.3 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E1.3 kodlu kumaş uzman jüri tarafından yumuşak bulunmuştur ve puanı 74,5'tir. T1.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.3 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T1.3 kodlu kumaş uzman jüri tarafından çok yumuşak bulunmuştur ve puanı 82,5'tir. D1.3 kodlu kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanını 66 birim arttırmıştır. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise, sertlik-yumuşaklık puanını 74 birim arttırmıştır (Şekil 3.55). Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin %100 pamuk bezayağı kumaş tipinin sertlik-yumuşaklık özelliğinde yüksek seviyede bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

E2.6 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.6 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E2.6 kodlu



Şekil 3.55 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık puanları (Sertlik "0" ve yumuşaklık "100" puanı ile ifade edilmektedir.)

kumaş uzman jüri tarafından sert bulunmuştur ve puanı 27,2'dir. T2.6 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.6 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T2.6 kodlu kumaş uzman jüri tarafından orta sertlikte bulunmuştur ve puanı 44,3'tür. D2.6 kodlu kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemleri, uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanını 17 birim arttırmıştır. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise, sertlik-yumuşaklık puanını 34 birim arttırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin indigo kaplamalı kumaş tipinin sertlik-yumuşaklık özelliğinde orta seviyede bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

E1.1 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.1 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E1.1 kodlu kumaş uzman jüri tarafından sert bulunmuştur ve puanı 22,7'dir. T1.1 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.1 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T1.1 kodlu kumaş uzman jüri tarafından orta sertlikte bulunmuştur ve puanı 42,0'dir. D1.1 kodlu kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanını değiştirmemiştir. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise, sertlik-yumuşaklık puanını 19 birim arttırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin %100 keten

atkı ipliğine sahip kumaş tipinin sertlik-yumuşaklık özelliğinde düşük seviyede bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

Durum analizi numune grubunda D2.1, D2.2, D2.3 ve D2.4 kodlu 2/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşların sertlik-yumuşaklık değerleri orta seviyenin biraz üzerindedir ve birbirine yakın değerler almaktadır. Bu kumaş grubundan dokunsal konfor iyileştirmesi için seçilen D2.4 kodlu kumaş tipinin uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanı 61,8'dir ve tutumu tüketiciler tarafından da orta seviyede (tutum skoru 3) olarak değerlendirilmiştir. E2.4 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.4 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E2.4 kodlu kumaş uzman jüri tarafından yumuşak bulunmuştur ve puanı 75,0'dır. T2.4 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.4 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T2.4 kodlu kumaş uzman jüri tarafından çok yumuşak bulunmuştur ve puanı 83,8'dir. D2.4 kodlu kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanını 13 birim arttırmıştır. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise, sertlik-yumuşaklık puanını 22 birim arttırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin orta sertlikteki bir kumaş tipinin sertlik-yumuşaklık özelliğinde düşük seviyede bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

Durum analizi numune grubunda D3.1, D3.2, D3.3 ve D3.4 kodlu 3/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşların sertlik-yumuşaklık puanları oldukça yüksektir ve birbirine yakın değerler almaktadır. Bu kumaş grubundan dokunsal konfor iyileştirmesi için seçilen D3.3 kodlu kumaş tipinin uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanı 79,8'dir ve tutumu tüketiciler tarafından yumuşak (tutum skoru 5) olarak değerlendirilmiştir. E3.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D3.3 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E3.3 kodlu kumaş uzman jüri tarafından çok yumuşak bulunmuştur ve puanı 91,3'tür. T3.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D3.3 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T3.3 kodlu

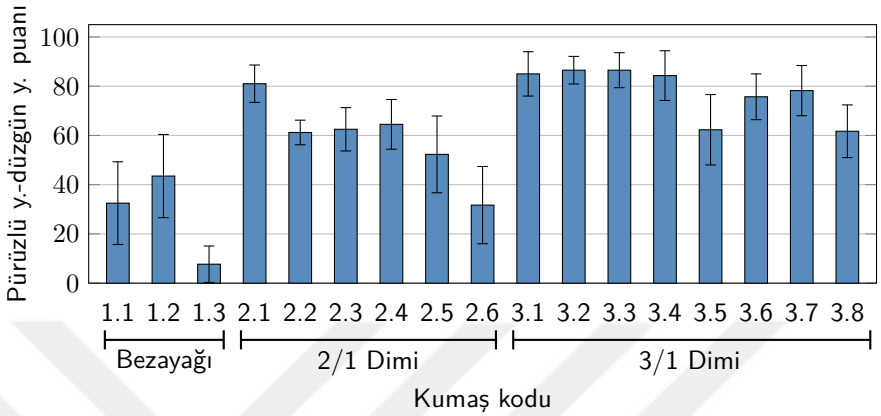
kumaş uzman jüri tarafından çok yumuşak bulunmuştur ve puanı 93,8'dir. D3.3 kodlu kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanını 12 birim arttırmıştır. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise, sertlik-yumuşaklık puanını 14 birim arttırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin işlem görmemiş durumda çok yumuşak olarak değerlendirilen bir kumaş tipi için sertlik-yumuşaklık özelliğinde düşük seviyede bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

Durum analizi numune grubu kumaşları arasında yüzeyi en pürüzlü bulunan kumaş, en düşük pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanına sahip olan D1.3 (puanı 7,7) kodlu kumaştır. D1.3 kodlu kumaş %100 pamuktur ve bezayağı örgü raporuna sahiptir. Bu kumaş tipi tüketiciler tarafından da çok kötü (tutum skoru 1) olarak değerlendirilmiştir. D1.2 kodlu kumaş tipi ise, D1.3 kodlu kumaşla oldukça benzer yapısal ve mekanik özelliklere sahip olmasına rağmen, uzman jüri tarafından D1.3 kodlu kumaşa göre çok daha pürüzsüz (puanı 43,5) olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.56).

Durum analizi numune grubuna ait D2.6 kodlu, ön yüzü indigo kaplama işlemi görmüş olan kumaş tipinin yüzeyi, uzman jüri tarafından pürüzlü bulunmuştur ve puanı 31,7'dir. Katılımcıların bu kumaş tipini değerlendirirken kararsızlık yaşadığı gözlemlenmiştir. Katılımcılar yaşadıkları çelişkiyi "yüzeyde belirgin pürüzler olmamasına rağmen hissedilen yüzey yapısının rahatsız edici olduğunu" ifade ederek açıklamıştır ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını bu hisse dayanarak belirlemiştir. Bu kumaş tipi, tüketiciler tarafından da çok kötü (tutum skoru 1) olarak değerlendirilmiştir. Ön yüzü indigo kaplama işlemi görmüş bir diğer kumaş tipi de D2.5 kodlu kumaştır. D2.5 kodlu kumaşın yüzeyi, uzman jüri tarafından orta pürüzlülükte bulunmuştur ve puanı 52,3'tür.

Dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla seçilen durum analizi numune grubu kumaşları içerisinde D1.1, D1.3 ve D2.6 kodlu kumaş tipleri yer almaktadır (D1.2 kodlu ile D1.3 kodlu kumaşların benzer olması sebebiyle, sadece bir tip iyileştirmeye

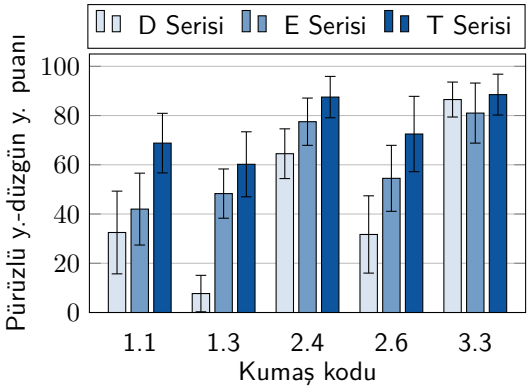
dahil edilmiştir). Denim kumaşlara uygulanan yıkama işlemlerinin, kumaş tutumunu iyileştirmesi ve dolayısıyla pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını arttırması beklenmektedir (Juciene ve ark., 2006; Yang ve ark., 2013; Mir ve ark., 2014; Halleb ve ark., 2015; Maryan ve Montazer, 2015).



Şekil 3.56 D serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları (Pürüzlü yüzey "0" ve düzgün yüzey "100" puanı ile ifade edilmektedir.)

E1.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.3 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E1.3 kodlu kumaşın yüzeyi uzman jüri tarafından orta pürüzlülükte bulunmuştur ve puanı 48,3'tür. T1.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.3 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T1.3 kodlu kumaşın yüzeyi uzman jüri tarafından düzgün bulunmuştur ve puanı 60,2'dir. D1.3 kodlu kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını 41 birim arttırmıştır. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını 53 birim arttırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin %100 pamuk bezayağı kumaş tipinin pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özelliğinde orta seviyede bir iyileşme sağladığı görülmektedir (Şekil 3.57).

E2.6 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.6 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E2.6 kodlu kumaşın yüzeyi uzman jüri tarafından orta pürüzlülükte bulunmuştur ve puanı



Şekil 3.57 E, T ve (seçilmiş) D serisi kumaşlarının uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları (Pürüzlü yüzey "0" ve düzgün yüzey "100" puanı ile ifade edilmektedir.)

54,5'tir. T2.6 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.6 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T2.6 kodlu kumaşın yüzeyi uzman jüri tarafından düzgün bulunmuştur ve puanı 72,5'tir. D2.6 kodlu kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemleri, uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını 23 birim arttırmıştır. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını 41 birim arttırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin indigo kaplamalı kumaş tipinin pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özelliğinde orta seviyede bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

Atkı yönünde %100 keten içeren D1.1 kodlu kumaş tipinin yüzeyi, uzman jüri tarafından pürüzlü olarak değerlendirilmiştir (puanı 32,5). E1.1 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.1 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E1.1 kodlu kumaşın yüzeyi uzman jüri tarafından orta pürüzlülükte bulunmuştur ve puanı 42,0'dir. T1.1 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D1.1 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T1.1 kodlu kumaşın yüzeyi uzman jüri tarafından düzgün bulunmuştur ve puanı 68,8'dir. D1.1 kodlu kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını 10 birim arttırmıştır. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey

puanını 36 birim arttırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin %100 keten atkı ipliğine sahip kumaş tipinin pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özelliğinde düşük seviyede bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

Durum analizi numune grubunda D2.2, D2.3 ve D2.4 kodlu 2/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşların pürüzlü yüzey-düzgün yüzey değerleri orta seviyenin biraz üzerindedir ve birbirine yakın değerler almaktadır. Bu kumaş grubundan dokunsal konfor iyileştirmesi için seçilen D2.4 kodlu kumaş tipinin uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı 64,5'tir ve tutumu tüketiciler tarafından da orta seviyede (tutum skoru 3) olarak değerlendirilmiştir. E2.4 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.4 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E2.4 kodlu kumaşın yüzeyi uzman jüri tarafından düzgün bulunmuştur ve puanı 77,5'tir. T2.4 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D2.4 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T2.4 kodlu kumaşın yüzeyi uzman jüri tarafından çok düzgün bulunmuştur ve puanı 87,5'tur. D2.4 kodlu kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını 13 birim arttırmıştır. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını 23 birim arttırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin orta pürüzlülükteki bir kumaş tipinin pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özelliğinde düşük seviyede bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

Durum analizi numune grubunda D3.1, D3.2, D3.3 ve D3.4 kodlu 3/1 dimi örgü raporuna sahip kumaşların pürüzlü yüzey-düzgün yüzey değerleri oldukça yüksektir ve birbirine yakın değerler almaktadır. Bu kumaş grubundan dokunsal konfor iyileştirmesi için seçilen D3.3 kodlu kumaş tipinin uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı 86,5'tir ve tutumu tüketiciler tarafından da çok yumuşak (tutum skoru 5) olarak değerlendirilmiştir. E3.3 kodlu denim kumaş, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D3.3 kodlu kumaşın enzim yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. E3.3 kodlu kumaşın yüzeyi uzman jüri tarafından çok düzgün bulunmuştur ve puanı 81,0'dir. T3.3 kodlu denim kumaş,

dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla, D3.3 kodlu kumaşın taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş halidir. T3.3 kodlu kumaşın yüzeyi uzman jüri tarafından çok düzgün bulunmuştur ve puanı 88,5'tir. D3.3 kodlu kumaşın dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla uygulanan enzim yıkama ve yumuşatma işlemi, uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını 6 birim düşürmüştür. Taş yıkama ve yumuşatma işlemi ise, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını 2 birim arttırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemlerinin işlem görmemiş durumda çok düzgün yüzeyli olarak değerlendirilen bir kumaş tipinin pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özelliğinde anlamlı bir fark yaratmadığı görülmektedir.

