

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhittin ÖZKAN

**PTT/PAMUK KARIŞIMI OE-ROTOR İPLİKLERİNİN VE BU
İPLİKLERİN KULLANILDIĞI DENİM KUMAŞLARIN
PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA- 2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PTT/PAMUK KARIŞIMI OE-ROTOR İPLİKLERİNİN VE BU
İPLİKLERİN KULLANILDIĞI DENİM KUMAŞLARIN
PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Muhittin ÖZKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 03/09/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL
ÜYE

.....
Doç. Dr. İlhami İLHAN
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL20177722

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PTT/PAMUK KARIŞIMI OE-ROTOR İPLİKLERİNİN VE BU İPLİKLERİN KULLANILDIĞI DENİM KUMAŞLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Muhittin ÖZKAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL

Yıl: 2019, Sayfa: 135

Jüri : Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL
Doç. Dr. İlhami İLHAN

Tekstilde istenen ürünün elde edilebilmesi için uygun nitelikte hammadde seçimi önemlidir. %100 doğal ya da %100 yapay liflerin mamulden beklentileri tam olarak sağlayamadığı durumlarda lif karışımları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada öncelikle, PTT (Politrimetilen Tereftalat) esaslı olan kesikli Sustans® liflerinin pamuk ile birlikte open-end rotor iplik üretim sisteminde eğrilmeleri hedeflenmiştir. Bu sayede Sustans® liflerinin sahip olduğu, iyi elastikiyet ve boyutsal stabilite, düşük statik elektriklenme, yumuşak tuşe gibi olumlu özelliklerin yüksek verimlilikteki bir eğirme tekniği ile kesikli iplik yapısına aktarılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda 5 farklı oranda Sustans®/Pamuk karışımı harman ve %100 Pamuk harman kullanılarak, Ne 8,25 numarada 6 farklı open-end rotor ipliği üretilmiş ve bu ipliklerin kalite özellikleri test edilmiştir. Ardından bu ipliklerin atkı olarak kullanıldığı, 6 farklı denim kumaş üretilmiş ve kumaşların kalite özellikleri test edilmiştir. Sonuç olarak; Sustans®/Pamuk karışımı harmanlar open-end rotor sistemi ile başarıyla eğrilmiştir. Elde edilen tüm verilere uygulanan istatistikî analizler sonucunda; %100 pamuk ipliğe göre, Sustans® içeren ipliklerin kopma uzaması, düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük değerleri iyileşirken, mukavemet değerleri ise bir miktar azalmıştır. Sustans® içeren denim kumaşlarda %100 pamuk kumaşa göre, daha yüksek boyutsal stabilite ve kopma uzaması sağlanabilmiş, elastikiyet ve kalıcı uzamada ise bir miktar iyileşme görülmüştür. Sonuç olarak elde edilen tüm iplik ve kumaş bulguları ışığında, open-end rotor ipliği üretiminde optimum karışım oranının % 50/50 Sustans®/Pamuk olduğu kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Politrimeritilen Tereftalat (PTT), Sorona®, Sustans®, Pamuk, Lif karışımları, OE Rotor ipliği, Denim

ABSTRACT

MSc THESIS

INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE PROPERTIES OF PTT/COTTON BLENDED OE-ROTOR YARNS AND DENIM FABRICS USING THESE YARNS

Muhittin ÖZKAN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING

Supervisor: Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL

Year: 2019, Pages: 135

Jury

: Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL

Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL

Assoc. Prof. Dr. İlhami İLHAN

Selection of appropriate raw materials is important in obtaining the desired product in textile. Fiber blends are commonly used where 100% natural or 100% artificial fibers do not fully meet the requirements of the product. In this study, it is aimed primarily to spin staple Sustans[®] fibers based on PTT together with cotton in the rotor spinning system. In this way, it is aimed to transfer the positive properties of Sustans[®] fibers such as good elasticity and dimensional stability, low static electricity, softness to the staple yarn structure with a high efficient spinning technique. In this context, 6 different rotor-spun yarns with Ne 8.25 were produced by using Sustans[®]/Cotton blends in 5 different ratios and 100% Cotton blend, and then quality properties of these yarns were tested. Then, 6 different denim fabrics were produced using these yarns as weft and quality properties of the fabrics were tested. As a result; Sustans[®]/Cotton blends were successfully spun in open-end rotor system. As a result of statistical analysis applied to all the data; compared to 100% cotton yarn, the elongation at break, unevenness, yarn imperfections and hairiness of Sustans[®] containing yarns improved, while the strength values were slightly reduced. Compared to 100% cotton fabric, denim fabrics containing Sustans[®] were able to achieve higher dimensional stability and elongation at break, on the other hand, a little bit improvement in elasticity and permanent elongation was obtained. According to all the obtained yarn and fabric findings, the optimum blending ratio in rotor spinning was evaluated as 50/50% Sustans[®]/Cotton.

Key Words: Politrimetilen Tereftalat (PTT), Sorona[®], Sustans[®], Cotton, Fiber blends, OE Rotor yarn, Denim.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

PTT (Politrimetilen Tereftalat) lifleri diğer tekstil liflerinin çoğuna göre, başta iyi elastikiyet ve boyutsal stabilite olmak üzere, kolay temizlenebilme, kolay boyanabilme, iyi renk haslıkları, düşük statik elektriklenme ve yumuşak tuşe gibi olumlu özelliklere sahiptir. PTT polimeri ilk olarak 1941 yılında üretilmesine rağmen, ticari olarak üretime geçilmesi ise yenidir. Bu nedenle PTT esaslı liflerin sahip olduğu özellikler ve bu özelliklerin tekstil ürünlerinde sağlayacağı katkılar henüz sektörde yeterince bilinmemektedir. Ayrıca DuPont firmasının PTT polimeri olan Sorona® polimerinin önemli bir kısmı yıllık olarak yenilenebilir şekilde bitkisel kaynaklardan elde edilmektedir. Ancak PTT lifleri ile ilgili olan çalışmaların büyük kısmı, saf ya da bikomponent yapıda PTT esaslı filament lif ve iplik üretimiyle ilgilidir. Aynı zamanda filament ipliklerin kullanıldığı kumaş üretimiyle ilgili az sayıda çalışma da mevcuttur. Yapılan literatür taramasında kesikli PTT liflerinin tekstil ürünlerinde kullanımıyla ilgili yeterli çalışma olmadığı görülmüştür.

Open-end rotor iplikleri, ring ipliklerine göre düşük mukavemet, dar numara aralığı, streç iplik üretilmemesi gibi dezavantajlara sahiptir. Bununla birlikte düşük tüylülük, iyi aşınma davranışı gibi avantajlara da sahiptir. Ancak, Open-end rotor sisteminin ring sistemine göre asıl avantajı, üretim basamaklarının daha az sayıda olması ve üretim hızıdır. Yani ring sistemine göre daha ucuz iplik üretilmektedir. Özellikle maliyet ve kalitenin dengelenmesi gereken uygulamalarda, rotor iplikleri ring ipliklerine tercih edilmektedir.

Denim giysiler, tüm yaş gruplarına hitap eden, tam olarak küreselleşmiş ürünlerdir. Ayrıca denim kumaşlar, döşemelik ve reklam ürünleri gibi giyim dışı alanlarda da kullanılmaktadır. Bu açılardan belirli bir pazar payını korumaktadır. Özellikle giysilik denim kumaşlarda konfor ve boyutsal stabilite için streç iplik kullanımı giderek artmaktadır. Ayrıca sektörden, open-end rotor ipliği kullanımına yönelik yeniden bir eğilim olduğu bilgileri gelmektedir.

Bu bilgiler ışığında, PTT esaslı olan kesikli Sustans® liflerinin pamuk ile birlikte open-end rotor iplik üretim sisteminde eğrilmeleri hedeflenmiştir. Böylece PTT esaslı kesikli liflerin sahip olduğu olumlu özelliklerin, yüksek hızlarda ve daha ucuza üretim yapılan bir yöntemle mümkün olduğunca iplik yapısına ve bu ipliklerin atkı olarak kullanılmasıyla üretilen denim kumaşlara aktarılması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda öncelikle, %100 Pamuk harmanı ve 5 farklı karışım oranında Sustans®/Pamuk karışımı harmanlar üretilmiştir. Bu harmanlar kullanılarak, Ne 8,25 numarada, %100 Pamuk ipliği ve 5 farklı oranda Sustans®/Pamuk karışımı open-end rotor iplikleri üretilmiştir. Bu ipliklere, kopma mukavemeti ve uzaması, düzgünsüzlük ve iplik hataları ile tüylülük analizleri yapılmıştır. Ardından üretilen ipliklerin atkı olarak kullanıldığı, 10'ar m uzunlukta, 6 farklı denim kumaş aynı dokuma makinesinde üretilmiştir. Ham kumaşlara yakma, yıkama, ön kurutma ve sanfor işlemleri uygulanarak mamul kumaşlar elde edilmiştir. Ardından mamul kumaşlara sıklık, mamul en, gramaj, dairesel sertlik, kopma mukavemeti ve uzaması, yırtılma mukavemeti, yıkama sonrası boyut değişimi, elastikiyet ve kalıcı uzama, boncuklanma ve aşınma dayanımı testleri uygulanmıştır. İplik ve kumaşlara uygulanan tüm test sonuçları istatistiki olarak analiz edilmiştir.

Çalışma sonucunda; Sustans®/Pamuk karışımı harmanlar open-end rotor sisteminde başarıyla eğrilmiştir. %100 pamuk ipliğe göre, Sustans® içeren ipliklerin kopma uzaması, düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük değerleri iyileşmiştir. Bununla birlikte mukavemet değerleri ise bir miktar azalmıştır. Sustans® içeren kumaşlarda %100 pamuk kumaşa göre, daha yüksek boyutsal stabilite ve kopma uzaması sağlanabilmiştir. Ayrıca elastikiyet ve kalıcı uzama değerlerinde ise bir miktar iyileşme görülmüştür. Elde edilen tüm iplik ve kumaş bulguları ışığında, optimum karışım oranının % 50/50 Sustans®/Pamuk olduğu kanısına varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamda, bana verdiği büyük destek ve yardımlardan dolayı danışmanım Sayın Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yapıcı fikirleriyle verdikleri katkılardan dolayı yüksek lisans tezi jüri üyeleri, Sayın Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL ve Sayın Doç. Dr. İlhami İLHAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam kapsamında, elyaf tedarikleri, iplik ve kumaş üretimleri, kalite kontrol testleri konusunda tüm imkânları sağlayan BOSSA TİCARET VE SANAYİ İŞLETMELERİ T.A.Ş.'ye, bu imkânların sağlanması hususunda verdiği destek için BOSSA Genel Müdürü Sayın Onur DURU'ya, tez çalışması kapsamında malzeme tedariki, üretim, bilgi aktarımı konularında verdikleri desteklerden dolayı, Serdal SIRLIBAŞ ve Gözde TURAN İNCE başta olmak üzere tüm BOSSA Ar-Ge, Laboratuvar, İplik ve Dokuma birimleri çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışmam kapsamında yapılan kalite kontrol testleri konusunda tüm imkânlarını kullandığım Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'ne ve bu imkânların kullanılması konusunda verdiği desteklerden dolayı Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA'ya teşekkür ederim.

Çalışmam kapsamında yol gösterme ve fikir sunma konusunda desteklerini esirgemeyen, başta Arş. Gör. Dr. Abdurrahman TELLİ, Arş. Gör. Dr. İlkan ÖZKAN ve Mahmut TAŞ olmak üzere tüm değerli mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmamda beni teşvik eden ve her türlü desteği esirgemeyen eşim Nihan ÖZKAN'a ve ablam Dilek KÜÇÜKKÖŞKER'e şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET.....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. PTT Lifleri.....	4
1.1.1. PTT'nin Kimyasal Yapısı ve Özellikleri.....	5
1.1.2. PTT'den Lif Çekimi.....	10
1.2. Pamuk Lifleri.....	11
1.3. Open End Rotor İplikçiliği.....	12
1.4. Denim Kumaş Üretimi.....	16
1.4.1. Çözümlü Hazırlama.....	18
1.4.2. Dokuma Aşaması.....	20
1.4.3. Terbiye İşlemleri.....	21
1.5. Çalışmanın Amacı ve Önemi.....	22
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	25
2.1. PTT Polimeri ve PTT İçeren İplik Üretimi İle İlgili Çalışmalar	25
2.2. Open-End Rotor İplik Üretimi İle İlgili Çalışmalar.....	29
2.3. PTT İçerikli Kumaş Üretimi İle İlgili Çalışmalar.....	34
3. MATERYAL VE METOD.....	41
3.1. Materyal.....	41
3.1.1. Pamuk Lifleri.....	42
3.1.2. Sustans® Lifleri	44

3.2. Metot.....	47
3.2.1. İplik Üretimi ve İpliklere Uygulanan Testler.....	47
3.2.1.1. İplik Üretimi.....	47
3.2.1.2. İpliklere Uygulanan Testler.....	51
3.2.2. Kumaş Üretimi ve Kumaşlara Uygulanan Testler	57
3.2.2.1. Kumaş Üretimi	57
3.2.2.2. Kumaşlara Uygulanan Testler.....	59
3.3. İstatistiksel Analizler.....	66
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	69
4.1. İplik Test Sonuçları	69
4.1.1. İplik Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzaması	70
4.1.2. İplik Düzgünsüzlüğü ve Hataları	76
4.1.3. İplik Tüylülüğü	82
4.2. Kumaş Test Sonuçları	88
4.2.1. Mamul En, Gramaj ve Sıklık	90
4.2.2. Dairesel Sertlik (Stiffness).....	97
4.2.3. Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzaması	99
4.2.4. Yırtılma Mukavemeti	104
4.2.5. Yıkama Sonrası Boyut Değişimi	107
4.2.6. Elastikiyet ve Kalıcı Uzama	111
4.2.7. Boncuklanma	116
4.2.8. Aşınma Dayanımı	118
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	121
5.1. Sonuçlar.....	121
5.2. Öneriler.....	121
KAYNAKLAR.....	127
ÖZGEÇMİŞ.....	135

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1.	PTT lifleri fiziksel özelliklerinin diğer liflerle karşılaştırılması...	6
Çizelge 1.2.	Rotor iplik makinelerinde üretim parametreleri	14
Çizelge 3.1.	Çalışmada kullanılan pamuk liflerine ait HVI sonuçları.....	43
Çizelge 3.2.	Çalışmada kullanılan Sustans® lif özellikleri.....	46
Çizelge 3.3.	Elyaf karışım oranları	47
Çizelge 3.4.	İplik Üretim Aşamaları ve Makineleri	48
Çizelge 3.5.	İplik Makinesi Çalışma Ölçütleri	51
Çizelge 3.6.	Dokuma üretim ölçütleri.....	58
Çizelge 3.7.	Kumaşlara uygulanan testler	59
Çizelge 3.8.	Korelasyon katsayılarına göre ilişki seviyeleri.....	67
Çizelge 4.1.	İpliklerde Kolmogorov-Smirnov ve Levene testi sonuçları	69
Çizelge 4.2.	İpliklerde Pearson ve Spearman korelasyon testi sonuçları	70
Çizelge 4.3.	İpliklerde ANOVA testi sonuçları	70
Çizelge 4.4.	İpliklerde Kopma mukavemeti ve kopma uzaması test sonuçları.	71
Çizelge 4.5.	Uzama ve mukavemet için Tukey ve Tamhane test sonuçları	72
Çizelge 4.6.	İpliklerde düzgünsüzlük değerleri ve hata sayıları	76
Çizelge 4.7.	-%40 ince yer ve düzgünsüzlük için Tukey ve Tamhane test sonuçları	77
Çizelge 4.8.	Kalın yer ve neps sayıları için Kruskal Wallis test sonuçları	80
Çizelge 4.9.	Kalın yer ve neps sayıları için Mann Whitney test sonuçları.....	81
Çizelge 4.10.	İplik tüylülük değerleri	82
Çizelge 4.11.	S ₃ ve H tüylülük değerleri için Tukey ve Tamhane test sonuçları.....	84
Çizelge 4.12.	Kumaşlar için Kolmogorov-Smirnov ve Levene testi sonuçları...	88
Çizelge 4.13.	Kumaşlar için Pearson ve Spearman korelasyon testi sonuçları...	89
Çizelge 4.14.	Kumaşlar için ANOVA testi sonuçları.....	90

Çizelge 4.15. Kumaşlarda sıklık, gramaj ve mamul en değerleri	91
Çizelge 4.16. Mamul en ve gramaj analizleri için Tukey testi sonuçları	91
Çizelge 4.17. Sıklıklar için Kruskal Wallis test sonuçları	94
Çizelge 4.18. Çözümlü sıklıkları için Mann Whitney test sonuçları.....	96
Çizelge 4.19. Kumaş sertliği test sonuçları	97
Çizelge 4.20. Sertlik değerleri için Tukey testi sonuçları	98
Çizelge 4.21. Kumaşlarda kopma mukavemeti ve kopma uzaması test sonuçları	100
Çizelge 4.22. Kopma mukavemeti için Tukey testi sonuçları.....	100
Çizelge 4.23. Kopma uzaması için Tukey testi sonuçları	103
Çizelge 4.24. Kumaşlarda yırtılma mukavemeti test sonuçları	104
Çizelge 4.25.Çözgü yönü yırtılma mukavemeti için Kruskal Wallis test sonuçları	106
Çizelge 4.26.Çözgü yönü yırtılma mukavemeti için Mann Whitney test sonuçları	106
Çizelge 4.27. Kumaşlarda yıkama sonrası boyut değişimi test sonuçları	107
Çizelge 4.28. Atkı yönü boyut değişimleri için Tamhane ve Tukey testi sonuçları	108
Çizelge 4.29.Çözgü yönü boyut değişimleri için Tukey ve Tamhane testi sonuçları.....	111
Çizelge 4.30. Kumaşlarda elastikiyet ve kalıcı uzama test sonuçları	112
Çizelge 4.31. Yıkamış ve mamul elastikiyet için Tukey ve Tamhane test sonuçları	113
Çizelge 4.32. Yıkamış kalıcı uzama için Kruskal Wallis test sonuçları.....	115
Çizelge 4.33. Kumaşlarda boncuklanma test sonuçları	117
Çizelge 4.34. Kumaşlarda aşınma dayanımı test sonuçları	119

ŞEKİLLER DİZİNİ

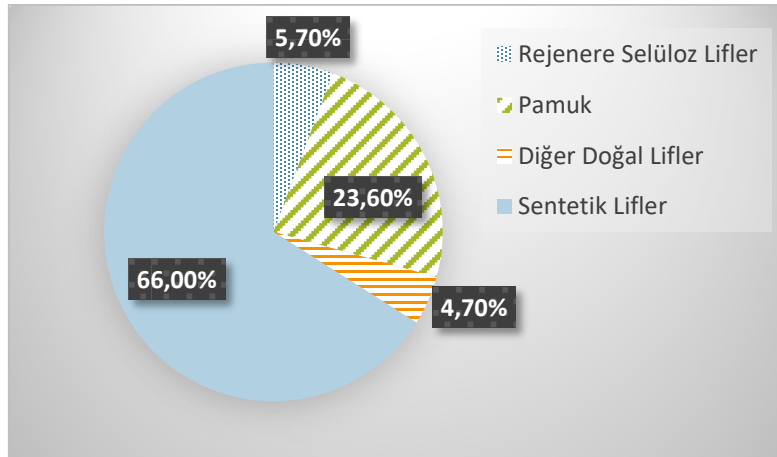
SAYFA

Şekil 1.1.	2018 dünya lif tüketim oranları	1
Şekil 1.2.	2000 - 2030 yılları arasında dünya lif tüketim verileri	2
Şekil 1.3.	PTT'nin kimyasal yapısı	6
Şekil 1.4.	PET lifi DSC grafiği	7
Şekil 1.5.	PTT lifi DSC grafiği	7
Şekil 1.6.	PBT lifi DSC grafiği.....	8
Şekil 1.7.	PET, PTT ve PBT moleküllerinin atomik dizilimleri	9
Şekil 1.8.	Open-end Rotor eğirme sistemi	15
Şekil 1.9.	Rotorda iplik oluşumu ve ipliğin büküm alması	16
Şekil 3.1	Çalışmada kullanılan lifler	41
Şekil 3.2.	HVI Spectrum test cihazı	42
Şekil 3.3.	Çalışmada kullanılan Sustans® liflerinin kıvrımlı yapısı	45
Şekil 3.4.	Çalışmada kullanılan Sustans® liflerinin kesit görüntüsü	45
Şekil 3.5.	Instron 5564 mukavemet test cihazı	46
Şekil 3.6.	Rieter B 34 balya açıcı karıştırıcı	48
Şekil 3.7.	Trützschler DK 760 tarak makinesi	49
Şekil 3.8.	Rieter RSB D50 cer makinesi	50
Şekil 3.9.	Autocoro 9 rotor iplik makinesi	50
Şekil 3.10.	Uster Tensorapid 3 V7.0 cihazı.....	52
Şekil 3.11.	Uster Tester 4 İplik Düzgünsüzlük ve Tüylülük Test Cihazı	53
Şekil 3.12.	Uster OH sensörü tüylülük ölçüm prensibi	54
Şekil 3.13.	Zweigle G-567 Tüylülük Test Cihazı.....	56
Şekil 3.14.	Zweigle tüylülük ölçüm prensibi	56
Şekil 3.15.	Dornier AWSE 4/E D dokuma makinesi	57
Şekil 3.16.	Dairesel sertlik (stiffness) test cihazı	60
Şekil 3.17.	James H. Heal/Titan universal mukavemet test cihazı	61

Şekil 3.18. SDL Atlas Dijital Elmendorf mukavemet test cihazı	62
Şekil 3.19. Electrolux FOM71 CLS yıkama test cihazı	63
Şekil 3.20. Elastikiyet ve kalıcı uzama test aparatı	64
Şekil 3.21. Martindale aşınma ve boncuklanma test cihazı	65
Şekil 3.22. Boncuklanma değerlendirme kabini	66
Şekil 4.1. İpliklerde kopma mukavemeti değişim grafiği.....	72
Şekil 4.2. İplik Yüzey liflerinde kendi üzerine kıvrılma ve boncuk görüntüsü	74
Şekil 4.3. İpliklerde kopma uzaması değişim grafiği	75
Şekil 4.4. Düzensizlik (%U) değişim grafiği.....	78
Şekil 4.5. -%40 ince yer sayısı değişim grafiği	79
Şekil 4.6. +%50 kalın yer sayısı değişim grafiği.....	81
Şekil 4.7. +%280 neps sayısı değişim grafiği	82
Şekil 4.8. Zweigle S3 tüylülük değerleri değişim grafiği.....	84
Şekil 4.9. Uster H tüylülük değerleri değişim grafiği	85
Şekil 4.10. İplik tüylülük görüntüleri.....	86
Şekil 4.11. Rotor içi lif sıvanması görüntüsü	87
Şekil 4.12. Kumaş mamul enleri değişim grafiği	92
Şekil 4.13. Kumaş gramajı değişim grafiği	93
Şekil 4.14. İplik sıklıkları değişim grafikleri.....	95
Şekil 4.15. Dairesel sertlik değişim grafiği	99
Şekil 4.16. Atkı ve çözgü yönü kopma mukavemetleri değişim grafikleri.....	101
Şekil 4.17. Atkı ve çözgü yönü kopma uzaması değişim grafikleri.....	103
Şekil 4.18. Atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değişim grafikleri.....	105
Şekil 4.19. Atkı yönü yıkama sonrası boyut değişimleri grafikleri.....	110
Şekil 4.20. Çözgü yönü yıkama sonrası boyut değişimleri grafikleri.....	111
Şekil 4.21. Elastikiyet ve kalıcı uzama değişimleri grafikleri.....	114
Şekil 4.22. Aşınma dayanımı değişimleri grafiği	120

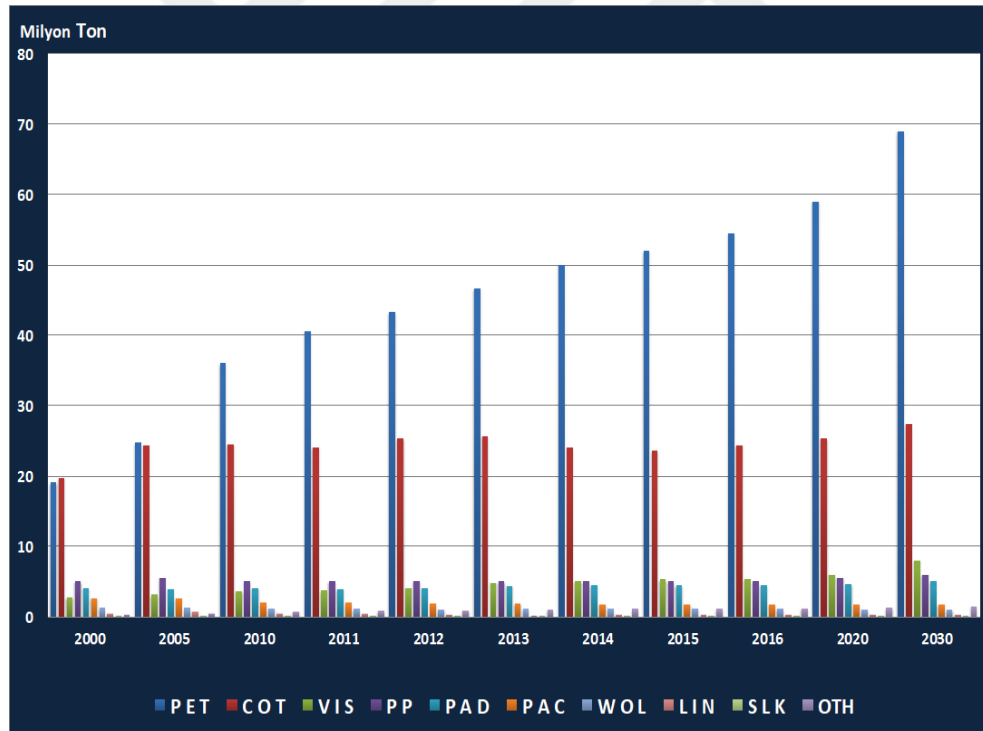
1. GİRİŞ

Dünya insan nüfusu 2000 yılında yaklaşık 6,11 milyarken, 2018 yılına gelindiğinde % 24,2 artış göstererek yaklaşık 7,59 milyara ulaşmıştır (World Bank, 2019). Son yıllarda dünya nüfusunda görülen hızlı artış insanların giyinme ihtiyacında da ciddi artışlar getirmiştir. Ayrıca tekstil ürünleri endüstri, güvenlik, mimari gibi birçok alanda da kullanılmaktadır. Giyim dışı alanlarda tekstil ürünü kullanımı da son yıllarda ciddi miktarda artmıştır. Tekstil ürünü kullanımında görülen artışlar, 2000-2018 yılları arasında dünya lif tüketiminin, aynı yıllardaki nüfus artış oranının 3 katından daha fazla bir oranla artmasına neden olmuştur. 2000 yılında yaklaşık 58 milyon ton olan dünya lif üretimi, son yıllardaki zayıf büyüme verilerine rağmen 2018 yılı itibariyle yaklaşık %83'lük bir artışla 106 milyon ton civarında gerçekleşmiştir. 2018 yılı verilerine göre en fazla tüketilen lif grubu yaklaşık 70 milyon ton ile sentetik liflerdir. İkinci sırayı ise yaklaşık 25 milyon ton ile pamuk almıştır. Şekil 1.1'de görülebilen 2018 yılı lif tüketim oranlarına göre, sentetik lifler toplam lif tüketiminde yaklaşık % 66 paya sahipken, diğer liflerin toplamı ancak % 34'ü bulabilmiştir (Kerkhof, 2018; The Fiber Year, 2019).



Şekil 1.1. 2018 dünya lif tüketim oranları

Yukarıda değinilen verilere göre diğer doğal ve rejenere liflerle kıyaslandığında pamuk üretiminin, sentetik liflerle rekabet edebildiği düşünülebilir. Ancak durum böyle değildir, çünkü 2018’de sırasıyla 25 milyon ton ve 70 milyon ton olarak gerçekleşen pamuk ve sentetik lif üretimleri, 2000 yılında 20 milyon ton pamuk ve 30 milyon ton sentetik lif şeklinde gerçekleşmiştir ve aralarındaki fark günümüze göre çok daha küçüktür. Yani geçtiğimiz 18 yılda pamuk üretimi yaklaşık % 25 artarken, sentetik lifler ise %133 seviyelerinde artış göstermiştir (Kerkhof, 2018; The Fiber Year, 2019). Belli başlı bazı tekstil liflerinin 2000 ve 2030 yılları arasında gerçekleşmiş ve tahmin edilmiş üretim verileri, sentetik lifler ve doğal kaynaklı lifler arasındaki makasın daha da açılacağını göstermektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. 2000 - 2030 yılları arasında dünya lif tüketim verileri (Sözen, 2017)

Söz konusu durumun oluşmasında belki de temel neden, dünyada lif ihtiyacı artarken pamuk üretiminin gerek verim, gerekse ekim alanı bağlamında sınıra ulaşmasıdır. Dünyada pamuk tarımı yapılabilecek alanların 36 milyon hektarın üzerine çıkması teorik olarak mümkündür, ancak dünyadaki ekilebilir alanların daha çok diğer tarım ürünlerine ayrılması nedeniyle ekonomik olarak mümkün görünmemektedir. (Tarakçıoğlu, 2008; Telli, 2016).

Bahsedilen tüm veriler ışığında sentetik lif üretiminin, toplam lif üretimi içerisindeki payının doğal ve rejenere lifler karşısında her geçen yıl daha da artacağı söylenebilir. Sürdürülebilir doğal kaynaklar kullanılarak üretildiğini söyleyebileceğimiz rejenere lif üretiminin sentetik liflere alternatif olması da pek mümkün görünmemektedir. Bu duruma neden olarak; rejenere lif üretiminin zorluğu, maliyetleri ve liflerin istenen özellikleri karşılama kabiliyeti gibi hususlar sayılabilir. Diğer yandan sentetik lif endüstrisinin, bütün polimer endüstrisi ile birlikte, büyük oranda fosil yakıtlara dayalı olduğu da bilinmektedir. Fosil yakıtlara dayalı olmak ise sürdürülebilirlik ve çevre zararı tartışmalarını beraberinde getirmektedir. Her yıl 9 milyon ton plastik atığın okyanuslara karıştığı belirtilmektedir (Kerkhof, 2018). Sonuç olarak üretim faktörleri, maliyetler, lif özellikleri vb. birçok nedenden dolayı tekstil sektöründe sentetik lif kullanımının artarak devam etmesi kaçınılmaz görünmektedir. Bunun yanında, polimer endüstrisinden bağımsız olmamakla birlikte, sentetik lif endüstrisinin daha sürdürülebilir kaynaklara yönelmesi de kaçınılmaz hale gelmektedir.

DuPont firmasının ürettiği Poli(trimetilen Tereftalat) (PTT) polimeri olan Sorona® daha sürdürülebilir polimer ve sentetik lif üretimine örnek olarak gösterilebilir. Çünkü Sorona® ve dolayısıyla bu polimerden elde edilmiş sentetik lif hammaddelerinin bir kısmı petrokimyasallar yerine yenilenebilir doğal kaynaklardan üretilmektedir. Ayrıca CO₂ gibi sera gazlarının salınımı açısından da faydalar sağlamaktadır (Yıldırım ve ark, 2012). Tekstil sektörünün zararlı gaz salınımı da sürdürülebilir kaynaklar kadar önemli bir çevresel faktördür. Çünkü tekstil sektörünün yılda 1.2 milyar ton CO₂ eşdeğeri zararlı gaz salınımına neden

olduğu, bu miktarın uluslararası uçuşlardan ve deniz taşımacılığında daha fazla zararlı emisyon anlamına geldiği ve sektörün en kirleticisi endüstrilerden biri olduğu söylenmektedir (Springer Nature, 2018).

1.1. PTT Lifleri

PTT, Poli(etilen Tereftalat) (PET) ve Poli(bütlen Tereftalat) (PBT) ile birlikte aromatik polyesterlerin ftalatlar kolunu oluşturmaktadır. Yani PTT, PET ve PBT aynı ailenin üyeleridir. PTT polimeri, 1,3 propan diolün (PDO), saf tereftalik asit (PTA) ya da dimetil tereftalat (DMT) ile polikondenzasyon reaksiyonu neticesinden elde edilmektedir. PTT, Poli(propilen Tereftalat) (PPT) ve 3GT olarak da bilinmektedir ancak PTT daha yaygın olarak kullanılmaktadır. (Perepelkin, 2001; Yıldırım ve ark, 2012).

PTT ilk olarak 1941 yılında sentezlenmiştir ancak o dönemde bileşenlerinden birisi olan PDO'nun yüksek üretim maliyetleri nedeniyle ticari olarak üretilmemiştir. Hatta 1960'ların ortalarında PDO üretimi tamamen durmuştur. 1990'lara gelindiğinde ise Shell Chemicals tarafından alternatif PDO üretim tekniği olarak etilen oksit (EO) hidroformülasyon tekniği geliştirilmiştir. Bu teknik, hidroformülasyon katalizörleri vasıtasıyla sürekli EO hidroformülasyonuna imkân vermiş ve ekonomik olarak PDO üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede ekonomik olarak PTT üretimine başlayan Shell firması ürettiği polimere Corterra® ticari ismini vermiştir. Corterra® lifleri özellikle halı-döşeme sektöründe kullanım alanı bulmuştur (Houck ve ark, 2001).