3.3.2.2 Sistematik Denim Kumaşları

Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık puanları ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları Tablo 3.42'de görülmektedir. Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık puanlarına etkisi, A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş, B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş, C serisi için ise %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiştir. A06, A07 ve A08 kodlu kumaş tiplerinin referans kumaştan daha yüksek sertlik-yumuşaklık puanına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.58). A serisi kumaşlarının uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık puanları referans kumaşla kıyaslandığında diğer kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

B02 kodlu kumaş tipi hariç, B serisindeki tüm kumaşların referans kumaştan daha yüksek sertlik-yumuşaklık puanına sahip olduğu görülmektedir. Bu fark; B03, B04 ve B08 kodlu kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

C serisi kumaşlarının uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık puanları referans kumaşla kıyaslandığında ise hiç bir kumaş tipi için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

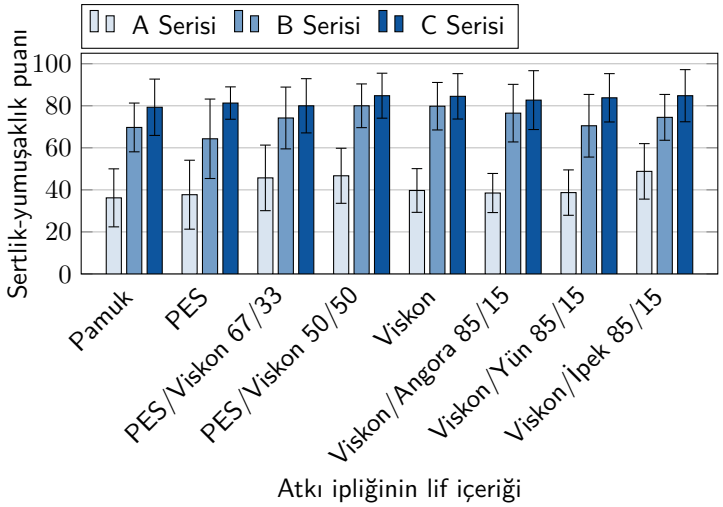
Tablo 3.42 A, B ve C serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları

Kumaş kodu	Sertlik-yumuşaklık puanı		Pürüzlü y.-düzgün y. puanı	
A01	36,2	(13,8)	40,7	(13,4)
A02	37,7	(16,4)	44,3	(17,7)
A03	39,7	(10,4)	46,8	(14,8)
A04	38,5	(9,3)	41,7	(14,3)
A05	38,7	(10,8)	34,2	(14,2)
A06	48,8	(13,2)	46,5	(8,8)
A07	45,7	(15,6)	49,7	(14,4)
A08	46,7	(13,1)	46,8	(13,4)
B01	69,7	(11,6)	52,8	(12,4)
B02	64,3	(18,9)	59,2	(10,7)
B03	79,8	(11,3)	77,3	(11,4)
B04	76,5	(13,7)	67,5	(15,8)
B05	70,5	(14,9)	60,5	(13,3)
B06	74,5	(10,9)	59,5	(13,4)
B07	74,2	(14,7)	71,3	(6,5)
B08	80,0	(10,4)	77,8	(8,7)
C01	79,3	(13,4)	78,7	(8,9)
C02	81,3	(7,7)	68,7	(12,1)
C03	84,5	(10,8)	76,2	(16,0)
C04	82,7	(14,0)	74,7	(12,8)
C05	83,8	(11,5)	79,0	(14,6)
C06	84,8	(12,4)	76,8	(12,9)
C07	80,0	(12,9)	67,0	(14,6)
C08	84,8	(10,7)	71,5	(15,6)

Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir. Sertlik "0" ve yumuşaklık "100" puanı ile ifade edilmektedir. Pürüzlü yüzey "0" ve düzgün yüzey "100" puanı ile ifade edilmektedir.

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı ile sertlik-yumuşaklık puanı arasındaki korelasyon; A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak incelenmiştir. B serisi kumaşları için atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların sertlik-yumuşaklık puanı arasındaki Spearman korelasyon katsayısı $rs = -0,331$ olarak hesaplanmıştır ($\rho < 0,05$). Poliester oranı arttıkça, sertlik-yumuşaklık puanı düşmektedir. A serisi ve C serisi için ise poliester oranı ile sertlik-yumuşaklık puanı arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Poliesterin viskon ile karışım halinde kullanılması durumunda, sertlik-yumuşaklık özelliğinde anlamlı bir iyileşme sağlanmıştır. Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009). Atkı yönünde poliester kullanılan kumaş tipleri ile pamuk kullanılan referans kumaş tiplerinin sertlik-yumuşaklık puanları arasında ise anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

%100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı



Şekil 3.58 A, B ve C serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık puanları (Sertlik "0" ve yumuşaklık "100" puanı ile ifade edilmektedir.)

atkı ipliğine sahip kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sertlik-yumuşaklık puanları arasındaki fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiştir. A serisi kumaşlarından atkı yönünde %15 oranında ipek içeren A06 kodlu kumaşın sertlik-yumuşaklık puanı %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaştan (A03) yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). B serisi kumaşlarından atkı yönünde %15 oranında yün içeren B05 kodlu kumaşın sertlik-yumuşaklık puanı %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaştan (B03) düşüktür ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). C serisindeki viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların sertlik-yumuşaklık puanları ile %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşın (C03) sertlik-yumuşaklık puanı arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin sertlik-yumuşaklık puanına etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. B serisindeki kumaşların A serisine göre daha yüksek sertlik-yumuşaklık puanına sahip olduğu görülmektedir. Fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiş ve tüm kumaş çiftleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Kumaşları bezayağı örgü raporu ile ve daha düşük sıklıkta dokumak, sertlik-yumuşaklık puanını 26 ile 40 birim arasında değişen miktarda arttırmıştır.

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin sertlik-yumuşaklık puanına etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşların A serisine göre daha yüksek sertlik-yumuşaklık puanına sahip olduğu görülmektedir. Fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiş ve tüm kumaş çiftleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Taş yıkama işlemi ile kumaşların sertlik-yumuşaklık puanı 34 ile 45 birim arasında değişen miktarda artmıştır. Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Juciene ve ark., 2006; Yang ve ark., 2013; Mir ve ark., 2014; Halleb ve ark., 2015; Maryan ve Montazer, 2015).

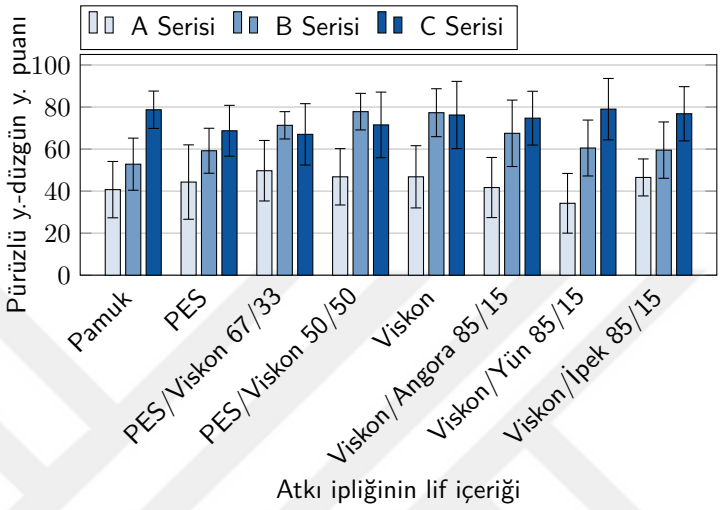
Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanlarına etkisi, A serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş, B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş, C serisi için ise %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiştir. A03, A07 ve A08 kodlu kumaş tiplerinin referans kumaştan daha yüksek pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.59). A serisi kumaşlarının uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları referans kumaşla kıyaslandığında diğer kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

B03, B04, B07 ve B08 kodlu kumaş tiplerinin referans kumaştan daha yüksek pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanına sahip olduğu görülmektedir. B serisi kumaşlarının uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları referans kumaşla kıyaslandığında diğer kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

C02 ve C07 kodlu kumaş tiplerinin referans kumaştan daha düşük pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanına sahip olduğu görülmektedir. C serisi kumaşlarının uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları referans kumaşla kıyaslandığında diğer kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

A serisi için poliester/viskon karışımı veya %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaş tiplerinin yüzeyi, uzman jüri tarafından %100 pamuk kumaştan daha düzgün

bulunmuştur. B serisi için poliester viskon karışımı, %100 viskon veya %85 viskon %15 angora içeren atkı ipliğine sahip kumaş tiplerinin yüzeyi, uzman jüri tarafından %100 pamuk kumaştan daha düzgün bulunmuştur. C serisi için ise %67 ve daha yüksek oranda poliester içeren atkı ipliğine sahip kumaş tiplerinin yüzeyi uzman jüri tarafından %100 pamuk kumaştan daha pürüzlü bulunmuştur.



Şekil 3.59 A, B ve C serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları (Pürüzlü yüzey "0" ve düzgün yüzey "100" puanı ile ifade edilmektedir.)

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı ile pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı arasındaki korelasyon; A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak incelenmiştir. B serisi kumaşları için atkı ipliğindeki poliester oranı ile kumaşların pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı arasındaki Spearman korelasyon katsayısı $rs = -0,576$ olarak hesaplanmıştır ($\rho < 0,05$). Poliester oranı arttıkça, kumaşların pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı düşmektedir. A serisi ve C serisi için ise poliester oranı ile pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Poliesterin viskon ile karışım halinde kullanılması durumunda, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özelliğinde anlamlı bir iyileşme sağlanmıştır. Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Nayak ve ark., 2009).

Tez çalışması kapsamında incelenen, atkı yönünde poliester kullanılan kumaş tipleri ile pamuk kullanılan referans kumaş tiplerinin pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları arasında ise sadece C serisi için anlamlı fark saptanmıştır ($p < 0,05$). Atkı

yönünde poliester kullanılması, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özelliğini kötüleştirmiştir. Bu bulgu, önceki çalışmalarda belirtilen bulgular ile uyumlu değildir.

Araştırmacılar, poliester içeren kumaşların yüzeyinin, hammaddesi pamuk olan kumaşlara göre daha pürüzsüz olduğunu ifade etmektedir (Arshi ve ark., 2012b; Sülar ve ark., 2013). Önceki çalışmalarda incelenen kumaşların denim kumaşlara özgü yıkama işlemine tabi tutulmadığı göz önünde bulundurulduğunda, literatür verileri ile tez bulguları arasında gözlemlenen bu farkın, C serisindeki kumaşlara uygulanan yıkama işleminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

%100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları arasındaki fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiştir. A serisi kumaşlarından atkı yönünde %15 oranında yün içeren A05 kodlu kumaşın pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaştan (A03) düşüktür ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). B serisi kumaşlarından atkı yönünde %15 oranında hayvansal lif içeren tüm kumaş tiplerinin (B04, B05 ve B06) pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaştan (B03) düşüktür ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). C serisindeki viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları ile %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşın (C03) pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Bulgular göstermektedir ki, atkı yönünde %15 oranında hayvansal lif içeren atkı ipliğinin kullanılması, %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşa kıyasla yüzey pürüzlülük seviyesini kötüleştirebilmektedir (A serisi ve B serisi). Öte yandan taş yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş kumaşlar için (C serisi) atkı yönünde kullanılan hayvansal liflerin anlamlı bir etkisi saptanmamıştır.

Farklı dokuma işlemi parametrelerinin pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanına etkisini, A ve B serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. B serisindeki kumaşların A serisine göre daha yüksek pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanına sahip olduğu görülmektedir. Fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiş ve A06-B06

kodlu kumaşlar hariç tüm kumaş çiftleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Kumaşları bezayağı örgü raporu ile ve daha düşük sıklıkta dokumak, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını 12 ile 31 birim arasında değişen miktarda arttırmıştır. En yüksek artış, atkı yönünde %100 viskon içeren A03-B03 kodlu kumaş çifti (30,5 puan) ve %50 poliester %50 viskon içeren A08-B08 kodlu kumaş çifti (31 puan) arasında gözlemlenmiştir. En düşük artış ise, atkı yönünde %100 pamuk içeren A01-B01 kodlu kumaş çifti (12,2 puan) ve %85 viskon %15 ipek içeren A06-B06 kodlu kumaş çifti (13 puan) arasında gözlemlenmiştir.

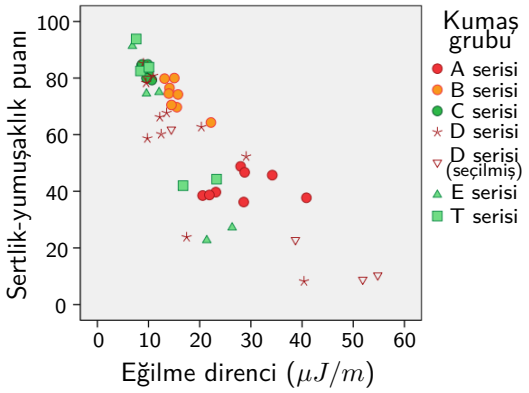
Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanına etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. C serisindeki kumaşların A serisine göre daha yüksek pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanına sahip olduğu görülmektedir. Fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiş ve tüm kumaş çiftleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Taş yıkama işlemi ile kumaşların pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanın 17 ile 45 birim arasında değişen miktarda arttırmıştır. En yüksek artış, atkı yönünde %100 pamuk içeren A01-C01 kodlu kumaş çifti (38 puan) ve %85 viskon %15 yün içeren A05-C05 kodlu kumaş çifti (44,8 puan) arasında gözlemlenmiştir. En düşük artış ise, atkı yönünde %67 poliester %33 viskon içeren A07-C07 kodlu kumaş çifti (17,3 puan) arasında gözlemlenmiştir.

Uygulanan yıkama işlemi, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanını arttırmıştır. Yıkama işlemi uygulanmış kumaşlar uzman jüri tarafından daha pürüzsüz olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgu mevcut literatür ile uyumludur (Juciene ve ark., 2006; Yang ve ark., 2013; Mir ve ark., 2014; Halleb ve ark., 2015; Maryan ve Montazer, 2015).

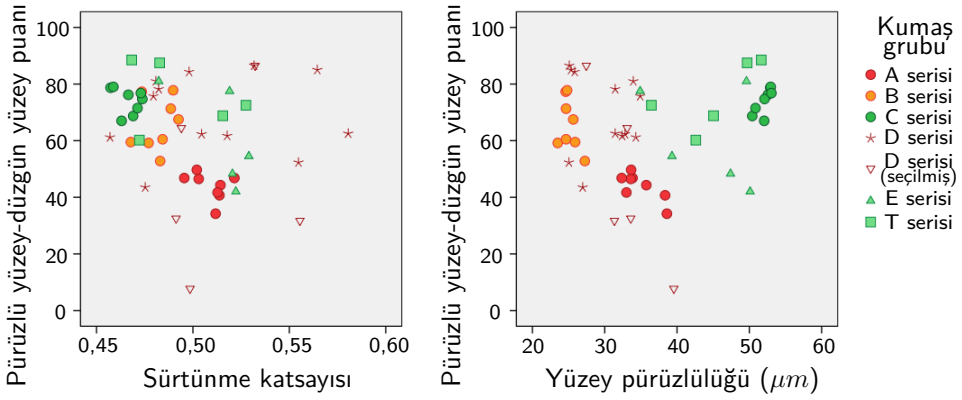
3.3.2.3 Uzman Jüri Değerlendirmesine İlişkin Korelasyonlar

Uzman jüri değerlendirmesi ile elde edilen sertlik-yumuşaklık puanı ile pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde; verilerin doğru orantılı olduğu saptanmıştır ($rs = 0,819$; $\rho < 0,05$). Tüketici tutum

değerlendirmesinden elde edilen tutum skoru verileri ile uzman jüri değerlendirmesi ile elde edilen sertlik-yumuşaklık puanı ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı arasındaki korelasyon katsayısı ise sırasıyla $rs = 0,826$ ve $rs = 0,793$ olarak hesaplanmıştır ($\rho < 0,05$). Bu bulgu, tüketicilerin denim kumaşların tutum özelliklerini serbest şekilde değerlendirirken öncelikli olarak sertlik-yumuşaklık özelliğine, daha sonra pürüzlü yüzey-düzgün yüzey özelliğine dikkat ettiğini, öte yandan iki parametrenin de tüketicilerin tutum skoru kararında yüksek oranda etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.60 Denim kumaşların kumaş tipine göre gruplanmış, uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanı ve ortalama eğilme direnci değeri



Şekil 3.61 Denim kumaşların kumaş tipine göre gruplanmış, uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı, ortalama sürtünme katsayısı ve ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rq) değerleri

Kumaşların uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanı; kalınlık ve sıkıştırılmış kalınlık değeri ile doğru orantılıdır, sıkıştırılabilme oranı ile ise anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Sertlik-yumuşaklık puanı; eğilme direnci, kayma

direnci ve halkadan çekme yükü (öncü tepe yükü ve ana tepe yükü) ile ters orantılı, düşük yük altında uzama yeteneği ve halkadan çekme testi ile kaydedilen ana tepe konumu ile doğru orantılıdır (Tablo 3.43). Uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanları ile en yüksek korelasyon gösteren kumaş özelliği, diyagonal yönde ölçülen eğilme direncidir. Bu bulgu, eğilme direncinin standartta belirtilen atkı ve çözgü yönlerine ek olarak diyagonal yönde de ölçülmesinin, eğilme davranışının daha kapsamlı şekilde anlaşılması bakımından önemini ortaya koymaktadır. Ortalama eğilme direnci ile uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanı arasındaki korelasyon katsayısı $rs = -0,886$'dır ($\rho < 0,05$). Şekil 3.60'ta kumaş tipine göre gruplanmış halde ortalama eğilme direnci ve sertlik-yumuşaklık puanına ilişkin değerler görülmektedir. Sertlik-yumuşaklık puanı aynı zamanda, halkadan çekme testi esnasında kaydedilen ana tepe yük değeri ile de yüksek korelasyon göstermektedir. Bulgular, mevcut literatür ile uyumludur (Verdu ve ark., 2009; Sülar ve Okur, 2008b).

Kumaşların uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı; sıkıştırılmış kalınlık değeri ile doğru orantılıdır, sıkıştırılabilme oranı için ise anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı; eğilme direnci, kayma direnci, halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe yükü ve ana tepe yükü ile ters orantılıdır; düşük yük altında uzama yeteneği ile doğru orantılıdır (Tablo 3.43).

Şekil 3.61'de; dokunsal konforun iyileştirilmesi amacıyla yıkama (enzim/taş+enzim) ve yumuşatma işlemine tabi tutulmuş kumaşlar yeşil renkli semboller ile, enzim veya taş+enzim yıkama işlemi görmemiş kumaşlar kırmızı renkli semboller ile işaretlenmiştir. Uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemleri ile, kumaşların yüzey pürüzlülüğü artarken, sürtünme katsayısı azalmıştır. Kumaşların yıkama ve yumuşatma işlemleri sonrasında uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanının da arttığı gözlemlenmiştir. Uzman jüri tarafından oldukça pürüzsüz (pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı 60'ın üzerinde) olarak değerlendirilen kumaş tipleri içerisinde, ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rq) düşük olan kumaşlar da, yüksek olan kumaşlar da yer almaktadır.

Tablo 3.43 A, B, C, D, E ve T serisi kumaşlarının sertlik-yumuşaklık ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları ile kumaş özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Spearman's rho (N=51)	**Test yönü**	**Sertlik-yumuşaklık puanı**	**Pürüzlü y.-düzgün y. puanı**
Kumaş kalınlığı[1] (mm)		0,409**	0,274
Kumaş kalınlığı[2] (mm)		0,446**	0,312*
Sıkıştırılabilme oranı (%)		0,175	0,101
Uzama yeteneği (%)	Çözgü	0,401**	0,394**
	Atkı	0,604**	0,546**
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	-0,572**	-0,575**
	Atkı	-0,714**	-0,440**
	$+45^o$	-0,879**	-0,650**
	-45^o	-0,882**	-0,721**
Kayma direnci[3] (N/m)	$+45^o$	-0,730**	-0,678**
	-45^o	-0,674**	-0,653**
Kayma direnci[4] (N/m)	$+45^o$	-0,784**	-0,711**
	-45^o	-0,790**	-0,781**
Öncü tepe yükü (cN)		-0,743**	-0,753**
Öncü tepe konumu (mm)		-0,190	-0,123
Ana tepe yükü (cN)		-0,804**	-0,788**
Ana tepe konumu (mm)		0,301*	0,237
Statik sürtünme k.	Çözgü	-0,333*	-0,273
	Atkı	-0,454**	-0,188
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	-0,379**	-0,268
	Atkı	-0,389**	-0,096

Kalınlık[1] 5 g/cm^2 ve kalınlık[2] 50 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değeridir. Kayma direnci[3] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[4] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $\rho < 0,05$ ve ** $\rho < 0,01$'dir.

Tablo 3.44 A, B ve C serisindeki kumaşların sertlik-yumuşaklık ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanları ile yüzey profili parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları

Spearman's rho (N=24)	**Test yönü**	**Sertlik-yumuşaklık puanı**	**Pürüzlü y.-düzgün y. puanı**
Ra (μm)	Çözgü	0,389	0,237
	Atkı	0,416*	0,231
	Ortalama	0,389	0,248
Rq (μm)	Çözgü	0,383	0,232
	Atkı	0,417*	0,232
	Ortalama	0,397	0,238
Rp (μm)	Çözgü	0,813**	0,684**
	Atkı	0,405*	0,226
	Ortalama	0,413*	0,199
Rmrd (%)	Çözgü	-0,669**	-0,581**
	Atkı	-0,427*	-0,282
	Ortalama	-0,826**	-0,709**
RΔq	Çözgü	0,587**	0,548**
	Atkı	0,415*	0,214
	Ortalama	0,528**	0,325

Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $\rho < 0,05$ ve ** $\rho < 0,01$'dir.

Kumaşların sertlik-yumuşaklık puanı; statik ve dinamik sürtünme katsayıları ile ters orantılıdır. Kumaşların pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı ile sürtünme

katsayıları arasında, tüm kumaşlar bir arada değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Öte yandan sistematik denim kumaşların (N=24) pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı ile sürtünme katsayıları ters orantılıdır. Korelasyon katsayıları; statik sürtünme katsayısı için çözgü yönünde $rs = -0,671$ ve atkı yönünde $rs = -0,707$, dinamik sürtünme katsayısı için çözgü yönünde $rs = -0,669$ ve atkı yönünde $rs = -0,490$ olarak hesaplanmıştır ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($\rho < 0,05$).

Tez kapsamındaki tüm denim kumaşlar bir arada ele alındığında (N=51), uzman jüri değerlendirmesi sonuçları ve yüzey profili parametrelerine ilişkin değerler arasındaki ilişki şu şekildedir; sertlik-yumuşaklık puanı; yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve yüzey profil eğimi (RΔq) ile doğru orantılıdır; atkı yönündeki yüzey materyal oranı (Rmrd) ile ters orantılıdır. Korelasyon katsayıları; Rp için çözgü yönünde $rs = 0,276$ ve atkı yönünde $rs = 0,318$, RΔq için çözgü yönünde $rs = 0,412$ ve atkı yönünde $rs = 0,437$, Rmrd için atkı yönünde $rs = -0,392$ olarak hesaplanmıştır ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($\rho < 0,05$). Kumaşların pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı ise; sadece atkı yönünde kaydedilen yüzey profili eğimi (RΔq) ile doğru orantılıdır ($rs = 0,325$; $\rho < 0,05$).

Durum analizi numune grubu kumaşlarının sertlik-yumuşaklık puanı; sadece atkı yönünde kaydedilen profil eğimi (RΔq) ile doğru orantılıdır. Pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı ile yüzey profili parametreleri arasında, durum analizi numune grubu kumaşları değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır.

Sistematik denim kumaşların sertlik-yumuşaklık puanı; yüzey pürüzlülüğü, yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve profil eğimi (RΔq) ile doğru orantılı; yüzey materyal oranı (Rmrd) ile ters orantılıdır (Tablo 3.44). Pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı ise; sadece çözgü yönünde kaydedilen yüzey profili tepe yüksekliği (Rp), yüzey profil eğimi (RΔq) ve materyal oranı (Rmrd) ile anlamlı ilişki göstermektedir. Her iki uzman jüri değerlendirmesi için de, sistematik denim kumaşların pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı ile en yüksek korelasyona sahip yüzey parametresi,

ortalama materyal oranıdır.

Korelasyon analizi verileri, yüzey özelliklerini saptamak üzere gerçekleştirilen objektif ölçümlerin, duyusal değerlendirme esnasında algılanan pürüzlü yüzey-düzgün yüzey hissini tam olarak saptayamadığını ortaya koymaktadır. Pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı, yüzey özelliklerine ilişkin objektif ölçüm sonuçlarından ziyade, eğilme direnci ve kayma direnci gibi mekanik özellikler ile anlamlı korelasyon göstermektedir. Bu bulgu, dokunsal konforu yakından ilgilendiren pürüzlü yüzey-düzgün yüzey algısını daha doğru saptayacak ölçüm yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sertlik-yumuşaklık algısının ise, objektif testler ile oldukça doğru şekilde saptanabileceği görülmüştür. Geleneksel ölçüm yönteminde yapılması gereken tek değişiklik, eğilme direnci ölçümüne ilişkin standart (ASTM D1388-14) takip edilirken, atkı ve çözgü yönüne ek olarak kumaşların diyagonal yöndeki eğilme direncinin de ölçülmesidir.

Çalışma kapsamında elde edilen korelasyon katsayıları incelendiğinde, dokunsal konforun objektif testler ile belirlenmesi amacıyla kullanılabilecek ölçüm yöntemleri arasında halkadan çekme testinin ön plana çıktığı görülmektedir. Halkadan çekme testi esnasında kaydedilen ana tepe ve öncü tepe yük değerleri; uzman jüri ile gerçekleştirilen duyusal değerlendirmeden elde edilen sertlik-yumuşaklık puanı ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı ile oldukça yüksek korelasyon göstermektedir. Kumaşın halkadan çekilmesi esnasında kaydedilen yük değerleri; eğilme direnci, kayma direnci, sıkıştırılabilme oranı ve sürtünmeye kuvveti gibi pek çok kumaş özelliğinin bileşimi olduğundan, halkadan çekme testi ile pek çok dokunsal konfor parametresi bir arada değerlendirilebilmektedir.

3.3.3 Önkol Testi Sonuçları

Tez kapsamındaki sistematik denim kumaşların (A serisi, B serisi ve C serisi) dokunsal konfor ile ilişkili olduğu bilinen sıcak-soğuk hissi uzman jüri tarafından subjektif testler ile değerlendirilmiştir. Sistematik denim kumaşların (A, B ve C serisi) uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları Tablo

3.45'te görülmektedir.

Tablo 3.45 A, B ve C serisindeki kumaşların önkol testi sonuçları; sıcak-soğuk hissi puanları ve ısı değişimi değerleri

Kumaş kodu	Sıcak-soğuk hissi puanı	Isı değişimi (^oC)
A01	-0,70 (0,48)	0,00 (0,24)
A02	-0,50 (0,88)	-0,10 (0,21)
A03	-0,85 (0,97)	0,05 (0,28)
A04	-1,15 (0,41)	0,05 (0,16)
A05	-0,80 (0,89)	-0,15 (0,34)
A06	-0,60 (0,88)	-0,20 (0,26)
A07	-0,75 (0,63)	-0,10 (0,21)
A08	-0,70 (0,63)	-0,15 (0,24)
B01	-0,70 (0,92)	0,15 (0,24)
B02	-0,35 (0,58)	-0,20 (0,26)
B03	-0,65 (0,67)	0,10 (0,21)
B04	-0,70 (1,01)	0,05 (0,16)
B05	-0,85 (0,94)	-0,05 (0,28)
B06	-0,90 (0,66)	-0,10 (0,21)
B07	-0,40 (0,74)	0,20 (0,26)
B08	-0,45 (0,55)	-0,05 (0,16)
C01	-0,80 (0,86)	0,00 (0,24)
C02	-0,85 (0,82)	0,00 (0,00)
C03	-0,85 (0,91)	-0,05 (0,28)
C04	-1,00 (0,85)	0,05 (0,16)
C05	-0,95 (0,76)	0,00 (0,00)
C06	-1,15 (0,71)	0,00 (0,00)
C07	-1,10 (0,52)	-0,05 (0,16)
C08	-1,00 (0,75)	0,10 (0,32)

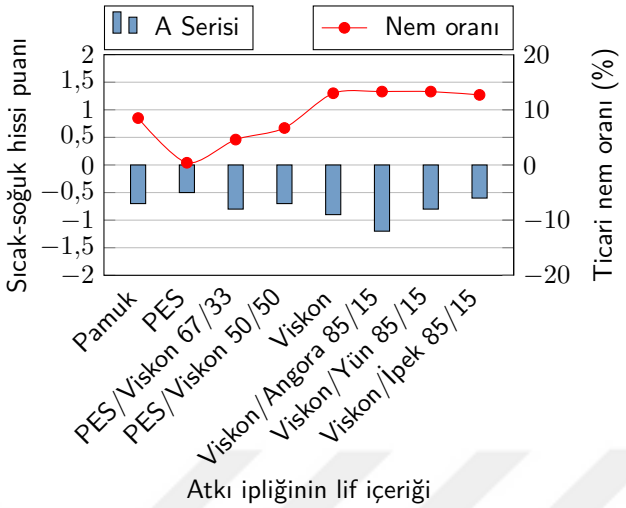
Sonuçlar ortalama (standart sapma) şeklinde verilmiştir. Sıcak-soğuk hissi puanı; "-2" Çok soğuk, "-1" Serin, "0" Nötr, "+1" Ilık ve "+2" Çok sıcak kavramlarını temsil etmektedir.