DuPont firması ise 2007 yılında mısır nişastası kaynaklı olarak elde ettiği PDO'yu tanıtmıştır (Yıldırım ve ark, 2012). Bu PDO'yu kullanarak da kendi PTT polimeri olan Sorona®'yı üretmiştir. DuPont'un PDO üretim tekniği, tahıllardan elde edilen şeker ya da glikozun alkol üretimine benzer şekilde mikroorganizmalar vasıtasıyla fermentasyona uğratılmasına dayanmaktadır. Burada fermentasyon kimyasal sentezleme işleminin yerini almıştır. Sorona® DuPont tarafından, petrol bazlı materyallerden biyo bazlı materyallere

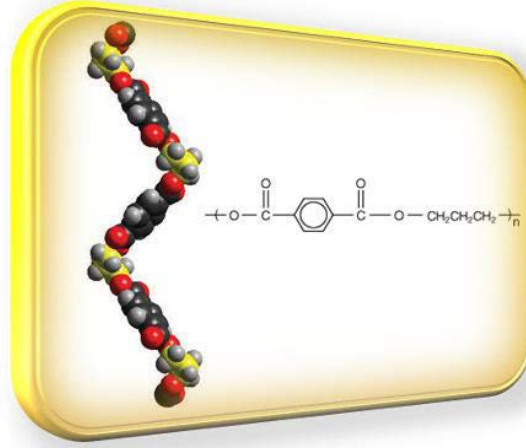
geçişin öncülerinden biri olarak gösterilmiştir. Polimerin %37'sinin yıllık olarak yenilenebilir bitkisel kaynaklardan elde edildiği, enerji tüketimi açısından Nylon 6'dan % 30, Nylon 6.6'dan % 40 daha az enerji sarf edildiği, sera gazı emisyonları açısından ise Nylon 6'ya göre % 63, Nylon 6.6'ya göre % 56 daha düşük salınımına neden olduğu söylenmiştir (Dupont, 2019).

Çin menşeli Haixing firması, Sorona® polimerinden Sustans® ticari ismi ile kesikli lifler üretmektedir. Firma, iplik üretiminde hammadde olarak ve dolgu malzemesi olarak farklı Sustans® liflerinin üretimlerini yapmaktadır. Firma tarafından lif bileşimleri net olarak paylaşılmamıştır ancak üretimlerinin bikomponent yapıda olduğu belirtilmiştir.

1.1.1. PTT'nin Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Kimyasal formülü Şekil 1.3'te görülen PTT lifleri, makro molekül zincirinde kütlece en az % 85 oranında, bir diol ve tereftalik asit esteri içermektedir ve bu yapıyla tipik bir polyester örneğidir (Piccinini ve ark, 2013). PTT bu açıdan ftalat grubunun diğer polyesterleri olan PET ve PBT ile benzerlik göstermektedir. Ancak ftalat grubu polyesterler olan PET, PTT ve PBT kimyasal yapılarında sırasıyla 2, 3 ve 4 metilen grubu içermeleri ile birbirinden ayrılmaktadır. Ayrıca sentezlenmeleri sırasında üçünün de bir bileşenini dimetil tereftalat ya da tereftalik asit oluştururken, diğer bileşenleri olan alkol türevleri, PET için etilen glikol, PTT için 1,3-propan diol (PDO) ve PBT için 1,4-bütandiol (BDO) olarak sıralanır (Yıldırım, 2015).

Yoğunluk, erime ve camlaşma sıcaklıkları açısından PTT'nin fiziksel özellikleri PET ile tamamen ayrılmaktadır. PBT ile yoğunluk ve camlaşma sıcaklığı ayrışırken sadece erime sıcaklığı yakınlık göstermektedir. PTT liflerinin fiziksel özellikleri Çizelge 1.1'de diğer bazı liflerle kıyaslanarak verilmiştir.

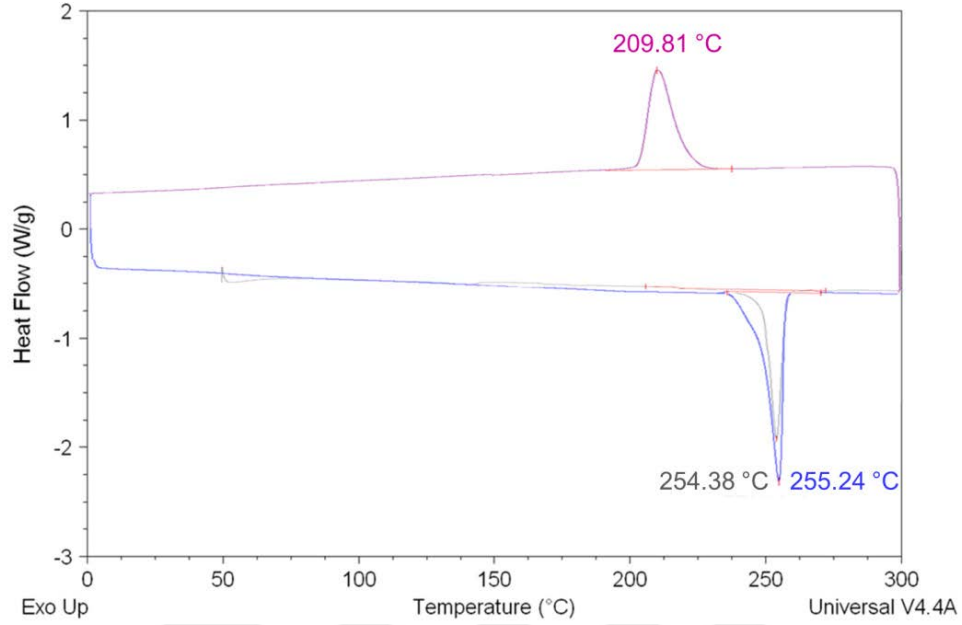


Şekil 1.3. PTT'nin kimyasal yapısı (Yıldırım, 2015)

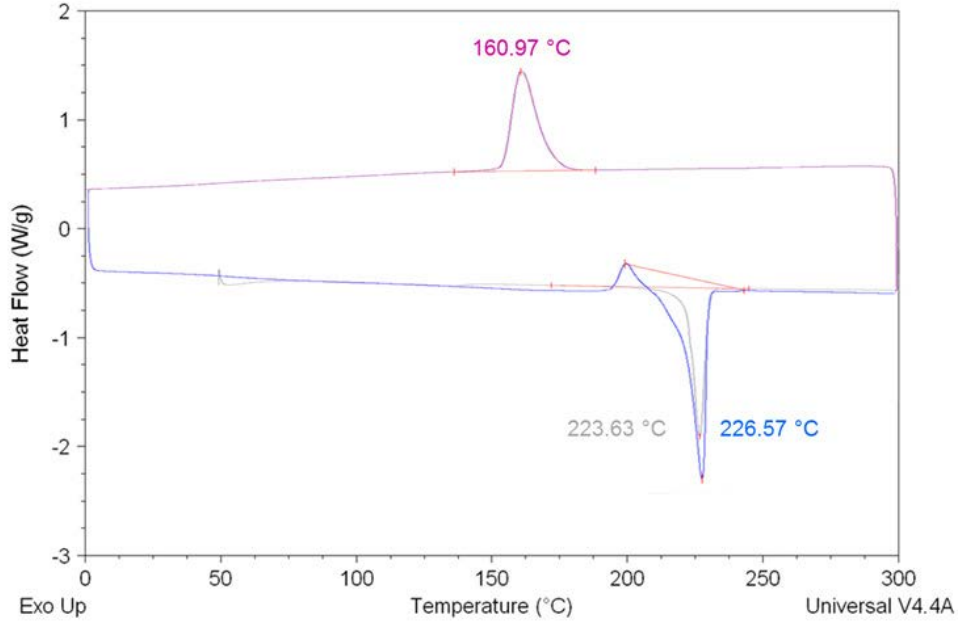
Çizelge 1.1. PTT lifleri fiziksel özelliklerinin diğer liflerle karşılaştırılması (Houck, 2001; Yıldırım, 2015)

Fiziksel Özellikler	PET	PBT	PTT	Naylon 6	Naylon 6,6
Erime Sıcaklığı (°C)	265	228	225-228	220-230	265
Camlaşma Sıcaklığı (°C)	80	25	45-75	40-87	50-90
Yoğunluk (g/cm ³)	0,40-0,49	0,34	1,33-1,35	1,14	1,14

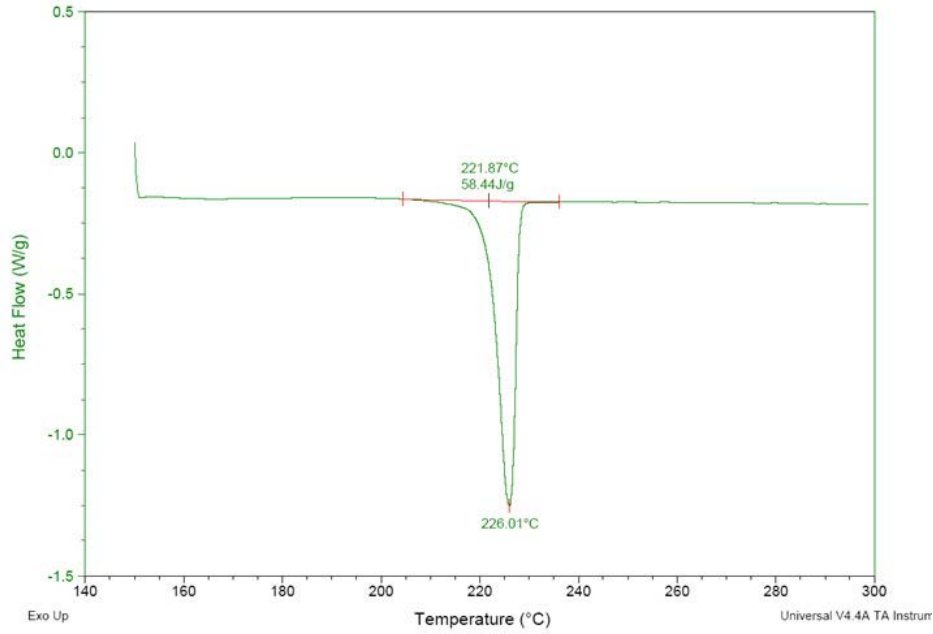
Liflerin termal özellikleri, lif çekim yöntemlerinin ve kriterlerinin belirlenmesi için büyük önem taşımaktadır. Lif fiziksel özelliklerinin birbirinden ayrışmasıyla ilgili bir diğer önemli ayrıntı ise liflerin enstrümantal analizler ile ayırt edilebilirlikleri açısından imkân sağlamasıdır. Bu hususta PET, PBT ve PTT'nin termal özelliklerinin ayrışması Diferansiyel Tarama Kalorimetresi (DSC) ile ayırt edilebilirlik sağlamaktadır. PET, PTT ve PBT liflerinin Şekil 1.4, 1.5 ve 1.6'da verilen DSC analiz grafikleri bu durumu açıkça ortaya koymaktadır.



Şekil 1.4. PET lifi DSC grafiği (Piccinini ve ark, 2013).

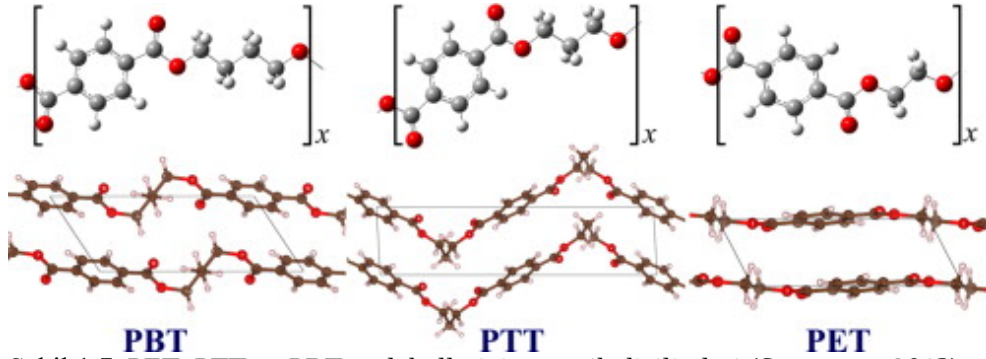


Şekil 1.5. PTT lifi DSC grafiği (Piccinini ve ark, 2013).



Şekil 1.6. PBT lifi DSC grafiği (Piccinini ve ark, 2013).

PTT yüksek kristaliniteye sahip bir polimerdir. Sahip olduğu 3 eksenli kristal yapının zincirleri ac ve bc düzlemlerinde zikzak görüntüsü vermektedir. Bu zikzaklar polimer zincirinin yay benzeri spiral bir formda olmasını sağlar ve polimer zincirinin spiral formda olması ise PTT liflerinin başta elastikiyet olmak üzere elastikiyete bağlı olan boyutsal stabilite, eğilme direnci vb. fiziki özelliklerini olumlu yönde etkiler. PTT iplikleri % 120 uzama sonrasında ilk boylarına % 100 geri dönüş sergilemektedir, bu açıdan PET ve PBT'den daha iyidir. Örnekte verilen elastikiyet özelliğiyle Nylon 6,6'dan 2-3 kat, PET'ten ise çok daha iyi performans sergilemektedir. (Thiele, 2002; Yıldırım, 2015). PTT, polimer zincirlerinin spiral görünüşü açısından da PET ve PBT'den ayrılmaktadır. PET, PTT ve PBT moleküllerinin atomik yapıları Şekil 1.7'de verilmiştir.



Şekil 1.7. PET, PTT ve PBT moleküllerinin atomik dizilimleri (Sasanuma, 2013)

PTT lifleri, molekül zincir diziliminin getirdiği elastikiyet vb. gerilim özelliklerinin yanı sıra, bazı lekelenmelere karşı dirençlidir ve kolay yıkanabilmektedir, statik elektriklenme özelliği düşüktür, yumuşak bir tuşeye sahiptir, kolay boyanabilmektedir ve renk haslıkları iyidir. Sorona ise PTT'nin bu genel özelliklerine sahip olmakla birlikte düşük karbon salınımı ve çevreci yönü de düşünüldüğünde ideal lif özellikleri sergilemektedir (Yan ve ark, 2013)

DuPont tarafından 2011 yılında PTT liflerine yeni bir jenerik isim verilmesi amacıyla yapılan başvuru neticesinde Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi tarafından hazırlanan raporda PTT özellikleri için; iyi rezilyans ve stabiliteye sahip oldukları, kolay temizlenebilmeleri, boyanabilme kabiliyetinin iyi olduğu, özellikle elastikiyet, yumuşaklık ve giysi konforu açısından üst seviye özelliklere sahip olduklarının iddia edildiği belirtilmiştir. (Piccinini ve ark. 2013).

PTT optik özellikler açısından PET ile benzeşmektedir ve yüksek kırılma indisine sahiptir. Bazı araştırmacılar PTT liflerinin kırılma indisini boyuna 1,626 ve dikine 1,566 olarak ölçmüşlerdir, bununla birlikte literatürde 1,515 ve nano PTT lifleri için 1,638 gibi değerler de vardır. Yüksek kırılma indisleri canlı renklerin elde edilmesi açısından diğer polyesterlerde olduğu gibi PTT'de de sorun oluşturmaktadır. (Houck ve ark, 2001; Yıldırım ve ark, 2012).

PTT, açık moleküler yapısı sayesinde kolay boyanabilme özelliğine sahiptir. Atmosferik şartlar altında, kaynama sıcaklıklarında, karier kullanmaksızın

boyanabilmektedir. Bazı boyalardaki renk haslıkları Naylon ile kıyaslanabilir seviyededir. Ek olarak basınçlı boyamalarda farklı tonlar oluşturma imkânı sağlamaktadır ve bu da üreticiler için çok sayıda renk seçeneği anlamına gelmektedir. Muntazam boyamalar ve iyi renk haslığı sonuçları ile en iyi boyamalar dispers boyar maddeler ile yapılmaktadır (Houck ve ark, 2001).

PTT polimerinin sentezlenmesi, maliyet, kalite vb. birçok açıdan PDO'ya bağlıdır. Mevcut şartlarda ekonomik ve kullanılabilir PTT polimeri için öncelikle uygun PDO sentezlenmesi gereklidir. PDO sentezlemek için Shell firması etilen oksitin hidroformüllenmesi yöntemini kullanmaktadır. DuPont ise iki farklı yöntem kullanmaktadır. Bunların ilki Degussa teknolojisi kullanılarak akroleinin hidrasyonu yöntemidir, ikincisi ise glikoz fermantasyonudur. Polimer sentezlenmesi de iki adımda gerçekleşmektedir. Öncelikle polimer bileşenleri katalizör vasıtasıyla tepkimeye girer ve tekrar eden molekül birimi sayısı 1-6 arasında olan oligomerler elde edilir. Bu aşamada katalizör olarak en çok titanyum alkosilatlar kullanılmaktadır. İkinci aşamada ise daha önce elde edilen oligomerler tekrar birimi sayısı 60-100 arasında olacak şekilde ve daha önce kullanılan katalizörün hızlandırma etkisi eşliğinde polikondense olurlar (Yıldırım ve ark, 2012).

1.1.2. PTT'den Lif Çekimi

PTT'nin olumlu ısı özellikleri sayesinde eriyikten çekim işlemleri uygulanabilmektedir. Polyester liflerinde eriyikten lif çekimi sırasında lif içi ve dışının soğuma farklarından dolayı kabuk-öz morfolojisinde farklar görülebilmektedir. Bu durum liflerin boyanma kabiliyetlerini ve alkali hidroliz özelliklerini etkileyebilmektedir. Polyesterler eriyikten lif çekiminde hidrolize uğrama konusunda hassastırlar. Polyesterlerle ilgili bahsedilen bu eriyikten lif çekim özellikleri PTT için de geçerlidir. PTT'nin eriyikten lif çekiminde de kurutma uygulanmaktadır ancak kurutma sıcaklıklarının 150°C'yi geçmemesi, oksidatif yıkımla karşılaşmamak açısından önemlidir. PET'e uygulanan lif çekim

yöntemleri PTT'ye uygulanabilmektedir, ancak bu süreçte PTT'nin elastik yapısı ile erime ve camlaşma sıcaklıkları göz ardı edilmemelidir. Erime sıcaklığı PET'e göre daha düşük olduğundan lif çekimi sonrası soğutma için daha az zaman mevcuttur. Ayrıca camlaşma sıcaklığı da PET'e göre daha düşüktür ve bu özellik soğuk kristallenme açısından da PTT'nin PET'ten ayrışmasını sağlamaktadır (Yıldırım ve ark, 2012).

Eriyikten lif çekim yöntemlerinde, yüksek hızda germe ve sarma işlemlerinin elastik filamentlere uygulanması, elastik olmayan filamentlere uygulanmasından daha zordur. PTT lifleri bu açıdan Naylon 6'nın eriyikten lif çekim şartları ile daha kıyaslanabilir durumdadır (Thiele, 2002).

1.2. Pamuk Lifleri

Pamuk lifleri Lenzing verilerine göre 2018 yılında toplam lif ihtiyacının %23,6'sını karşılamıştır. Ayrıca doğal lif üretiminin yaklaşık %83,4'ünü pamuk oluşturmaktadır (Kerkhof, 2018). Dünyada sentetik lif üretiminin her geçen yıl artış gösteriyor olması ve pamuk üretiminin doygunluğa ulaşmış görünmesine rağmen yukarıdaki veriler, pamuğun tekstil sektörü açısından hâlâ çok önemli olduğunu göstermektedir.

Pamuk lifleri; ortalama uzunlukları 26-38 mm arasında olan, incelikleri 3-6 mikroner arasında değişen bitkisel kaynaklı doğal liflerdendir. %88-%96 arasında olan selüloz içeriği oranı ile en fazla selüloz içeren bitkisel liflerdir. Yoğunluğu 1,50-1,55 g/cm³ ile orta derecelerdendir. Kuru mukavemet değeri 19-45 cN/tex seviyelerindedir, ıslak mukavemeti ise kuru haldeki mukavemet değerlerine göre %10-%20 arasında artış gösterir. Yüksek mukavemet değerleriyle ters orantılı olarak, %4-%10 seviyelerinde olan düşük uzama kabiliyeti sergilemektedir. Nem alma kabiliyeti %7-%8,5 arasındaki oranı ile iyi seviyelerdedir. Asitlere karşı dayanıksızdır ancak bazlara ve organik çözücülere karşı oldukça dayanıklıdır. Güneş ışığı ve oksijen ile oksidasyona uğraması ise bir dezavantajdır. Pamuk liflerinin olumlu özelliklerine, kolay yıkanabilmesi ve yumuşaklık da eklenirse,

tüm bu olumlu özelliklerinin dünya toplam lif tüketiminde ikinci sırada ve doğal lif tüketiminde ise ilk sırada olmasının nedeni olduğu söylenebilir (Uyanık, 2017; Carmichael, 2015)

Pamuk lifleri, yıllık olarak yenilenebilen ve sürdürülebilir, bitkisel, doğal bir kaynağa sahiptir. Ancak artan lif taleplerini karşılama için pamuk tarımında uygulanan teknikler, kullanılan kimyasallar ve su tüketimi, sürdürülebilirlik için tehdit oluşturmaktadır. Zira pamuk tarımı dünyadaki toplam tarımın % 2,4'ünü oluştururken, dünya tarımında kullanılan insektisitlerin % 16'sı ve pestisitlerin % 11'i pamuk tarımında kullanılmaktadır. Bu nedenle dünyada, kimyasal gübre, tarımsal ilaç ve genetiği değiştirilmiş tohum kullanımı engellenmeye çalışılmakta, organik pamuk üretimi teşvik edilmektedir (Tarakçıoğlu, 2008; Telli, 2016). Ancak doğal üretim yöntemlerinin, pamuk üretimini kısa vadede talep miktarlarının altına çekmesi mümkün görünmemektedir. Bu durum, tekstil sektörünün lif ihtiyacının çevre bilinci içerisinde karşılanabilmesi için sentetik lif endüstrisinde daha sürdürülebilir kaynaklar bulmak gerektiğini göstermektedir.

1.3. Open-End Rotor İplikçiliği

Tekstilde kullanılan ilk ticari iplik makineleri ring iplik sistemi ile çalışmaktadır. Günümüzde ise çeşitli iplik eğirme sistemleri vardır ve bu sistemler ring iplik eğirme sistemine alternatif olarak tasarlanmıştır. Ancak bu sistemler içerisinde iplik kalitesi ve ticari yaygınlık optimizasyonu açısından kendini kabul ettirmiş sistem open-end rotor iplikçiliğidir (Topalbekiroğlu ve ark. 2007).

Rotor iplik eğirme sisteminin serüveni 82 yıl önce başlamıştır. İlk rotor patent başvurusu Berthelsen tarafından 1937 yılında yapılmıştır. Kullanılabilir ilk tasarım ise Spinnbau firmasından J. Meimberg tarafından 1951 yılında Almanya'da önerilmiştir ancak başarısız bulunduğu için geliştirilmemiştir. 1960'lı yıllarda rotor tekniği Çekoslovakya'da yeniden ele alınmış ve 1965 yılında Rohlena ve arkadaşları tarafından endüstriyel üretim yapabilecek ilk makine geliştirilmiştir. Rieter, Schubert&Salzer ve Platt firmaları 1970'li yılların başında rotor sistemini

geliştirmek için bir araya gelmiş ve sonuç olarak pek çok prototip ITMA 1971’de sergilenmiştir (Ernst, 2011).

Rotor iplik sistemini geliştirme çalışmalarından şu sonuçlar alınmıştır: 1971 yılında twindisk rotor yatağı sistemi üretilmiş ve ilk ticari modellerde 30.000 devir olan rotor hızlarının artması sağlanmıştır. 1975 yılında ilk otomatik open end rotor iplik makinesi Milano ITMA’da tanıtılmıştır. 1989 yılında küçük çaplı rotor kullanılarak dakikada 100.000 devir hızı aşılmıştır. 1999 yılına gelindiğinde ise rotor hızları 170.000 devir/d hızına ulaşmıştır. Schlafhorst firması 2001 ve 2003 yıllarında yapılan ITMA fuarlarında tanıttığı makineleri ile rotor iplik makinelerinde otomasyonu daha da arttırmıştır (Ersoy, 2014).

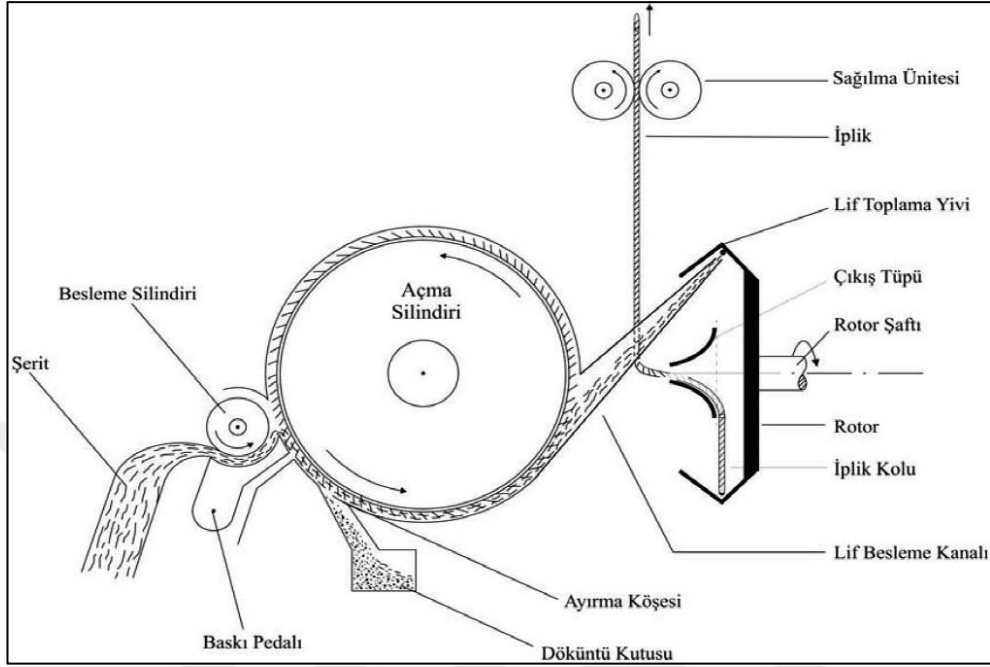
Günümüzde rotor iplik eğirme makineleri ile pratik olarak 160.000 devir/d rotor hızlarında çalışılabilmektedir. Ayrıca herhangi bir zorlukla karşılaşmadan, teknik olarak 170.000 devir/d rotor hızlarına çıkmak mümkündür, bunun yanında geliştirme amaçlı yapılan deneme çalışmalarında daha yüksek rotor devirlerine ulaşılmıştır. Pratikte ulaşılan hızlar ile günümüzde bir rotor biriminden 150-350 m/dk üretim alınabilmektedir. Bir ring iği ile kıyaslandığında bir rotor eğirme birimi 5-10 kat daha fazla üretim yapabilmektedir. Rotor eğirme sistemi, ring iplikçiliğine göre özellikle Ne 60 numaraya kadar olan iplikler için daha ekonomiktir, ayrıca makine verimi %99 seviyesine kadar çıkabilmektedir ve bu seviye ring iplikçiliğine kıyasla çok daha yüksektir. Rotor sistemi ile 60 mm uzunluğa kadar lifler eğrilebilmektedir, bu nedenle klasik kısa elyaf iplikçiliğine hitap etmektedir (Kılıç ve ark, 2011; Ernst, 2011). Open end rotor iplik makinelerinin imkân verdiği üretim parametreleri Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Rotor eğirme sisteminin ekonomiklik açısından ring iplikçiliğine üstünlüğü sadece üretim hızı değildir. Rotor sisteminde net olarak fitil ve bobinleme işlem basamakları bulunmamaktadır, hatta regüleli tarak makineleri kullanıldığında özellikle kalın numara ipliklerde cer pasajlarını kaldırmak da mümkün olabilmektedir (Kadoğlu, 1993).

Çizelge 1.2. Rotor iplik makinelerinde üretim parametreleri (Ernst, 2011)

Lif boyu ve çeşidi	60 mm'ye kadar doğal, sentetik ve karışım lifler
Şerit numara aralığı	Ne 0.08 - 0.24; ktex 7.0 - 2.5
İplik numara aralığı	Ne 3 - 60
Çekim aralığı	40 - 400
Büküm aralığı	196 - 1500 T/m
Sarım açısı	30° - 40° arasında (1° arttırılarak)
Rotor hızı	35.000 - 160.000 dev/dak
Açıcı silindir hızı	6.000 - 10.000 dev/dak
Üretim hızı	Silindirik: 270 - 350 m/dak, Konik: Azami 60 m/dak
Bobin ağırlığı	Silindirik: Azami 6 kg veya 350 mm çap Konik: Azami 270 mm çap

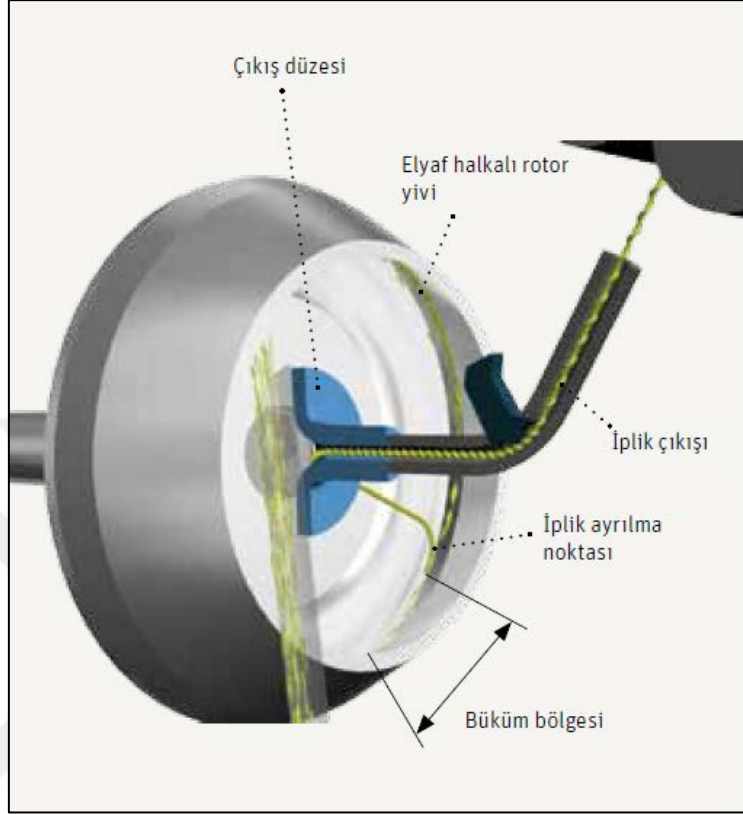
Rotor iplik eğirme sistemi ve eğirme elemanları Şekil 1.8'de görülebilmektedir. Rotor eğirme makinelerinde iplik üretiminin ilk aşaması, tarak ya da cer şeritlerinin makineye beslenmesi işlemidir. Kovalardan makineye beslenen şerit formundaki lifler, günümüz makinelerinde besleme silindiri ve masası vasıtasıyla hızlıca açıcı silindire aktarılmaktadır. Açma silindirinin yüzeyi lif cinsine farklı özellikler ihtiva edebilen dişler ile kaplıdır. Dönmekte olan açıcı silindir, besleme masası ve besleme silindiri arasında kısıtlanmış olan şerit ucundan lifleri tarayarak alır ve tek lif haline getirir. Lifler açıcı silindirin oluşturduğu merkezkaç kuvveti ve hava akımı etkisiyle lif besleme kanalına sevk edilir. Şeritte bulunan pislik ve yabancı maddeler ise merkezkaç kuvvetinin etkisiyle atık ayırma ağzından dışarı sevk edilir. Lif besleme kanalı içinde bulunan vakum etkisi lifleri hızla rotora doğru yönlendirir. İlerleyen lifler besleme kanalından ayrılırken rotorun merkezkaç kuvveti ve vakum etkisi ile rotor iç duvarına düşer. Rotorun merkez kaç kuvveti liflerin rotor yivine doğru hareket etmesini ve burada lif halkası oluşturmak üzere birikmesini sağlar. (Babaarslan, 1997; Ernst, 2011; Buharalı, 2012).



Şekil 1.8. Rotor eğirme sistemi (Erbil, 2005)

Şerit formunda olan lifler tamamen açıldıktan sonra rotor yivinde tekrar bir araya getirildiği için rotor iplikçiliğinde bu işleme geri-dublaj denir (Kaplan 2003).

Rotor içerisinde iplik oluşumu ve ipliğin büküm alması Şekil 1.9'da verilmiştir. Rotor yivine birikmiş olan lifler, düzeden rotor içerisine uzatılan bir ipliğin ucuyla birleştikleri anda, rotorun dönüyor olması sayesinde büküm alarak iplik formuna girmeye başlar. Burada düşenin büküm durdurucu etkisi yardımıyla ve rotorun dönmesiyle rotor içine uzatılan ipliğin ucu rotor yivine temas ettiğinde, iplik üzerinde oluşan büküm, iplik ucu tarafından tutulmuş olan liflere aktarılmaya başlar ve yivde birikmiş olan liflerin sürekli büküm alması sağlanır. Daha sonra, büküm almış iplik düzeden dışarı çekilerek direkt bobin olarak sarılır. (Ernst, 2011; Kılıç ve ark, 2011).



Şekil 1.9. Rotorda iplik oluşumu ve ipliğin büküm alması (Ernst, 2011)

Open end sisteminde üretilen iplik kalitesine etki eden ölçütleri 3 grupta incelemek mümkündür. Bunların ilki, lifin incelik, uzunluk, mukavemet ve olgunluğu gibi fiziksel ham madde özellikleridir. İkinci grupta ise taraklama, cer pasajı ve bu işlemlerinin makine çeşitliliğinin oluşturduğu hazırlık işlemleri yer alır. Son grubu ise rotor, düze, huni, büküm durdurucu gibi eğirme sistemi parçaları oluşturur (Ömeroğlu ve ark, 1998).