Nem absorbsiyon kapasitesi ve kumaş yapısı, termal konfor özellikleri üzerinde büyük oranda etkili bir parametredir. Sistematik denim kumaşların üretiminde kullanılan atkı ipliklerinin ticari nem oranı, geleneksel tekstil liflerinin nem alım oranlarını içeren GB 9994-2008 standardı referans alınarak, iplikteki lif yüzdesi değerleri üzerinden hesaplanmıştır.

A serisindeki kumaşların sıcak-soğuk hissi puanı; atkı iplikleri için hesaplanan nem alım oranları ile ters orantılıdır ($rs = -0,735$; $\rho < 0,05$) (Şekil 3.62). A serisindeki kumaşların sensör tarafından kaydedilen ısı değişimi değerleri ile atkı iplikleri için hesaplanan nem alım oranları arasında ise anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

B serisindeki kumaşların sıcak-soğuk hissi puanı; atkı iplikleri için hesaplanan nem alım oranları ile ters orantılıdır ($rs = -0,765$; $\rho < 0,05$) (Şekil 3.63). B serisindeki

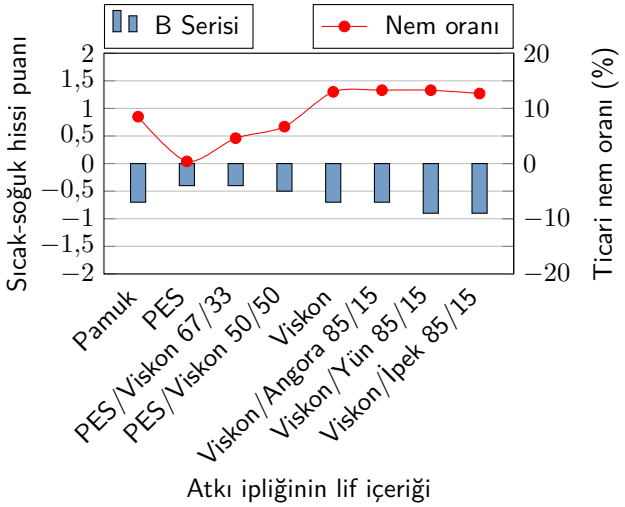
kumaşların sensör tarafından kaydedilen ısı değişimi değerleri ile atkı iplikleri için hesaplanan nem alım oranları arasında ise anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.



Şekil 3.62 A serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları ve atkı iplikleri için hesaplanan ticari nem oranları (Sıcak-soğuk hissi puanı; "-2" Çok soğuk, "-1" Serin, "0" Nötr, "+1" Ilık ve "+2" Çok sıcak kavramlarını temsil etmektedir.)

Bulgular değerlendirildiğinde, atkı ipliğinde tercih edilen hammaddenin nem alım değerinin katılımcıların sıcak-soğuk hissini etkilediği görülmektedir. Daha yüksek nem alım kapasitesine sahip atkı iplikleri ile dokunmuş denim kumaşların ilk temas anında verdiği his, uzman jüri tarafından daha serin bulunmuştur. Dikkat çeken bir diğer bulgu da, taş yıkama ve yumuşatma işleminden sonra, kumaşların sıcak-soğuk hissinin birbirine yakın değerler alacak şekilde değişmiş olmasıdır (Şekil 3.64). C serisindeki kumaşların sıcak-soğuk hissi puanı ile atkı iplikleri için hesaplanan nem alım oranları arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. C serisindeki kumaşların sensör tarafından kaydedilen ısı değişimi değerleri ile atkı iplikleri için hesaplanan nem alım oranları arasında da anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Bu bulgu, C serisi kumaşlarının taş yıkama sonrasında gerçekleştirilen yumuşatma aşamasında hidrofil mikro silikon ile işlem görmüş olması ile açıklanmıştır. Hidrofil mikro silikonun varlığının, liflerin nem alım özelliklerini etkileyerek hammaddeden doğan farklılıkları azalttığı düşünülmektedir.

Farklı lif içeriğine sahip atkı ipliklerinin, uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanlarına ve sensör ile kaydedilen ısı değişimi değerlerine etkisi, A

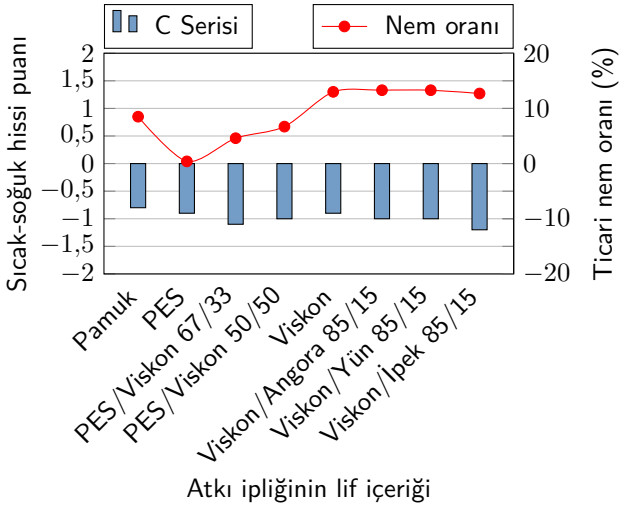


Şekil 3.63 B serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları ve atkı iplikleri için hesaplanan ticari nem oranları (Sıcak-soğuk hissi puanı; "-2" Çok soğuk, "-1" Serin, "0" Nötr, "+1" Ilık ve "+2" Çok sıcak kavramlarını temsil etmektedir.)

serisi için %100 pamuk A01 kodlu kumaş, B serisi için %100 pamuk B01 kodlu kumaş, C serisi için ise %100 pamuk C01 kodlu kumaş referans alınarak Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiştir. A04 kodlu kumaş tipinin referans kumaştan daha düşük sıcak-soğuk hissi puanına sahip olduğu görülmektedir. A serisi kumaşlarının uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları referans kumaşla kıyaslandığında diğer kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). B serisi ve C serisi kumaşlarının uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları referans kumaşla kıyaslandığında ise, hiç bir kumaş tipi için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

B02 ve B05 kodlu kumaş tiplerinin referans kumaştan daha düşük ısı değişimi değerine sahip olduğu görülmektedir. B serisi kumaşlarının ısı değişimi değerleri referans kumaşla kıyaslandığında diğer kumaş tipleri için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). A serisi ve C serisi kumaşlarının ısı değişimi değerleri referans kumaşla kıyaslandığında ise, hiç bir kumaş tipi için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı ile, sıcak-soğuk hissi puanı arasındaki



Şekil 3.64 C serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları ve atkı iplikleri için hesaplanan ticari nem oranları (Sıcak-soğuk hissi puanı; "-2" Çok soğuk, "-1" Serin, "0" Nötr, "+1" Ilık ve "+2" Çok sıcak kavramlarını temsil etmektedir.)

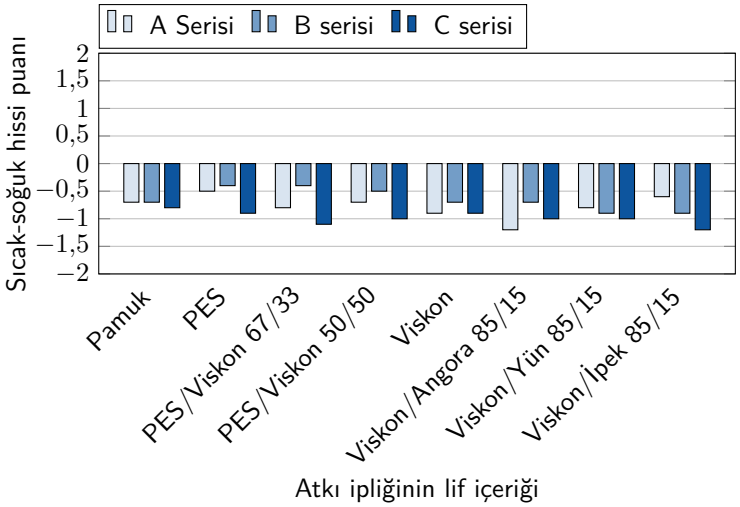
korelasyon; A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak incelenmiştir. A serisi, B serisi veya C serisi için, poliester oranı ile sıcak-soğuk hissi puanı arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Atkı ipliğinde kullanılan poliester oranı ile, sensör ile kaydedilen ısı değişimi değerleri arasındaki korelasyon; A serisi, B serisi ve C serisi kumaşları için istatistiksel olarak incelenmiştir. A serisi, B serisi veya C serisi için, poliester oranı ile ısı değişimi değerleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

%100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları arasındaki fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiştir. A serisi, B serisi veya C serisindeki viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların sıcak-soğuk hissi puanları ile %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşın sıcak-soğuk hissi puanı arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşlar ile 85/15 viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların sensör ile kaydedilen ısı değişimi değerleri arasındaki fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiştir. A serisi, B serisi veya C serisindeki viskon/hayvansal lif karışımı atkı ipliğine sahip kumaşların ısı değişimi değerleri ile %100 viskon atkı ipliğine sahip kumaşın ısı değişimi değerleri arasında anlamlı bir

fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Mevcut literatür, 3/1 dimi örgü yapısına sahip kumaşların bezayağı kumaşlara kıyasla daha yüksek atlama uzunluğuna sahip olması ve temas alanının artması sebebiyle, q_{max} değerinin dimi kumaşlar için daha yüksek olduğunu ifade etmektedir. Birim uzunlukta bulunan iplik sıklığı arttıkça, temas alanı artacağından, daha yüksek sıklığa sahip kumaşlar için de q_{max} değerinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Vivekanadan ve ark., 2011). Bu veriler ışığında; ilk temas anındaki ısı kaybı daha fazla olduğundan dimi örgü raporuna ve daha yüksek atkı sıklığına sahip A serisi kumaşlarının, bezayağı örgü yapısına ve daha düşük atkı sıklığına sahip B serisi kumaşlarından daha serin hissettirmesi, dolayısıyla daha düşük sıcak-soğuk hissi puanına sahip olması beklenmektedir. Çalışma kapsamındaki A serisi ve B serisi kumaşlarının sıcak-soğuk hissi puanları incelendiğinde sekiz kumaş çiftinden beşi için literatürde belirtilen durum ile tutarlı bulgular saptanmıştır (Şekil 3.65). Öte yandan A serisi ve B serisindeki kumaşların sıcak-soğuk hissi puanları arasındaki fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelendiğinde, hiç bir kumaş çifti için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). A serisi ve B serisindeki kumaşların sensör ile kaydedilen ısı değişimi değerleri arasındaki fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiş ve A07-B07 kodlu kumaş çifti haricinde hiç bir kumaş çifti için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Uygulanan taş yıkama ve yumuşatma işleminin sıcak-soğuk hissi puanına etkisini, A ve C serilerini karşılaştırarak incelemek mümkündür. Mevcut literatür, yıkama işlemi sonrasında q_{max} değerinin arttığını ifade etmektedir (Vivekanadan ve ark., 2011). Taş yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulduğundan C serisi kumaşlarının, A serisi kumaşlarından daha serin hissettirmesi, dolayısıyla daha düşük sıcak-soğuk hissi puanına sahip olması beklenmektedir. Çalışma kapsamındaki A serisi ve C serisi kumaşlarının sıcak-soğuk hissi puanları incelendiğinde sekiz kumaş çiftinden altısı için literatürde belirtilen durum ile tutarlı bulgular saptanmıştır (Şekil 3.65). Öte yandan A serisi ve C serisindeki kumaşların sıcak-soğuk hissi puanları arasındaki fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiş ve hiç bir kumaş çifti için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). A serisi ve C serisindeki kumaşların



Şekil 3.65 A, B ve C serisindeki kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları (Sıcak-soğuk hissi puanı; "-2" Çok soğuk, "-1" Serin, "0" Nötr, "+1" Ilık ve "+2" Çok sıcak kavramlarını temsil etmektedir.)

sensör ile kaydedilen ısı değişimi değerleri arasındaki fark Wilcoxon işaret sırası testi ile incelenmiş ve A06-C06 kodlu kumaş çifti haricinde hiç bir kumaş çifti için istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

3.3.3.1 Önkol Testi Sonuçlarına İlişkin Korelasyonlar

Sistematik denim kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları; birim alan kütlesi ($rs = -0,536$), kumaş kalınlığı ($rs = -0,573$) ve sıkıştırılmış kumaş kalınlığı ($rs = -0,569$) ile ters orantılıdır($\rho < 0,05$).

Kumaşların sıcak-soğuk hissi puanı; eğilme direnci, kayma direnci ve halkadan çekme testi esnasında kaydedilen ana tepe yük değeri ile doğru orantılı, öncü tepe konum değeri ile ise ters orantılıdır (Tablo 3.46). Kumaşların sensör ile kaydedilen ısı değişimi değerleri ise; eğilme direnci, kayma direnci ve halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepe yük değeri ile ters orantılıdır. Kumaşların uzama yeteneği ve sıkıştırılabilme oranı ile sıcak-soğuk hissi puanları veya ısı değişim değerleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

Tablo 3.46 A, B ve C serisindeki kumaşların sıcak-soğuk hissi puanları ve ısı değişimi değerleri ile mekanik özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Spearman's rho (N=24)	**Test yönü**	**Sıcak-soğuk hissi puanı**	**Isı değişimi** (^oC)
Eğilme direnci (μJ/m)	Çözgü	0,534**	-0,355
	Atkı	0,571**	-0,363
	$+45^o$	0,386	-0,429*
	-45^o	0,604**	-0,439*
Kayma direnci[1] (N/m)	$+45^o$	0,509*	-0,382
	-45^o	0,789**	-0,065
Kayma direnci[2] (N/m)	$+45^o$	0,465*	-0,419*
	-45^o	0,611**	-0,359
Öncü tepe yükü (cN)		0,204	-0,414*
Öncü tepe konumu (mm)		-0,489*	-0,211
Ana tepe yükü (cN)		0,475*	-0,362
Ana tepe konumu (mm)		-0,275	0,083
Statik sürtünme k.	Çözgü	0,184	-0,171
	Atkı	0,460*	-0,128
Dinamik sürtünme k.	Çözgü	0,226	-0,090
	Atkı	0,525**	0,047
Ra (μm)	Çözgü	-0,613**	0,068
	Atkı	-0,629**	0,049
Rq (μm)	Çözgü	-0,618**	0,061
	Atkı	-0,617**	0,077
Rp (μm)	Çözgü	-0,505*	0,352
	Atkı	-0,596**	0,094
Rmrd (%)	Çözgü	0,363	-0,347
	Atkı	0,674**	-0,133
RΔq	Çözgü	-0,130	0,462*
	Atkı	-0,726**	0,053

Kayma direnci[1] kayma çerçevesi ile ve kayma direnci[2] çapraz yönlü uzama yöntemi ile ölçülen kayma direnci değeridir. Korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi * $\rho < 0,05$ ve ** $\rho < 0,01$'dir.

Sistematik denim kumaşların uzman jüri değerlendirmesi ile belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları; atkı yönünde kaydedilen statik ve dinamik sürtünme katsayıları ile doğru orantılıdır. Sürtünme katsayısı arttıkça kumaşların sıcak-soğuk hissi puanı artmıştır. Kumaşların sıcak-soğuk hissi puanı; yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq), yüzey profili tepe yüksekliği (Rp) ve atkı yönündeki yüzey profil eğimi (RΔq) ile ters, atkı yönündeki materyal oranı (Rmrd) ile doğru orantılıdır. Kumaşların ısı değişimi değerleri ise; sadece çözgü yönündeki yüzey profil eğimi (RΔq) ile doğru orantılıdır.

Sıcak-soğuk hissine ilişkin verilerin kendi içerisindeki ilişkisi istatistiksel olarak incelendiğinde ise; uzman jüri tarafından belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları ile sensör aracılığıyla kaydedilen ısı değişimi değerleri arasında hiç bir anlamlı

korelasyon saptanmamıştır ($\rho > 0,05$). Isı değişimi değerleri ile mekanik kumaş özellikleri arasında kaydedilen korelasyonlar, uzman jüri tarafından belirlenen sıcak-soğuk hissi puanları ile kaydedilen korelasyonlardan daha düşük anlamlılık seviyesine sahiptir.

3.4 Bulgular Arasındaki İlişkinin Faktör Analizi ile Değerlendirilmesi

Faktör analizi, değişkenlerin daha anlamlı ve özet bir biçimde sunulmasını sağlayan bir istatistiksel analiz yöntemidir. Tez çalışması kapsamında incelenen denim kumaşlara ilişkin yapısal özellikler, mekanik özellikler ve yüzey özellikleri; duyusal değerlendirme bulguları ile birlikte faktör analizine tabi tutulmuştur. Her bir kumaş özelliği, faktör analizi içerisinde tek bir değişken ile ifade edilmiştir. Ölçümlerin birden fazla test yönünde gerçekleştirildiği (çözgü, atkı, $+45^o$, -45^o vb) mekanik özellikler (uzama yeteneği, eğilme direnci, kayma direnci) ve yüzey özellikleri (sürtünme katsayıları ve yüzey profili parametreleri) için, tüm test yönlerinden elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır. Faktör analizi ile elde edilen döndürülmüş bileşen matrisindeki (rotated component matrix) sayısal verilerden faydalanılarak, faktör alt grupları belirlenmiştir.

Tez kapsamında iki ayrı faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Her iki faktör analizi için de, istatistiksel kriterler aynı olacak şekilde belirlenmiştir. İki faktör analizi arasındaki temel fark; analizlerin, duyusal değerlendirme bulgularından sadece bir kısmını kapsıyor olmasıdır. Tutum skoru, sertlik-yumuşaklık puanı ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanının değişken olarak dahil edildiği faktör analizi ve önkol testi bulgularının değişken olarak dahil edildiği faktör analizi iki ayrı alt başlıkta ele alınmıştır.

3.4.1 Faktör Analizi - Tutum ile İlişkili Skor ve Puanlar

Bu faktör analizinde değerlendirilen değişkenler; yapısal özellikler, mekanik özellikler, yüzey özellikleri, tüketiciler tarafından belirlenen tutum skoru, uzman jüri

tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanı ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı verileridir. Matris oluşturulurken A, B, C, D, E ve T serisi kumaşlarının sayısal verileri bir arada değerlendirilmiştir. Örneklem büyüklüğü 51'dir. Tutum ile ilişkili skor ve puanları kapsayan faktör analizinin döndürülmüş bileşen matrisi Tablo 3.47'de görülmektedir. Faktör analizi Kaiser-Meyer-Olkin örneklem ölçüm değer yeterliliği 0,756'dır (bu değerin 0,6'dan yüksek olması beklenmektedir). Eigen değerinin 1'den büyük olduğu durumda değişkenler, toplam varyansın %82,1'ini açıklayacak şekilde 4 faktör grubu altında toplanmıştır (kümülatif varyansın %50'nin üzerinde olması beklenmektedir). Bu faktörlerin adlandırılabilmesi için, kapsadığı değişkenlerin değerlendirilmesi ve hepsinde ortak olan özelliğin saptanması gerekmektedir. Analize dahil değişkenlerle ilgili toplam varyansın 2/3'ü kadar miktarının ilk olarak kapsandığı faktör sayısı, önemli faktör sayısı olarak değerlendirilir (Büyüköztürk, 2002). Bu analizde önemli faktör sayısı ikidir.

Tablo 3.47 Tutum ile ilişkili skor ve puanları kapsayan faktör analizinin döndürülmüş bileşen matrisi

	Faktör grupları			
Özellik	1	2	3	4
Pürüzlü y.-düzgün y. puanı (uzman jüri)	0,912	—-	—-	—-
Sertlik-yumuşaklık puanı (uzman jüri)	0,907	—-	—-	—-
Eğilme direnci*	-0,903	—-	—-	—-
Halkadan geçme öncü tepe yükü	-0,888	—-	—-	—-
Halkadan geçme ana tepe yükü	-0,869	—-	—-	—-
Tutum skoru (tüketici)	0,763	—-	—-	—-
Uzama yeteneği*	0,713	—-	—-	—-
Kayma direnci*	-0,686	—-	—-	—-
Profil eğimi* (RΔq)	—-	0,836	—-	—-
Profil tepe yüksekliği$^{(ort.)}$ (Rp)	—-	0,800	—-	—-
Profil materyal oranı* (Rmrd)	—-	-0,752	—-	—-
Sıkıştırılabilme oranı	—-	0,738	—-	—-
Halkadan geçme ana tepe konumu	—-	0,721	—-	—-
Yüzey pürüzlülüğü* (Rq)	—-	0,706	0,654	—-
Yüzey pürüzlülüğü* (Ra)	—-	0,702	0,662	—-
Halkadan geçme öncü tepe konumu	—-	0,535	—-	—-
Birim alan kütlesi	—-	—-	0,940	—-
Kumaş kalınlığı	—-	—-	0,769	—-
Statik sürtünme k.*	—-	—-	—-	0,934
Dinamik sürtünme k.*	—-	—-	—-	0,908
Varyans (%)	44,0	21,4	9,1	7,6

Kaiser-Meyer-Olkin örneklem ölçüm değer yeterliliği 0,756 ve N = 51'dir. Kumaş kalınlığı, 5 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değerleridir. Kayma direnci, kayma çerçevesi ile ölçülen kayma direnci değerleridir. Çok yönlü ölçümleri kapsayan özellikler* için ortalama değer hesaplanmıştır.

Bir değişkenin sadece bir faktör ile ilişkili olması beklenir. Bu tür bir değişken saf değişken (pure variable) olarak adlandırılır. Birden fazla faktör ile ilişkili olan

değişken ise binişik değişken (complexity variable) olarak adlandırılır (Büyüköztürk, 2002). Bir değişkenin tek bir faktörde yüksek yük değerine, diğer faktörlerde ise düşük yük değerlerine sahip olması durumunda, saf değişken olarak adlandırılabilmesi için, yüksek iki yük değeri arasındaki farkın en az 0,10 olması gerekmektedir (Çakır, 2014). Bu faktör analizinde, sadece iki binişik değişken olduğu görülmektedir (Tablo 3.47). Yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq) değişkenleri, hem ikinci hem de üçüncü faktörde yük almaktadır.

Tutum skoru, sertlik-yumuşaklık puanı ve pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı değişkenleri, birinci faktörde yer almaktadır. Bununla beraber; uzama yeteneği, eğilme direnci, kayma direnci gibi mekanik özellikler ve halkadan çekme testi öncü tepe yükü ve ana tepe yükü değerlerine ilişkin değişkenlerin de birinci faktörde yer aldığı görülmektedir. Bu durum, hem tüketiciler hem de uzman jüri tarafından gerçekleştirilen duyusal değerlendirme sonuçlarının, mekanik kumaş özelikleri ile birinci derecede ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Birinci faktör, dokunsal konfora ilişkin kumaş özelliklerinin %44'ünü açıklamaktadır ve "mekanik ve duyusal özellikler" olarak adlandırılmıştır.

Denim kumaşların tüm yüzey profili parametreleri (Ra, Rq, Rp, RΔq ve Rmrd), sıkıştırılabilme oranı, halkadan çekme testi öncü tepe konumu ve ana tepe konumu değerlerine ilişkin değişkenler ikinci faktörde yer almaktadır. İkinci faktör, dokunsal konfora ilişkin kumaş özelliklerinin %21,4'ünü açıklamaktadır ve "profil özellikleri" olarak adlandırılmıştır.

Üçüncü faktörde yapısal kumaş özelliklerine ait değişkenler ve yüzey pürüzlülüğü (Ra ve Rq) değişkenleri yük almaktadır. Üçüncü faktörün dokunsal konfora ilişkin kumaş özelliklerini açıklama oranı %9,1'dir ve "yapısal özellikler" olarak adlandırılmıştır.

Dördüncü faktörde statik ve dinamik sürtünme katsayılarına ilişkin değişkenler yer almaktadır. Dokunsal konfora ilişkin kumaş özelliklerini açıklama oranı %7,6'dır ve "sürtünme katsayıları" olarak adlandırılmıştır.

3.4.2 Faktör Analizi - Sıcak-Soğuk Hissi ile İlişkili Puan ve Veriler

Bu faktör analizinde değerlendirilen değişkenler; yapısal özellikler, mekanik özellikler, yüzey özellikleri, önkol testi ile uzman jüri tarafından belirlenen sıcak-soğuk hissi puanı ve sensör aracılığıyla kaydedilen ısı değişimi değerleridir. Matris oluşturulurken A, B ve C serisi kumaşlarının sayısal verileri bir arada değerlendirilmiştir. Örneklem büyüklüğü 24'tür. Sıcak-soğuk hissi ile ilişkili puan ve verileri kapsayan faktör analizinin döndürülmüş bileşen matrisi Tablo 3.48'de görülmektedir. Faktör analizi Kaiser-Meyer-Olkin örneklem ölçüm değer yeterliliği 0,681'dir. Eigen değerinin 1'den büyük olduğu durumda değişkenler, toplam varyansın %89,5'ini açıklayacak şekilde 4 faktör grubu altında toplanmıştır. Önemli faktör sayısı ikidir. Bu faktör analizinde, iki binişik değişken vardır; profil materyal oranı, hem birinci hem de ikinci faktörde yük almaktadır, halkadan çekme testi öncü tepe konumu ise hem birinci hem dördüncü faktörde yük almaktadır.