1.4. Denim Kumaş Üretimi

Günümüz dünyasında denim kumaş tam bir popüler kültür ögesi haline gelmiştir. Çünkü tüm toplumlarda bilinmekte ve bazı istisnalar dışında insanların büyük kısmı tarafından kullanılmaktadır. Başta giysi yapımında kullanılan denim

kumaşlar, döşemelik, ev tekstil ürünleri ve reklam ürünleri gibi alanlarda da kullanılmaktadır.

Denim kumaşlar dünyada “jeans”, “blue-jeans”, “jeans wear” ve “sports wear” gibi isimlerle ifade edilmektedir. Türkiye’de ise farklı bir şekilde, denim kumaşa “kot” kumaş ve denim kumaştan dikilmiş pantolona da “kot pantolon” denilmektedir (Nergis, 2016).

Tarihi 17. yüzyıla dayanmakla birlikte denim kumaşlar ticari olarak ilk kez 19. Yüzyılda Fransa ve İtalya’da işçi giysileri için üretilmiştir. İsmi ise ilk olarak üretildiği yer olan Fransa’nın De Nimes kentinden gelmektedir. Denimin kültür ögesi haline gelmesi ise Amerika Birleşik Devletlerine geçişi ile olmuştur. Buraya başlangıçta maden işçilerine kıyafet üretimi için getirilen denim kumaş zamanla bir giyim felsefesini yansıtmaya başlamıştır. Denim kumaşların kullanıldığı ürün yelpazesinin genişliği, üretiminde kullanılan iplik özelliklerine büyük önem yüklemektedir. Denim kumaşlar kullanım yerine göre farklı ipliklerle, farklı konstrüksiyonlarda üretilmektedir ancak klasik denim kumaşlar, yüksek bükümlü, sağlam ipliklerin kullanıldığı, sık dokularda üretilen tok ve dayanıklı kumaşlardır (Gürsoy, 2010; Telli, 2016).

Toplam denim kumaş üretiminin büyük kısmı günümüzde klasik denim şeklinde gerçekleştirilmektedir. Klasik denim dendiğinde, atkı ve çözgü iplikleri % 100 pamuk olan, çözgüsü indigo boyalarla boyanmış, atkısı ham pamuk renginde olan, 2/1 ya da 3/1 dimi dokularla çözgü baskın olacak şekilde dokunmuş kumaşlar tarif edilmektedir. Çözgü baskın olduğu için klasik denim rengi olan indigo mavisinin renk tonları kumaş görselliğini oluşturmaktadır. Kumaş yüzeyinde indigo boyalı iplikler baskın olduğu için indigo boyaların düşük sürtme haslıkları karakteristik olarak denim kumaşlara yansımaktadır (Telli, 2016).

Denim kumaşlar, değişen moda akımları ve teknolojik süreçler nedeniyle günümüzde, gerek dokuma, gerekse boyama ve terbiye işlemleri açısından klasik yöntemlerden farklı şekillerde de üretilmektedir. Atkısı da boyanmış olan ya da tamamen farklı boyama prosesleri uygulanmış denim kumaşlar mevcuttur. Sentetik

lifler ya da pamuk sentetik karışımı iplikler denim üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır (Bağırar, 2011; Telli, 2016).

Diğer kumaşlardan üretilmiş giysilerde olduğu gibi denim kumaştan üretilmiş giysilerde de boyut stabilitesi ve giysi konforu önem taşımaktadır ve gün geçtikçe bu tür giysiler daha çok tercih edilmektedir. Günümüzde bu amaçlarla kumaşlarda streç iplik kullanımı oldukça yaygındır. Streç iplikler katlı iplik olarak da üretilmektedir ancak günümüzde özlü iplik (core spun) yapısında olan streç ipliklerin kullanımı daha yaygındır. Özlü iplik yapısı, genellikle merkezde filament iplikler ve bunların dışında kabuk formunda kesikli liflerden oluşmaktadır. Öz olarak sadece elastan kullanılan streç iplikler olduğu gibi dual core ismi verilen merkezde iki bileşenin olduğu (örn. elastan ve PBT) hatta ikiden fazla öz bileşeni içeren iplikler de mevcuttur. Sadece elastan içeren streç ipliklerde elastikiyet özelliği iyi olsa da kullanım sırasında özellikle giysilerin diz, dirsek gibi sürekli gerilime maruz kalan bölgelerinde zamanla kalıcı boyut değişimi (growth) görülmektedir. Çok bileşenli öze sahip ipliklerde elastan dışındaki öz bileşenleri genellikle kalıcı uzama özelliğini iyileştirme amacıyla kullanılmaktadır. Böylece elastikiyet ve kalıcı uzama arasında uygun bir denge oluşturulmaya çalışılmakta ve hem esneme kabiliyeti yüksek, rahat hissettiren hem de zamanla kalıcı boyut değişimine dirençli kumaşlar hedeflenmektedir (Seyrek Kurban ve Babaarslan, 2019). Klasik denim kumaş üretimi aşağıdaki başlıklar altında sunulmuştur.

1.4.1. Çözümler

Denim kumaş üretiminde çözgü hazırlığı dendiğinde ilk olarak boyama yöntemleri akla gelmektedir. Halat, açık en ve loop boyama yöntemleri olmak üzere üç temel yöntem kullanılmaktadır. Halat boyama yönteminde bobinlerde bulunan çözgü iplikleri halat sarma makinesi vasıtasıyla halat formunda sarıldıktan sonra bu formda boyama işlemine tabii tutulurlar. Açık en ve loop boyamada ise iplikler çözgü leventlerine sarılı olarak boyamaya girerler. Boyarmadde olarak genellikle indigo boyalar kullanılmakla birlikte, bazı kükürt ve küp

boyarmaddelerde kullanılmaktadır. Bu tip boyamalar üst-alt (top-bottom) boyama şeklinde uygulanmaktadır, yani alt olarak önce kükürt, daha sonra üst olarak indigo boyamalar ya da tersi olabilmektedir (Bağırar, 2011).

Halat boyama işlemi 300-400 bobin ipliğin çağlık ve halat sarma makinesi vasıtasıyla 10-15 bin m uzunluklarda sarılması ile başlar. Bu şekilde sarılmış olan 12-36 arasında halat formunda iplik sırayla boya banyolarından geçer. Boya banyoları 5 ya da 6 pasaj şeklinde uygulanır ve her pasaj tekne içerisinde boya uygulaması ardından sıkma ve boyarmaddenin okside edilmesi için hava bölümünden oluşur. İplikler alabilecekleri boyarmaddenin büyük kısmını ilk pasajda alırlar, daha sonraki pasajlarda az miktarlarda boya emilimi gerçekleşir. Pasaj sayısı, boya konsantrasyonu ve oksidasyon süresi rengin koyuluğunu etkilemektedir. Oksidasyon süresi genelde 1 dakikadır, bu süre 1 dakikanın altına inerse boyarmadde yükseltgenemez, daha fazla sürerse de çok koyu renkler olabilir. Son pasajdan sonra halatlar, boyarmadde kalıntılarının giderilmesi için teknede yıkanır, sitrik asit ile nötralizasyon yapılır ve kurutulur. Daha sonra boyanmış çözgü ipliklerine halat açma işlemi uygulanır, bu işlemle boyama sırasında oluşmuş iplik karışıklıkları giderilir, kopuk ve eksik iplikler tamamlanır ve çözgülerin paralel halde leventlere sarılması sağlanır. Ardından çözgü iplikleri gerektiğinde haşılanır (Telli, 2016; Tölek, 2016).

Açık en boyama tekniği, seri çözgü makinesinde leventlere sarılmış olan çözgü ipliklerinin “slasher” denilen ve çözgü boyama işlem basamaklarını en aza indirmeyi hedefleyen bir makinede boyanması ve haşılanması şeklinde gerçekleşmektedir. Bu sistemde öncelikle 50.000 m uzunluğundaki 350-400 adet çözgü teli leventlere sarılır. Bu leventlerin 12-16 adedi makine hattına yerleştirilir ve sırasıyla boyama, kurutma, haşıllama ve tekrar kurutma işlem basamaklarından geçirilir ve tek bir çözgü levendi halinde sarılarak işlem tamamlanır. Sonuçta elde edilen çözgü leventleri dokumaya hazır haldedir. Loop boyama yönteminde de çözgü iplikleri açık en şeklindedir ve bu formdaki iplikler bir giriş silindiri tarafından yakalanıp sisteme dâhil olur. Öncelikle bir ön yıkama yapılır. Ardından

iplikler, tekne içerisinde bulunan indigo boya banyosuna girerler, sonra indigo teknesinin üzerinden çözgü leventlerinin olduğu kısma ulaşır. Ardından leventlerin altından geçer ve tekrar boya teknesine girer. Bu işlem sırasında ipliklerin aldığı yol bir ilmeğe (loop) benzediğinden bu boyama yöntemine loop boyama denilmiştir. Bu sistemde “Twin Pad” olarak adlandırılan bir tek boya emdirme teknesi vardır ve iplikler bu teknede bulunan boya banyosuna 4-10 kez daldırılır. Her daldırmadan sonra leventlerin altından tekrar geçen iplikler burada hava ile yükseltgenirler. Yöntemin dezavantajı ise bir tekne olduğu için ipliğin aynı işlemde farklı boyarmaddelerle boyanamamasıdır. Boyama işlemlerinden sonra art yıkama ve kurutma işlemlerine tabi tutulan iplikler çözgü leventlerine sarılırlar ve haşıllamaya giderler (Telli, 2016; Tölek, 2016).

1.4.2. Dokuma Aşaması

Boyama aşaması sonrasında haşıllama ile birlikte dokumaya hazır olan çözgü iplikleri klasik denim üretiminde boyanmamış atkı iplikleri ile birlikte dokunurlar. Denim kumaşlar farklı sistemlerle çalışan makinelerde dokunabilirler, sadece; nispeten kalın kumaşlar oldukları için kullanılan dokuma makinelerinin ağır kumaş şartlarında çalışmaya müsait olması gereklidir. Doku tipi olarak genellikle 2/1 ya da 3/1 Z dimi dokular seçilmekle birlikte farklı doku tiplerine de rastlanmaktadır. Denim kumaşların gramaj tanımlaması için ons/yarda² (oz/yd²) birimi kullanılmaktadır, pratik kullanımda genellikle “oz” olarak ifade edilmektedir. Metrik karşılığı 1 oz/yd² = 33,91 g/m²’dir. Denim kumaş gramajları, kullanılacağı alana uygun olacak şekilde, 3,5 - 16,5 oz/yd² (118 -560 g/m²) aralığında belirlenir ancak genel olarak diğer kumaş türlerine göre daha ağır gramajlıdırlar. Gömleklik denim kumaşlar, 4,5 - 7,5 oz/yd²; yazlık pantolon kumaşları 9 - 13,5 oz/yd²; kalın pantolon ve dış giysi üretiminde kullanılacak kumaşlar ise 14 - 15 oz/yd² gramajlarda seçilmektedir (Nergis, 2016).

1.4.3. Terbiye İşlemleri

Dokuma sonrasında denim kumaşlar oldukça sert bir yapı sergiler. Kumaşların daha kullanılabilir hale getirilmeleri için uygulanan terbiye işlemleri diğer çoğu kumaş cinsine uygulananlar ile benzerdir.

İlk terbiye aşamasında denim kumaşlar silindirik fırçalar ile fırçalanır. Bu işlemde, hava akımı ve fırça etkisi vasıtasıyla kumaş üzerindeki uçuntu ve iplik parçaları gibi maddeler uzaklaştırılır. Sonra, kumaş yüzeyinde bulunan ve pürüzlü görünüme neden olan tüy uçları yakma işlemi ile giderilir. Yakma işleminde kumaş geçiş hızı, alev şiddeti, pozisyonu ve açısı önemli ölçütleri oluşturur. Yakma etkilerini gidermek için kumaş bir yıkamadan geçirilir ve gerektiğinde haşıl sökme, merserizasyon, ağartma gibi işlemler uygulanır. Ramöz makineleri diğer birçok kumaş terbiyesinde olduğu gibi denim kumaşlarda da büyük önem arz etmektedir. Çünkü bu makinelerde, kumaşa fikse edilmesi de dâhil olmak üzere apre işlemleri uygulanabilmekte ve boyutsal stabilite sağlanabilmektedir. Ramözlerin girişinde bulunan mahlo tertibatı vasıtasıyla, denim kumaşların dimi dokularından kaynaklı olarak giysilerde paça dönmesine neden olan atkı eğrilikleri giderilmektedir. Bu tertibatta bulunan gergi silindirleri sağa sola hareket ederek kumaşı, eğrilikleri giderecek şekilde iletmektedir. Ramözlerde apre işlemi ise kumaşın yumuşaklık, dolgunluk vb. apre malzemesini içeren tekmeden geçirilmesinden sonra sıcak buhar ile fiksaj sağlanması şeklindedir. Ramöz makinelerinde kumaş iğneli sistem ile taşınıyorsa, ön besleme yapılarak kumaşın boy yönünde çekmezliği de iyileştirilebilmektedir. Kauçuk blanketli sanfor makineleri kullanılarak denim kumaşlara daha ileri seviyede boyutsal stabilite verilebilmektedir. Kumaş, gergi silindirleri vasıtasıyla makineye kırıksız şekilde girer, kumaşa su ya da buhar püskürtülerek yumuşaması, bu sayede kırıklarının açılması ve kendini toplaması sağlanır. Daha sonra, ısıtılmış çelik silindir ve kauçuk bant arasından, sıcaklık ve basınç etkisi altında geçirilen kumaşa düz bir görünüm, her iki yönde boyutsal stabilite ve paça dönmesine karşı direnç kazandırılır (Telli, 2016).

Bitim işlemleri denim kumaşlara uygulanabildiği gibi verilmek istenen efekte göre hazır giysilere de uygulanabilmektedir. Denim kumaş ve hazır giysilere; kumlama, zımpara, eskitme, lazerli yakma, kılçıklama, baskı gibi kuru bitim işlemleri ve bayama, ağartma, yumuşatma, rins yıkama, enzim yıkama, taş yıkama, plastik topla yıkama gibi yaş bitim işlemlerinin bir ya da birkaçı uygulanabilmektedir (Oğulata ve Nergis, 2017)

1.5. Çalışmanın Amacı ve Önemi

PTT polimerinin geçmişi 1940'lara dayansa da ticari olarak üretime geçilmesi yenidir. Bu nedenle PTT esaslı olarak üretilen liflerin sahip olduğu özellikler ve bu özellikler sayesinde tekstil ürünlerinde sağlayacağı pozitif katkılar, henüz sektörde yeterince bilinmemektedir. PTT lifleri polimerin kimyasal yapısı sayesinde; doğal, rejenere ya da sentetik olsun diğer liflerin çoğuna göre, başta iyi elastikiyet ve boyutsal stabilitesi olmak üzere, kolay temizlenebilme, kolay boyanabilme, iyi renk haslıkları, düşük statik elektriklenme ve yumuşak tuşe gibi olumlu özelliklere sahiptir. Ayrıca DuPont firmasının PTT polimerleri olan Sorona®, önemli bir kısmı yıllık olarak yenilenebilir bitkisel kaynaklardan elde edilen biyo bazlı bir polimerdir. Ancak PTT lifleri üzerine yapılan çalışmaların neredeyse tamamı, saf ya da bikomponent yapıda PTT esaslı filament iplik üretimi, bunların elastikiyet özelliklerinin incelenmesi ve kısıtlı sayıda da filament ipliklerden kumaş üretimi üzerinedir. Yapılan literatür araştırmasında, kesikli PTT liflerinden iplik üretilmesi ve tekstil ürünlerinde kullanımıyla ilgili araştırmalar konusunda ciddi bir boşluk olduğu görülmüştür. Tekstil sektöründe filament formda iplik kullanımı da önem arz etmektedir ancak özellikle giyim ürünlerinde, en başta daha iyi konfor sağlaması nedeniyle kesikli lif kullanımı daha yoğundur.

Open-end rotor iplik eğirme sistemi ticari olarak başarıya ulaşmış bir yöntemdir. Sistemle üretilen iplikler, ring ipliklere göre düşük mukavemet, dar numara üretim aralığı, streç iplik üretilmemesi vb. dezavantajlara sahiptir ancak düşük tüylülük ve aşınma davranışlarının daha olumlu olması gibi artıları da

mevcuttur. Open-end sistemi ring sistemine göre asıl avantajını, üretim basamaklarının azalması ve daha yüksek üretim miktarları sayesinde ekonomiklik tarafında göstermektedir. Özellikle maliyet-kalite optimizasyonu gerektiren uygulamalarda, open-end rotor iplikçiliği ring iplikçiliğine tercih edilmektedir.

Denim kumaşlar günümüz dünyasında tam anlamıyla küreselleşmiş bir üründür. Başta gençler olmak üzere hitap etmediği yaş grubu yoktur. Ayrıca döşemelik, reklam ürünleri gibi giyim dışı sektörlerde de kullanılmaktadır. Bu açılardan bakıldığında belirli bir pazar payını korumaktadır. Farklı kalınlıkta denim kumaş üretimleri mevcuttur ancak denim kumaşlar genel olarak nispeten kalın kumaşlardır. Özellikle giysilik denim kumaşlarda daha fazla konfor ve boyutsal stabilite için streç iplik kullanımı giderek artmaktadır. Ayrıca sektörden gelen bilgiler denim kumaşlarda yeniden open-end ipliği kullanımına yönelik bir eğilim olduğu şeklindedir. Bu bilgiler ışında;

- Elastikiyet ve boyutsal stabilite başta olmak üzere PTT esaslı liflerin olumlu özelliklerinin tekstil ürünlerine yapacağı katkılara dikkat çekmek,
- Ring sistemine benzer proseslerle pratik streç iplik üretimi yapılamayan open-end rotor sisteminde, PTT esaslı liflerin yüksek elastikiyet özellikleri vasıtasıyla belli oranda streçlik sağlanmış iplik üretimi,
- Rotor ipliklerinin hacimli yapıları denim kumaşlar ile daha uyumlu olacağı için, belli miktarda streç özelliklere sahip rotor ipliklerle denim kumaş üretimi,
- PTT esaslı liflerin iyi elastikiyet ve boyutsal stabilite özelliklerinin, denim kumaşlara aktarılması ve böylece, yüksek katma değerli bir ürün elde etmek,
- Hakkında yeterli çalışmaya rastlanmamış olan, kesikli PTT esaslı liflerle iplik ve kumaş üretimi konusunda literatüre katkıda bulunmak amaçlanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

PTT liflerinin tekstil sektöründe ticari olarak kullanılmaya başlamasının üzerinden fazla zaman geçmemiştir ve bu süre içerisinde PTT ile ilgili yapılan çalışmaların büyük kısmını polimer düzeyindeki çalışmalar ile lif çekimi ve filament iplik üretimi üzerine yapılan çalışmalar oluşturmuştur. Lif çekimi ve filament üretimiyle ilgili çalışmaların çoğunluğu ise PTT içeren bikomponent lif üretimleri ve bu liflerin elastik yapısının incelenmesiyle ilgilidir. PTT esaslı filament ipliklerin kullanıldığı dokuma ve örme kumaşlar üzerine sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Yapılan literatür taramasında PTT esaslı kesikli liflerden iplik üretimi ve bunların kullanıldığı dokuma kumaşlar üzerine çalışmaya rastlanmamıştır ancak kesikli PTT lif karışımı ipliklerle üretilmiş örme kumaşlarla ilgili bir adet çalışmaya rastlanmıştır. Literatür taraması sonucunda bulunan PTT ile ilgili çalışmalar üç başlık altında incelenmiştir.

2.1. PTT Polimeri ve PTT İçeren İplik Üretimi İle İlgili Çalışmalar

Houck ve ark. (2001), “Poly(Trimethylene Terephthalate): A “New” Type Of Polyester Fibre” isimli çalışmalarında, Polyesterler grubundan Poli Trimetilen Tereftalat (PTT)’ın yeni bir ticari elyaf olarak yaygınlaşmakta olduğundan, Shell Chemicals tarafından üretilen PTT elyafın Corterra7 olarak isimlendirildiğinden, elyafın tarihçesinden, fiziki, optik, ısı ve enstrümantal özelliklerinden bahsetmiştir. Polimerin ilk kez 1941 yılında sentezlendiği, daha sonra maliyetler nedeniyle üretiminin durduğu ve 1990’lı yılların başında maliyetlerinde yaşanan gelişme ile yeniden gündeme geldiği bildirilmiştir. Elastikiyetinin çok iyi olduğu, renk haslıklarının, lekelenme direncinin yüksek olduğu, statik elektriklenmesinin düşük ve boya alımının uniform olduğu belirtilmiştir. PTT’nin erime sıcaklığı, camlaşma sıcaklığı ve yoğunluğu diğer bazı sentetik liflerle birlikte kıyaslanarak belirtilmiştir. PTT’nin FT-IR ve Raman spektrumlarına ve bazı enstrümantal özelliklerine değinilmiştir. Geleceği hakkında net tahminler yapılamadığı ancak

özellikleri itibariyle zemin döşemeleri ve halı gibi alanlarda kullanım alanı bulduğuna değinilmiştir.

Oh (2006), eğirme ve çekim şartlarının yan yana yapıdaki PTT bikomponent liflerin kıvrım büzülmesi üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu çalışmada farklı viskozitelere sahip PTT polimerlerinden yan yana formda ve eriyikten çekim yoluyla bikomponent lif üretilmiştir. Üretim sırasında farklı sıcaklık, çekim oranı, polimer oranları ile 9 farklı üretim gerçekleştirilmiş ve bu ölçütlerin kıvrım büzülmesi üzerine etkisi incelenmiştir. Sonuçlar irdelendiğinde çekim oranının kıvrım büzülmesi için en kritik değişken olduğu belirlenmiştir. Çekim oranı yükseldikçe komponentler arasında meydana gelen gerilim farklarının kendi kendine kıvrılma kabiliyetini artırdığı görülmüştür. Sıcaklık ve polimer oranlarındaki değişimin ise boyutsal bir değişim sağlamasa da kıvrım büzülmesi üzerinde etkisi olduğu belirtilmiştir.

Luo ve ark. (2010), “Factors affecting crimp configuration of PTT/PET bi-component filaments” isimli çalışmada PTT/PET karışımlarının kıvrım yapısını etkileyen faktörleri incelemişlerdir. Luo ve arkadaşları çalışmalarını, yaklaşık olarak aynı incelikte olan ancak 3 farklı enine kesite sahip PTT/PET bikomponent lifi kullanarak gerçekleştirmiş ve lifin elastik modül oranı ile PTT/PET arasındaki büzülmenin kıvrım yapısına etkisini incelemişlerdir. Bulgular irdelendiğinde lifin kesit yapısına bağlı olarak değişkenlik gösteren elastik modülünün ve lifin komponentleri arasındaki büzülmenin kıvrım konfigürasyonuna etki eden iki temel parametre olduğu görülmüştür. Elastik modül arttıkça kıvrım büzülmesinin de hızlı bir şekilde arttığı, PET ve PTT bileşenleri arasındaki büzülme farkları arttıkça bikomponent liflerin kıvrım büzülmesinin de sürekli arttığı belirtilmiştir. Ayrıca halter (dumbbell) kesit şeklindeki bikomponent liflerin kıvrım büzülmelerinin diğer kesit şekillerinde olanlara göre daha fazla olduğuna da değinilmiştir.

Yıldırım ve ark. (2012), “Poli (Trimetilen Tereftalat) Lifleri Bölüm 1: Üretimi, Özellikleri, Kullanım Alanları, Çevresel Etkisi” isimli derleme çalışmalarında PTT (Politrimetilen tereftalat) liflerinin geçmişi, sentezlenmesi, lif

çekimi, kimyasal ve fiziksel özellikleri, kullanım alanları, boyanma özellikleri ve çevreci yanı hakkında bilgiler vermiştir. PTT'nin dimetil tereftalat (DMT) veya saflaştırılmış tereftalik asit (PTA) ile 1,3-propan diol (PDO)'un polikondenzasyon reaksiyonu ile üretildiği, ilk olarak 1941 yılında sentezlendiği ancak PDO maliyetinin yüksek olması nedeniyle üretiminin ticarileşemediği ve 1960'larda tamamen durduğu, 1990'ların sonunda PDO'nun daha ekonomik olarak elde edilmesi ile PTT üretiminin yeniden başladığı ve ticarileştiği bildirilmiştir. Çalışmada sonuç olarak "PTT, sahip olduğu üstün fiziksel ve kimyasal özellikleri sayesinde tekstil endüstrisinde giderek önem kazanmaktadır. Yumuşaklığı, yüksek elastik özellikleri, atmosferik koşullarda kolay boyanabileme özellikleri, çözücülere ve lekelenmeye karşı yüksek dayanım özellikleri PTT lifini diğer poliester ve kimyasal liflerden ayrıcalıklı kılmaktadır. Günümüzde polimerin hammadde maliyetlerinin düşmesiyle PTT'nin üretim hızı artmıştır. PTT materyali ayrıca diğer endüstri dallarında da kullanım avantajları sağlamaktadır. Üretim aşamalarında çevresel olarak sağladığı avantajlar da önemlidir. Boyanmalarında ve kullanımlarında çeşitli zorluklar bulunan poliester ve diğer liflere alternatif olan PTT'nin kullanım alanlarının gün geçtikçe daha da artacağı düşünülmektedir" denilmiştir.

Wang ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada PTT/PET bi-komponent liflerin elastik uzama özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada iki farklı düze yapısı ile 3 farklı PTT/PET oranında üretilen 6 farklı numunenin elastikiyet özellikleri incelenmiş, lif kesit yapısı ve lif özelliklerine bağlı olarak kıvrım eğriliği tahmin edilmeye çalışılmıştır. Direkt olarak mukavemet ve % uzama test grafikleri ile tespit ettikleri elastik gerilim özelliklerinin tahmin ettikleri kıvrım eğriliği ile ilişkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak her iki düze tipinden elde ettikleri liflerde de PTT oranının mevcut yapıda artması ile elastikiyet özelliğinin de yükseldiğini, ancak düze tiplerinin elastikiyete anlamlı bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Tahmin ettikleri kıvrım eğriliği ile elastikiyet arasında da pozitif bir korelasyon olduğunu ortaya koymuşlardır.

Al-Juaidiyah (2015), gerçekleştirdiği çalışmada üç farklı polyester tipinin (PET, PTT ve PBT) termogravimetrik analizler kullanarak piroliz kinetiklerini çıkarmıştır. Bu üç farklı polyester aynı polimer grubuna dahi olsa da sahip oldukları farklı kimyasal kompozisyonların piroliz davranışlarını önemli ölçüde etkilediği ortaya konmuştur. Yazar ayrıca termogravimetrik analiz sırasında uygulanan ısıtma hızının da pirolize etkisini araştırmış ve artan ısıtma hızının termal parçalanma sıcaklığını arttırdığını tespit etmiştir.

Resch-Fauster ve ark. (2017), farklı teknik polimerlerin mekanik geri dönüşümü hakkında bir çalışma gerçekleştirmiş ve bu çalışma kapsamında PTT polimerinin de tekrarlı polimer işleme proseslerindeki performanslarını incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre PTT polimeri yedi defa aynı ekstrüzyon işlemine tabi tutulduğunda eriyik akış oranı sadece yaklaşık %6 artmış, sarılık indeksi ise yaklaşık 7'den 13'e yükselmiştir. Ayrıca mekanik özelliklerde (Young modülü, kopma uzaması vb.) kayda değer bir değişiklik olmadığı ve PTT polimerinin geri dönüştürülebilirlik açısından diğer birçok polimere göre daha avantajlı olduğu da bildirilmiştir.

İçoğlu ve Oğulata (2017), yaptıkları çalışma ile nem ve sıcaklık şartlarının, elektrospun yöntemiyle üretilmiş PTT liflerinin morfolojisine etkilerini incelemiştir. Çalışma kapsamında, bu ortam şartları ile şarj yoğunluğu, toplayıcı mesafesi ve akış hızı gibi ölçütler arasındaki ilişki de araştırılmıştır. Çözücü olarak diklor metan ve triflor asetik asit karışımı kullanılan çalışmada, elektron mikroskobu vasıtasıyla liflerin çapları ve yüzey özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda üretilen lif çaplarının, tüm şarj yoğunluğu, toplayıcı mesafesi ve akış hızı değerlerinde, nem ve sıcaklığın yükselmesiyle azaldığı belirtilmiştir. Tüm nem ve sıcaklık değerlerinde üretilen liflerin dairesel şekilli ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğu paylaşılmıştır.

Hua ve ark. (2018), öz olarak PET/PTT bikomponent filament ve spandex karışımlarının kullanıldığı özlü iplik özellikleri üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmada öz bileşenleri, iplik numarası ve spandex çekim oranının iplik yapı ve

özelliklerine etkisi incelenmiştir. Farklı öz bileşenleri ve kabuk olarak pamuk kullanılarak, modifiye ring iplik makinesinde farklı numaralarda 8 tip özlü iplik üretilmiştir. Kullanılan PET/PTT bikomponent filament iplik numarası 50 denye iken spandex olarak 40 ve 70 denye numaralarda iki farklı filament iplik kullanılmıştır. Çalışmada sonuç olarak, PET/PTT bikomponent filament ve spandex karışımı özlü ipliklerin, spandex özlü ipliklerle kıyaslandığında daha düşük düzgünsüzlük, tüylülük değerlerine, daha düşük iplik hata sayılarına ve elastikiyet testinde daha düşük gerilim gevşemesine sahip olduğu, daha düşük gerilim gevşemelerinin daha iyi elastik kazanım anlamına geldiği belirtilmiştir. 70 denye spandex içeren ipliklerin 40 denye spandex içerenlere göre uzama ve gerilim gevşemesi değerlerinin daha yüksek olduğu, spandex çekim oranları arttıkça ipliklerdeki uzama miktarlarının arttığı eklenmiştir.

2.2. Open-End Rotor İplik Üretimi İle İlgili Çalışmalar

Yapılan araştırmalarda PTT liflerinin open end rotor iplik eğirme sisteminde eğildiği çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, tez çalışmasının geliştirilmesinde yararlanılan ve daha çok farklı lif karışımları kullanılarak yapılmış olan open end rotor iplik üretimiyle ilgili bazı çalışmalara yer verilmiştir. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu, başta kullanılan lif cinsleri ve bunların karışım oranları olmak üzere open end rotor iplik üretim ölçütlerinin, üretilen iplik kalite değerleri üzerine etkilerini yansıtmıştır.

Cyniak ve ark. (2006), polyester-pamuk karışımı open end rotor ipliklerin kalite değerleri üzerine yaptıkları çalışmada, cer karışımları ile elde edilen şeritleri kullanarak Rieter R1 open end rotor iplik eğirme makinesinde, 20 tex ve 30 tex iplik numaralarında 36 farklı numune üretmiştir. Üretilen şeritler, pamuk iplikleri, pamuk-polyester karışımı iplikler ve lif karakteristikleri incelenmiştir. Karışım oranının iplik kalite ölçütleri üzerindeki etkisi iki yönlü varyans analizi ile istatistiki olarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak, tüm karışım ipliklerinde karışım oranının iplik kalite ölçütleri üzerinde büyük etkiye sahip olduğu, polyester

oranındaki artışla birlikte kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerinin, karde ve penye şerit ayırımına ya da numaraya bağlı kalmaksızın, artış gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca en iyi düzgünsüzlük değerlerine %100 pamuk iplikte rastlandığı, polyester/pamuk karışımlarındaki düzgünsüzlük değerlerinin ve iplik hatalarının ise düzensiz olarak değişim gösterdiği bildirilmiştir.

Duru Baykal ve ark. (2006), “Prediction of Strength and Elongation Properties of Cotton/Polyester-Blended OE Rotor Yarns” ismini verdikleri çalışmalarında, karışım oranı ve iplik numarası ölçütlerinin poliestere/pamuk karışımı open end rotor ipliklerin mukavemet ve uzama değerleri üzerine etkisini tahmin edecek istatistiksel bir model elde etmişlerdir. Bu amaçla 5 farklı numarada ve her karışım oranından 2’şer örnek olmak üzere 5 farklı karışım oranında iplikler üretilmiştir. Mukavemet-Uzama testleri Uster Tensorapid-3 cihazında yapılmıştır. Bağımsız değişken olarak karışım oranları ve iplik numaraları kullanılarak Design-Expert yazılımında regresyon modelleri kurulmuştur. Çalışma sonucunda, tahminlenen ve elde edilenler mukavemet-uzama verileri arasında pozitif yönde yüksek korelasyon olduğu ve bunun kullanılan regresyon modelinin tahmin kapasitesinin yüksekliğine işaret ettiği bildirilmiştir.

Duru Baykal ve ark. (2007), “A Statistical Model for the Hairiness of Cotton/Polyester Blended OE Rotor Yarns” isimli çalışmalarında, karışım oranı ve iplik numarası ölçütlerinin poliestere/pamuk karışımı open end rotor ipliklerin tüylülükleri üzerine etkisini tahminleyecek istatistiksel bir model oluşturmuştur. Bu amaçla 5 farklı numarada ve her karışım oranından 2’şer örnek olmak üzere 5 farklı karışım oranında iplikler üretilmiştir. Tüylülük ölçümleri, Uster Tester 4 cihazında ve her bobinden 7’şer ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir. Karışım oranları ve iplik numaraları üzerine regresyon modelleri oluşturulan çalışmada, yapılan istatistiksel analizler için Design-Expert yazılımı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, tahminlenen ve elde edilenler tüylülük verileri arasında pozitif yönde yüksek korelasyon olduğu ve bunun kullanılan regresyon modelinin tahmin kapasitesinin yüksekliğine işaret ettiği bildirilmiştir.