Tablo 3.48 Sıcak-soğuk hissi ile ilişkili puan ve verileri kapsayan faktör analizinin döndürülmüş bileşen matrisi

	Faktör grupları			
Özellik	1	2	3	4
Yüzey pürüzlülüğü* (Ra)	0,977	—-	—-	—-
Yüzey pürüzlülüğü* (Rq)	0,974	—-	—-	—-
Birim alan kütlesi	0,972	—-	—-	—-
Kumaş kalınlığı	0,951	—-	—-	—-
Profil tepe yüksekliği* (Rp)	0,924	—-	—-	—-
Profil eğimi* (RΔq)	0,876	—-	—-	—-
Kayma direnci*	-0,763	—-	—-	—-
Sıcak-soğuk hissi puanı (uzman jüri)	-0,675	—-	—-	—-
Halkadan geçme öncü tepe konumu	0,613	—-	—-	0,515
Statik sürtünme k.*	—-	0,956	—-	—-
Halkadan geçme öncü tepe yükü	—-	0,948	—-	—-
Halkadan geçme ana tepe yükü	—-	0,883	—-	—-
Eğilme direnci*	—-	0,819	—-	—-
Dinamik sürtünme k.*	—-	0,803	—-	—-
Uzama yeteneği*	—-	-0,772	—-	—-
Profil materyal oranı* (Rmrd)	-0,638	0,728	—-	—-
Isı değişimi (önkol testi sensör verisi)	—-	—-	0,869	—-
Halkadan geçme ana tepe konumu	—-	—-	—-	0,673
Sıkıştırılabilme oranı	—-	—-	—-	-0,652
Varyans (%)	53,2	24,1	6,9	5,3

Kaiser-Meyer-Olkin örneklem ölçüm değer yeterliliği 0,681 ve N = 24'tür. Kumaş kalınlığı, 5 g/cm^2 basınç altında ölçülen kalınlık değerleridir. Kayma direnci, kayma çerçevesi ile ölçülen kayma direnci değerleridir. Çok yönlü ölçümleri kapsayan özellikler* için ortalama değer hesaplanmıştır.

Önkol testi ile uzman jüri tarafından belirlenen sıcak-soğuk hissi puanı, tüm yüzey profili parametreleri (Ra, Rq, Rp, RΔq ve Rmrd) ve yapısal kumaş özelliklerine ilişkin değişkenlerin birinci faktörde yer aldığı görülmektedir. Mekanik özelliklerden ise sadece kayma direnci birinci faktörde yük almıştır. Halkadan çekme testi esnasında kaydedilen öncü tepenin konum değerine ilişkin değişken de birinci faktörde yer almaktadır. Bulgular, uzman jüri tarafından belirlenen sıcak-soğuk hissi puanlarının, yüzey profili parametreleri ve yapısal kumaş özellikleri ile birinci derecede ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Birinci faktör, sıcak-soğuk hissine ilişkin kumaş özelliklerinin %53,2'sini açıklamaktadır ve "yapısal özellikler ve profil özellikleri" olarak adlandırılmıştır.

İkinci faktörde, statik ve dinamik sürtünme katsayıları, uzama yeteneği, eğilme direnci, halkadan çekme testi öncü tepe yükü ve ana tepe yükü değerlerine ilişkin değişkenler yer almaktadır. Profil materyal oranı da, ikinci faktör değişkenleri arasındadır. İkinci faktör, sıcak-soğuk hissine ilişkin kumaş özelliklerinin %24,1'ini açıklamaktadır ve "mekanik özellikler" olarak adlandırılmıştır.

Üçüncü faktörde önkol testi ile sensör aracılığıyla kaydedilen ısı değişimi değerlerine ilişkin değişken bulunmaktadır. Bu faktör, sıcak-soğuk hissine ilişkin kumaş özelliklerini %6,9 oranında açıklamaktadır ve "sensör verisi" olarak adlandırılmıştır.

Sıkıştırılabilme oranı, halkadan çekme testi öncü tepe konumu ve ana tepe konumu değerlerine ilişkin değişkenler ise dördüncü faktörde yer almaktadır. Bu faktör, sıcak-soğuk hissine ilişkin kumaş özelliklerini açıklama oranı %5,3'tür ve "sıkıştırılabilme özellikleri" olarak adlandırılmıştır.

3.5 Sonuç ve Öneriler

Denim kumaşların dokunsal konforunun analizi ve geliştirilmesi başlıklı bu tez çalışması kapsamında, Türkiye'de üretilen çeşitli denim kumaşların dokunsal konfor ile ilişkili olduğu bilinen yapısal özellikleri, mekanik özellikleri ve yüzey özellikleri

incelenmiştir. İlk olarak pazarda mevcut denim kumaşlar ile gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen veriler incelenerek, kumaşların dokunsal konforunu olumsuz yönde etkileyen durumlar belirlenmiş ve geliştirilmesi gereken özellikler saptanmıştır. Mevcut literatür ve ticari denim kumaşlardan elde edilen bulgular değerlendirilerek, dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla uygulanacak olan adımlar kararlaştırılmıştır.

Çalışmanın birinci aşamasından elde edilen bulgular ışığında sistematik denim kumaşlar üretilmiştir. Denim kumaş üretiminde yaygın olarak kullanılan pamuk ve poliester gibi hammaddelere alternatif olarak; çeşitli karışım oranlarında viskon, angora, yün ve ipek içeren atkı iplikleri ile alternatif denim kumaşlar üretilmiştir. 3/1 dimi örgü raporu ile ve orta sıklıkta dokunan birinci sistematik denim kumaş grubu; atkı ipliği farklı hammaddeye sahip sekiz faklı kumaş tipini kapsamaktadır. İkinci sistematik denim grubunda hammaddenin etkisine ek olarak dokuma parametrelerinin de etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bezayağı örgü raporu ve düşük atkı sıklığında dokunan ikinci sistematik denim kumaş grubu da; atkı ipliği farklı hammaddeye sahip sekiz faklı kumaş tipini kapsamaktadır. Son olarak üçüncü sistematik denim kumaş grubu, eskitme ve yumuşatma işlemlerinin etkisinin incelenmesi amacıyla üretilmiştir. 3/1 dimi örgü raporu ile ve orta sıklıkta dokunan birinci sistematik denim kumaş grubu kumaşlarının taş yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuş hallerini içeren üçüncü sistematik denim kumaş grubu da; atkı ipliği farklı hammaddeye sahip sekiz faklı kumaş tipini kapsamaktadır. Üretilen toplam 24 kumaş tipi üzerinde gerçekleştirilen fiziksel ve duyusal test verilerinden yola çıkılarak, denim kumaşların dokunsal konforunun geliştirilmesine yönelik olarak uygulanan işlemlerin etkinliği değerlendirilmiştir.

Durum analizi numune grubu olarak adlandırılan 17 ticari denim kumaş tipi içerisinden çeşitli parametreler göz önünde bulundurularak beş adet kumaş tipi belirlenmiş ve seçilen kumaş tiplerinin dokunsal konforunun geliştirilmesi amacıyla yıkama ve yumuşatma işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Yıkama işlemi için; enzim yıkama ve taş yıkama olmak üzere iki farklı alternatif denenmiştir. Burada amaç, dokunsal konforu oldukça kötü bulunan ticari denim kumaş tiplerinin iyileştirilmesi

için de öneriler sunabilmek, ve aynı zamanda uygulanan yıkama ve yumuşatma işleminin etkinliğini sistematik kumaşlarda gözlemlenen etkinlik ile karşılaştırmaktır. Pazarda mevcut denim kumaşlar içerisinden, keten atkı ipliğine sahip kumaşlar, indigo kaplama ve kalandırlama işlemi görmüş kumaşlar duyusal testlerde tüketiciler ve uzman jüri tarafından beğenilmemiştir. Bu kumaşlar dokunsal konforun geliştirilmesi amacıyla seçilen beş ticari kumaş tipine dahil edilmiş ve uygulanan işlemler ile elde edilebilecek iyileştirmenin seviyesi incelenmiştir.

Çalışmada aynı zamanda kumaşların dokunsal konforu, çok çeşitli fiziksel ve duyusal testler ile ölçülmüş; test yöntemlerine ilişkin bulgular değerlendirilmiş ve denim kumaşların dokunsal konforunun belirlenmesindeki etkinliği sınanmıştır. Dokunsal konfor ile ilişkili olduğu bilinen kayma direnci özelliğinin incelenmesinde kullanılan geleneksel bir ölçüm yöntemi olan çapraz yönlü uzama testi, araştırmacılar tarafından yetersiz bulunmaktadır. Bu sebeple çalışma kapsamında bir kayma çerçevesi test aparatı tasarlanmış ve aparatın farklı kumaş tipleri için kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Çalışma kapsamında, konfor alanında çalışan pek çok araştırmacı tarafından mekanik ve yapısal kumaş özelliklerinin bir arada ölçülmesi amacıyla kullanılan halkadan çekme testi bulguları da değerlendirilmiştir. Denim kumaşlar ile gerçekleştirilen halkadan çekme testi tepe yük değerlerinin ağırlıklı olarak yapısal ve mekanik kumaş özellikleri ile, öncü tepe konumunun yüzey özellikleri ile, ana tepe konumunun ise tüm kumaş özellikleri ile ilişkili olduğu saptanmıştır.

Denim kumaşların uzman jüri ile gerçekleştirilen duyusal test sonuçları ile yüksek korelasyon gösteren parametreler; halkadan çekme yükü (tepe yük değerleri), kayma direnci ve diyagonal yöndeki eğilme direncidir. Bu bulgu, denim kumaşların dokunsal konforunda, özellikle diyagonal yöndeki kumaş davranışını ifade eden mekanik özelliklerin belirleyici rol oynadığını göstermektedir, yüzey özellikleri ise denim kumaşların dokunsal konforu üzerinde daha az etkilidir. Tüketiciler ile gerçekleştirilen duyusal testler ile uzman jüri tarafından gerçekleştirilen duyusal testlerin verileri karşılaştırıldığında, bulguların yüksek oranda tutarlılık gösterdiği

saptanmıştır.

Ticari denim kumaşların dokunsal konforunun analizi sonucu elde edilen bulgular, atkı yönünde keten iplik kullanılan denim kumaşın ve indigo kaplama işlemi uygulanmış denim kumaşların tüketiciler ve uzman jüri tarafından beğenilmediğini göstermiştir. Öte yandan hammaddede karışım olarak pamuk ile beraber rejenere selüloz lifi tercih edilen kumaş tipi ve atkı yönünde pamuk poliester karışımı özlü iplik kullanılan kumaş tipleri, tüketiciler ve uzman jüri tarafından beğenilmiştir. Ticari denim kumaşlara ilişkin duyusal test bulguları, fiziksel testlerden elde edilen veriler ile de desteklenmektedir.

Düşük atkı sıklığı ve bezayağı örgü raporuna sahip denim kumaşların dokunsal konforunun, orta seviyede sıklıkta ve 3/1 dimi örgü raporu ile dokunmuş muadillerine göre daha iyi olduğu görülmüştür. Hem fiziksel hem duyusal test verileri, bu bulguyu doğrulamaktadır. Bezayağı denim kumaşların düşük yük altında uzama yeteneği daha yüksek; eğilme direnci, kayma direnci, halkadan çekme yükü, sürtünme katsayısı ve yüzey pürüzlülüğü daha düşüktür.

Uygulanan yıkama ve yumuşatma işlemi kumaşların dokunsal konforunu iyileştirmiştir. Taş yıkama ve yumuşatma uygulanan kumaş tiplerindeki iyileşme, sadece enzim yıkama ve yumuşatma uygulanan kumaş tiplerinden daha belirgindir. Yıkama ve yumuşatma işlemi görmüş kumaşların uzama yeteneği daha yüksek; eğilme direnci, kayma direnci, halkadan çekme yükü ve sürtünme katsayısı daha düşüktür. Yıkama ve yumuşatma işlemi sonrasında yüzey profilinde kaydedilen pürüzlülük, tepe yüksekliği ve profil eğimi parametreleri artarken, materyal oranı düşmüştür. Mikrometre seviyesinde kaydedilen yüzey pürüzlülüğü değerindeki artış, rahatsız edici pürüzlerden ziyade, yıkama ve yumuşatma işlemi ile elde edilen kadifemsi yüzeyi ifade etmektedir. İşlem görmüş kumaşların uzman jüri tarafından belirlenen yüzey düzgünlüğü puanları, işlem görmemiş muadillerine göre çok daha yüksektir. Bu bulgu, sistematik denim kumaşlarda yıkama ve yumuşatma işlemi sonrasında yüzey pürüzlülüğünde kaydedilen artışın, dokunsal konforda sağlanan iyileşmeyi ifade ettiğini göstermektedir.

Atkı ipliğinde kullanılan viskon oranı azalıp, poliester oranı arttıkça; kumaşların atkı yönünde kaydedilen düşük yük altında uzama yeteneğinin düştüğü; eğilme direnci, kayma direnci ve yüzey pürüzlülüğünün arttığı saptanmıştır. Sürtünme katsayısı, profil tepe yüsekliği ve profil eğimi gibi yüzey özellikleri için ise, poliester oranı ile anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Duyusal testlerden elde edilen veriler de; atkı yönünde %100 poliester içeren atkı ipliğinin kullanılmasının, %100 pamuk kumaşa kıyasla dokunsal konforu değiştirmediğini ya da kötüleştirdiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan poliesterin viskon ile karışım halinde kullanılması dokunsal konforda anlamlı bir iyileşme sağlamıştır. Bu bulgu, pek çok üretici tarafından performans özelliklerini arttırmak ve maliyeti düşürmek amacıyla denim kumaşlarda pamuğa alternatif olarak kullanılan poliesterin dokunsal konforu olumsuz etkilediğini göstermektedir. Denim kumaş üretiminde, poliesterin viskon ile karışım halinde kullanılması önerilmektedir.

Atkı ipliğinde viskon ile karışım halinde kullanılan hayvansal liflerin etkisi ise daha karmaşıktır. Uzman jüri tarafından belirlenen sertlik-yumuşaklık puanı A serisinde ipek içeren kumaş için yüksek, B serisinde yün içeren kumaşlar için düşük bulunmuştur. Uzman jüri tarafından belirlenen pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı, A serisinde yün içeren kumaş için, B serisinde ise hayvansal lif içeren tüm kumaşlar için düşük bulunmuştur. Tüketiciler tarafından belirlenen tutum skoru A serisinde ipek içeren kumaş için yüksek, B serisinde yün içeren kumaş için düşük bulunmuştur. C serisinde ise atkı yönünde hayvansal lif kullanılan kumaş tiplerinin duyusal değerlendirme sonuçlarında anlamlı bir fark saptanmamıştır. A ve B serisindeki kumaşlarda hayvansal lif kullanımının mekanik özelliklere etkisine ilişkin bir fark saptanmazken, yıkama işlemine tabi tutulmuş kumaşlarda hayvansal lif kullanımının kayma direncini düşürdüğü, eğilme direncini ise kısmen yükselttiği saptanmıştır. Yıkama işlemi uygulanmış ve uygulanmamış kumaş tipleri için, hayvansal lif kullanımı ile kumaş özellikleri arasında farklı ilişkiler gözlemlenmesinin temel sebebi, yıkama işleminin kumaşların iç yapısını ve yüzey yapısını değiştirmesidir. Duyusal test verileri ile en yüksek korelasyona sahip objektif ölçüm yöntemi olan halkadan çekme testi verileri incelendiğinde ise, atkı yönünde viskon ile karışım

halinde hayvansal lif kullanımının ana tepe yük değerlerinde anlamlı bir fark yaratmadığı saptanmıştır.