Topalbekiroğlu ve ark. (2007), “Pamuk/Polyester ve Pamuk/Akrilik Karışım O.E. Rotor İpliklerinde Karışım Oranının İplik Kalite Değerlerine Etkisi” isimli çalışmalarında rotor ipliklerinde karışım oranlarının iplik kalitesi üzerine yaptığı etkileri incelemiştir. Çalışmada 4’er farklı Pamuk/Polyester ve Pamuk/Akrilik karışımı oluşturulmuş ve Ne 20/1 open end rotor iplikler üretilmiştir. Elde edilen ipliklerin kalite karakteristiklerinden olan %CV değerleri, neps sayıları, ince ve kalın yer sayıları Premier Tester 7000 cihazı ile ölçülerek iplikler arasında bir mukayese yapılmıştır. Karışım oranlarının iplik kalite değerlerine etkisi tek yönlü varyans analizi kullanılarak istatistiksel açıdan incelenmiştir. Çalışma sonucunda en iyi değerlere %100 Polyester ipliklerde rastlanırken, karışımlardaki pamuk oranının artırılması ile düzgünlük, ince yer, kalın yer ve neps değerlerinin kötüleştiği belirtilmiştir. Akrilik içense en iyi değerlerin %60/40 akrilik/pamuk karışımında görüldüğü, bu ipliğin kalite değerlerinin %100 akrilik iplikten daha iyi olduğu bildirilmiştir. Test sonuçlarına yapılan varyans analizinde karışım oranının %CVm, ince yer, kalın yer ve neps değerlerine $P \leq 0,01$ önem düzeyinde anlamlı etki yaptığı saptanmıştır.

Alay ve Göktepe (2008), farklı tüylülük ölçüm sistemleri arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında; 3 farklı penye ring örgü ipliği, 2 farklı penye ring dokuma ipliği ve 2 farklı open end rotor ipliğinin tüylülüklerini incelemiştir. Çalışmada tüylülük ölçümleri Uster Tester 4 ve Zweigle G566 cihazları ile gerçekleştirilmiş, Zweigle S3 tüylülük değeri ve Zweigle tüylülük indeksi (HZ) ile Uster tüylülük indeksi (HU) arasındaki korelasyonlar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, S3 ve HU değerleri arasındaki ilişki açısından, penye örgü ipliklerinde düşük korelasyon, penye dokuma ipliklerinde ise daha düşük korelasyon tespit edilirken, HZ ve HU değerleri arasındaki ilişki açısından ise penye örgü ipliklerinde orta seviye korelasyon ve penye dokuma ipliklerinde çok düşük korelasyon görülmüştür. Open end ipliklerde ise her iki ilişkide de yüksek korelasyon tespit edilmiştir. Korelasyon seviyeleri açısından ipliklerde bulunan kısa ve uzun tüy sayılarının etkili olduğuna değinilmiş, tüm değerlendirmeler

sonucunda penye ring iplikler için her iki cihaz sonuçları arasında lineer ilişki kurmak zor iken, open end iplikler için lineer ilişki kurmanın mümkün olduğu ve bir cihazdan elde edilen sonuçlara göre diğer cihazdan gelecek sonuçların tahmin edilebileceği belirtilmiştir.

Erbil (2012), doktora tez çalışmasında, ikili karışımlara üçüncü lif türünün de eklenmesinin son ürüne etkisini, karışımın harman hallaç ve tarak makinesinde açık lif formunda ya da cer makinesinde şerit formunda uygulanmasının getirdiği farkları ve cer tipi karışımlarda pasaj sayısının iplik özelliklerine etkisini farklı karışım oranlarında incelenmiştir. Bu amaçla polyester, viskon ve akrilik lifleri ile % 100 iplikler ile farklı oranlarda ikili, üçlü karışım open end rotor iplikler üretilmiştir. Çalışma sonucunda şu hususlara değinilmiştir. Karışımda bulunan her lif cinsinin iplik numarası ile ayrı bir etkileşim gösterdiği, iplik numarasındaki değişimin iplik kesitindeki liflerin sayısını ve yerleşimlerini önemli ölçüde etkilediği buna bağlı olarak da tüylülük ve mukavemetin etkilendiği belirtilmiştir. Karışım yönteminin ise karışımdaki tüm liflerin oranlarıyla bir arada etkileşim gösterdiği, karışıma katılan lif çeşitliliği arttıkça karışım işleminin zorlaştığı, proseslerin daha özel ayarlar gerektirdiği ve iplik özelliklerinde istenilen değerleri tutturmanın gittikçe zorlaştığı sonuç olarak karışım yönteminin iplik özelliklerine olan etkisinin arttığı belirtilmiştir. Cer işlemindeki pasaj sayısının elde edilen tahmin formüllerinden sadece 1 tanesinde etkili bir bileşen olarak ortaya çıktığı, pasaj sayısının 1’den 2’ye arttırılmasının şerit düzgünsüzlük değerlerinde minimum düzeyde bir pozitif katkı sağladığı, ancak pasaj sayısının üretimde önemli bir katkısı olduğunun bugüne kadar yapılan araştırmalarda açıkça ortaya konduğu bildirilmiş ve bu hususta, pasaj sayısının iplik özelliklerine değil de rahat ve kopuşsuz çalışma açısından üretim prosesine katkıda bulunan yardımcı bir işlev olduğunun sonuç olarak çıkarılabileceği belirtilmiştir.

Buharalı ve Ömeroğlu (2013), “Open-End Rotor İplik Özelliklerine Etki Eden Faktörler” isimli derleme çalışmalarında, open end rotor iplikçiliği üzerine daha önce yapılmış birçok çalışmayı incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, open end

rotor iplik üretimi ve elde edilen iplik özelliklerinin hammadde, şerit hazırlama işlemleri ve makina ile ilgili ölçütler olmak üzere üç temel grupta toplanan ölçütlerden etkilendiği belirtilmiştir. Yüksek hızlarda üretim yapılan bu sistemde, yüksek performansla birlikte iyi kalite iplik üretimi için ölçütlerin dikkatli bir şekilde seçilmesi gerektiği eklenmiştir.

Akbaş ve Çelik (2016), “A Research for Spinning Silk/Cotton Blend on Open-End Rotor Spinning System” isimli çalışmalarında, ipek liflerinin open end rotor iplikçiliğinde eğrilebilirliğini incelemiştir. Bu amaçla şerit formunda atık ipek kullanılarak cerde yapılan karışım ile %15-%85, %30-%70 ve %45-%55 oranlarında ipek-pamuk karışımı şeritler üretilmiştir. Ardından aynı karışım oranlarında ipek-pamuk iplikler ve ayrıca % 100 pamuk iplik üretilmiştir. Tüm iplikler Ne 30 numarada ve Rieter R40 open end iplik makinesinde üretilmiştir. İplik üretimleri 3 farklı rotor hızı, 3 farklı açıcı silindir hızı, 2 farklı rotor tipi ve 3 farklı açıcı silindir tipi çeşitliliği ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra iplik numaraları, kopma mukavemeti ve kopma uzamaları, iplik tüylülüğü, düzgünsüzlüğü ve hataları tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada üretilen ipliklerden süprem örme kumaş üretilmiş ve kumaş kalitesine yönelik testler uygulanmıştır. İstatistik analiz için SPSS 15 yazılımı ile çok değişkenli varyans analizi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda ipliklerle ilgili olarak aşağıdaki hususlara değinilmiştir. Yüksek ipek oranlarının iplik eğrilebilirliğini olumsuz yönde etkilediği, ipek oranı arttıkça iplik kopma uzamalarının da artış gösterdiği ancak kopma mukavemeti açısından benzer bir genelleme yapmanın mümkün olmadığı, büküm katsayısı yükseldikçe kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerinde de artış görüldüğü belirtilmiştir. Karışımdaki ipek oranının iplik düzgünsüzlük ve hata değerlerine anlamlı bir etkisinin olmadığı, ipek miktarı fazla olan ipliklerde daha yüksek tüylülük görüldüğü ve büküm arttıkça tüylülük değerlerinin düştüğü bildirilmiştir.

Ersoy ve Şenol (2017), rotor iplik kalitesini etkileyen faktörlerle ilgili çalışmalarında, Schlafhorst-Saurer Autocoro 8 open-end iplik üretim makinesinde,

18 farklı üretim ölçütü ile % 80 pamuk-%20 polyester ve %91 pamuk-%9 polyester karışım oranlarında, Ne 15/1, Ne 20/1, Ne 28/1 numaralarda 72 adet iplik bobini üretmiştir. Çalışmada üretilen ipliklerin düzgünsüzlük, neps, ince yer, kalın yer ve tüylülük değerleri incelenerek sonuçlar üzerine SPSS 19 programı ile regresyon analizi uygulanmıştır. Çalışmada geri dönüşüm hammadde kullanılarak Autocoro 8 makinesinde %98-%99 gibi yüksek verimlilik sağlayan üretim hızlarında dahi kaliteli iplik üretilbildiği bildirilmiştir. Ayrıca büküm, rotor devri, iplik numarası, çekim, pamuk ve polyester oranı gibi parametrelerin iplik kalite değerlerine etkisinin literatürde bulunan çalışmalarla paralellik gösterdiği eklenmiştir.

2.3. PTT İçerikli Kumaş Üretimi İle İlgili Çalışmalar

PTT liflerinden kumaş üretimiyle ilgili çalışmalarda filament formda ve genellikle bikomponent liflerden üretilmiş iplikler kullanılmıştır. Yapılan taramada kesikli PTT liflerinin kullanıldığı denim kumaş üretimiyle ilgili çalışmalara rastlanmazken kesikli PTT liflerinin örme kumaşlarda kullanıldığı bir çalışmaya yer verilmiştir. Ancak bu çalışmada üretim tekniği de dahil olmak üzere iplik üretimi detaylarına değinilmemiştir. Son yıllarda denim sektöründe genellikle iyi elastikiyet ve boyutsal stabilite özelliklerine sahip kumaşlara eğilim olduğu bilinmektedir, bu nedenle, daha çok elastikiyet ve stabilite hususlarının incelendiği PTT lifleri içeren kumaş çalışmalarına yer verilmiştir. Bununla birlikte PTT liflerinin boyanma özellikleriyle ilgili çalışmalara da değinilmiştir.

Ünal (2004), “Politrimetilen teraftalat (PTT)/elastan karışımı kumaşların boyama özelliklerinin araştırılması” isimli çalışmasında Politrimetilen Teraftalat (PTT)/Elastan karışımı kumaşların boyanma özelliklerini araştırmıştır. Çalışmada PTT/Elastan karışımı kumaşların ısıfiksaj özellikleri ve ön fiksaj sıcaklığının renk değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca PTT/Elastan ve PET/Elastan karışımı kumaşların çeşitli yumuşatıcılarla muamele edildiklerinde, renk ve haslık değerlerindeki değişimler incelenmiştir. Çalışma sonucunda, PTT/Elastan kumaşların fiksajı için uygun sıcaklığın 160 °C olduğu, ön fiksaj sıcaklığının renk

ve haslık değerlerini önemli derecede etkilemediği belirtilmiştir. Ayrıca PTT/Elastan karışımı kumaşlardaki elastan kirlenmesinin, PET/Elastan karışımındakine oranla daha düşük olduğu bildirilmiştir. PTT/Elastan karışımı kumaşlar ve PET/Elastan karışımı kumaşlar için en uygun yumuşatıcı tipinin mikro silikon yumuşatıcılar olduğu, en uygun kurutma sıcaklığının ise PTT/Elastan karışımları için 140 °C, PET/Elastan karışımları için 160 °C olduğu sonucuna değinilmiştir.

Zhao ve ark. (2009), “Factors affecting recovery of PTT shape memory fabric to its initial shape” isimli çalışmalarında PTT filamentlerden üretilmiş kumaşların kırışıklık sonrasında ilk şekillerine dönmesini etkileyen faktörleri incelemiştir. Çalışmada bu amaçla atkı ve çözgü iplikleri 8,3 tex PTT filament ipliklerden oluşan ancak farklı atkı ve çözgü yoğunluğuna sahip 3 farklı kumaş kullanılmıştır. Kumaşlar diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ile test edilerek ipliklerinin kristalleşme seviyeleri tespit edilmiş ve iki kumaş için sonuçlar verilmiştir. Kumaşlardan atkı ve çözgü yönlerinde 4 cm x 1,5 cm boyutlarında şerit şeklinde test numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler ilk test yönteminde ikiye katlanarak 2 kg sabit yük ile 24 saat bekletildikten sonra 20, 40 ve 60°C sıcaklıklarda 5 d gevşemeye bırakılmıştır. İkinci test yönteminde ise numuneler sabit sıcaklıkta 2 farklı yöntem kullanılarak 3'er farklı seviyede 1 d süreyle yüklemeye ve ardından yükler kaldırılarak 5 d gevşemeye maruz bırakılmış, daha sonra kırışıklık düzelme açıları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, camlaşma sıcaklığının altında ya da üstünde olsun sıcaklığın kırışıklık düzelmesi üzerinde çok az etkisinin olduğu belirtilmiş, bunun nedeni olarak ise kumaş yapılarının sıkı olduğu, filament kristalleşme oranları ve bununla birlikte geri kazanım kuvvetlerinin sıkı kumaş yapılarında yeterli kırışıklık geri kazanımı sağlayacak kadar yüksek olmadığı üzerinde durulmuştur. Farklı yükler uygulanarak yapılan testlerden gerilme modunda ise iyi seviyede kırışıklık geri kazanımlarının elde edildiği ancak yük değişimlerinin kırışıklık geri kazanımlarında anlamlı farklar oluşturmadığı, ütüleme simülasyonu modunda ise mükemmel seviyede geri

kazanım için 5 N/cm^2 gibi çok düşük seviyelerde yük uygulanması gerektiği belirtilmiştir. Sıcaklık ve yük faktörleri birlikte değerlendirilirse, kırışıklık geri kazanımında yük değişiminde olduğu gibi anlamlı artışlar görülmediği bildirilmiştir.

Lou ve ark. (2010), PTT/PET bi-komponent filament liflerin kullanıldığı dokuma kumaşların elastikiyetini incelemiştir. Bu çalışmada PTT/PET bi-komponent filament ipliği dokuma kumaşa atkı olarak kullanmış, PTT/PET oranı, PTT/PET ipliğinin bükümü, atkı yoğunlukları ve doku tipini değiştirerek 33 farklı dokuma yapısı oluşturulmuş ve bunların analizleri gerçekleştirilmiştir. Atkı ipliği olarak % 100 PET, PET ile PTT/PET bikomponent karışımı ve % 100 PTT/PET bikomponent iplikler kullanılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre düz dokumayla kıyaslandığında saten ve dimi kumaşlarda yüksek elastikiyet gözlemlenmiştir. PTT/PET liflerinin atkıdaki oranı arttıkça elastikiyet özelliğinin arttığı fakat %66.7'den sonra anlamlı bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra atkı yoğunluğu arttıkça kumaşın elastik geri toparlanmasının daha fazla zaman aldığı belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada 3 üretim tipinde % 100 PTT/PET bikomponent bükümlü iplik (400, 600 ve 1000 t/m) kullanılmış ve bükümün filamentlerdeki kıvrımlılığı engellediği, elastikiyeti azalttığı, netice olarak kumaş elastikiyeti üzerinde önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Zhao ve ark. (2011), “Fuzzy-integrative judgment on the end-use performance of knitted fabrics made with polytrimethylene terephthalate blended yarns” isimli çalışmada, süveter üretiminde geleneksel olarak kullanılan yün/akrilik karışımli ipliklere alternatif olabilecek karışım iplikleri incelemiştir. Bu amaçla, kesikli PTT lifleri ile diğer liflerin karışımlarından üretilen iplikler kullanılarak 1x1 rib atkı örme kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşlar üç farklı bulanık metot ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada beş farklı PTT karışımli iplik kullanılmıştır. Bunlar PTT/Yün/Tencel, PTT/Yün/Modal, PTT/PES (enine kesiti dört kanallı lif)/Tencel, PTT/Pamuk ve PTT/bambu şeklindedir. Birçok lifin olumlu özelliklerini bünyesinde barındıran PTT liflerinin diğer lifler ile karışımlarının gelecekte

popüler hale geleceği belirtilmiş ve araştırmacılar tarafından son yıllarda kullanım alanlarının giderek arttığı ve yaygınlaştığı vurgulanmıştır. Bu kapsamda çalışmada, bir süveter üretimi için gerekli iplik seçiminden, örme ve bitim işlemi adımlarından, uygun fiziksel ve mekanik testlerine kadar olan tüm üretim adımları konu edinilmiştir. Bu kumaşların son kullanım performanslarını değerlendirmek için kullanılan bulanık mantık metot sonuçlarının, PTT içerikli yeni kumaşların geliştirilmesinde ve ürün geliştirme maliyetlerinin azaltılmasında faydalı olabileceği belirtilmiştir. Bu yöntemler ile kumaşların son kullanım performansları değerlendirildiğinde en iyi performans değerlerinin PTT/Yün/Tencel ve PTT/Bambu içerikli kumaşlarda, orta düzey performans değerlerinin PTT/PES/Tencel ve PTT/Pamuk'ta ölçüldüğü, beş kumaş arasında performans açısından en zayıf tasarımın PTT/Yün/Modal olduğu belirtilmiştir.

Chen ve ark. (2012), "In Vitro Fatigue Properties of Prototype Woven Vascular Prosthesis with Poly (trimethylene terephthalate) Filaments as Circumferential Yarns" isimli çalışmalarında PTT filamentleri teknik tekstil yapılarında kullanmışlardır. Gerçekleştirilen çalışmada geleneksel olarak PET ile üretilen dokunmuş vasküler protezlerin yorulma davranışlarını iyileştirmek amacıyla PTT filamentleri dairesel (sirkumfarensiyal) iplik olarak kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar irdelendiğinde üretilen yapılarının gerilim gevşemesinin PET kullanılan yapılara göre daha düşük, elastik toparlanmasının ise çok daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle PTT filament kullanılan yapıların yorulma davranışlarının daha iyi olacağı öngörülmüştür. Yorulma davranışının tespiti amacıyla tübik (tüp şeklinde) dokunmuş kumaşlar hızlandırılmış yorulma test cihazı ile test edilmiş ve tübik çap, kumaş yoğunluğu, porozite değişimleri gibi değişkenler yorulma kriteri olarak kabul edilmiştir. Sonuç olarak PET filamentinin kullanıldığı yapıların PTT kullanılanlara göre çok daha çabuk ve kolay yorulma gösterdiği belirlenmiştir. Vasküler protezlerin en önemli gereksinimlerinden olan yüksek yorulma dayanımı özelliğinin PTT filamentleri ile geliştirilebileceği tespit edilmiştir.

Yan ve ark. (2013), “The Performance Test and Analysis of Sorona Elastic Swimsuit Fabric” isimli çalışmaları PTT’nin kullanıldığı kumaş formunda yapılmış diğer bir örnek çalışmadır. Bu çalışmada, mayo kumaşlarında temel olarak PET/Spandex ve PA/Spandex ipliklerin kullanıldığı ancak bu ipliklerin kolay deforme olmaları ve ömürlerinin kısa olması gibi kusurlarının bulunduğu belirtilmiştir. Çalışmada bu kumaşlara alternatif olarak PA/PTT/Spandex ipliklerden mayo kumaşları üretilmiş ve elastiklik, plastik deformasyon oranı, patlama direnci gibi birçok test uygulanarak kıyaslama yapılmıştır. Sonuç olarak üretilen yeni kumaş yapısının elastisitesinin ticarileşmiş olan PA/Spandex ve PET/Spandex kumaşlardan daha yüksek olduğu, elastik geri dönüş ve plastik deformasyon özelliklerinin daha iyi olduğu, mükemmel seviyede patlama direncine sahip olduğu ve su emiciliklerinin daha düşük olduğu belirtilmiştir.

Zhao ve ark. (2013), gerçekleştirdikleri çalışmada PTT/PET bi-komponent liflerin dikişsiz örgü giyim üretiminde PU/PA yerine kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Sonuç olarak PTT/PET bikomponent liflerin yüksek uzama ve elastik toparlanma özelliği sergilediği ve bu liflerden üretilmiş ipliklerin örme işlemi sırasında çok daha kontrollü ve verimli şekilde kullanılabildiğini ortaya koymuşlardır. Bütün bunların yanı sıra PTT/PET bikomponent ipliklerden üretilen kumaşların boyutsal stabilitelerinin ve kırılmazlık özelliklerinin PU/PA liflerinden elde edilenlere göre daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Yang ve ark. (2015), üç farklı PTT/PET bikomponent lif içeren dokuma kumaşların boyama ve bitim işlemi performanslarını incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre farklı tipteki PTT/PET liflerinden elde edilmiş ipliklerin farklı performanslar gösterdikleri ve bu lifler için en önemli parametrenin filamentlerin kalınlıkları olduğu, artan filament kalınlığının boyama sonrası kütle kaybını azalttığı fakat enine çekmeyi arttırdığı belirtilmiştir. Filament kalınlığının diğer faktörlere göre öneminin daha fazla olmasını ise değişen filament kalınlığının yüzey alanına olan etkisi olarak açıklamışlardır.

Yıldırım (2015), “PTT ve PBT Lifli Kumaşların Boyanma ve Haslık Özelliklerinin Karşılaştırılması” isimli yüksek lisans tez çalışmasını gerçekleştirmiştir. Çalışmada 78 dtex, 94 filament yarı mat PTT ipliklerinden ve 78 dTex, 24 filament parlak PBT iplikleri ile üretilmiş süprem örme kumaşlar kullanılmıştır. Boyama işlemlerinde konvansiyonel boyama yöntemleri, ultrasonik enerji kullanarak ve mikrodalga enerjisi kullanarak boyama yöntemleri kullanılmıştır. Boyamalar sonucunda kumaşların renkleri, haslıkları, mukavemet ve elastikiyet değerleri incelenmiştir. Sonuç olarak, en yüksek renk verimi ve boya alımının her iki kumaş cinsinde de konvansiyonel ve ultrasonik homojenizer boyama yöntemlerinde gerçekleştiği, tüm boyama yöntemlerinden sonra her iki kumaş çeşidinde de mukavemet ve uzama değerlerinde artış görüldüğü, bu artışın boyama sonrası görülen çekmelerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Tüm boyamalara ait haslık değerlerinin de birbirine benzer sonuçlar sergilediği bildirilmiştir.

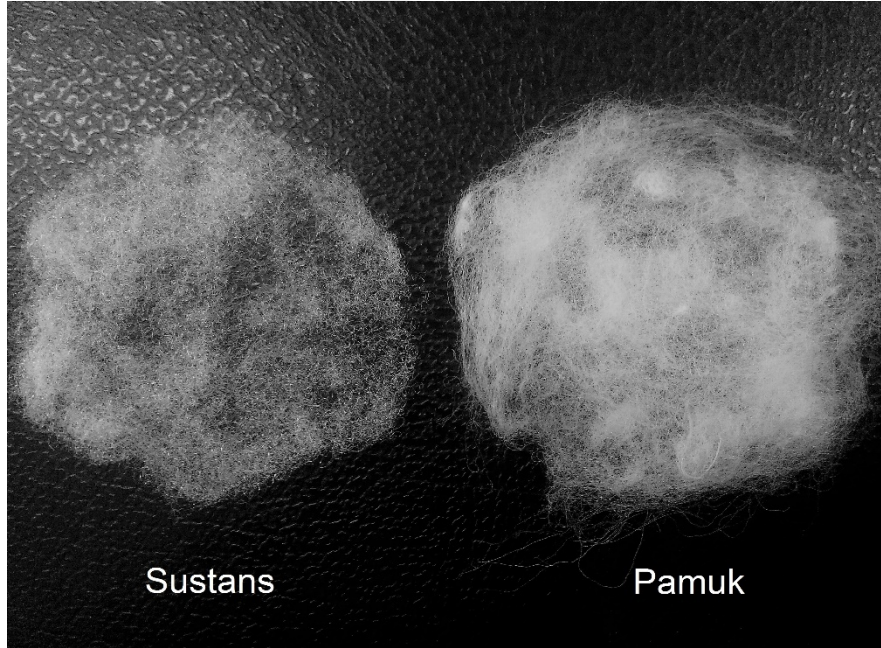


3. MATERYAL VE METOD

3. 1. Materyal

Çalışmada, öncelikle PTT esaslı olan Sustans[®] lifleri ve pamuk lifleri karışımının açık uç rotor iplik eğirme sistemi ile eğrilmesi ve eğrilen ipliklerin özelliklerinin % 100 pamuk ipliği ile kıyaslanarak incelenmesi, ardından; üretilen ipliklerin atkı ipliği olarak kullanılması ile denim kumaş üretimi ve üretilen kumaşların % 100 pamuk iplikler kullanılarak üretilen kumaşlar ile kıyaslanarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla materyal olarak Sorona[®] polimerinden elde edilen Sustans[®] lifleri ve Amerikan pamuğu kullanılmıştır. Kullanılan lifler, iplik ve kumaş üretimlerinin de gerçekleştiği BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş. tarafından temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan Sustans ve pamuk lifleri Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan lifler

3.1.1. Pamuk Lifleri

Kullanılan pamuk liflerinin özellikleri BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri iplik laboratuvarında bulunan Uster HVI Spectrum (High Volume Instrument) test cihazı (Şekil 3.2) ile tespit edilmiştir. Bu cihaz liflerin incelik, uzunluk, olgunluk, renk, parlaklık vb. birçok özelliğini tespit etmek amacıyla birçok ölçüm kitinin bir araya getirildiği kombine bir cihazdır.

Uster HVI cihazından elde edilen pamuk lif özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiş olup bu veriler 9 farklı balyadan elde edilen ölçüm sonuçlarının ortalamasını ifade etmektedir.



Şekil 3.2. HVI Spectrum test cihazı (Uyanık, 2017)

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan pamuk liflerine ait HVI sonuçları

HVI Test Ölçütleri	Sonuçlar	
	Ort.	%CV
SCI (Spinning Consistency Index-İplik Eğirilebilirlik İndeksi)	136	6,69
Mic (Mikroner Cinsinden Lif İnceliği)	4,01	5,08
Mat (Maturity-Olgunluk)	0,87	1,63
Len (Length-Lif uzunluğu) (mm)	29,26	1,87
Unf (Uniformity-Uzunluk üniformitesi) (%)	82,28	1,70
SFI (Short Fiber Index-12,7 mm'den kısa lif oranı) (%)	8,20	6,57
Str (Strength-Mukavemet) (cN/tex)	30,87	4,70
Elg (Elongation-Kopma uzaması) (%)	7,27	3,51
Moist (Moisture-Nem Değeri) (%)	7,30	3,99
Rd (Reflectance Degree-Parlaklık)	76,16	1,46
+b (Yellowness Degree-Sarılık Değeri)	7,37	8,00
C Grade (Color Grade-Renk skalasında yer aldığı bölge)	41-1	-
Tr Cnt (Trash Count-Yabancı madde sayısı)	40,22	32,08

HVI test verileri incelediğinde çalışmada kullanılan pamuğun girdiği kalite sınıfları aşağıda belirtilmiştir. SCI yani iplik eğirilebilirlik indeksinin 136 değeri ile çok yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Kısa lif oranı ise 8,20 ile “düşük” sınıfında yer alır ve bu durum SCI indeksi ile uyumludur. 4,01 mikroner (1,58 dtex) olan ortalama lif inceliği orta sınıfta olmakla birlikte ince lif sınıfına çok yakın bir değerdedir. Olgunluk açısından 0,87 değeri “biraz olgun” sınıfına yakın olmakla birlikte olgun elyaf grubuna girmektedir. 29,26 mm ortalama lif uzunluğu değeri ile orta uzun lif sınıfının biraz daha üstündedir. %82,28 değerinde olan uzunluk üniformitesi orta sınıftadır. 30,87 cN/tex ortalama mukavemet değeri ile lifler çok sağlam sınıfına girmektedir. Kopma uzaması % 7,27 değeri ile yüksek uzama değeri sınıfında yer alır. Nem alma değeri % 7,3 ile “iyi” sınıfına girebilmektedir. Parlaklık değeri 76,16 olup “parlak” sınıfına dâhil olurken, sarılık

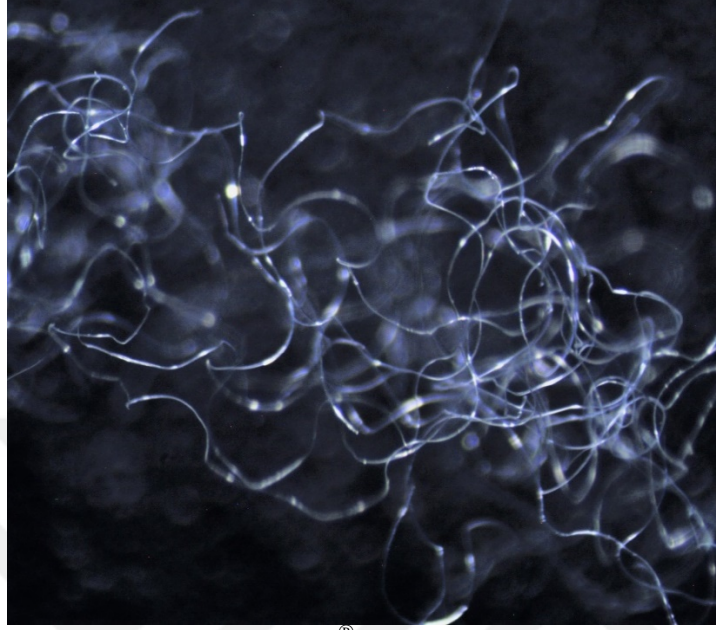
değeri 7,37 ile “beyaz” sınıfındadır. Liflerin renk skalasında yer aldığı bölgeyi ifade eden “C Grade” değeri için yapılan ölçümlerde birer numune 31-2, 41-2 ve 41-3 bölgelerinde yer almışken diğer 6 numunenin 41-1 bölgesinde bulunduğu görülmektedir, söz konusu 4 renk bölgesi de renk skalasında “beyaz pamuk” sınıfına tekabül etmektedir (Uster, 2008; MEB, 2011; MEB, 2012)

3.1.2. Sustans® Lifleri

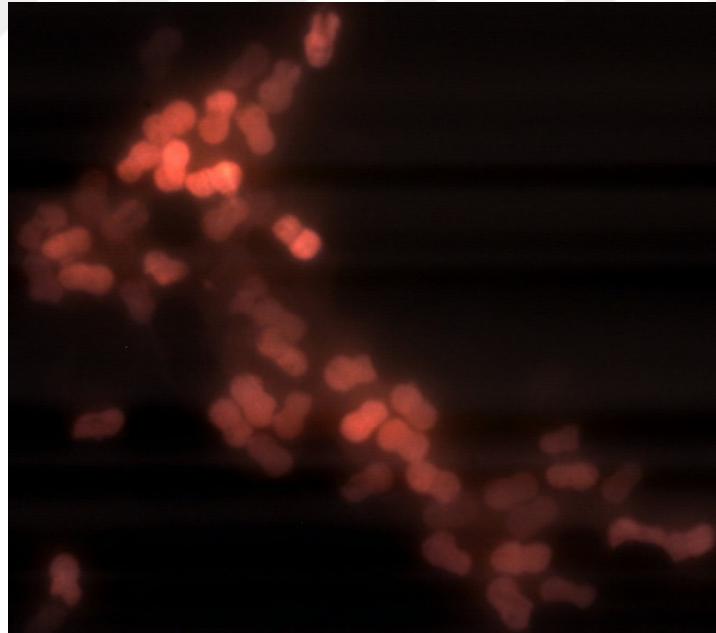
Kullanılan Sustans® lifleri Çinli Haixing Material Technology Co., Ltd tarafından Dupont firmasının ürettiği PTT (Poli Trimetilen Tereftalat) polimeri olan Sorona® polimeri kullanılarak üretilmiştir.

PTT polimerinden üretilen lifler yüksek performans endeksli fiziksel ve kimyasal modifiye poliester lifleri arasında yer almaktadır. Yani PTT polimeri, polyester grubundan bir polimer olup lineer aromatik polyesterlerin ftalatlar grubunun bir üyesidir (Yıldırım ve ark., 2012). PTT üretimi, dimetil tereftalat (DMT) veya saflaştırılmış tereftalik asitin (PTA) 1,3-propan diol (PDO) ile polikondenzasyon tepkimesi şeklinde gerçekleştirilmektedir (Yıldırım ve ark, 2012).

Sustans® lifleri PTT/PET bikomponent lif yapısında üretilmiştir. Liflerin oldukça kıvrımlı bir yapıya sahip olduğu Şekil 3.3'te görülmektedir. Ayrıca Liflerin kesit görüntüsü incelendiğinde yan yana iki filament yapısı görülebilmektedir (Şekil 3.4). Üretici firmadan edinilen bilgilere göre çalışmada kullanılan Sustans® lifleri 2 dtex incelik ve 38 mm uzunlukta üretilmiştir.



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan Sustans[®] liflerinin kıvrımlı yapısı (20X büyütme)



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan Sustans[®] liflerinin kesit görüntüsü (200X büyütme)

Liflerin mukavemet-uzama testleri SASA Polyester Sanayi A.Ş. Fiziksel Laboratuvarında bulunan Instron 5564 universal mukavemet test cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Testler 2,5 N kapasiteli yük hücresi kullanılarak, 10 mm çene mesafesi ve 50 mm/dk çene hareket hızı ile gerçekleştirilmiştir. Ortalama kopma mukavemeti ve ortalama kopma % uzama değerleri sırasıyla 31,8 cN/tex ve % 35,73 olarak tespit edilmiştir. Lif özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Instron 5564 mukavemet test cihazı

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan Sustans® lif özellikleri

Özellik	Sonuçlar	
	Ortalama	%CV
Lif inceliği (dtex)	2	-
Lif uzunluğu (mm)	38	-
Ortalama kopma mukavemeti (cN/tex)	31,80	1,65
Ortalama kopma uzaması (%)	35,73	24,96

3.2. Metod

Bu bölümde çalışma kapsamında üretilen iplik ve kumaşların üretim yöntemleri ve uygulanan testler hakkında bilgiler yer almaktadır.

Çalışma kapsamında aynı üretim ölçütleri ile Ne 8,25 numarada, 5 farklı karışım oranında Pamuk/Sustans karışımı iplikler ve % 100 Pamuk iplik üretilmiştir. Bu iplikler kullanılarak 6 farklı denim kumaş üretilmiştir. Kumaşlar daha önce üretilen ipliklerin atkı ipliği olarak kullanılması yoluyla, aynı dokuma makinesinde, aynı çözgü iplikleri ve aynı üretim ölçütleri ile dokunmuştur. Üretilen ipliklerin elyaf karışım oranları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

İplik ve kumaş üretim aşamaları iki ayrı bölüm halinde sunulmuştur. İpliklere uygulanan test metotları ve cihazlar iplik başlığı altında, kumaşlara uygulanan test metotları ve cihazlar ise kumaş başlığı altında belirtilmiştir. Tüm testler standart atmosfer şartlarında (%65±4 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklık) gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Elyaf karışım oranları

Karışım oranları
%100 Pamuk
%70 Pamuk - %30 Sustans
%60 Pamuk - %40 Sustans
%50 Pamuk - %50 Sustans
%40 Pamuk - %60 Sustans
%30 Pamuk - %70 Sustans

3.2.1. İplik Üretimi ve İpliklere Uygulanan Testler

3.2.1.1. İplik Üretimi

İpliklerin üretimi aşamasında öncelikle Çizelge 3.3'te belirtilen oranlarda elyaf harmanları üretilmiştir. Harmanlardan üretilen tarak şeritleri iki pasaj çekim işleminden geçirildikten sonra elde edilen cer şeritleri açık uç rotor iplik

makinesinde ipliğe dönüştürülmüştür. İplik üretim aşamaları ve bu aşamalarda kullanılan makineler Çizelge 3.4’te belirtilmiştir.

Çizelge 3.4. İplik Üretim Aşamaları ve Makineleri

Üretim Aşaması	Makinenin Markası-Modeli-Üretim Yılı	Makine Çıktısı
Balya Açıcı-Karıştırıcı	Rieter B 34 - 1989	Harman karışımı
İnce Açıcı-Temizleyici	Rieter B 5/5 ERM - 1989	Homojenliği arttırılmış harman karışımı
Tarak	Trützschler DK 760 - 1995	Şerit - Ne 0,13
Cer	Rieter RSB D50 - 2017	Şerit - Ne 0,11
Cer	Rieter RSB 51 - 1991	Şerit - Ne 0,11
Rotor İplik Makinası	Saurer Schlafhorst Autocoro 9- 2017	İplik - Ne 8,25

Harman karışımını oluşturacak lifler ilk olarak Rieter B 34 (Şekil 3.6) balya açıcı-karıştırıcı makineye elle beslenmiştir. Bu makine küçük miktardaki harmanların hazırlanması için genellikle ilk aşama olmaktadır ayrıca dikkate değer bir kolaylık sağlamaktadır (Rieter, 2013).



Şekil 3.6. Rieter B 34 balya açıcı karıştırıcı (Clein, 2011).

Harman, balya açıcının ardından Rieter B 5/5 ERM ince açıcı-temizleyici makinede işlem görmüştür. Bu makinede yapılan işlem ile üretilen harman temizlenmiş ve daha ince açılarak homojenliği arttırılmıştır.

Homojen hale getirilmiş olan harman 1995 model Trützschler DK 760 (Şekil 3.7) tarak makinesinde Ne 0,13 numara şerit haline getirilmiştir. Makine, üretim sırasında pamuk-sentetik karışımlara uygun ayar ve parçalarla çalıştırılmıştır. Tarak şeritlerine ilk pasaj çekim işlemleri 2017 model Rieter RSB D50 (Şekil 3.8) cer makinesinde, ikinci pasaj çekim işlemleri ise 1991 model Rieter RSB 51 cer makinesinde gerçekleştirilmiştir. İki pasaj çekim sonrasında Ne 0,11 numara cer şeritleri elde edilmiştir.



Şekil 3.7. Trützschler DK 760 tarak makinesi



Şekil 3.8. Rieter RSB D50 cer makinesi (Rieter, 2016)

Üretilen cer şeritleri Şekil 3.9’da görülebilen Saurer Schlafhorst Autocoro 9 açık uç rotor iplik makinesinde iplik haline getirilmiştir.



Şekil 3.9. Autocoro 9 rotor iplik makinesi (Saurer Schlafhorst, 2017)

Çalışmada kullanılan iplik makinesinin çalışma ölçütleri Çizelge 3.5’ te görülmektedir. Rotor kodunda bulunan B (boron) ve D (diamond) harfleri kaplama maddelerini ifade etmektedir. T640 ifadesi ise rotorun yiv tipini ve çapını belirtmektedir. Rotor yiv tipi ve çapı, Ne 8,25 numara iplik üretimine uygun seçilmiştir ve 40 mm nispeten büyük bir rotor çapıdır. Ayrıca iplik üretiminde kod numarası B 174DN olan açıcı silindir kullanılmıştır. Açıcı kodlandırmasında B (blend) harfi silindirin karışım harmanlar için uygun olduğunu, 174 sayısı diş şeklini, D (diamond) ve N (nickel) harfleri ise kaplama maddelerini ifade etmektedir. Rotor hızı, açıcı hızı, büküm katsayısı ve büküm durdurucu tipi istenilen numara ve büküm miktarına uygun olacak şekilde belirlenmiştir. Üretimin yapıldığı BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri’nde hâlihazırda denim kumaşlarda atkı olarak kullanılan açık uç rotor ipliklerin üretim ölçütleri bu çalışmada da kullanılmıştır. Netice olarak her bir karışım oranında 4’er bobin Ne 8,25 numara açık uç rotor ipliği üretilmiştir.

Çizelge 3.5. İplik Makinesi Çalışma Ölçütleri

Rotor Tipi/Çapı	T 640 BD/40 mm
Navel Tipi	K 4-A
Torquestop Tipi	30-0G (Yeşil)
Açıcı Silindiri Tipi	B 174DN
Büküm Katsayısı (α_e)	4,5
Rotor Hızı (devir/dk)	60.000
Açıcı Hızı (devir/dk)	7000

3.2.1.2. İpliklere Uygulanan Testler

Çalışma kapsamında üretilen iplikler aynı test cihazlarında testlere tabii tutulmuşlardır. Testler her bir karışım oranında üretilen 4’er bobine uygulanmış ve ortalama değerler çalışma sonuçlarına yansıtılmıştır.

İpliklere uygulanan mukavemet-uzama testleri, düzgünsüzlük, iplik hataları ve Uster tüylülük testleri BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş. laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Zweigle tüylülük testi ise Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümünde uygulanmıştır.

Kopma mukavemeti ve kopma uzaması testleri “TS EN ISO 2062: 2010 Tekstil - Paketlerden alınan iplikler - Tek ipliğin kopma kuvvetinin ve kopma anındaki uzamasının sabit hızlı uzama cihazı (CRE) kullanılarak tayini” isimli standarda uygun olarak, Uster Tensorapid 3 V7.0 (Şekil 3.10) cihazında yapılmıştır.



Şekil 3.10. Uster Tensorapid 3 V7.0 cihazı (Uyanık, 2017)

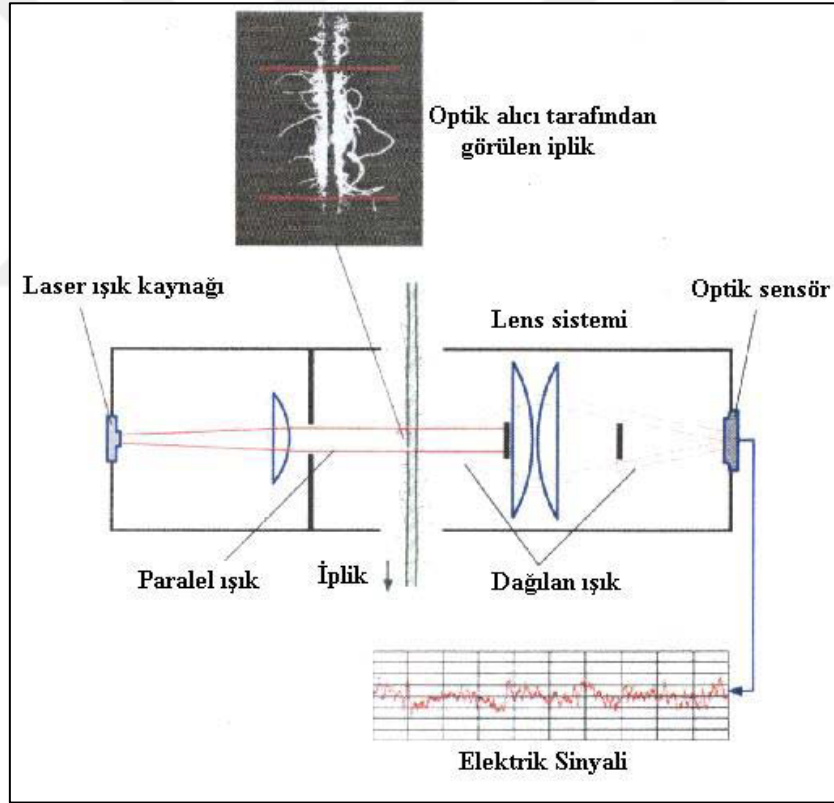
Bu test metodu uygun çene tertibatı olan diğer universal mukavemet test cihazlarıyla da yapılabilir ancak uygulama yapılan türdeki cihazlarla çok sayıda test kullanıcı müdahalesi gerekmeksizin, ardışık olarak ve hızlı bir şekilde yapılabilir. Testler sırasında cihaz ayarları şöyle seçilmiştir. Çene mesafesi (LH) 500 mm, test hızı (v) 5000 mm/d, çene sıkıştırma basıncı (Pc1) 225 N/cm² (30%) ve ön gerilim (FV) 36,0 gf. Her bir bobinden 10'ar adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. Test sonucu olarak farklı birimlerde kopma kuvveti, Rkm değeri, % kopma uzaması ve kopma işi alınabilmektedir ancak bu verilerden Rkm ve % kopma uzama değerleri sonuçlara yansıtılmıştır.

İplik düzgünsüzlük, hata ve tüylülüğüne yönelik testler Şekil 3.11'de görülebilen Uster Tester 4 cihazı ile yapılmıştır.



Şekil 3.11. Uster Tester 4 İplik Düzgünsüzlük ve Tüylülük Test Cihazı

Bu cihaz düzgünsüzlük açısından, “TS 628:1970 İplik Düzgünsüzlüğü Tayin Metotları” isimli standardın “1.2.7 Kapasite Ölçme Metodu” maddesinde belirtildiği üzere kapasitif sisteme göre çalışmaktadır. Ayrıca “TS 2394: 1976 Yün şerit, fitil ve ipliklerde kısa devreli doğrusal yoğunluk düzgünsüzlüklerinin elektronik düzgünsüzlük ölçme cihazı ile saptanması” isimli standartta düzgünsüzlük için ölçüm metodu detaylı olarak anlatılmıştır. Düzgünsüzlük, cihazın CS sensörü vasıtasıyla tespit edilmektedir. Optik sistem ile çalışan OH sensörü ise Uster tüylülük (H) değerinin ölçülmesini sağlamaktadır. OH sensörünün çalışma prensibi Şekil 3.12’de görülmektedir.



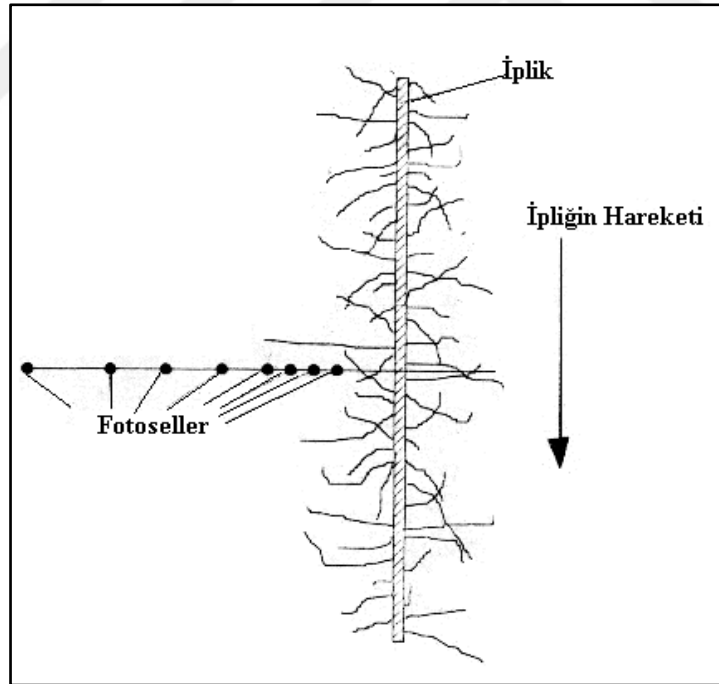
Şekil 3.12. Uster OH sensörü tüylülük ölçüm prensibi (Alay, 2004)

Uster Tester 4 ile yapılan ölçümler 400 m/dk hız ve 1 dk süre ile gerçekleştirilmiş ve sonuç olarak; iplik düzgünsüzlüğü, düzgünsüzlük indeksi, iplikte bulunan kalın yer, ince yer, neps sayıları ve tüylülük (H) verileri elde edilmiştir. Düzgünsüzlük % U ve % CV olarak ifade edilmiş olup % CV değeri % U değerinin 1,25 katıdır. Yapılan çalışmada % U değerleri dikkate alınmıştır. H tüylülük değeri ise belirli bir uzunluktaki iplik yüzeyinden çıkan tüylerin toplam uzunluğunun (cm), iplik uzunluğuna (cm) oranını ifade etmektedir. Bir başka ifade ile 1 cm uzunluğundaki iplik yüzeyinde çıkıntı halindeki lif uzunluklarının toplamıdır. İplik hataları olarak -%40, -%50 ve -%60 ince yer, +%35 ve +%50 kalın yer, +%140, +%200 ve +%280 neps hataları tespit edilmiştir. Örnekle anlatılırsa; -%60 ince yer hatası ortalama iplik kalınlığının %40'ı kadar kalınlıkta ve daha ince olan yerlerin sayısını, +%50 kalın yer hatası ise ortalama iplik kalınlığının %150'sine (1,5 katı) kadar kalınlıkta olan yerlerin sayısını ifade etmektedir. Yapılan çalışmada -%40 ince yer, +%50 kalın yer ve +%280 neps sayıları değerlendirmeye alınmıştır.

Üretilen ipliklerin tüylülükleri ayrıca Zweigle G 567 tüylülük test cihazıyla da ölçülmüştür (Şekil 3.13). Zweigle tüylülük cihazında ölçüm sırasında iplik, bir ışık kaynağından iplik eksenine dik olarak gönderilen ışık hüzmesi ile yoklanır. İplik ve iplik gövdesinden çıkan lifler, ölçüm bölgesine gönderilen ışık demetini keser ve gönderilen ışınların ölçülebilen parlaklığında dalgalanmaya sebep olur. Bu şekilde iplik gövdesinden çıkan lifler tarafından engellenen ışık demeti, düştüğü fototransistör üzerinde bir fotoakıma dönüştürülür ve kuvvetlendirilerek değerlendirilir (Alay, 2004). Zweigle tüylülük ölçüm prensibi Şekil 3.14'te görülmektedir. Uster Tester 4 OH sensörü ve Zweigle G-567 tüylülük cihazının her ikisinin çalışma prensibi de “TS 12863: 2002 Tekstil - İplikler - Tüylülük Tayini - Fotoelektrik Metot” standardını temel almaktadır.



Şekil 3.13. Zweigle G-567 Tüylülük Test Cihazı



Şekil 3.14. Zweigle tüylülük ölçüm prensibi (Alay, 2004).

Zweigle tüylülük ölçümleri 50 m/dk hızla, 2 dk sürede ve 5 cN ön gerilim uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12 ve 15 mm uzunluğundaki tüy sayıları elde edilmiştir. İpliklerde genel anlamda istenmeyen tüylü lif uzunlukları, 3 mm ve 3 mm'den daha uzun olanlardır (Örtlek ve Babaarslan, 2003). Bu nedenle Zweigle ölçüm verisi olarak, 3 mm ve daha uzun tüyleri içeren S3 değeri dikkate alınmıştır.

3.2.2. Kumaş Üretimi ve Kumaşlara Uygulanan Testler

3.2.2.1. Kumaş Üretimi

Kumaş üretimleri BOSSA'da bulunan Dornier marka AWSE 4/E D model 2010 yılı üretimi hava jetli dokuma makinesinde (Şekil 3.15) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.15. Dornier AWSE 4/E D dokuma makinesi

Kumaşlarda, klasik denim üretim tarzında halat boya yapılmış olan Ne 8,25 açık uç rotor çözgü iplikleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında üretilen iplikler kumaşlarda atkı ipliği olarak kullanılmış ve aynı dokuma makinesinde, aynı çözgülerle 10'ar m uzunlukta olmak üzere ard arda dokunmuştur. Dokuma üretim ölçütleri Çizelge 3.6'da görülebilmektedir.

Çizelge 3.6. Dokuma üretim ölçütleri

Tarak numarası	68/4
Tarak eni	175
Toplam çözgü sayısı	4760
Makine hızı	520 devir/dk
Çözgü sıklığı	27
Atkı sıklığı	17
Doku	3/1 Z dimi
Çözgü ipliği hammaddesi	%100 Pamuk
Çözgü ipliği numarası	8,25 OE rotor
Çözgü rengi	Jake mesoblue
Leventteki halat sayısı	14

Dokunan kumaşlara terbiye işlemi olarak yakma, yakma sonrası yıkama, sanfor öncesi ön kurutma ve sanfor işlemleri uygulanmıştır. Bu işlemlerin tamamı farklı makine parçalarının birleşimi olan ve kesintisiz işlem sağlayan tek bir makine hattında uygulanmıştır. Ayrıca tüm kumaşlar terbiye işlemlerinden aynı şartlarda, tek parça halinde ve kısa bir zaman dilimi içerisinde geçirilmiştir.

Yakma işlemi, bek açısı 90°, bek mesafesi 30 mm, bek basıncı 9 bar ve işlem hızı 35 m/dk olmak üzere Osthof marka makinede uygulanmıştır. Ardından yakma kalıntılarının temizlenmesi amacıyla yıkama uygulanmıştır. Yıkama işleminde asitlik düzenleyici olarak pH 5-5,5 aralığında olacak şekilde asetik asit kullanılmıştır. Yıkama sonrasında kumaşlar 110°C sıcaklığa ısıtılmış olan tamburlardan geçirilerek ön kurutma sağlanmış ve ardından yine 35 m/dk hızla ilerleyen kumaşlara keçe-blanket sistemi ile sanfor uygulanmıştır.

3.2.2.2. Kumaşlara Uygulanan Testler

Çalışma kapsamında üretilen kumaşlara uygulanan testler Çizelge 3.7’de verilmiştir. Elastikiyet ve kalıcı uzama testi ile yıkama sonrası boyut değişimi testleri BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş. imkânları ile diğer kumaş testleri ise Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü Test ve Analiz Laboratuvarı imkânları ile gerçekleştirilmiştir. Elastikiyet ve kalıcı uzama, yıkama sonrası boyut değişimi, Martindale boncuklanma ve aşınma dayanımı testleri 3’er numune ile diğer testler ise 5’er numune ile uygulanmış ve testlerden elde edilen verilerin ortalamaları sonuçlara yansıtılmıştır.

Çizelge 3.7. Kumaşlara uygulanan testler

Test İsmi	Test Metodu
Mamul kumaş eni	TS EN 1773:1998
Atkı ve çözgü sıklıkları	TS 250 EN 1049-2:1996
Kumaş gramajı	TS 251:1991
Dairesel sertlik (stiffness) testi	ASTM D 4032-94:2001
Kopma mukavemeti ve uzaması testi	TS EN ISO 13934-1:2013
Yırtılma mukavemeti testi	TS EN ISO 13937-1:2002
Yıkama sonrası boyut değişimi testi	TS EN ISO 3759:2012, TS EN ISO 6330:2012
Elastikiyet ve kalıcı uzama testi	ASTM D 3107-07:2015
Martindale aşınma dayanımı testi	TS EN ISO 12947-3:2001
Martindale boncuklanma testi	TS EN ISO 12945-2:2002

Mamul kumaş eni, “TS EN 1773:1998 Tekstil-Kumaşlar-Genişlik ve uzunluğun tayini” isimli standart esas alınarak uygulanmıştır. Test verileri cm cinsinden sonuçlara yansıtılmıştır.

Atkı ve çözgü sıklıklarının tayini, “TS 250 EN 1049-2:1996 Tekstil dokunmuş kumaşlar-Yapı analiz metotları-Kısım 2-Birim uzunluktaki iplik sayısının tayini” isimli standardın A metodu esas alınarak yani ipliklerin sökülerek sayılması şeklinde uygulanmıştır. Çözgü sıklıkları için 3 cm uzunluktaki iplikleri, atkı sıklıkları için ise 5 cm uzunluktaki iplikleri sayacak şekilde ölçüm mesafeleri

belirlenmiştir. Testlerden elde edilen veriler adet/cm cinsinden ortalama sıklık değerleri olarak sonuçlara yansıtılmıştır.

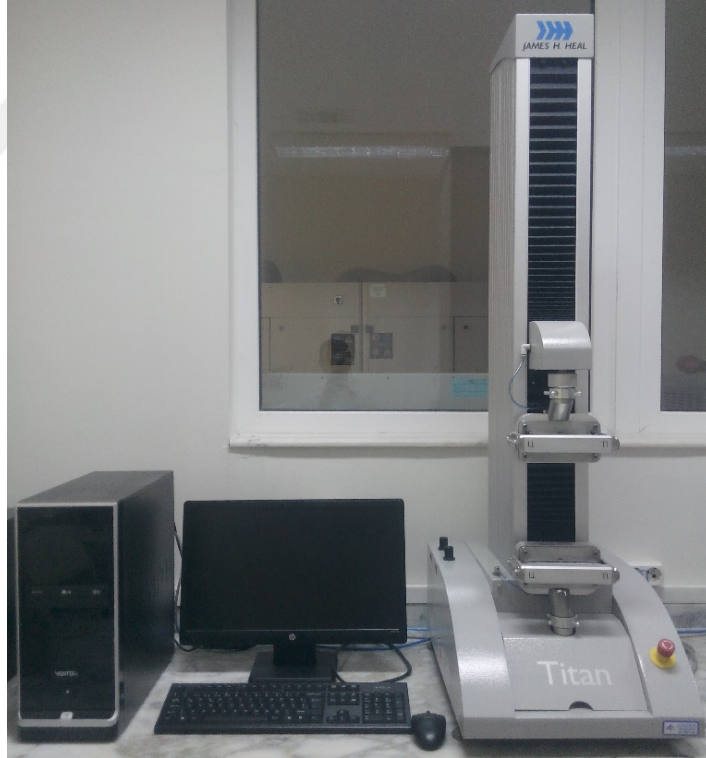
Kumaş gramajı, “TS 251:1991 Dokunmuş kumaşlar - Birim uzunluk ve birim alan kütlelerinin tayini” standardın 6. Maddesi esas alınarak ve dairesel kesme şablonu kullanılarak uygulanmıştır. Test sonuçları g/m^2 cinsinden elde edilmiştir.

Dairesel sertlik (stiffness) testi “ASTM D 4032-94:2001 Standard Test Method for Stiffness of Fabric by the Circular Bend Procedure” isimli standart esas alınarak Şekil 3.16’da görülebilen A&T Otexlab marka cihaz ile uygulanmıştır. Test sonuçları gram (g) cinsinden elde edilmiştir.



Şekil 3.16. Dairesel sertlik (stiffness) test cihazı

Kopma mukavemeti ve uzaması testleri “TS EN ISO 13934-1:2013 Tekstil - Kumaşların gerilme özellikleri - Bölüm 1: En büyük kuvvetin ve en büyük kuvvet altında boyca uzamanın şerit yöntemiyle tayini” standardı esas alınarak, James H. Heal marka, Titan model universal mukavemet test cihazı (Şekil 3.17) ile uygulanmıştır. Testler 65 ± 4 bağıl nem ve $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki standart atmosfer şartlarında kondisyonlanmış numunelere uygulanmıştır. Ayrıca çene mesafesi 200 mm, çene hızı 100 mm/d ve ön gerilim 5 N olarak belirlenmiştir. Kopma mukavemeti ve kopma uzaması ibareleri yaygın olarak kullanıldığı için bu çalışmada da kullanılmıştır ancak bu ibarelerle, numunenin dayanabildiği en büyük kuvvet ve en büyük kuvvet altındaki % uzama değerleri ifade edilmiştir. Kuvvet birimi olarak Newton (N) kullanılmıştır.



Şekil 3.17. James H. Heal/Titan universal mukavemet test cihazı

Yırtılma mukavemeti “TS EN ISO 13937-1:2002 Tekstil - Kumaşların yırtılma özellikleri-Bölüm 1: Balistik sarkaç metodu ile yırtılma kuvvetinin tayini” isimli standart esas alınarak ve Şekil 3.18’de görülen SDL Atlas Dijital Elmendorf mukavemet test cihazı vasıtasıyla uygulanmıştır. Yırtılmanın çözgü boyunca ilerlediği ve atkı ipliklerinin koptuğu numuneler çözgü numuneleri, yırtılmanın atkı boyunca ilerlediği ve çözgü ipliklerinin koptuğu numuneler atkı numuneleri olarak isimlendirilmiştir. Çözgü numunelerinin yırtılmasında C pendulum ağırlığı kullanılırken, atkı numunelerinde ise D pendulum ağırlığı kullanılmıştır. Kopma mukavemetine benzer şekilde yırtılma mukavemeti ibaresi de yaygın olarak kullanılmaktadır ancak sonuçlar yırtılma kuvvetini ifade etmektedir. Bu testte de elde edilen verilerin N birimi ile sonuçlara yansıtılmıştır.



Şekil 3.18. SDL Atlas Dijital Elmendorf mukavemet test cihazı

Yıkama sonrası boyut değişimi testinde numune hazırlama işlemleri, “TS EN ISO 3759:2012 Tekstil - Boyut değişmesinin tayini deneyleri için kumaş deney numunesi parçaları ve giysilerin hazırlanması, işaretlenmesi ve ölçülmesi” metoduna göre uygulanmıştır. Yıkama işlemleri ise “TS EN ISO 6330:2012 Tekstil- Tekstil deneyleri için- Ev tipi çamaşır makinesi ile yıkama ve kurutma işlemleri” standardı esas alınarak uygulanmıştır. Testler 40°C ve 60°C sıcaklıklarda ayrı ayrı uygulanmış ve her sıcaklık için 3'er numune teste tabi tutulmuştur. 40°C yıkamalar, standardın Tablo B.1 4N metodu ile 60°C yıkamalar ise Tablo B.1 6N metodu ile gerçekleştirilmiştir. Testler Şekil 3.19'da görülen Wascator olarak bilinen Electrolux marka FOM71 CLS model cihaz ile uygulanmış ve % olarak elde edilen test verilerinin ortalamaları sonuçlara yansıtılmıştır.



Şekil 3.19. Electrolux FOM71 CLS yıkama test cihazı

Elastikiyet (stretch) ve kalıcı uzama (growth) testleri, “ASTM D 3107-07:2015 Standard Test Methods for Stretch Properties of Fabrics Woven from Stretch Yarns” standardı esas alınarak Şekil 3.20’de örneği görülen test aparatı vasıtasıyla uygulanmıştır. Bu test sadece elastik özellik gösteren kumaş yönlerinde uygulanmaktadır, yapılan çalışmada sadece atkı yönündeki muhtemel elastikiyet özelliği tespit edilmek istendiği için test sadece atkı yönünde uygulanmıştır. Test mamul kumaşa ve TS EN ISO 6330:2012 Tablo B.1 Metot 6N’ye göre 60°C’de 1 kez yıkanmış kumaşa ayrı ayrı 3’er test tekrarı yapılarak uygulanmıştır. Uygulanan bir test ile hem elastikiyet hem de kalıcı uzama değerleri elde edilmiştir. Testler sonucunda elde edilen ortalama değerler sonuç olarak yansıtılmıştır.



Şekil 3.20. Elastikiyet ve kalıcı uzama test aparatı (J.H.Heal, 2018)

Aşınma dayanımı testi “TS EN ISO 12947-3:2001 Tekstil - Martindale metoduyla kumaşların aşınmaya karşı dayanımının tayini- Bölüm 3: Kütle kaybının tayini” isimli standart esas alınarak uygulanmıştır. Numuneler bu metoda göre yünlü aşındırma kumaşı kullanılarak 25000 devire kadar aşınmaya tabi tutulmuş ve her 5000 devirde tartım alınarak meydana gelen kütle kaybı tespit edilmiştir. Her 5000 devir aralığında numunelerin ilk tartımına göre meydana gelen kütle kaybı oranları ve 5000, 10000, 15000, 20000 ve 25000 devir sonlarında numunelerin ilk tartımına göre meydana gelen toplam kütle kaybı oranları % olarak sonuçlara yansıtılmıştır.



Şekil 3.21. Martindale aşınma ve boncuklanma test cihazı

Boncuklanma testi “TS EN ISO 12945-2:2002 Tekstil- Kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkınlığının tayini- Bölüm 2: Geliştirilmiş martindale metodu” standardına göre uygulanmıştır. Aşınma dayanımı ve boncuklanma testlerinin her ikisi de Şekil 3.21’de görülen Martindale aşınma ve boncuklanma test cihazında gerçekleştirilmiştir. Her kumaş tipinden 3 adet numune test edilmiş

ve tüm numunelerin test verileri sonuçlara yansıtılmıştır. Test numuneleri 125, 250, 500, 1000, 2000, 5000 ve 7000 devir sonlarında Şekil 3.22’de görülen boncuklanma değerlendirme kabini vasıtasıyla ve EMPA SN 198525 W3 standart fotoğraf serisi ile görsel kıyaslama yapılarak değerlendirmeye tabi tutulmuşlardır.



Şekil 3.22. Boncuklanma değerlendirme kabini

3.3. İstatistiksel Analizler

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistik analizleri için SPSS paket programı kullanılmıştır. İlk olarak Kolmogorov-Smirnov testi vasıtasıyla normallik analizi uygulanmıştır. Ardından Sustans® oranı ile iplik ve kumaş özellikleri arasındaki ilişkinin tespiti için korelasyon analizi yapılmıştır. Normal dağılıma uyan verilere Pearson korelasyon analizi uygulanırken, uymayanlara ise Spearman korelasyon analizi uygulanmıştır. Korelasyon analizleri sonucunda elyaf karışım oranı ile veri setleri arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki bulunduğu (0.01 ve 0.05 seviyelerinde), elde edilen ilişki seviyeleri korelasyon katsayılarının gücüne göre tanımlanmıştır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.8. Korelasyon katsayılarına göre ilişki seviyeleri (Akgül ve Çevik, 2003)

Korelasyon Katsayısı	İlişki Seviyesi
0,00-0,25	Çok Zayıf
0,26-0,49	Zayıf
0,50-0,69	Orta
0,70-0,89	Yüksek
0,90-1,00	Çok Yüksek

Normal dağılıma uyan verilerde parametrik testlerle analize devam edilmiş, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanarak veri grupları arasındaki farkların anlamlılığı incelenmiş ve anlamlı fark bulunması durumunda, hangi ikililer arasında fark olduğunun tespiti amacıyla Post Hoc testlere geçilmiştir. Post Hoc testleri öncesinde Levene testi ile veri gruplarının homojenliği tespit edilmiş ve homojen gruplara Tukey testi uygulanırken homojen olmayan gruplara ise Tamhane testi uygulanmıştır.

Normal dağılıma uymayan veri gruplarının istatistiki analizinde ise parametrik olmayan testler kullanılmıştır (Sheskin, 2003; Hollander ve ark., 2013). Öncelikle Kruskal Wallis-H testi ile gruplar arası farkların anlamlılığı incelenmiş, anlamlı fark bulunması durumunda ise Mann Whitney-U testi ile anlamlı farkın olduğu ikililer tespit edilmiştir.

ANOVA ve Kruskal Wallis-H test sonuçlarının gösterildiği tablolarda karışım oranlarının istatistiki olarak anlamlı etkisinin olduğu veri grupları ile Tukey, Tamhane ve Mann Whitney-U test sonuçlarının gösterildiği tablolarda istatistiki olarak anlamlı fark görülen ikili kıyaslamalar, koyu olarak belirtilmiştir.