Kumaşların sıcak-soğuk hissine ilişkin bulgular değerlendirildiğinde, atkı ipliğinde tercih edilen hammaddenin nem alım değerinin katılımcıların sıcak-soğuk hissini etkilediği görülmektedir. Daha yüksek nem alım kapasitesine sahip atkı iplikleri ile dokunmuş denim kumaşların ilk temas anında verdiği his, uzman jüri tarafından daha serin bulunmuştur. Dikkat çeken bir diğer bulgu da, yıkama ve yumuşatma işlemi ile kumaşların sıcak-soğuk hissinin hammaddeden bağımsız olarak birbirine yakın değerler alacak şekilde değişmiş olmasıdır. Yıkama ve yumuşatma işlemine tabi tutulan sekiz sistematik kumaştan altısının daha serin hissettirdiği saptanmıştır. Dokuma işlemi parametrelerinin sıcak-soğuk hissine etkisi ele alındığında ise, dimi örgü raporuna ve daha yüksek atkı sıklığına sahip sekiz sistematik denim kumaştan beşinin, bezayağı örgü yapısına ve daha düşük atkı sıklığına sahip sistematik denim kumaşlardan daha serin hissettirdiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada; dokunsal konforun geliştirilmesi kapsamında; düşük gramajlı denim ürünlerin dokunsal konfor özelliklerini iyileştirmeyi hedefleyen üretici ve araştırmacılara çözüm önerileri sunulmuş, sunulan önerilerin etkinliği, üretilen sistematik kumaşlar ve ticari kumaşlar ile gerçekleştirilen testlerden elde edilen sayısal veriler ile değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre önerilen dokunsal konforu geliştirilmiş denim kumaşların, çalışma kapsamı dışında kalan diğer konfor ve performans özelliklerinin incelenmesinin, üreticilere ve araştırmacılara değerli bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir. İleriki dönemlerde gerçekleştirilecek çalışmalarda; denim kumaşların yüzey özelliklerinin objektif ölçümüne yönelik olarak, duyusal değerlendirme bulgularıyla daha yüksek korelasyon gösteren yeni bir test yönteminin geliştirilmesinin, dokunsal konfora ilişkin çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abed, B. E., Msahli, S., Salah, H. B. H., ve Sakli, F. (2011). Study of woven fabric shear behaviour. *The Journal of The Textile Institute*, *102*(4), 322–331.

Alvares, D. (2014). *Development of a tactile sensor for robotic systems*. Ph. D. Thesis, The University of New South Wales, Sydney.

Arıkan, T., Çavuşoğlu, B., Alver, Y., Çil, Z. E., Akaya, M. c., ve Karagüzel Kayaoğlu, B. (2015). Farklı endüstriyel yıkama proseslerinin denim kumaşların mukavemet ve fiziksel özelliklerine etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, *22*(100), 54–68.

Arshi, A., Jeddi, A. A., ve Katbab, A. A. (2012a). Frictional behavior of plain woven fabrics constructed from polyester and cotton yarns in different environmental conditions. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, *7*(2), 99–108.

Arshi, A., Jeddi, A. A., ve Moghadam, M. (2012b). Modeling and optimizing the frictional behavior of woven fabrics in climatic conditions using response surface methodology. *The Journal of The Textile Institute*, *103*(4), 356–369.

Asad, R. A., Yu, W., Siddiqui, Q., Vincent, M., ve Wang, Q. (2016). Subjective evaluations of fabric-evoked prickle using the unidimensional rating scale from different body areas. *Textile Research Journal*, *86*(4), 350–364.

Asad, R. A., Yu, W., Zheng, Y.-h., ve He, Y. (2015). Characterization of prickle tactile discomfort properties of different textile single fibers using an axial fiber-compression-bending analyzer (FICBA). *Textile Research Journal*, *85*(5), 512–523.

AWTA Ltd. (2014). *Wool comfort meter and wool handle meter retail brochure*. 13 Eylül 2018, https://www.woolcomfortandhandle.com/index.php/equipment/introduction.

Başer, G. (2008). *Tekstil mekaniğinin temelleri cilt I: Lif ve iplik mekaniği*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi.

Başer, G. (2013). *Tekstil mekaniğinin temelleri cilt II: Kumaş geometrisi ve mekaniği*. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.

Beech, S. R., Farnfield, C. A., Whorton, P., ve Wilkins, J. A. (1988). *Textile terms and definitions*. Manchester: The Textile Insitute.

Behery, H. M. (2005). *Effect of mechanical and physical properties on fabric hand*. Cambridge: Woodhead Publishing.

Behre, B. (1961). Mechanical properties of textile fabrics part I: Shearing. *Textile Research Journal*, *31*(2), 87–93.

Bertaux, E., Lewandowski, M., ve Derler, S. (2007). Relationship between friction and tactile properties for woven and knitted fabrics. *Textile Research Journal*, *77*(6), 387–396.

Bilişik, K. (2012a). Experimental determination of fabric shear by yarn pull-out method. *Textile Research Journal*, *82*(10), 1050–1064.

Bilişik, K. (2012b). In-plane shear properties of polyester satin fabric by yarn pull-out method. *Textile Research Journal*, *82*(12), 1263–1281.

Bilişik, K. (2012c). Shear characterization of para-aramid (Twaron) fabric by yarn pull-out method. *Textile Research Journal*, *82*(14), 1442–1456.

Bilişik, K., ve Yolaçan, G. (2011). Single and multiple yarn pull-out on E-glass woven fabric structures. *Textile Research Journal*, *81*(19), 2043–2055.

Bishop, D. (1996). Fabric sensory and mechanical properties. *Textile Progress*, *26*(3), 1–62.

Buckenham, P. (1997). Bias-extension measurements on woven fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, *88*(1), 33–40.

Büyüköztürk, S. (2002). Faktör analizi: Temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, *32*, 470–483.

Cao, J., Akkerman, R., Boisse, P., Chen, J., Cheng, H., de Graaf, E., Gorczyca, J., Harrison, P., Hivet, G., Launay, J., Lee, W., Liu, L., Lomov, S., Long, A., de Luycker, E., Morestin, F., Padvoiskis, J., Peng, X., Sherwood, J., Stoilova, T., Tao, X., Verpoest, I., Willems, A., Wiggers, J., Yu, T., ve Zhu, B. (2008). Characterization of mechanical behavior of woven fabrics: Experimental methods and benchmark results. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, *39*(6), 1037–1053.

Cavallaro, P. V., Sadegh, A. M., ve Quigley, C. J. (2007). Decrimping behavior of uncoated plain-woven fabrics subjected to combined biaxial tension and shear stresses. *Textile Research Journal*, *77*(6), 403–416.

Chadwick, G. E., Shorter, S. A., ve Weissenberg, K. (1949). A trellis model for the application and study of simple pulls in textile materials. *Journal of the Textile Institute*, *40*(2), 111–160.

Chen, J., Lussier, D., Cao, J., ve Peng, X. (2001). The relationship between materials characterization methods and material models for stamping of woven fabric/thermoplastic composites. *International Journal of Forming Processes*, *4*, 269–294.

Ciesielska-Wrobel, I. L., ve Van Langenhove, L. (2012). The hand of textiles - definitions, achievements, perspectives - a review. *Textile Research Journal*, *82*(14), 1457–1468.

Civille, G. V., ve Dus, C. A. (1990). Development of terminology to describe the handfeel properties of paper and fabrics. *Journal of Sensory Studies*, *5*(1), 19–32.

Cusick, G. E. (1961). The resistance of fabrics to shearing forces. *Journal of the Textile Institute Transactions*, *52*(9), 395–406.

Çakır, A. (2014). *Faktör Analizi*. Doktora Tezi, T. C. İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.

Çakmak, A. (2013). *The evaluation of physical and comfort performance of various denim cloths*. M.Sc. Thesis, Istanbul Technical University, İstanbul.

Dhingra, R. C., De Jong, S., ve Postle, R. (1981). A study of tensile and bending properties of woven cotton fabrics. *Indian Journal of Textile Research*, *6*, 1–8.

Dolatabadi, M. K., ve Kovar, R. (2009a). Geometry of plain weave fabric under shear deformation part II: 3D model of plain weave fabric before deformation. *The Journal of The Textile Institute*, *100*(5), 381–386.

Dolatabadi, M. K., ve Kovar, R. (2009b). Geometry of plain weave fabric under shear deformation part III: 3D model of plain weave fabric under shear deformation. *The Journal of The Textile Institute*, *100*(5), 387–399.

Dolatabadi, M. K., Kovar, R., ve Linka, A. (2009). Geometry of plain weave fabric under shear deformation part I: Measurement of exterior positions of yarns. *The Journal of The Textile Institute*, *100*(4), 368–380.

Du, Z., ve Yu, W. (2009). Characterizing frictional properties of fabrics to surface. *The Journal of The Textile Institute*, *100*(1), 83–89.

Dumont, F. (2003). *Contribution à l'expérimentation et à la modélisation du comportement mécanique de renforts de composites tissés*. Ph. D. Thesis, University of Paris, Paris.

Ellis, B., ve Garnsworthy, R. (1980). A review of techniques for the assessment of hand. *Textile Research Journal*, *50*(4), 231–238.

Grover, G., Sultan, M. A., ve Spivak, S. M. (1993). A screening technique for fabric handle. *The Journal of The Textile Institute*, *84*(3), 486–494.

Halleb, N. A., Sahnoun, M., ve Cheikhrouhou, M. (2015). The effect of washing treatments on the sensory properties of denim fabric. *Textile Research Journal*, *85*(2), 150–159.

Harrison, P., Abdiwi, F., Guo, Z., Potluri, P., ve Yu, W. (2012). Characterising the shear tension coupling and wrinkling behaviour of woven engineering fabrics. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, *43*(6), 903–914.

Hes, L., ve Dolezal, I. (1989). New method and equipment for measuring thermal properties of textiles. *Sen'i Kikai Gakkaishi*, *42*(8), 124–128.

Hu, J.-L., ve Zhang, Y.-T. (1997). The KES shear test for fabrics. *Textile Research Journal*, *67*(9), 654–664.

Hua, T., Tao, X. M., Cheng, K. P. S., Xu, B. G., ve Huang, X. X. (2013). An experimental study of improving fabric appearance of denim by using low torque singles ring spun yarns. *Textile Research Journal*, *83*(13), 1371–1385.

İTKİB (2018). *İstanbul Tekstil ve Hammaddeleri İhracatçı Birliği Denim Raporu*. 17 Eylül 2018, http://www.ithib.org.tr/tr/search.html?q=denim+raporu.

Jeddi, A., Shams, S., Nosraty, H., ve Sarsharzadeh, A. (2003). Relations between fabric structure and friction part I: Woven fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, *94*(3-4), 223–234.

Jeddi, A. A. A., Arshi, A., Maleki, V., ve Fakhr, V. (2006). Relations between fabric structure and friction part III: Warp knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, *97*(2), 103–109.

Jiang, X., Scott, P., Whitehouse, D., ve Blunt, L. (2007). Paradigm shifts in surface metrology part I: Historical philosophy. *Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *463*(2085), 2049–2070.

Juciene, M., Dobilaite, V., ve Kazlauskaite, G. (2006). Influence of industrial washing on denim properties. *Materials Science*, *12*(4), 355–359.

Juciene, M., Urbelis, V., Juchnevičienė, Ž., ve Čepukonė, L. (2014). The effect of laser technological parameters on the color and structure of denim fabric. *Textile Research Journal*, *84*(6), 662–670.

Kakad, G., Kolhatkar, A., ve Kadole, P. (2010). Structure-property interrelationship of denim yarn produced using ring and compact spinning technology. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, *3*(2), 80–87.

Kan, C., ve Yuen, C. (2009). Evaluation of the performance of stretch denim fabric under the effect of repeated home laundering processes. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, *2*(2-3), 71–79.

Kang, T. J., Cho, D. H., ve Kim, S. M. (2001). New objective evaluation of fabric smoothness appearance. *Textile Research Journal*, *71*(5), 446–453.

Kang, T. J., Kim, S. C., Sul, I. H., Youn, J. R., ve Chung, K. (2005). Fabric surface roughness evaluation using wavelet-fractal method part I: Wrinkle, smoothness and seam pucker. *Textile Research Journal*, *75*(11), 751–760.

Kang, T. J., ve Lee, J. Y. (2000). Objective evaluation of fabric wrinkles and seam puckers using fractal geometry. *Textile Research Journal*, *70*(6), 469–475.

Kaplan, S. (2009). *Kumaşların mekanik özelliklerinden ve geçirgenlik özelliklerinden yararlanılarak giysi konforunun tahminlenmesi*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Kato Tech Co. Ltd. (2016). *KES-FB1-A Tensile and Shear Tester Catalog*. 13 Eylül 2018, http://english.keskato.co.jp/products/kes-fb1.html.

Kawabata, S. (1980). *The standardization and analysis of hand evaluation*. Osaka: Textile Machinery Society of Japan.