Boncuklanma testinin sonuç değerlendirmeleri standart fotoğraflarla kıyaslama yoluyla yapılmış olup subjektif niteliktedir. Ayrıca değerlendirme sonuçları skala değerlerinin dışına çıkamamaktadır ve sayısal değildir. Bu nedenlerden dolayı boncuklanma testlerinde istatistiki analiz uygulanmamış, tüm test numunelerinin sonuçları istatistiki olmayan yöntemler ile değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. İplik Test Sonuçları

İplik özellikleri; iplik tüylülüğü, kopma mukavemeti ve kopma uzaması, iplik düzgünlüğü ve iplik hataları başlıkları altında değerlendirilmiştir. Belirtilen başlıklar altında tablolara, grafiksel değerlendirmelere ve istatistikî analizlere yer verilmiştir. İstatistikî analizlerde, öncelikle normal dağılıma uygunluğun tespiti amacıyla Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır. Karışım oranı ile iplik özellikleri arasındaki ilişkinin varlığı, yönü ve seviyesinin tespiti için normal dağılıma uyan verilere Pearson, uymayan verilere ise Spearman korelasyon analizi yapılmıştır. Normal dağılım gösteren veri setlerine tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve verilerin homojenliğinin tespiti amacıyla Levene testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar homojenliklerine göre, uygun çoklu karşılaştırma (Post Hoc) testi ile analiz edilmiştir. Normal dağılmayan verilerde parametrik olmayan analizler kullanılmış ve önce Kruskal Wallis-H testi ile anlamlı farkın mevcudiyeti, ardından Mann Whitney-U testi ile farkın olduğu ikililer tespit edilmiştir. Kolmogorov-Smirnov ve Levene testi sonuçları Çizelge 4.1’de, korelasyon testleri Çizelge 4.2’de ve ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.1. İpliklerde Kolmogorov-Smirnov ve Levene testi sonuçları

	Ortalama	Standart Sapma	Anlamlılık Değeri (p)	
			Kolmogorov-Smirnov Testi	Levene Testi
Mukavemet (Rkm)	11,463	0,764	0,421	0,021
Uzama (%)	7,595	1,121	0,897	0,052
Tüylülük (H)	7,397	0,846	0,726	0,046
Tüylülük (S3)	459,417	245,850	0,231	0,256
Düzensizlik (%U)	9,715	0,401	0,870	0,005
İnce Yer (-%40)	52,229	20,297	0,963	0,647
Kalın Yer (+%50)*	4,896	9,766	0,001	--
Neps (+%280)*	1,771	3,169	0,002	--

* Normal dağılım göstermeyen veri setlerine Levene testi uygulanmamıştır.

Çizelge 4.2. İpliklerde Pearson ve Spearman korelasyon testi sonuçları

İplik Özelliği	Korelasyon Katsayısı	Anlamlılık Değeri (p)
Pearson Korelasyon Testi Sonuçları		
Mukavemet (Rkm)	-0,818**	0,000
Uzama (%)	0,897**	0,000
Tüylülük (H)	-0,324	0,122
Tüylülük (S3)	-0,791**	0,000
Düzensizlik (%U)	-0,761**	0,000
İnce Yer (-%40)	-0,524**	0,009
Spearman Korelasyon Testi Sonuçları		
Kalın Yer (+%50)	-0,624**	0,001
Neps (+%280)	-0,497*	0,014

* 0,05 seviyesinde anlamlı korelasyon tespit edilmiştir.

** 0,01 seviyesinde anlamlı korelasyon tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. İpliklerde ANOVA testi sonuçları

	Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Karelerin Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Değeri (p)
Mukavemet (Rkm)	13,435	23	1,955	9,617	0
Uzama (%)	28,916	23	4,893	19,792	0
Tüylülük (H)	16,447	23	2,705	16,647	0
Tüylülük (S3)	1390176	23	265109,267	73,836	0
Düzensizlik (U)	3,694	23	0,485	6,885	0,001
İnce Yer (-%40)	9474,990	23	1431,875	6,926	0,001

4.1.1. İplik Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzaması

Elde edilen ortalama kopma mukavemeti ve kopma uzaması test sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelgede görülen ortalama değerler her bir karışım oranında üretilen 4'er bobine uygulanmış olan 10'ar test sonucunda elde edilen toplam 40'ar adet testin ortalamasını yansıtmaktadır.

Mukavemet ve uzama test sonuçları istatistiki olarak incelendiğinde, Kolmogorov-Smirnov testi ile her iki veri grubunun da normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.4. İpliklerde Kopma mukavemeti ve kopma uzaması test sonuçları

Elyaf Karışım Oranı	Mukavemet (Rkm)		Uzama (%)	
	Ortalama	% CV	Ortalama	% CV
%100 CO*	12,76	0,67	5,95	1,95
%70 CO - %30 SU**	11,65	2,29	7,01	4,79
%60 CO - %40 SU	11,21	6,45	7,09	9,95
%50 CO - %50 SU	11,35	2,01	8,08	4,90
%40 CO - %60 SU	10,90	5,03	8,64	6,23
%30 CO - %70 SU	10,90	4,74	8,80	7,30

* CO: Pamuk, **SU: Sustans

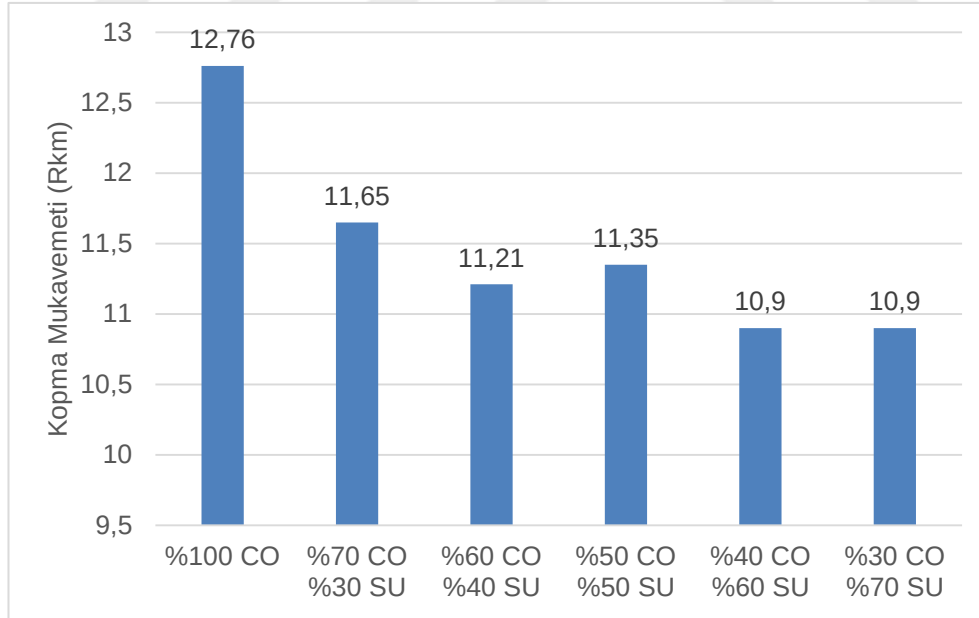
Normal dağılıma uyan verilere uygulanan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları (Çizelge 4.3) incelendiğinde, karışım oranının iplik mukavemeti ve uzaması üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Aralarında fark olan ikilileri belirlemek amacıyla uygulanacak olan Post Hoc testler öncesinde homojenliğin tespiti amacıyla yapılan Levene testine göre, uzama sonuçları homojen dağılım gösterirken ($p>0,05$), mukavemet sonuçları ise heterojen dağılım göstermiştir ($p<0,05$). Bu nedenle uzama test sonuçlarına homojen dağılım verilere uygulanan istatistiki testlerden Tukey testi, mukavemet test sonuçlarına ise homojen dağılmayan veriler için olan Tamhane testi uygulanmıştır. Uzama ve mukavemet sonuçlarına uygulanan Tukey ve Tamhane test sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Şekil 4.1'de görülen kopma mukavemeti ortalama değerlerine göre Sustans kullanımıyla birlikte %100 pamuk ipliğe göre bir miktar düşüş görülmektedir. %50 Sustans içeren ipliklerde düşüşün tersine döndüğü %60-%70 Sustans oranlarında ise tekrar düşüş olmakla birlikte düşüş eğiliminin sonlandığı görülmüştür.

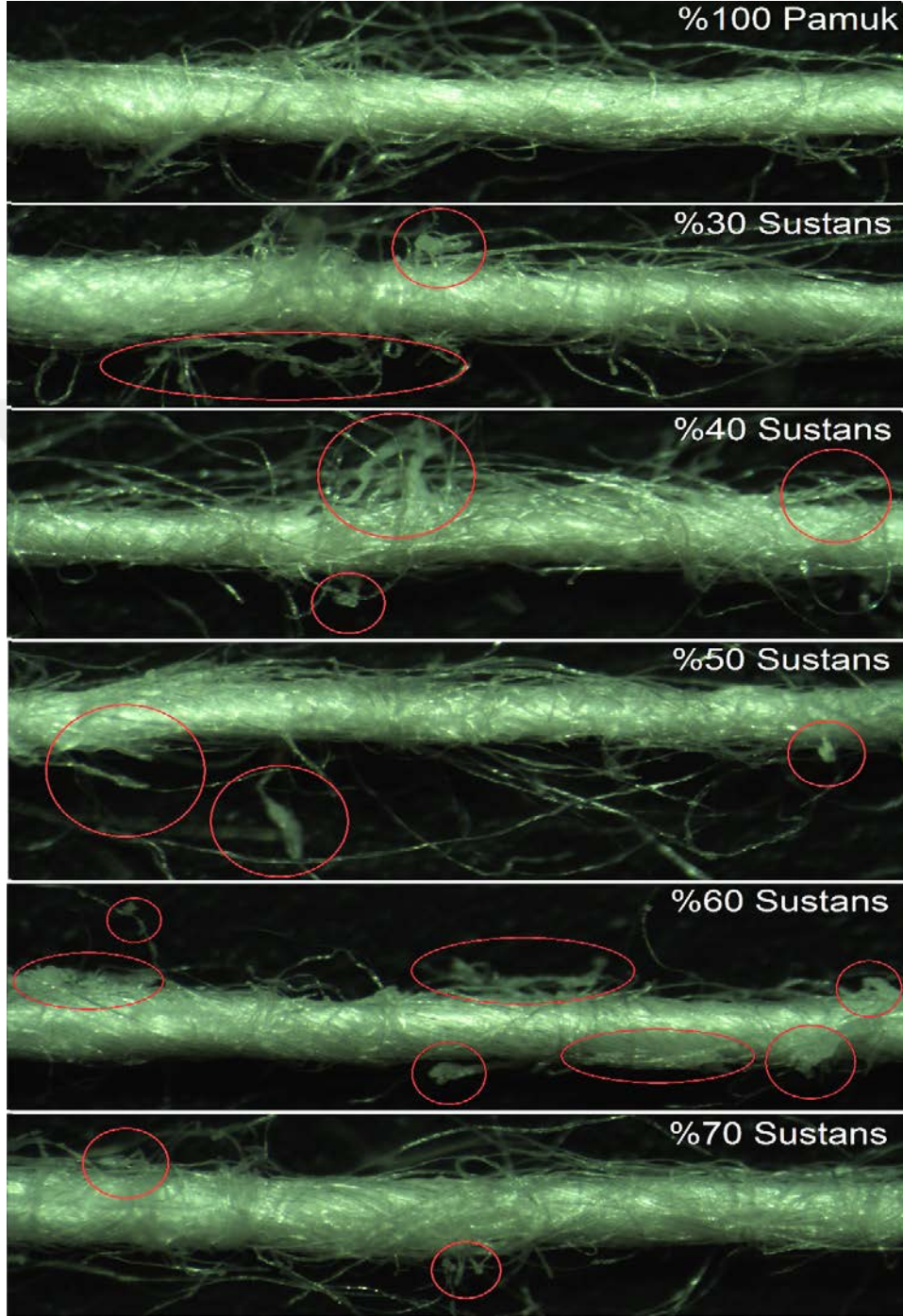
Çizelge 4.5. Uzama ve mukavemet için Tukey ve Tamhane test sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan İplikler	Tukey testi (%Uzama)		Tamhane testi (Rkm)	
	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri (p)	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	1,063	0,068	-1,113	0,031
%100 CO - %40 SU	1,138	0,045	-1,560	0,284
%100 CO - %50 SU	2,135	0,000	-1,413	0,006
%100 CO - %60 SU	2,693	0,000	-1,863	0,084
%100 CO - %70 SU	2,860	0,000	-1,868	0,069
%30 SU - %40 SU	-0,075	1,000	0,448	0,996
%30 SU - %50 SU	-1,073	0,064	0,300	0,896
%30 SU - %60 SU	-1,630	0,002	0,750	0,633
%30 SU - %70 SU	-1,798	0,001	0,755	0,562
%40 SU - %50 SU	-0,998	0,096	-0,148	1,000
%40 SU - %60 SU	-1,555	0,004	0,303	1,000
%40 SU - %70 SU	-1,723	0,001	0,307	1,000
%50 SU - %60 SU	-0,558	0,617	0,450	0,967
%50 SU - %70 SU	-0,725	0,349	0,455	0,949
%60 SU - %70 SU	-0,167	0,996	0,005	1,000



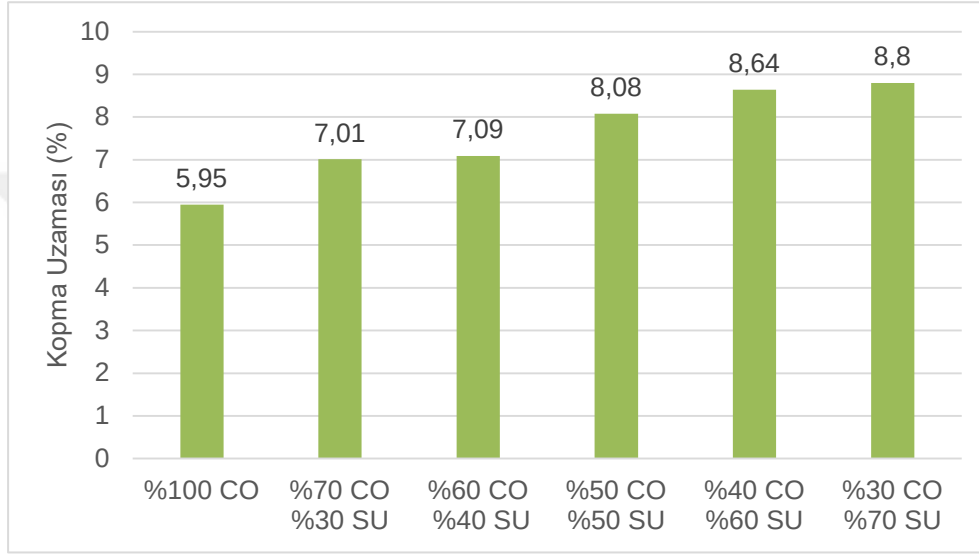
Şekil 4.1. İpliklerde kopma mukavemeti değişim grafiği

Pearson testi sonucuna göre, karışımdaki Sustans oranı ile mukavemet arasında istatistiki olarak anlamlı ve yüksek seviyede negatif doğrusal ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Tamhane testi ile yapılan kopma mukavemeti istatistiki analizi incelendiğinde %30 ve %50 Sustans içeren ipliklerin Rkm değerlerinin %100 pamukla anlamlı farklılık gösterdiği, diğer ipliklerin ise farklı olmadığı görülmektedir. Oysa bu iki iplik %100 pamuk ipliğe en yakın ortalama mukavemetlere sahiptir. Bu durumun, varyasyonların varyans analizine olan etkisi ile ilişkisi olduğu düşünülmüş, bu nedenle CV değerleri incelenmiş ve iki ipliğin karışım iplikler içerisinde en düşük CV'lere sahip olduğu görülmüştür. Sustans içeren ipliklerin kendi aralarında yapılan ikili kıyaslamalarda anlamlı fark bulunamamıştır. Sonuç olarak, sadece %30 ve %50 Sustans içeren ipliklerle pamuk iplik arasında anlamlı fark görülse de Sustans içeren ipliklerin tamamında pamuk ipliğine göre mukavemetin bir miktar düştüğü, Sustans oranı arttıkça mukavemetin zayıf bir düşüş eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumun karışım iplik yapısından kaynaklandığı, Sustans liflerinin iplik yapısına yeterince katılım sağlayamadığı düşünülmektedir. Çünkü Sustans ve pamuk liflerinin mukavemetleri sırasıyla 31,8 ve 30,87 cN/tex değerlerinde olup birbirine oldukça yakındır. Ayrıca ipliklerin mikroskop görüntüleri (Şekil 4.2) incelendiğinde, iplik yüzeylerinde kendi üzerine kıvrılmış ve boncuklar oluşturmuş Sustans lifleri görülmüştür. Bu kıvrılmalar en fazla %60 Sustans içeren iplikte görülmüştür. Sustans içeren ipliklerin kendi aralarında görülen orana bağlı mukavemet farkları da bu durumdan etkilenmiştir, ancak pamuk iplik ile aralarındaki farklara kıyasla kendi aralarındaki farklar daha küçüktür.



Şekil 4.2. İplik yüzey liflerinde kendi üzerine kıvrılma ve boncuk görüntüsü

Şekil 4.3'te görülen kopma uzaması ortalama değerlerine göre Sustans kullanımıyla birlikte uzama değerleri artış göstermiştir. Pearson testi sonucuna göre, karışımdaki Sustans oranı ile uzama arasında istatistiki olarak anlamlı ve yüksek seviyede pozitif doğrusal ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).



Şekil 4.3. İpliklerde kopma uzaması değişim grafiği

Uzama değerlerine uygulanan Tukey testi sonuçlarına (Çizelge 4.5) göre, %30 Sustans içeren iplik dışındaki ipliklerin, %100 pamuk iplik ile aralarında anlamlı farklar olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). İstatistiki analiz sonucundan alınan veriler %30 Sustans iplik istisnası dışında grafik analizini doğrular niteliktedir. Yani Sustans kullanımının genel olarak uzama değerlerini arttırdığı söylenebilir. Tüm iplikler kendi aralarındaki anlamlı fark durumuna göre incelendiğinde, %50, %60 ve %70 Sustans içeren ipliklerin bir grup olduğu, %30 ve %40 Sustans içeren ipliklerin ayrı bir grup olduğu, %100 Pamuk ipliğinin ise bu grupların hepsinden ayrıştığı görülmüştür. Sonuç olarak Sustans oranı arttıkça kopma uzamasının da arttığı açıktır. Bu durum beklenmektedir, çünkü Sustans liflerinin uzama değeri % 35,73 ile pamuk liflerinin % 7,27 olan uzama değerinden yaklaşık 5 kat daha

fazladır. Ayrıca Sustans liflerinin yüksek uzama ve elastikiyet kabiliyetine sahip olduğu da bilinmektedir.

Kopma mukavemeti ve uzaması açısından genel bir değerlendirme yapıldığında; uzamada Sustans oranıyla paralel artış görüldüğü, mukavemette ise uzama artışına kıyasla daha küçük bir düşüş olduğu, söylenebilir. Sustans içeren ipliklerin mukavemetlerindeki azalma ve uzamalarındaki artış, %100 pamuk ipliğe görece kıyaslandığında tüm ipliklerde uzamadaki artışın, mukavemetteki düşüşe göre daha fazla olduğu görülmüştür.

4.1.2. İplik Düzensizliği ve Hataları

Rotor iplik kalitesi açısından genel olarak -%50 ince, +%50 kalın yer ve +%280 neps sayıları dikkate alınırken, çalışma kapsamında %40, %50, %60 ve %70 Sustans içeren ipliklerdeki 4'er bobine ait testlerin sadece birer tanesinde -%50 ince yere rastlandığı için -%40 ince yer sayıları değerlendirmeye alınmıştır. Bazı karışım oranlarında hiç +%50 kalın yer ve +%280 neps görülmezken bazılarında bir ya da iki iplikte görülmüştür, ancak bu iki iplik hata türü %40 Sustans iplik ve %100 pamuk ipliğinde yeterli sayıda görüldüğü için değerlendirmeye alınmıştır. Düzensizlik değerleri ve hata sayıları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelgede görülen ortalama değerler her bir karışım oranında üretilmiş olan toplam 4'er bobinin test sonuçlarının ortalamasını yansıtmaktadır.

Çizelge 4.6. İpliklerde düzensizlik değerleri ve hata sayıları

Elyaf Karışım Oranı	Düzensizlik (% U)		İnce Yer (-%40)		Kalın Yer (+%50)		Neps (+%280)	
	Ort.	% CV	Ort.	% CV	Ort.	% CV	Ort.	% CV
%100 CO	10,23	0,60	83,13	15,01	25,63	21,63	2,5	141,42
%70 CO - %30 SU	10,02	1,28	52	23,07	1,25	200	1,88	127,66
%60 CO - %40 SU	9,70	0,86	37,5	45,87	1,88	66,67	6,25	69,28
%50 CO - %50 SU	9,42	1,56	34,38	24,03	0	0	0	0
%40 CO - %60 SU	9,58	1,07	59	17,34	0	0	0	0
%30 CO - %70 SU	9,33	6,46	47,50	37,22	0,63	200	0	0

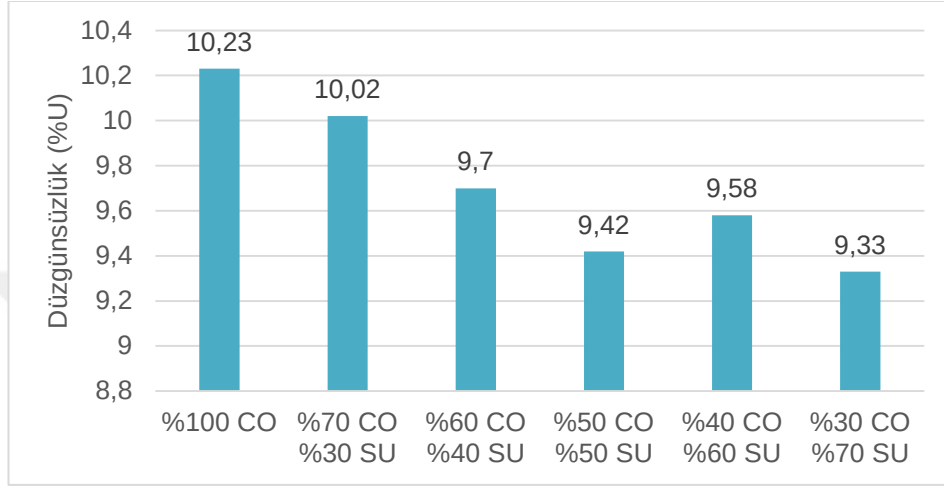
Çizelge 4.1’de verilen Kolmogorov-Smirnov testi sonuçlarına göre, düzgünsüzlük ve -%40 ince yer veri setleri normal dağılım gösterirken ($p>0,05$), +%50 kalın yer ve +%280 neps verileri normal dağılıma uymamıştır ($p<0,05$). Düzgünsüzlük ve -%40 ince yer sayısı verilerine uygulanan varyans analizi (ANOVA) sonuçları (Çizelge 4.3) incelendiğinde, karışım oranının her iki veri seti üzerinde de istatistiki olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Levene testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.1) -%40 ince yer veri seti homojen dağılım gösterirken düzgünsüzlük veri seti heterojen dağılmıştır. Bu veri setlerine uygulanan Tukey ve Tamhane test sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. -%40 ince yer ve düzgünsüzlük için Tukey ve Tamhane test sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan İplikler	Tukey testi (-%40)		Tamhane testi (%U)	
	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	31,25	0,040	0,200	0,484
%100 CO - %40 SU	45,62	0,002	0,523	0,001
%100 CO - %50 SU	48,75	0,001	0,803	0,008
%100 CO - %60 SU	24,12	0,163	0,645	0,002
%100 CO - %70 SU	35,62	0,015	0,893	0,597
%30 SU - %40 SU	14,38	0,660	0,323	0,107
%30 SU - %50 SU	17,50	0,464	0,603	0,013
%30 SU - %60 SU	-7,120	0,972	0,445	0,027
%30 SU - %70 SU	4,380	0,997	0,693	0,804
%40 SU - %50 SU	3,120	0,999	0,280	0,291
%40 SU - %60 SU	-21,50	0,257	0,122	0,843
%40 SU - %70 SU	-10,00	0,893	0,370	0,996
%50 SU - %60 SU	-24,62	0,149	-0,158	0,886
%50 SU - %70 SU	-13,12	0,736	0,090	1,000
%60 SU - %70 SU	11,50	0,825	0,248	1,000

Şekil 4.4’te görüldüğü üzere Sustans oranı arttıkça düzgünsüzlük ortalama değerleri %60 Sustans içeren ipliğe kadar düşmektedir. %60-%70 seviyelerindeki verilerden düzgünsüzlükteki düşüş eğiliminin azaldığı söylenebilir. Pearson testi sonucuna göre (Çizelge 4.2), karışımındaki Sustans oranı ile düzgünsüzlük arasında

istatistiki olarak anlamlı ve yüksek seviyede negatif doğrusal ilişki tespit edilmiştir. Bununla birlikte anlamlılık seviyesi mukavemet ve uzamaya göre daha düşüktür.

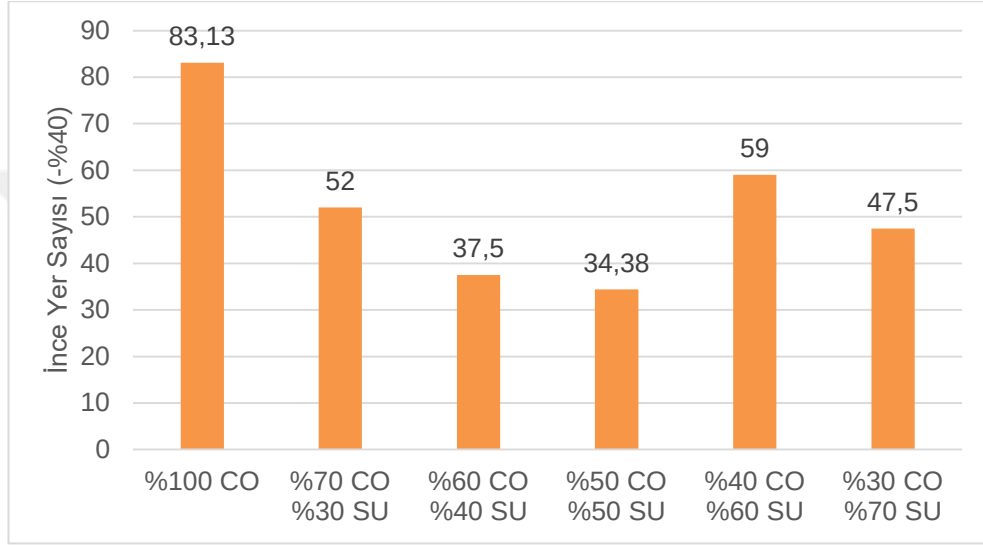


Şekil 4.4. Düzensizlik (%U) değişim grafiği

Düzensizlik verilerine uygulanan Tamhane test sonuçları incelendiğinde, pamuk ipliği ile %30 ve %70 Sustans içeren iplikler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilememişken, diğer ipliklerle arasında anlamlı fark belirlenmiştir. Ayrıca %70 Sustans iplik ile diğer tüm iplikler arasında anlamlı fark görülememiştir. %30 Sustans içeren iplik değeri pamuk ipliğe en yakın olduğu için bu durum normal görülebilir. %70 Sustans iplik için ölçümlerin varyasyonu incelendiğinde, diğer tüm ipliklere göre çok daha büyük bir varyasyon görülmüş ve bunun mevcut durumda etkili olabileceği düşünülmüştür. Sonuç olarak Sustans kullanımının iplik düzensizlik değerlerini genel olarak iyileştirdiği, bu iyileşmenin %60 oranına kadar devam ettiği ve %60-%70 oranlarında sınırlanma eğiliminde olduğu değerlendirilmiştir.

Şekil 4.5'te verilen -%40 ince yer değerleri, düzensizlikte olduğu gibi Sustans oranı arttıkça %60 Sustans içeren ipliğe kadar düşmüş %60 Sustans iplikte yeniden yükselmiştir. Ancak burada %60 Sustans iplikte olan artış çok daha fazladır. %70 Sustans iplikte ise yeniden düşmüştür. Pearson testi sonucuna göre

(Çizelge 4.2), karışımdaki Sustans oranı ile -%40 ince yer sayıları arasında istatistiki olarak anlamlı ve orta seviyede negatif doğrusal ilişki tespit edilmiştir. Ancak anlamlılık seviyesi, Sustans oranı ile arasında ilişki tespit edilen iplik özellikleri içinde en düşük olandır.



Şekil 4.5. -%40 ince yer sayısı değişim grafiği

Tukey test sonuçlarına göre pamuk iplik sadece % 60 Sustans iplik ile istatistiksel olarak anlamlı fark sergilememiştir. Ortalama ve %CV değeri pamuk ipliğe en yakın olan karışım iplik, %60 Sustans iplik, bu durumun aralarında istatistiki anlamlı fark olamamasında ekili olduğu düşünülmüştür. Düzensizlik ve iplik hataları açısından genel olarak %60 Sustans oranı olumlu seyrin tersine döndüğü oran olmuştur ama -%40 ince yer sayısında bu durum daha belirgindir. Sustans içeren ipliklerin kendi aralarındaki farklar, grup olarak pamukla gösterdikleri farklara göre daha küçüktür ve istatistiki olarak anlamlı değildir. Sonuç olarak Sustans kullanımı, tüm karışım ipliklerin -%40 ince yer sayılarında pamuk ipliğe göre ciddi bir iyileşme sağlarken, Sustans ipliklerin kendi aralarında düzenli bir değişime neden olmamıştır.

Normal dağılım göstermeyen +%50 kalın yer ve +%280 neps veri setlerine uygulanan Kruskal Wallis test sonuçlarına (Çizelge 4.8.) göre her iki veri setinde de anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0,05$). Normal dağılım göstermedikleri için bu verilere Spearman korelasyon testi uygulanmıştır (Çizelge 4.2). Bazı karışım oranlarında bu iplik hataları görülme de korelasyon testinde karışım oranıyla; +%50 kalın yer sayıları arasında orta seviyede, +%280 neps sayıları arasında ise zayıf seviyede, istatistiki olarak anlamlı ve negatif yönlü ilişkiler tespit edilmiştir.

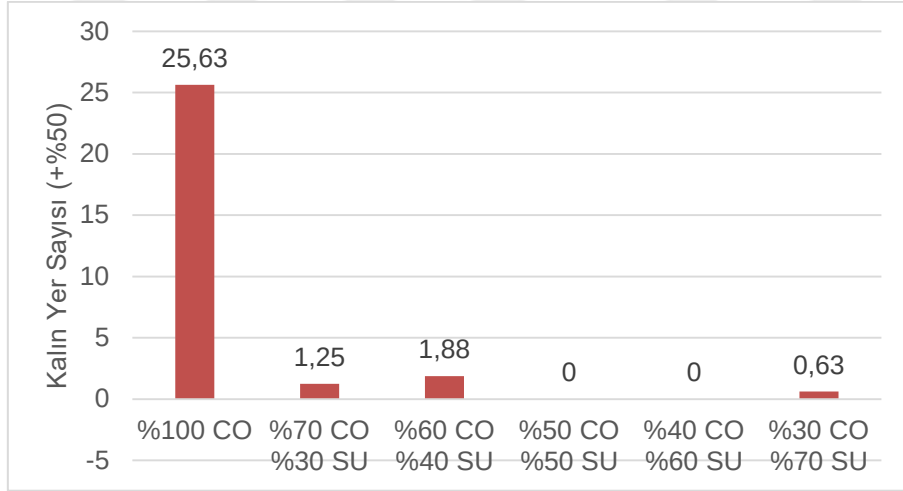
Çizelge 4.8. Kalın yer ve neps sayıları için Kruskal Wallis test sonuçları

Elyaf Karışım Oranı	Kalın Yer (+%50)		Neps (+%280)	
	Rank Ortalamaları	Anlamlılık Değeri (p)	Rank Ortalamaları	Anlamlılık Değeri (p)
%100 CO	22,5	0,006	14,5	0,013
%70 CO - %30 SU	16,75		14	
%60 CO - %40 SU	13		21	
%50 CO - %50 SU	10,13		8,5	
%40 CO - %60 SU	5,88		8,5	
%30 CO - %70 SU	6,75		8,5	

Mann Whitney testine göre (Çizelge 4.9) +%50 kalın yer sayıları arasındaki farklar incelendiğinde pamuk iplik ile diğer iplikler arasında istatistikî olarak anlamlı farklar tespit edilmiş ($p<0,05$). Pamuk ipliğin diğerlerinden net olarak ayrıştığı görülmektedir. Şekil 4.6'da verilen +%50 kalın yer sayıları grafiği de bu durumu doğrulanmaktadır. Ayrıca %40 Sustans iplik ile %50 ve %60 Sustans içeren iplikler arasında da anlamlı fark bulunmuştur. Ancak bu farkların büyük olmadığı grafikten görülmektedir, ayrıca anlamlılık değerlerinin 0,05'e yakın olması da grafik ile paralellik göstermektedir. Sonuç olarak karışım oranı Sustans ipliklerin arasında düzenli bir etki göstermezken, Sustans kullanımı +%50 kalın yer açısından tüm karışım ipliklerde pamuk ipliğe göre net olarak iyileşme sağlamıştır.

Çizelge 4.9. Kalın yer ve neps sayıları için Mann Whitney test sonuçları

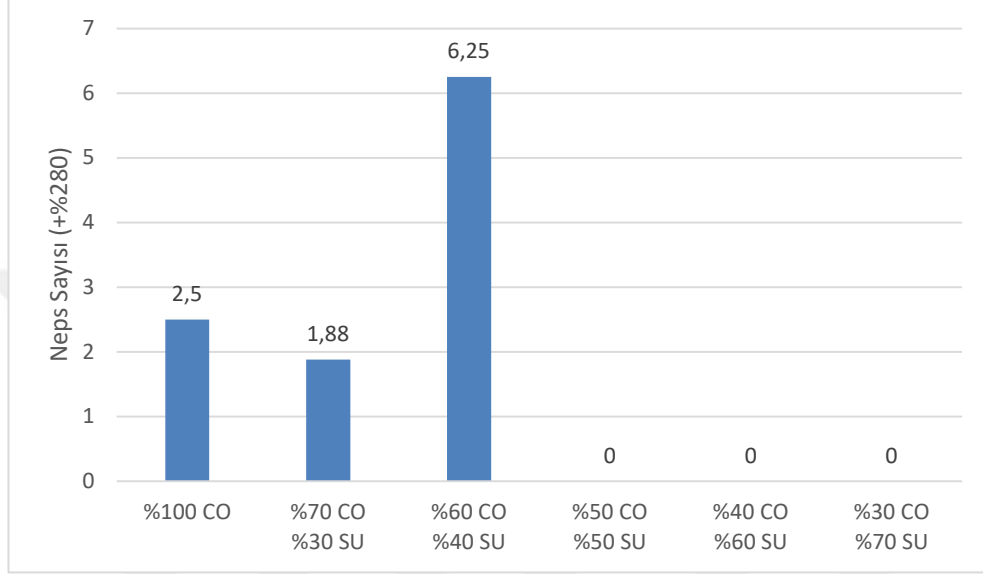
İkili Kıyaslama Yapılan İplikler	+%50 Kalın Yer Anlamlılık Değeri	+%280 Neps Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	0,018	0,877
%100 CO - %40 SU	0,018	0,186
%100 CO - %50 SU	0,014	0,131
%100 CO - %60 SU	0,014	0,131
%100 CO - %70 SU	0,018	0,131
%30 SU - %40 SU	0,429	0,099
%30 SU - %50 SU	0,317	0,131
%30 SU - %60 SU	0,317	0,131
%30 SU - %70 SU	0,850	0,131
%40 SU - %50 SU	0,040	0,013
%40 SU - %60 SU	0,040	0,013
%40 SU - %70 SU	0,186	0,013
%50 SU - %60 SU	1,000	1,000
%50 SU - %70 SU	0,317	1,000
%60 SU - %70 SU	0,317	1,000



Şekil 4.6. +%50 kalın yer sayısı değişim grafiği

+%280 neps sayısı grafiğinde (Şekil 4.7) ise düzensiz bir değişim görüntüsü oluşmuştur. Mann Whitney testi sonuçlarına göre sadece %40 Sustans iplik ile hiç neps görülmeyen %50, %60 ve %70 Sustans iplikler arasında istatistikî

olarak anlamlı fark görülmüştür. Bu farkların dışında Sustans kullanımının +%280 neps sayısı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı değerlendirilmiştir.



Şekil 4.7. +%280 neps sayısı değişim grafiği

4.1.3. İplik Tüylülüğü

İpliklerin Uster H ve Zweigle S3 tüylülük değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelgede görülen ortalama değerler her bir karışım oranında üretilmiş olan 4'er bobine uygulanan testlerin ortalamasını yansıtmaktadır.

Çizelge 4.10. İplik tüylülük değerleri

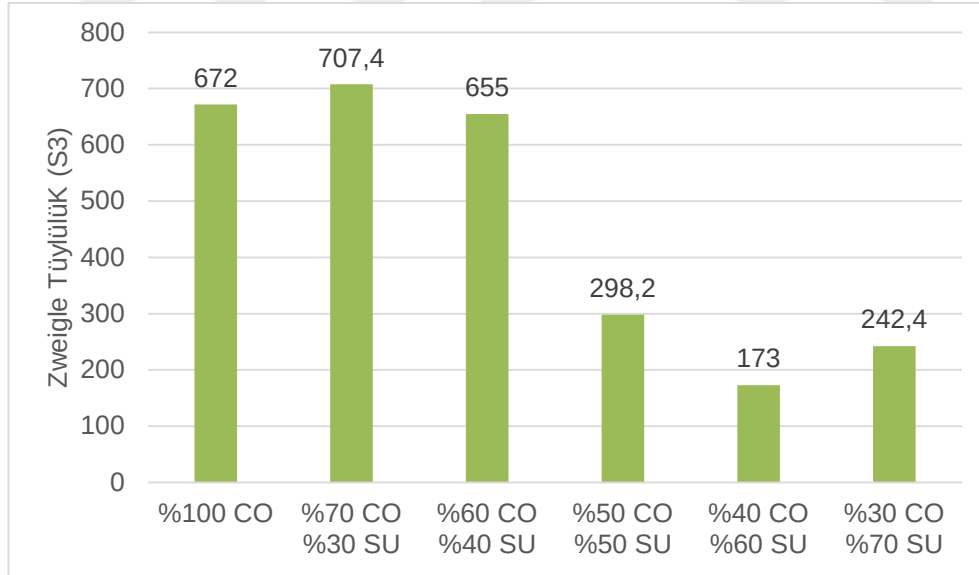
Elyaf Karışım Oranı	Uster Tüylülük (H)		Zweigle Tüylülük (S3)	
	Ortalama	% CV	Ortalama	% CV
%100 CO	7,08	2,35	672	7,23
%70 CO - %30 SU	8,42	5,28	707,4	7,88
%60 CO - %40 SU	7,71	1,32	655,00	16,03
%50 CO - %50 SU	8,07	1,08	298,20	8,51
%40 CO - %60 SU	6,93	10,74	173,00	8,53
%30 CO - %70 SU	6,18	6,81	242,40	22,29

Çizelge 4.1’de verilen Kolmogorov-Smirnov test sonuçlarına göre her iki veri grubunun da normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir ($p>0,05$). Bunun üzerine uygulanan ANOVA testine göre karışım oranı (Çizelge 4.3), Uster H ve Zweigle S3 tüylülük değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı etkiye sahiptir ($p<0,05$). Pearson korelasyon testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.2) karışım oranları ile S3 tüylülük değeri arasında istatistiki olarak anlamlı ve yüksek seviyede negatif doğrusal ilişki görülmüştür. Uster H tüylülük değerleri ile karışım oranları arasında ise anlamlı korelasyon bulunamamıştır. Levene testi sonuçlarına göre Zweigle S3 veri seti homojen dağılım gösterirken, Uster H veri seti ise heterojen dağılım göstermiştir. Bu veri setlerine uygulanan Tukey ve Tamhane test sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Şekil 4.8’de görülen S3 tüylülük değerleri grafiği ve Tukey testi sonuçları birbiri ile net olarak örtüşmektedir. Bu sonuçlara göre S3 tüylülük değerleri açısından %30 ve %40 Sustans kullanımının % 100 pamuk ipliğe göre istatistiki olarak anlamlı bir farkı olmamaktadır, aynı zamanda %30 ve %40 Sustans kullanımı arasında da bir fark olmadığı açıkça görülmektedir. Ancak %50 ve üzeri oranlarda Sustans içeren iplikler, S3 tüylülük açısından diğer ipliklerle net olarak ayrılmıştır. Kendi aralarında ise anlamlı fark göstermemişlerdir. Sonuç olarak %50 ve üzeri oranlarda Sustans kullanımı S3 tüylülük değerleri üzerinde önemli katkı sağlamıştır.

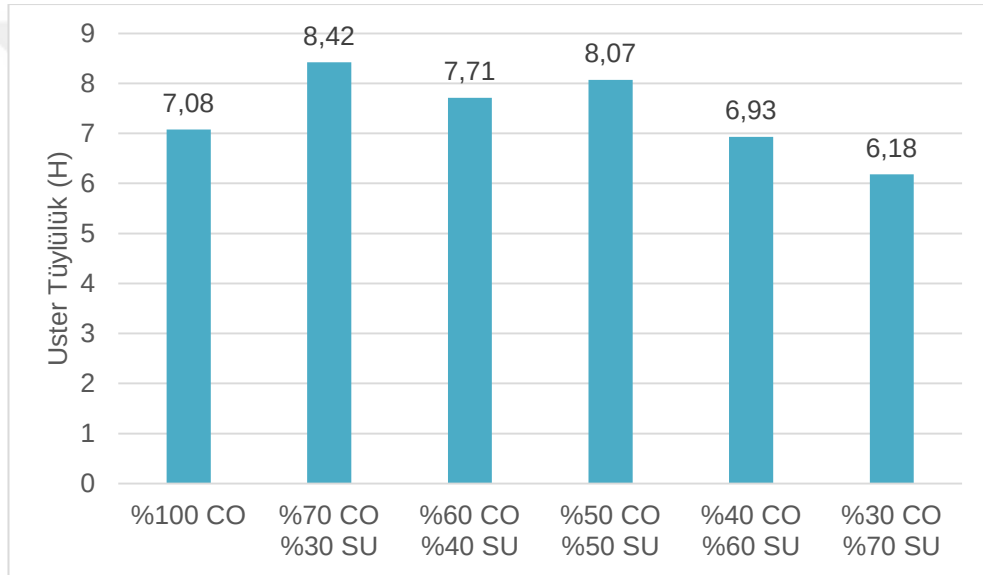
Çizelge 4.11. S3 ve H tüylülük değerleri için Tukey ve Tamhane test sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan İplikler	Tukey testi (S3)		Tamhane testi (H)	
	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	-31,75	0,973	-1,340	0,080
%100 CO - %40 SU	31,00	0,975	-0,630	0,020
%100 CO - %50 SU	418,5	0	-0,988	0,003
%100 CO - %60 SU	536,5	0	0,143	1,000
%100 CO - %70 SU	432,2	0	0,898	0,230
%30 SU - %40 SU	62,75	0,680	0,710	0,508
%30 SU - %50 SU	450,2	0	0,352	0,971
%30 SU - %60 SU	568,2	0	1,483	0,256
%30 SU - %70 SU	464,0	0	2,238	0,005
%40 SU - %50 SU	387,5	0	-0,358	0,028
%40 SU - %60 SU	505,5	0	0,773	0,874
%40 SU - %70 SU	401,2	0	1,528	0,059
%50 SU - %60 SU	118,0	0,106	1,130	0,573
%50 SU - %70 SU	13,75	0,999	1,885	0,033
%60 SU - %70 SU	-104,2	0,188	0,755	0,898



Şekil 4.8. Zweigle S3 tüylülük değerleri değişim grafiği

Uster H tüylülük sonuçları S3 tüylülüğüne göre farklı bir davranış sergilemektedir. Uster H tüylülük grafiğinde (Şekil 4.9) görülen nispeten yataya yakın eğilim çizgisi, Pearson testinin ortaya koyduğu istatistiki olarak anlamsız ve zayıf seviyedeki doğrusal korelasyonu doğrular niteliktedir. Bunun yanında, Tamhane testi sonuçlarına göre bazı iplikler arasında anlamlı farklar görülmekle birlikte bu farklar herhangi bir düzenli değişime ya da gruplaşmaya işaret etmemektedir.

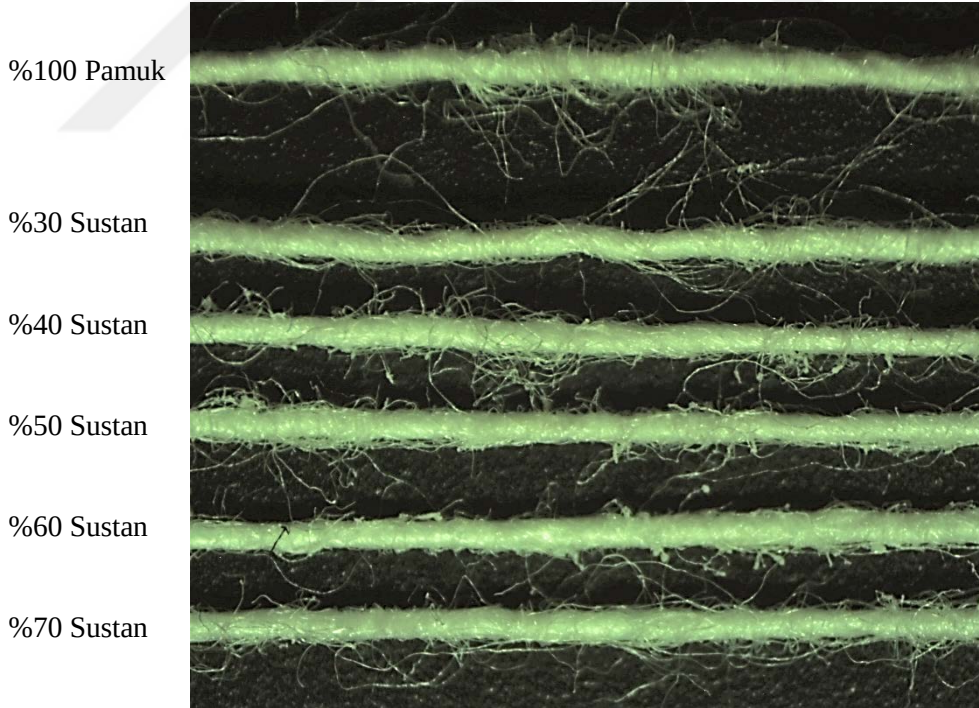


Şekil 4.9. Uster H tüylülük değerleri değişim grafiği

Tüylülük açısından yapılacak genel bir değerlendirme de şu hususlara dikkat çekilebilir. S3 tüylülük değeri 3 mm ve daha uzun tüyleri içerirken H tüylülük değeri ise tüm tüylerin toplam uzunluğunun bir ifadesidir. Bu durumda ipliklerin içerdiği 3mm'den kısa olan ve olmayan liflerin miktarları H ve S3 tüylülük değerlerinin benzer ya da farklı davranış sergilemesinde oldukça etkilidir. Alay ve Göktepe (2008) de farklı tüylülük ölçüm sistemleri arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında, korelasyon seviyeleri açısından ipliklerde bulunan kısa ve uzun tüy sayılarının etkili olduğuna değinmişlerdir. Yapılan çalışmada da

benzer bir durum mevcuttur, %50 ve üzeri oranlarda Sustans içeren ipliklerin H tüylülük değerleri diğer ipliklerden grup olarak net bir farklılık göstermezken, S3 tüylülük değerleri olumlu alanda net olarak ayrılmaktadır. İpliklerde genel anlamda istenmeyen tüylerin 3 mm ve daha uzun liflerden oluştuğu (Örtlek ve Babaarslan, 2003) düşünülürse, %50 ve üzeri oranlarda Sustans içeren iplikler, diğer ipliklere kıyasla daha avantajlı durumdadır.

Tüylülüklerle ilgili olarak eklenecek bir diğer husus da ipliklerin mikroskop görüntülerinin tüylülük açısından Zweigle S3 değerleri ile daha uyumlu olduğudur. Şekil 4.10'da verilen görüntüler dikkatlice incelendiğinde bu durum görülebilmektedir. Ayrıca daha önce bahsedilen, liflerin kendi üzerine kıvrılması en fazla %60 Sustans oranında görülmüştür ve bu durumun, en düşük tüylülüğün bu oranda görülmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.10. İplik tüylülük görüntüleri

İplik özellikleri açısından genel bir değerlendirme yaptığımızda Sustans kullanımının pamuk ipliğine göre mukavemet dışındaki iplik özelliklerini değişen miktarlarda iyileştirdiği söylenebilir. Bu iyileşme uzama ve düzgünsüzlük özelliklerinde Sustans oranındaki artışa paralel olarak az ya da çok artmıştır. -%40 ince yer, +%50 kalın yer sayılarında Sustans iplikler pamuk iplikten ayrılarak grup halinde iyileşme göstermiştir. S3 tüylülük değerinde %50 ve üzerindeki oranlarda Sustans içeren iplikler diğerleri ile net olarak ayrılmıştır. +%280 neps sayıları ve H tüylülük değeri için ise düzenli bir değişimden bahsetmek mümkün değildir. Mukavemetteki azalma ise %50 Sustans oranına kadar karışım oranı ile paralel seyretmiştir ancak Sustans iplikler kendi içlerinde anlamlı fark göstermemiştir.

İncelenen tüm özellikler açısından önemli bir sonuç, %50 Sustans oranının eğilimin değiştiği oran olmasıdır. Sonuçların hangi yönde ilerlediğinden bağımsız olarak, %50 oranından sonra eğilim, ya tersine dönmüş ya da yatay bir hal almıştır. İplik üretimi sırasında %60 ve %70 Sustans oranlarında rotor içinde sorunlar olmuş ve pratik bir üretim yapma hususunda zorluklar yaşanmıştır. Hatta rotor içerisinde lif sıvanmaları oluşmuştur (Şekil 4.11). Aynı zorluklar %50 ve daha düşük Sustans oranlarında görülmemiştir. Üretimde yaşanan bu zorlukların, %50 Sustans oranından sonra oluşan eğilim değişimlerinde etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.11. Rotor içi lif sıvanması görüntüsü

4.2. Kumaş Test Sonuçları

Kumaşlara sıklık, gramaj, mamul en, kopma mukavemeti ve uzaması, dairesel sertlik, yırtılma mukavemeti, yıkama sonrası boyut değişimi, boncuklanma, aşınma dayanımı, elastikiyet ve kalıcı uzama testleri uygulanmıştır. İstatistik analizler ipliklerdeki gibi uygulanmış olup, analizlerin ilk aşaması olan Kolmogorov-Smirnov ve Levene test sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Kumaşlar için Kolmogorov-Smirnov ve Levene testi sonuçları

	Ortalama	Standart Sapma	Anlamlılık Değeri (p)	
			Kolmogorov Smirnov Testi	Levene Testi
Sıklık-Atkı (adet/cm)	19,840	0,110	0,000	*
Sıklık-Çözü (adet/cm)	29,389	0,305	0,038	*
Gramaj (g/m ²)	426,057	3,699	0,950	0,254
Mamul En (cm)	158,897	1,631	0,085	0,488
Dairesel Sertlik (g)	3867,433	431,616	0,971	0,173
Kopma Mukavemeti.-Atkı (N)	875,987	38,045	0,843	0,129
Kopma Mukavemeti.-Çözü (N)	1341,747	44,354	0,676	0,062
Kopma Uzaması-Atkı (N)	17,614	2,947	0,906	0,510
Kopma Uzaması-Çözü (N)	31,240	0,759	0,779	0,054
Yırtılma Mukavemeti.-Atkı (N)	41,044	0,982	0,942	0,048
Yırtılma Mukavemeti.-Çözü (N)	29,088	3,341	0,013	*
Boyut Değişimi-Atkı-40°C (%)	2,117	0,749	0,304	0,001
Boyut Değişimi-Atkı-60°C (%)	2,628	0,629	0,491	0,058
Boyut Değişimi-Çözü-40°C (%)	3,517	0,537	0,275	0,087
Boyut Değişimi-Çözü-60°C (%)	4,128	0,435	0,217	0,001
Elastikiyet-Mamul (%)	1,689	0,351	0,060	0,004
Elastikiyet-60°C (%)	3,244	0,431	0,165	0,055
Kalıcı Uzama-Mamul (%)	**	**	**	**
Kalıcı Uzama-60°C (%)	0,489	0,171	0,001	*
Aşınma-5000 Devir (%)	1,417	0,239	0,901	0,168
Aşınma-10000 Devir (%)	1,974	0,266	0,782	0,086
Aşınma-15000 Devir (%)	2,440	0,330	0,841	0,072
Aşınma-20000 Devir (%)	3,011	0,424	0,955	0,163
Aşınma-25000 Devir (%)	3,629	0,569	0,956	0,244

* Normal dağılım göstermeyen veri setlerine Levene testi uygulanmamıştır.

** Mamul halde kalıcı uzama testinin tüm sonuçları %0,4 olduğu için istatistik analiz yapılamamıştır.

Boncuklanma dışındaki testler; tablolara, grafiksel değerlendirmelere ve istatistiksel analizlere yer verilerek incelenmiştir. Boncuklanma verileri skalaya bağlı sübjektif veriler olduğu için istatistik analiz uygulanmamıştır. Normallik analizinin ardından uygulanan korelasyon testleri Çizelge 4.13’de ve ANOVA testi sonuçları ise Çizelge 4.14’te verilmiştir. Kruskal-Wallis testi ve ikili kıyaslama testlerinin sonuçları ilgili bölümlerde verilmiştir.

Çizelge 4.13. Kumaşlar için Pearson ve Spearman korelasyon testi sonuçları

Kumaş Özelliği	Korelasyon Katsayısı	Anlamlılık Değeri (p)
Pearson Korelasyon Testi Sonuçları		
Gramaj	0,357	0,053
Mamul En	-0,797**	0,000
Dairesel Sertlik	0,215	0,314
Kopma Mukavemeti Atkı	-0,009	0,967
Kopma Mukavemeti Çözüğü	0,348	0,096
Kopma Uzaması-Atkı	0,982**	0,000
Kopma Uzaması-Çözüğü	-0,065	0,763
Yırtılma Mukavemeti-Atkı	0,085	0,695
Boyut Değ.-Atkı-40°C	-0,948**	0,011
Boyut Değ.-Atkı-60°C	-0,802**	0,186
Boyut Değişimi-Çözüğü-40°C	0,549*	0,000
Boyut Değişimi-Çözüğü-60°C	0,326	0,003
Elastikiyet-Mamul	-0,651**	0,003
Elastikiyet-60°C	-0,873**	0,000
Aşınma-5000 Devir	-0,062	0,805
Aşınma-10000 Devir	-0,202	0,421
Aşınma-15000 Devir	-0,343	0,164
Aşınma-20000 Devir	-0,436	0,070
Aşınma-25000 Devir	-0,469*	0,050
Spearman Korelasyon Testi Sonuçları		
Sıklık-Atkı	0,054	0,775
Sıklık-Çözüğü	0,323	0,081
Yırtılma Mukavemeti-Çözüğü	0,622**	0,001
Kalıcı Uzama-60°C	-0,469*	0,049

* 0,05 seviyesinde anlamlı korelasyon tespit edilmiştir.

** 0,01 seviyesinde anlamlı korelasyon tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14. Kumaşlar için ANOVA testi sonuçları

	Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Karelerin Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Değeri (p)
Gramaj	396,87	29	43,21	5,74	0,001
Mamul En	77,19	29	15,40	1885,5	0,000
Dairesel Sertlik	5402479	29	449843,71	3,42	0,018
Kopma Muk. Atkı	41975,03	29	5565,24	9,44	0,000
Kopma Muk. Çözüğü	57051,89	29	4975,54	3,71	0,012
Kopma Uzaması-Atkı	251,89	29	49,58	299,45	0,000
Kopma Uzaması-Çözüğü	16,71	29	2,38	11,85	0,000
Yırtılma Muk.-Atkı	27,98	29	0,78	0,78	0,575
Boyut Değ.-Atkı-40°C	9,53	17	1,81	43,32	0,000
Boyut Değ.-Atkı-60°C	6,72	17	1,00	6,90	0,003
Boyut Değ.-Çözüğü-40°C	4,91	17	0,70	6,05	0,005
Boyut Değ.-Çözüğü-60°C	3,22	17	0,47	6,72	0,003
Elastikiyet-Mamul	2,10	17	0,33	9,40	0,001
Elastikiyet-60°C	3,16	17	0,50	9,47	0,001
Aşınma-5000 Devir	0,97	17	0,05	0,88	0,522
Aşınma-10000 Devir	1,20	17	0,04	0,43	0,821
Aşınma-15000 Devir	1,86	17	0,06	0,42	0,827
Aşınma-20000 Devir	3,06	17	0,13	0,64	0,671
Aşınma-25000 Devir	5,51	17	0,26	0,76	0,595

4.2.1. Mamul En, Gramaj ve Sıklık

Kumaş üretim parametreleri tüm karışım oranlarında sabit tutulmuştur ancak atkı ipliklerindeki hammadde farklılığı etkisiyle sıklık, gramaj ve kumaş eninde değişim olup olmadığını belirlemek için bu ölçümler yapılmıştır. Elde edilen ortalama test sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Çizelgede görülen ortalama değerler kumaşlara uygulanan 5'er testin ortalamasını yansıtmaktadır.

Kolmogorov-Smirnov testine göre gramaj ve mamul en veri grupları normal dağılım gösterirken ($p>0,05$), sıklıklar normal dağılıma uymamaktadır ($p<0,05$). Bu nedenle korelasyon analizi olarak sıklıklara Spearman testi, gramaj ve mamul en sonuçlarına ise Pearson testi uygulanmıştır.

Çizelge 4.15. Kumaşlarda sıklık, gramaj ve mamul en değerleri

Elyaf Karışım Oranı	Atkı Sıklığı (adet/cm)		Çözü Sıklığı (adet/cm)		Gramaj (g/m ²)		Mamul En (cm)	
	Ort.	%CV	Ort.	%CV	Ort.	%CV	Ort.	%CV
%100 CO	19,80	0	28,93	0,96	421,2	0,83	162,2	0,03
%70 CO - %30 SU	19,88	0,55	29,40	0,51	427,9	0,64	159,5	0,07
%60 CO - %40 SU	19,88	0,55	29,47	0,63	429,3	0,46	157,8	0,05
%50 CO - %50 SU	19,80	0,71	29,73	0,50	424,5	0,85	157,7	0,06
%40 CO - %60 SU	19,80	0,71	29,53	0,62	425,6	0,32	157,7	0,04
%30 CO - %70 SU	19,88	0,55	29,27	0,51	427,7	0,59	158,5	0,07

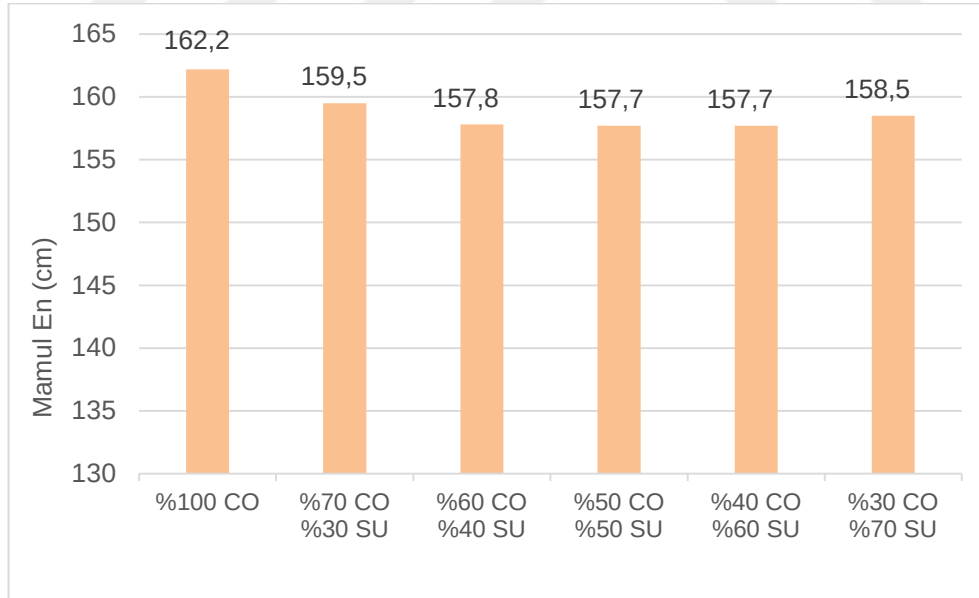
Gramaj ve mamul en veri setlerine uygulanan ANOVA testi (Çizelge 4.14) sonucunda, karışım oranının her iki veri seti üzerinde de anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Levene testi sonucunda (Çizelge 4.12) ise her iki veri setinin de homojen dağılım gösterdiği belirlenmiştir ($p>0,05$). Ardından homojen dağılan verilere uygun olan Tukey testi (Çizelge 4.16) vasıtasıyla hangi ikililer arasında anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. Mamul en ve gramaj analizleri için Tukey testi sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan Kumaşlar	Mamul En		Gramaj	
	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	2,62	0,000	-6,74	0,008
%100 CO - %40 SU	4,38	0,000	-8,12	0,001
%100 CO - %50 SU	4,50	0,000	-3,30	0,426
%100 CO - %60 SU	4,46	0,000	-4,44	0,147
%100 CO - %70 SU	3,62	0,000	-6,54	0,011
%30 SU - %40 SU	1,76	0,000	-1,38	0,966
%30 SU - %50 SU	1,88	0,000	3,44	0,381
%30 SU - %60 SU	1,84	0,000	2,30	0,769
%30 SU - %70 SU	1,00	0,000	0,20	1,000
%40 SU - %50 SU	0,12	0,321	4,82	0,096
%40 SU - %60 SU	0,08	0,727	3,68	0,311
%40 SU - %70 SU	-0,76	0,000	1,58	0,940
%50 SU - %60 SU	-0,04	0,980	-1,14	0,985
%50 SU - %70 SU	-0,88	0,000	-3,24	0,445
%60 SU - %70 SU	-0,84	0,000	-2,10	0,828

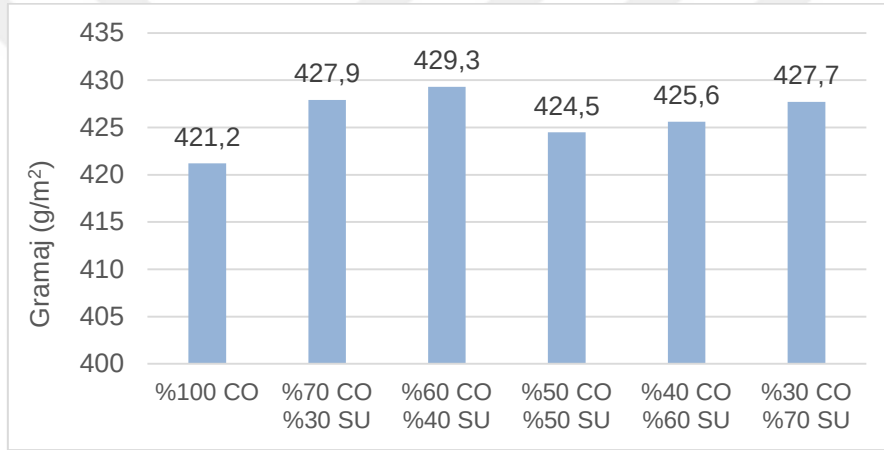
Tukey testine göre (Çizelge 4.16), mamul kumaş eni açısından sadece, %40, %50 ve %60 Sustans atkı içeren kumaşlar arasında istatistikî olarak anlamlı farklar görülmemiştir. Ayrıca karışım oranı ile mamul en verileri arasında istatistiki olarak anlamlı ve yüksek seviyede negatif doğrusal ilişki mevcuttur (Çizelge 4.13).

%100 pamuk kumaşın eni Sustans içeren tüm kumaşların enlerinden fazladır ve istatistiki olarak onlardan ayrılmıştır. %40, %50 ve %60 Sustans iplikleri içeren kumaşlar ise %30 ve %70 Sustans iplikleri içeren kumaşlardan da ayrı bir grup oluşturmuştur. Bu durum Şekil 4.12’de daha açık bir şekilde görülebilmektedir. %40, %50 ve %60 Sustans iplikleri içeren kumaşlar en düşük mamul enlere sahiptir. Grafiğe göre mamul en sonuçlarının eğilimi de diğer analiz sonuçlarının çoğundaki gibi %50 karışım oranında değişmiştir. Ayrıca bu üç kumaşın çözgü sıklıkları açısından en yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Karışım oranlarının etkisiyle atkı ipliklerinin kumaş eni yönünde oluşturduğu gerilim artışları, kumaş enlerini azaltırken, çözgü sıklıklarını ise arttırmıştır.



Şekil 4.12. Kumaş mamul enleri değişim grafiği

Gramaj verilerinin Tukey testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.16), Sustans içeren kumaşların bazıları %100 pamuk kumaş ile anlamlı fark gösterirken bazıları göstermemiştir ve aralarında net bir ayrışma olduğu söylenememektedir. Ayrıca Pearson korelasyon analizine göre aralarında istatistiki olarak anlamlı doğrusal ilişki de mevcut değildir. Sonuçlar arasında dikkat çeken bir husus da Sustans içeren kumaşların kendi aralarında anlamlı fark göstermemiş olmalarıdır. Şekil 4.13'te verilen kumaş gramajı değişim grafiği de sonuçlar arasında net bir eğilim ya da ilişkinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.13. Kumaş gramajı değişim grafiği

Kumaşlarda gramajı etkileyecek herhangi bir kaplama vb. apre malzemesi yoksa, elyaf yoğunlukları, iplik numaraları ve sıklıklar gramajı etkilemektedir. Kumaşlarda kullanılan iplikler aynı numarada üretilmiştir. Bu durumda karışım oranlarına göre çözgü sıklıklarında görülen farkların ve karışımı oluşturan liflerin yoğunluklarının gramajı etkilediği düşünülmektedir. Sustans liflerini oluşturan PTT ve PET polimerlerinin her ikisi de pamuktan daha düşük yoğunluğa sahiptir. Buna göre Sustans oranı arttıkça gramajın düşmesi beklenebilir ancak, karışım oranlarına göre çözgü sıklıklarında oluşan farklarda gramajı etkilemektedir. Sonuç

olarak bu faktörler net bir şekilde kontrol edilemediği için kumaş gramajlarında varyasyonların olduğu düşünülmektedir.

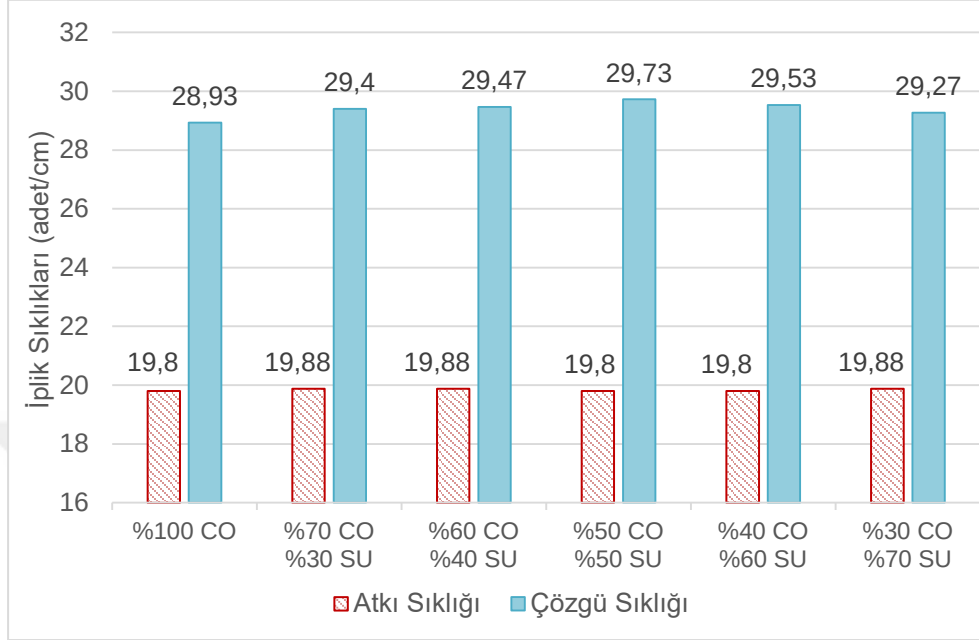
Spearman korelasyon testi, sıklıklar ile karışım oranları arasında istatistiki olarak anlamlı doğrusal ilişkiler olmadığını göstermiştir ($p>0,05$). Her ikisi de istatistiki olarak anlam içermemekle birlikte, çözgü sıklıklarındaki ilişki seviyesi, atkı sıklıklarına göre çok daha yüksektir.