Kawabata, S., ve Niwa, M. (1989). Fabric performance in clothing and clothing manufacture. *The Journal of The Textile Institute*, *80*(1), 19–50.

Kawabata, S., ve Niwa, M. (1998). Clothing engineering based on objective measurement technology. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *10*(3/4), 263–272.

Kawabata, S., Postle, R., ve Niwa, M. (1982). *Objective specification of fabric quality, mechanical properties and performance*. Kyoto: The Textile Machinery Society of Japan.

Khedher, F., Dhouib, S., Msahli, S., ve Saklı, F. (2009). The influence of industrial finishing treatments and their succession on the mechanical properties of denim garment. *Autex Research Journal*, *9*(3), 93–100.

Killinc, F. (2004). *A Study of the Nature of Fabric Comfort: Design-oriented Fabric Comfort Model*. Ph. D. Thesis, Auburn University, Alabama.

Launay, J., Hivet, G., Duong, A. V., ve Boisse, P. (2008). Experimental analysis of the influence of tensions on in plane shear behaviour of woven composite reinforcements. *Composites Science and Technology*, *68*(2), 506–515.

Leach, R. (2001). *The measurement of surface texture using stylus instruments*. London: National Physical Laboratory.

Liao, X., Hu, J., Li, Y., Li, Q., ve Wu, X. (2011). A review on fabric smoothness-roughness sensation studies. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, *4*(2), 105–114.

Liu, L., Chen, J., Li, X., ve Sherwood, J. (2005). Two-dimensional macro-mechanics shear models of woven fabrics. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, *36*(1), 105 – 114.

Lo, W., ve Hu, J. (2002). Shear properties of woven fabrics in various directions. *Textile Research Journal*, *72*(5), 383–390.

Lomov, S., ve Verpoest, I. (2006). Model of shear of woven fabric and parametric description of shear resistance of glass woven reinforcements. *Composites Science and Technology*, *66*(7-8), 919–933.

Lussier, D., ve Chen, J. (2002). Material characterization of woven fabrics for thermoforming of composites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, *15*(6), 497–509.

Mangat, M. M., Hussain, T., ve Bajzik, V. (2012). Impact of different weft materials and washing treatments on moisture management characteristics of denim. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, *7*(1), 38–49.

Maryan, A. S., ve Montazer, M. (2015). One pot denim washing and finishing using organo-montmorillonite: introducing nano mineral washing and finishing. *Textile Research Journal*, *85*(1), 91–100.

McGregor, B. A., Doyle, E., Thompson, J., Naebe, M., Speijers, J., ve Tester, D. (2015a). Relationships between sleeve trial and wearer trial assessment of discomfort and objective measurements. *Textile Research Journal*, *85*(3), 272–280.

McGregor, B. A., Naebe, M., Wang, H., Tester, D., ve Rowe, J. (2015b). Relationships between wearer assessment and the instrumental measurement of the handle and prickle of knitted wool fabrics. *Textile research journal*, *85*(11), 1140–1152.

McGuinness, G., ve OBradaigh, C. (1997). Development of rheological models for forming flows and picture-frame shear testing of fabric reinforced thermoplastic sheets. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, *73*(1-2), 1–28.

Mir, S., Hossain, M., Biswas, P., Hossain, A., ve Idris, M. A. (2014). Evaluation of mechanical properties of denim garments after enzymatic bio-washing. *World Applied Sciences Journal*, *31*(9), 1661–1665.

Mitutoyo America Corporation (2014). *Form Measurement Portable Surface Roughness Tester Surftest SJ-310 Series*. 10 Temmuz 2018, https://ecatalog.mitutoyo.com/cmimages/003/315/2141-SJ-310.pdf.

Mohammed, U., Lekakou, C., Dong, L., ve Bader, M. (2000). Shear deformation and micromechanics of woven fabrics. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, *31*(4), 299–308.

Morner, B., ve Eeg Olofsson, T. (1957). Measurement of the shearing properties of fabrics. *Textile Research Journal*, *27*(8), 611–615.

Naebe, M., Tester, D., ve McGregor, B. A. (2015). The effect of plasma treatment and loop length on the handle of lightweight jersey fabrics as assessed by the Wool HandleMeter. *Textile Research Journal*, *85*(11), 1190–1197.

Naebe, M., Yu, Y., McGregor, B. A., Tester, D., ve Wang, X. (2013). The effect of humidity and temperature on Wool ComfortMeter assessment of single jersey wool fabrics. *Textile Research Journal*, *83*(1), 83–89.

Nayak, R., Punj, S., Chatterjee, K., ve Behera, B. (2009). Comfort properties of suiting fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, *34*, 122–128.

Naylor, G. (2010). Fabric-evoked prickle in worsted spun single jersey fabrics part IV:Extension from wool to OptimTMfine fiber. *Textile Research Journal*, *80*(6), 537–547.

Naylor, G., Oldham, C., ve Stanton, J. (2004). Shearing time of mediterranean wools and fabric skin comfort. *Textile Research Journal*, *74*(4), 322–328.

Naylor, G., ve Phillips, D. (1997a). Fabric-evoked prickle in worsted spun single jersey fabrics part II: The role of fiber length, yarn count, and fabric cover factor. *Textile Research Journal*, *67*(5), 354–358.

Naylor, G., ve Phillips, D. (1997b). Fabric-evoked prickle in worsted spun single jersey fabrics part III: Wear trial studies of absolute fabric acceptability. *Textile Research Journal*, *67*(6), 413–416.

Naylor, G., Phillips, D., Veitch, C., Dolling, M., ve Marland, D. (1997). Fabric-evoked prickle in worsted spun single jersey fabrics part I: The role of fiber end diameter characteristics. *Textile research journal*, *67*(4), 288–295.

Okur, A. (2002). Frictional properties of plain-knitted cotton fabrics. *Textile Asia*, *32*.

Owen, J. (1971). Handle and drape of fabrics. *Shirley Link*, *4*, 18.

Pac, M. J., Bueno, M. A., Renner, M., ve El Kasmi, S. (2001). Warm-cool feeling relative to tribological properties of fabrics. *Textile Research Journal*, *71*(9), 806–812.

Pan, N., ve Yen, K. C. (1992). Physical interpretations of curves obtained through the fabric extraction process for handle measurement. *Textile Research Journal*, *62*(5), 279–290.

Potluri, P., Ciurezu, D. P., ve Ramgulam, R. (2006). Measurement of meso-scale shear deformations for modelling textile composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, *37*(2), 303–314.

Pramanik, P., ve Patil, V. M. (2009). Low stress mechanical behaviour of fabrics obtained from different types of cotton/nylon sheath/core yarn. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, *34*(2), 155–161.

Radetic, M., Jovancic, P., Puac, N., Petrovic, Z. L., ve Saponjic, Z. (2009). Plasma-induced decolorization of indigo-dyed denim fabrics related to mechanical properties and fiber surface morphology. *Textile Research Journal*, *79*(6), 558–565.

Ramsay, D. J., Fox, D. B., ve Naylor, G. R. (2012). An instrument for assessing fabric prickle propensity. *Textile Research Journal*, *82*(5), 513–520.

Rego, J. M., Verdu, P., Nieto, J., ve Blanes, M. (2010). Comfort analysis of woven cotton/polyester fabrics modified with a new elastic fiber part II: Detailed study of mechanical, thermo-physiological and skin sensorial properties. *Textile Research Journal*, *80*(3), 206–215.

Richards, J. A., Sears, F. W., Wehr, M. R., ve Zemansky, M. W. (1989). *Modern üniversite fiziği cilt 1*. İstanbul: Caglayan Basımevi ve Çaglayan Kitabevi.

Slater, K. (1985). *Human comfort*, vol. 1. Springfield: Charles C Thomas Pub Ltd.

Somodi, Z., Rolich, T., Hursa, A., ve Pavlinic, D. Z. (2010). Micromechanical tensile model of woven fabric and parameter optimization for fit with KES data. *Textile Research Journal*, *80*(13), 1255–1264.

Spivak, S., ve Treloar, L. (1968). The behavior of fabrics in shear part III: The relation between bias extension and simple shear. *Textile Research Journal*, *38*(9), 963–971.

Stylios, G. K. (2000). Fabric objective measurement; FAMOUS, a new alternative to low stress measurement. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *12*(1).

Sun, F., Du, Z., Yu, W., Feng, G., ve Chen, N. (2016). Effect of bending rigidity, Poissons ratio and surface friction of fabrics on the stretching step of the comprehensive handle evaluation system for fabrics and yarns. *Textile Research Journal*, *86*(18), 1947–1961.

Sun, H., ve Pan, N. (2005). Shear deformation analysis for woven fabrics. *Composite Structures*, *67*(3), 317–322.

Suzuki, Y., ve Sukigara, S. (2013). Mechanical and tactile properties of plain knitted fabrics produced from rayon Vortex yarns. *Textile Research Journal*, *83*(7), 740–751.

Sülar, V. (2005). *Kumaş Tutumunun Ölçülebilir Kumaş Özelliklerinden Tahminlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Sülar, V., ve Okur, A. (2007). New application of a surface roughness tester on fabrics. *AATCC review*, *7*(9), 39–43.

Sülar, V., ve Okur, A. (2008a). Handle evaluation of mens suitings produced in Turkey. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, *16*(2), 61–68.

Sülar, V., ve Okur, A. (2008b). Objective evaluation of fabric handle by simple measurement methods. *Textile Research Journal*, *78*(10), 856–868.

Sülar, V., Öner, E., ve Okur, A. (2013). Roughness and frictional properties of cotton and polyester woven fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, *38*, 349–356.

Sztandera, L. M., Cardello, A. V., Winterhalter, C., ve Schutz, H. (2013). Identification of the most significant comfort factors for textiles from processing mechanical, handfeel, fabric construction, and perceived tactile comfort data. *Textile Research Journal*, *83*(1), 34–43.

Taieb, A. H., Msahli, S., ve Sakli, F. (2010). A new approach for optimizing mechanical clothing tactile comfort. *Journal of Advanced Research in Mechanical Engineering*, *1*(1), 43–51.

Takatera, M., Kumoda, N., Bao, L., Shimizu, Y., Kamijo, M., Hosoya, S., ve Iida, H. (1999). Large deformation of woven fabrics under free shearing uni-axial load. *Seni Gakkaishi*, *55*(7), 306–314.

Tarhan, M., ve Sarıışık, M. (2009). A comparison among performance characteristics of various denim fading processes. *Textile Research Journal*, *79*(4), 301–309.

Tester, D., McGregor, B. A., ve Staynes, L. (2015). Ultrafine wools: Comfort and handle properties for next-to-skin knitwear and manufacturing performance. *Textile Research Journal*, *85*(11), 1181–1189.

Toksöz, M., ve Mezarcıöz, S. (2013). Denim kumaşlara uygulanan özel yıkama uygulamaları. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlik Fakültesi Dergisi*, *28*(2), 141–147.

Treloar, L. R. G. (1965). The effect of test piece-dimensions on the behaviour of fabrics in shear. *Journal of the Textile Institute Transactions*, *56*(10), 533–550.

Turan, I., Şimşek, U., ve Aslan, H. (2015). Eğitim araştırmalarında likert ölceği ve likert tipi soruların kullanımı ve analizi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (30), 186–203.

UİB (2017). *Türkiye Denim Sektörü Dış Ticaret Raporu*. 17 Eylül 2018, http://www.uib.org.tr/tr/kbfile/denim-sektoru-ihracat-raporu-kasm-2017.

Üren, N., ve Okur, A. (2014). Kumaşların kayma deformasyonu ve ölçüm yöntemleri. *Tekstil ve Mühendis*, *21*(95), 51–65.

Üren, N., ve Okur, A. (2016). In-plane shear behaviour of denim fabrics. In *16th World Textile Conference AUTEX 2016 Book of Abstracts*, 54.

Üren, N., ve Okur, A. (2017). Application of ring method for denim fabrics and its relations with mechanical and surface properties. In *The 45th Textile Research Symposium 2017 Book of Abstracts*, 86.

Üren, N., Öner, E., ve Okur, A. (2017). A novel approach for precise determination of in-plane shear behavior of woven fabrics. *Textile Research Journal*, *87*(11), 1335–1348.

Verdu, P., Rego, J. M., Nieto, J., ve Blanes, M. (2009). Comfort analysis of woven cotton/polyester fabrics modified with a new elastic fiber part I: Preliminary analysis of comfort and mechanical properties. *Textile Research Journal*, *79*(1), 14–23.

Vivekanadan, M., Raj, S., Sreenivasan, S., ve Nachane, R. (2011). Parameters affecting warm-cool feeling in cotton denim fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, *36*(2), 117–121.

Xin, B., Hu, J., ve Baciu, G. (2010). Visualization of textile surface roughness based on silhouette image analysis. *Textile Research Journal*, *80*(2), 166–176.

Xue, Z., Zeng, X., Koehl, L., ve Shen, L. (2016). Consistency and reliability of untrained consumers perceptions of fabric hand of mens suiting. *Textile Research Journal*, *86*(13), 1425–1442.

Yang, R.-H., W. Kan, C., Wong, W. Y., ve C. Law, M. (2013). Comparative study of cellulase treatment on low stress mechanical properties of cotton denim fabric made by torque free ring spun yarn. *Fibers and Polymers*, *14*(4), 669–675.

Yoneda, M., ve Kawabata, S. (1982). A theoretical consideration on the objective measurement of warm cool feeling. *The Textile Machinery Society of Japan*, 393–406.

Zaghouani, F., Hassen, M. B., ve Cheikhrouhou, M. (2007). A comparative study of the properties of denim fabrics made of the ring, open end and hybrid cotton folded yarns. *Pakistan Textile Journal*, *11*, 54–57.

Zheng, J., Komatsu, T., Yazaki, Y., Takatera, M., Inui, S., ve Shimizu, Y. (2006). Evaluating shear rigidity of woven fabrics. *Textile Research Journal*, *76*(2), 145–151.