Çizelge 4.17’de verilen Kruskal Wallis testi sonuçlarına göre, karışım oranı atkı sıklıkları üzerinde istatistiki olarak anlamlı değilken ($p>0,05$), çözgü sıklıkları üzerinde ise anlamlı etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.17. Sıklıklar için Kruskal Wallis test sonuçları

Elyaf Karışım Oranı	Atkı Sıklığı		Çözgü Sıklığı	
	Rank Ortalamaları	Anlamlılık Değeri (p)	Rank Ortalamaları	Anlamlılık Değeri (p)
%100 CO	12,5	0,572	4,7	0,001
%70 CO - %30 SU	18,1		14,9	
%60 CO - %40 SU	18,1		17,3	
%50 CO - %50 SU	13,1		25,6	
%40 CO - %60 SU	13,1		19,7	
%30 CO - %70 SU	18,1		10,8	

Şekil 4.14’de verilen iplik sıklıkları değişim grafiğinde, çözgü sıklıklarının belli farklar sergilediği, atkı sıklıkları arasındaki farkların ise çok küçük olduğu görülmektedir. Grafik bu haliyle Kruskal Wallis testi sonuçlarına uygun bir görüntü vermiştir. Bu durum aynı zamanda korelasyon analizleriyle de uyumludur. Sonuç olarak atkı sıklıkları arasında herhangi bir fark bulunmazken, çözgü sıklıkları ise zayıf bir korelasyona sahip olmalarına rağmen anlamlı farklar sergilemiştir. Aralarında fark tespit edilemediği için atkı sıklıklarının istatistiki analizi bu seviyede bitirilmiştir.



Şekil 4.14. İplik sıklıkları değişim grafikleri

Atkı ve çözgü sıklılarının bu durumu beklentilere uygun bir davranıştır. Çünkü tüm kumaşlarda aynı çözgü iplikleri kullanılmış, aynı ölçütlerle dokuma ve terbiye işlemleri gerçekleştirilmiştir. Terbiye işlemlerinde kumaş enine ve iplik sıklıklarına etki edebilecek tek işlem sanfordur, ancak tüm kumaşlar, sanfor da dâhil tüm terbiye işlemlerinden aynı şartlarda, tek parça halinde ve kısa bir zaman dilimi içerisinde geçirilmiştir. Bu durumda atkı sıklıklarının kumaşlar arasında farklı olmasına neden olacak bir etken yoktur. Ancak çözgü sıklıkları açısından, dokuma ve terbiye işlemlerinin bir etkisi olmasa da kumaşların atkı iplikleri farklıdır ve atkı yönünde olabilecek gerilim ya da elastikiyet farkları kumaşların en yönünde çekme miktarlarına etki etmektedir. En yönünde oluşan farklı çekmelerin, kumaş eni ve çözgü sıklıklarında farklara neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca mamul kumaş eni ve çözgü sıklıklarında ulaşılan sonuçlar birbirini doğrulamıştır. Çözgü sıklıkları arasında fark olan ikilileri gösteren Mann Whitney test sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Çözümlü sıklıkları için Mann Whitney test sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan Kumaşlar	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	0,018
%100 CO - %40 SU	0,017
%100 CO - %50 SU	0,007
%100 CO - %60 SU	0,013
%100 CO - %70 SU	0,054
%30 SU - %40 SU	0,513
%30 SU - %50 SU	0,015
%30 SU - %60 SU	0,221
%30 SU - %70 SU	0,180
%40 SU - %50 SU	0,042
%40 SU - %60 SU	0,549
%40 SU - %70 SU	0,093
%50 SU - %60 SU	0,093
%50 SU - %70 SU	0,005
%60 SU - %70 SU	0,042

Test sonuçlarına göre, %70 Sustans atkı içeren kumaş dışındaki kumaşlar, %100 pamuk kumaş ile istatistiki olarak anlamlı fark sergilemiş ve grup olarak bir ayrışma göstermiştir. %50 Sustans iplik içeren kumaş ise sadece %60 Sustans iplik içeren kumaş ile istatistiki olarak anlamlı fark göstermemiştir. Sonuçları genel olarak değerlendirdiğimizde, %50 Sustans ipliğe kadar artan ve daha yüksek Sustans oranlarında eğilimin tersine dönmesi ile iplik grafiklerine benzeyen bir durum mevcuttur. Sonuçlara göre bazı kumaşlar arasındaki sıklık farkları küçük olarak değerlendirilebilir. Ancak burada farklı çözgü sıklıklarının, karışım oranlarından kaynaklı olan gerilim farklarının mevcudiyetine işaret etmesi çalışma hedefleri açısından önem arz etmektedir. Mevcut durumun, Sustans liflerinin sahip olduğu olumlu gerilim özelliklerinin, az da olsa kumaş yapısına aktarılabildiğini gösterdiği değerlendirilmiştir.

4.2.2. Dairesel Sertlik (Stiffness)

Dairesel sertlik testleri, farklı karışım oranlarına sahip atkı ipliklerinin, kumaşların eğilmeye karşı direncine yaptığı muhtemel etkileri tespit edebilmek için uygulanmıştır. Elde edilen ortalama test sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Çizelgede görülen ortalama değerler kumaşlara uygulanan 5’er testin ortalamasını yansıtmaktadır.

Çizelge 4.19. Kumaş sertliği test sonuçları

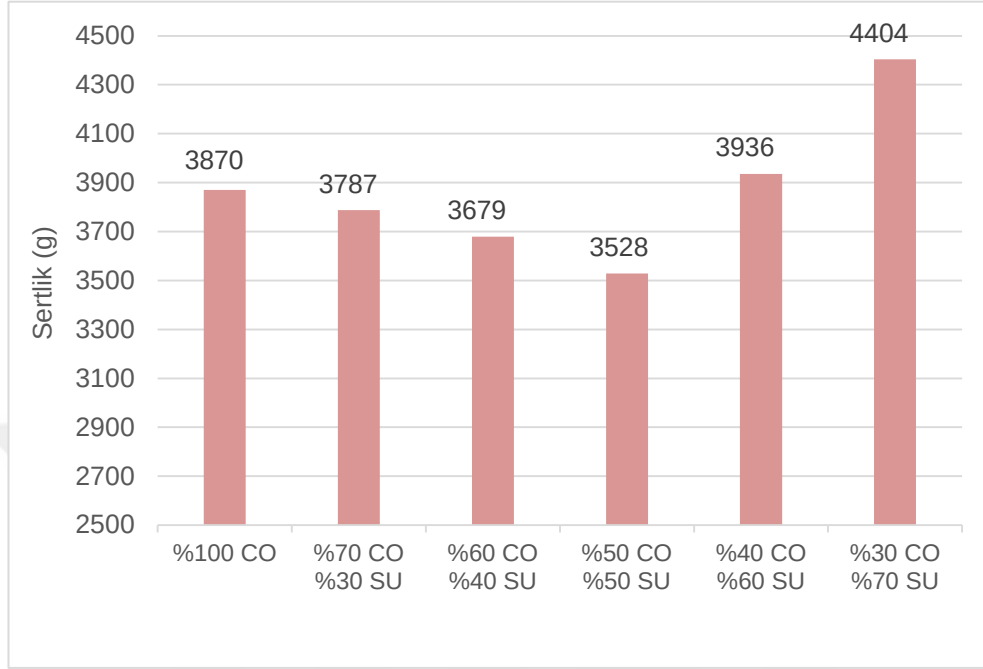
Elyaf Karışım Oranı	Sertlik (g)	
	Ortalama	% CV
%100 CO	3870	16,22
%70 CO - %30 SU	3787	10,64
%60 CO - %40 SU	3679	5,03
%50 CO - %50 SU	3528	5,02
%40 CO - %60 SU	3936	7,63
%30 CO - %70 SU	4404	6,27

Çizelge 4.12’de verilen Kolmogorov-Smirnov normallik analizine göre sertlik testi veri seti normal dağılmaktadır ($p>0,05$). Pearson korelasyon analizi, sertlik test sonuçları arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki olmadığını göstermiştir ($p>0,05$). ANOVA testi sonucuna göre, karışım oranı kumaş sertliği üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkiye sahiptir ($p<0,05$). Levene testi ile homojen dağılım gösterdiği belirlenen ($p>0,05$) sertlik verilerinde, hangi ikililer arasında anlamlı fark olduğu Tukey testi vasıtasıyla tespit edilmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Sertlik değerleri için Tukey testi sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan Kumaşlar	Sertlik	
	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	82,2	0,999
%100 CO - %40 SU	190,6	0,959
%100 CO - %50 SU	341,4	0,674
%100 CO - %60 SU	-66,6	1,000
%100 CO - %70 SU	-534,6	0,220
%30 SU - %40 SU	108,4	0,997
%30 SU - %50 SU	259,2	0,864
%30 SU - %60 SU	-148,8	0,986
%30 SU - %70 SU	-616,8	0,114
%40 SU - %50 SU	150,8	0,985
%40 SU - %60 SU	-257,2	0,867
%40 SU - %70 SU	-725,2	0,043
%50 SU - %60 SU	-408,0	0,496
%50 SU - %70 SU	-876,0	0,010
%60 SU - %70 SU	-468,0	0,350

Tukey test sonuçlarına göre sadece, atkısı %70 Sustans olan kumaş ile %40 ve %50 Sustans olan kumaşlar arasında istatistiki olarak anlamlı fark tespit edilmiştir. Diğer bazı ikililer arasında da dikkat çeken ortalama farkları mevcut olmasına rağmen bu ikililer arasında anlamlı fark olmamasında, yüksek varyasyonların etkili olduğu düşünülmüştür. Şekil 4.15'te görülen dairesel sertlik değişim grafiği, aralarında istatistiki olarak anlamlı fark ve doğrusal korelasyon olamasa da ortalama değerler olarak karışım oranlarına göre belli farklar sergilemiştir. Burada asıl dikkat çeken ise, değişim grafiğinde %50 Sustans oranının, iplik ve kumaşa uygulanmış olan diğer testlerin çoğunda olduğu gibi eğilimin tersine döndüğü karışım oranı olmasıdır. Çizelge 4.19 ve Şekil 4.15'e göre, %50 Sustans oranındaki kumaş, en düşük sertlik değeri ve en düşük varyasyon değeri ile en yumuşak kumaş olmuştur.



Şekil 4.15. Dairesel sertlik değişim grafiği

4.2.3. Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzaması

Kumaşlar farklı atkı iplikleri ile üretildikleri için, öncelikli olarak atkı yönündeki mukavemet ve uzama değerlerinde olabilecek muhtemel farklar tespit edilmek istenmiştir. Ancak, çözgü iplikleri aynı olmasına rağmen muhtemel çözgü sıklığı farkları, bu yöndeki mukavemet ve uzama değerlerini etkileyeceğinden, testler çözgü yönünde de uygulanmıştır. Elde edilen ortalama test sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çizelgede görülen ortalama değerler kumaşlara uygulanan 5’er testin ortalamasını yansıtmaktadır.

Kolmogorov-Smirnov normallik analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.12) her iki yöndeki mukavemet ve uzama değerleri de normal dağılmaktadır ($p>0,05$). Pearson korelasyon testi sonucunda, sadece atkı yönündeki uzama veri setinde karışım oranlarına göre istatistiki olarak anlamlı ($p<0,01$) doğrusal ilişki tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. Kumaşlarda kopma mukavemeti ve kopma uzaması test sonuçları

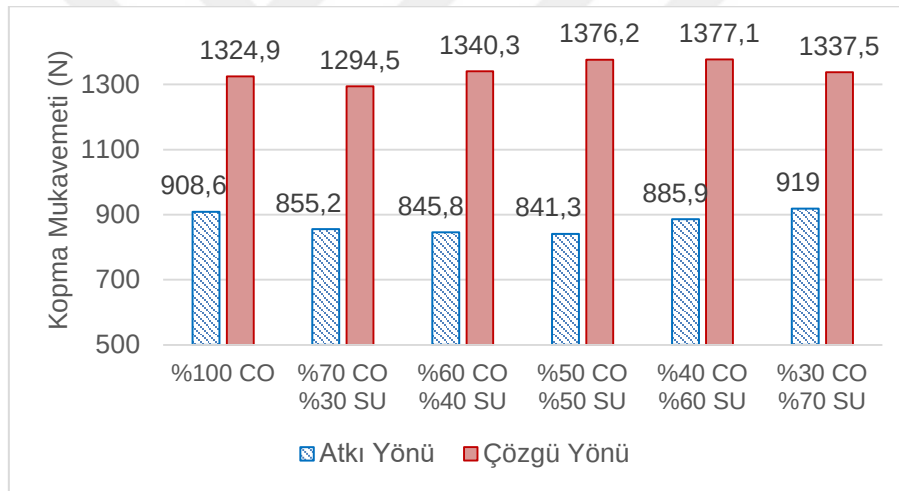
Elyaf Karışım Oranı	Kopma Mukavemeti (N)				Kopma Uzaması (%)			
	Atkı		Çözü		Atkı		Çözü	
	Ort.	%CV	Ort.	%CV	Ort.	%CV	Ort.	%CV
%100 CO	908,6	1,76	1324,9	1,51	12,86	2,54	30,98	1,28
%70 CO - %30 SU	855,2	2,79	1294,5	3,13	15,70	3,27	31,93	1,90
%60 CO - %40 SU	845,8	1,62	1340,3	1,72	17,08	1,93	31,82	0,36
%50 CO - %50 SU	841,3	1,69	1376,2	1,84	18,19	2,00	30,03	1,96
%40 CO - %60 SU	885,9	5,18	1377,1	2,61	20,33	2,50	31,22	0,96
%30 CO - %70 SU	919,0	1,60	1337,5	4,45	21,53	1,64	31,47	1,52

Verilere uygulanan ANOVA testi sonucunda (Çizelge 4.14), karışım oranının her iki yöndeki kopma mukavemeti ve uzaması üzerinde de istatistiki olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Sonrasında uygulanan Levene testi sonucunda dört veri setinin de homojen dağılım gösterdiği ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Son olarak hangi ikililer arasında anlamlı fark olduğu Tukey testi (Çizelge 4.22) vasıtasıyla tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22. Kopma mukavemeti için Tukey testi sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan Kumaşlar	Atkı Yönü		Çözü Yönü	
	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	53,43	0,021	30,37	0,776
%100 CO - %40 SU	62,83	0,005	-15,45	0,984
%100 CO - %50 SU	67,34	0,002	-51,33	0,267
%100 CO - %60 SU	22,70	0,680	-52,25	0,250
%100 CO - %70 SU	-10,41	0,983	-12,63	0,994
%30 SU - %40 SU	9,40	0,989	-45,83	0,382
%30 SU - %50 SU	13,90	0,941	-81,70	0,019
%30 SU - %60 SU	-30,73	0,371	-82,62	0,017
%30 SU - %70 SU	-63,84	0,004	-43,00	0,451
%40 SU - %50 SU	4,50	1,000	-35,87	0,638
%40 SU - %60 SU	-40,13	0,133	-36,80	0,613
%40 SU - %70 SU	-73,24	0,001	2,82	1,000
%50 SU - %60 SU	-44,63	0,074	-0,92	1,000
%50 SU - %70 SU	-77,75	0,000	38,70	0,563
%60 SU - %70 SU	-33,12	0,294	39,62	0,538

Çözü mü mukavemetlerinde sadece, en düşük değere sahip olan %30 Sustans atkı ipliği içeren kumaş ile en yüksek iki değere sahip olan %50 ve %60 Sustans atkı ipliği içeren kumaşlar arasında istatistiki olarak anlamlı fark vardır. Ortalama çözü mü mukavemet seviyeleri Şekil 4.16 ile daha net görülebilmektedir. Ortalama mukavemet değerleri arasındaki farkların, istatistiki olarak anlamlı olmadığı ve küçük farklar olduğu belirlenmiştir. Grafik görüntüsü, % 30 Sustans iplik içeren kumaş mukavemetinin %100 pamuk kumaş değerinin altına düşmesi dışında çözü mü sıklıkları grafiğiyle uyushmaktadır. Buna dayanarak, kumaşların aynı çözü mü ipliklerine sahip olmalarına rağmen ortaya çıkan küçük mukavemet farklarının, çözü mü sıklıklarıyla ilgili olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.16. Atkı ve çözü mü yönü kopma mukavemetleri değişim grafikleri

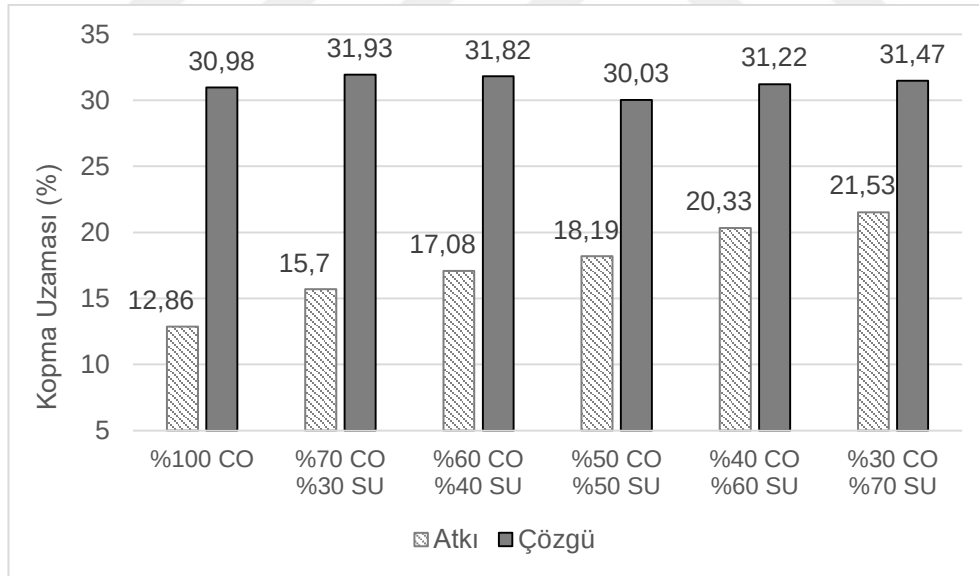
Tukey testi sonuçları (Çizelge 4.22), atkı mukavemetleri açısından incelendiğinde, %100 pamuk kumaş, %30, %40 ve %50 Sustans atkı içeren kumaşlarla istatistiki olarak anlamlı fark göstermiştir. Sustans içeren kumaşların kendi aralarında sadece %70 Sustans atkı içeren kumaş diğerleri ile farklar göstermiştir. %60 ve %70 Sustans iplik mukavemetleri en düşük değerlere sahip olmalarına ve atkı sıklıkları arasında fark olmamasına rağmen bu iki ipliğin kullanıldığı kumaşların atkı yönü mukavemet değerleri en düşük olanlar değildir.

Diğer sonuçların çoğundaki gibi atkı yönü mukavemet grafiğinde de eğilim değişimi %50 Sustans iplik içeren kumaşta olmuştur. Ayrıca %60 ve %70 Sustans iplik içeren kumaş değerleri ve eğilim yönleri açısından dairesel sertlik grafiği ile benzerlik mevcuttur. Her iki test sonucunda da %60 ve %70 Sustans iplik içeren kumaş değerlerinde artış olmasının, bu oranlardaki ipliklerin, kumaş içinde daha iyi tutunma sağlaması ve bunun sonucu olarak birlikte hareket etme kabiliyetlerinin daha yüksek olmasıyla ilgili olabileceği düşünülmektedir. Sustans içeren ipliklerle pamuk iplik arasındaki mukavemet farklarının kumaşlara aynı ölçüde yansımamış olmasından dolayı, bu durumun %60 ve %70 Sustans oranlarında net olarak görülmekle birlikte diğer kumaşlarda da mevcut olduğu düşünülmektedir.

Kumaşlar arasında çözgü yönü uzama değerleri açısından istatistiki olarak anlamlı olan ve olmayan farklar mevcuttur (Çizelge 4.23). Kopma uzaması değişim grafiği (Şekil 4.17) incelendiğinde de net bir eğilim görülememiştir. Ayrıca karışım oranı ile çözgü yönü uzama değerleri arasında istatistiki olarak anlamlı doğrusal korelasyon tespit edilememiştir. Tüm kumaşların çözgü iplikleri aynı olduğu için çözgü yönü uzama değerlerinde herhangi bir eğilim beklenmemektedir. Atkı yönü uzama değerlerinde ise tüm kumaşlar arasında istatistiki olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir. Pearson korelasyon testi sonucunda karışım oranı ile atkı yönü kopma uzaması arasında istatistiki olarak anlamlı ve çok yüksek seviyede pozitif ilişki tespit edilmiştir. Değişim grafiği de istatistiki analiz sonuçlarını desteklemiştir. Ayrıca elde edilen tüm sonuçlar iplik kopma uzaması sonuçları ile uyushmaktadır. Sonuç olarak, iplik verilerinde olduğu gibi Sustans liflerinin yüksek kopma uzaması nedeniyle, oran arttıkça kopma uzaması değerlerinin de arttığı, bu durumda beklentiler dâhilinde olduğu kanısına varılmıştır.

Çizelge 4.23. Kopma uzaması için Tukey testi sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan Kumaşlar	Atkı Yönü		Çözü Yönü	
	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	-2,84	0,000	-0,95	0,029
%100 CO - %40 SU	-4,22	0,000	-0,84	0,067
%100 CO - %50 SU	-5,33	0,000	0,95	0,029
%100 CO - %60 SU	-7,47	0,000	-0,24	0,958
%100 CO - %70 SU	-8,67	0,000	-0,49	0,531
%30 SU - %40 SU	-1,38	0,000	0,11	0,999
%30 SU - %50 SU	-2,48	0,000	1,89	0,000
%30 SU - %60 SU	-4,63	0,000	0,71	0,162
%30 SU - %70 SU	-5,83	0,000	0,46	0,596
%40 SU - %50 SU	-1,11	0,003	1,78	0,000
%40 SU - %60 SU	-3,25	0,000	0,60	0,309
%40 SU - %70 SU	-4,45	0,000	0,35	0,816
%50 SU - %60 SU	-2,14	0,000	-1,18	0,004
%50 SU - %70 SU	-3,34	0,000	-1,43	0,000
%60 SU - %70 SU	-1,20	0,001	-0,25	0,945



Şekil 4.17. Atkı ve çözgü yönü kopma uzaması değişim grafikleri

4.2.4. Yırtılma Mukavemeti

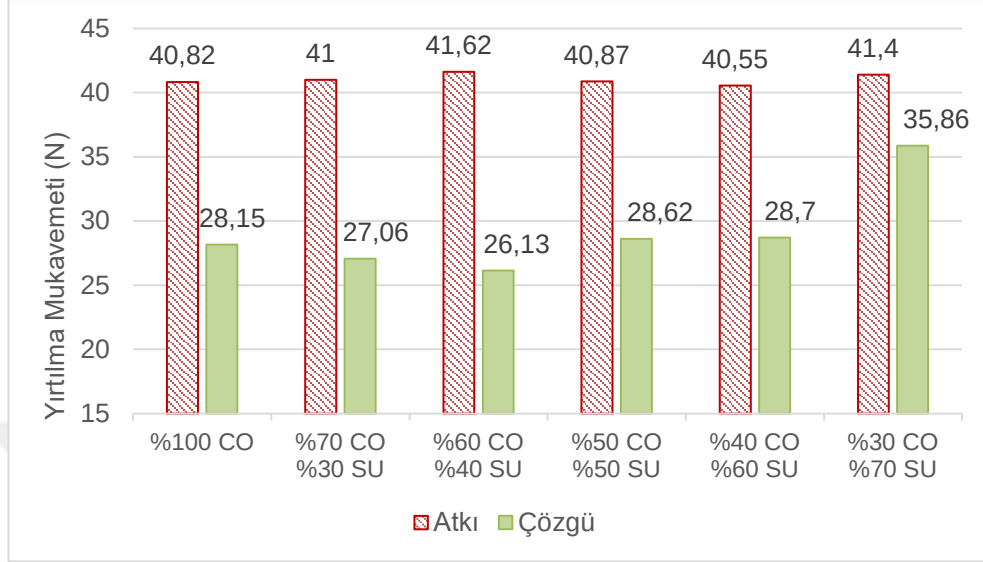
Çözü yönünde gerçekleşen yırtılma testleri ile atkı ipliklerinin yırtılma davranışları tespit edilmektedir. Bu nedenle çalışma açısından öncelikle çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerleri önemlidir. Ancak oluşabilecek atkı yönü yırtılma mukavemeti değişimlerini de tespit etmek amacıyla testler her iki yönde de uygulanmıştır. Elde edilen ortalama test sonuçları Çizelge 4.24’te verilmiştir. Çizelgede görülen ortalama değerler kumaşlara uygulanan 5’er testin ortalamasını yansıtmaktadır.

Çizelge 4.24. Kumaşlarda yırtılma mukavemeti test sonuçları

Elyaf Karışım Oranı	Atkı Yönü (N)		Çözgü Yönü (N)	
	Ort.	% CV	Ort.	% CV
%100 CO	40,82	3,54	28,15	2,37
%70 CO - %30 SU	41,00	3,36	27,06	2,60
%60 CO - %40 SU	41,62	1,48	26,13	6,27
%50 CO - %50 SU	40,87	1,65	28,62	2,31
%40 CO - %60 SU	40,55	2,48	28,70	1,54
%30 CO - %70 SU	41,40	1,02	35,86	3,72

Çizelge 4.12’de verilen Kolmogorov-Smirnov normallik analizi sonuçlarına göre atkı yönü verileri normal dağılım gösterirken ($p>0,05$), çözgü yönü verileri ise normal dağılıma uymamaktadır ($p<0,05$). Karışım oranlarına göre korelasyon analizleri sonucunda, atkı yönünde istatistiki olarak anlamlı doğrusal ilişki bulunamamış, çözgü yönünde ise istatistiki olarak anlamlı ($p<0,01$) ve orta seviyede pozitif doğrusal ilişki tespit edilmiştir.

ANOVA testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.14), karışım oranlarının atkı yönü yırtılma mukavemeti üzerinde istatistiki olarak anlamlı etkisi görülmemiştir ($p>0,05$). Yırtılma mukavemetleri değişim grafiği (Şekil 4.18) incelendiğinde ANOVA sonuçları ile uyduğu görülmüştür. Kumaşların çözgü iplikleri aynı olduğu için bu durum beklentiler dâhilindedir.



Şekil 4.18. Atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değişim grafikleri

Kruskal Wallis testi (Çizelge 4.25), karışım oranlarının çözgü yönü yırtılma değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı etkisinin olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Sonrasında uygulanan Mann Whitney Testi sonuçlarına (Çizelge 4.26) göre, %100 pamuk kumaş ile %30 ve %70 Sustans atkı ipliği içeren kumaşlar arasında istatistiki anlamlı fark görülmüştür. %70 Sustans iplik içeren kumaş ise diğer tüm kumaşlarla istatistiki anlamlı farklar sergilemiştir ve onlardan ayrıştığı açıktır. Ancak %40 Sustans atkılı kumaşın %100 pamuk ile farkı %30 Sustans atkılı kumaşın %100 pamuk kumaşa göre farkından daha fazla olmasına rağmen, %40 Sustans ve %100 pamuk kumaşlar arasında istatistiki anlamlı fark görülmemiştir. Hatta %40 Sustans atkılı kumaş sadece %70 Sustans atkılı kumaş ile anlamlı fark sergilemiştir. Bu durumun %40 Sustans oranında görülen nispeten yüksek varyasyonla ilgili olduğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.25. Çözü yönü yırtılma mukavemeti için Kruskal Wallis test sonuçları

Elyaf Karışım Oranı	Rank Ortalamaları	Anlamlılık Değeri (p)
%100 CO	14,3	0,001
%70 CO - %30 SU	7,5	
%60 CO - %40 SU	6,4	
%50 CO - %50 SU	18,4	
%40 CO - %60 SU	18,4	
%30 CO - %70 SU	28	

Çizelge 4.26. Çözü yönü yırtılma mukavemeti için Mann Whitney test sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan Kumaşlar	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	0,021
%100 CO - %40 SU	0,076
%100 CO - %50 SU	0,251
%100 CO - %60 SU	0,117
%100 CO - %70 SU	0,009
%30 SU - %40 SU	0,117
%30 SU - %50 SU	0,016
%30 SU - %60 SU	0,009
%30 SU - %70 SU	0,009
%40 SU - %50 SU	0,076
%40 SU - %60 SU	0,076
%40 SU - %70 SU	0,009
%50 SU - %60 SU	0,754
%50 SU - %70 SU	0,009
%60 SU - %70 SU	0,009

Çözü yönü yırtılma mukavemeti değişim grafiği (Şekil 4.18) incelendiğinde, %40 Sustans atkılı kumaş dışında istatistiki analizlere uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca grafiğin çözü yönü yırtılma mukavemeti değerlerinin sıralanışı açısından, atkı yönü kopma mukavemeti ve dairesel sertlik grafikleri ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Yalnız diğerlerinden farklı olarak burada eğilim değişimi %50 Sustans yerine %40 Sustans sonrasında görülmüştür. Sonuç olarak Sustans kullanımının çözü yönü yırtılma mukavemetini %50

oranına kadar olumsuz etkilediği, %50 üzerindeki oranlarda ise mukavemette olumlu etkisinin olduğu söylenebilir.

Yırtılma mukavemeti testinde iplikler sıralı olarak kopmaya zorlanırlar. Bu nedenle test sonuçları için en temel etken iplik mukavemetidir. Ancak bir iplik zorlanırken, ondan sonra kopmaya zorlanacak ipliklerde kumaş içerisinde birbirleri ile tutunabilme kabiliyetleri ölçüsünde kopmak üzere olan ipliğe destek olurlar. %60 ve %70 Sustans ipliklerin en düşük mukavemetleri sergilediği de bilinmektedir. Bu ipliklerin kullanıldığı kumaşların en yüksek çözgü yönü yırtılma değerlerine sahip olmasıyla ilgili olarak, yüksek Sustans miktarlarının, kumaş içerisinde iplikler arasındaki tutunma kabiliyetini etkilediği, bu etkinin de liflerin kıvrımlı yapılarından kaynakladığı değerlendirilmiştir.

4.2.5. Yıkama Sonrası Boyut Değişimi

Kumaşlar, günümüzde evsel yıkamalarda sıklıkla kullanılan iki farklı sıcaklıkta yıkanmış ve boyut değişimi davranışları tespit edilmiştir. Tüm boyut değişimleri çekme olarak gerçekleştiği için sonuçlarda boyut değişiminin yönünü gösterecek “+” ya da “-” işaretleri kullanılmamıştır. Test sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çizelgede görülen ortalama değerler kumaşlara uygulanan 3’er testin ortalamasını yansıtmaktadır.

Çizelge 4.27. Kumaşlarda yıkama sonrası boyut değişimi test sonuçları

Elyaf Karışım Oranı	1 x 40°C Yıkama Sonrası (%)				1 x 60°C Yıkama Sonrası (%)			
	Atkı Yönü		Çözgü Yönü		Atkı Yönü		Çözgü Yönü	
	Ort.	%CV	Ort.	%CV	Ort.	%CV	Ort.	%CV
%100 CO	3,50	0,00	3,33	8,66	3,50	0,00	3,80	4,56
%70 CO - %30 SU	2,50	0,00	2,90	5,97	3,13	12,90	4,50	0,00
%60 CO - %40 SU	1,83	15,75	3,33	8,66	2,47	18,72	3,80	4,56
%50 CO - %50 SU	1,83	15,75	3,33	8,66	2,47	18,72	3,80	4,56
%40 CO - %60 SU	1,70	0,00	4,03	7,16	1,97	23,49	4,70	0,00
%30 CO - %70 SU	1,33	21,65	4,17	13,86	2,23	11,27	4,17	13,86

Kolmogorov-Smirnov normallik analizine göre (Çizelge 4.12) tüm boyut değişimi testi verileri normal dağılım göstermiştir ($p>0,05$). Pearson korelasyon testi sonucunda karışım oranının, atkı yönü 40°C yıkama verileri ile arasında istatistiki olarak anlamlı ($p<0,01$) ve çok yüksek seviyede negatif, atkı yönü 60°C yıkama verileri ile arasında, istatistiki olarak anlamlı ($p<0,01$) ve yüksek seviyede negatif, çözgü yönü 40°C yıkama verileri ile arasında ise istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) ve orta seviyede pozitif doğrusal ilişki tespit edilmiştir. Çözgü yönü 60°C yıkama verileri ile karışım oranı arasında ise istatistiki olarak anlamlı doğrusal ilişki bulunamamıştır. ANOVA testine göre (Çizelge 4.14), karışım oranları tüm yıkama veri setlerinde üzerinde anlamlı etkiye sahiptir ($p<0,05$). Levene testi neticesinde (Çizelge 4.12), atkı yönü 60°C ve çözgü yönü 40°C yıkama veri setlerinin homojen dağıldığı ($p>0,05$), atkı yönü 40°C ve çözgü yönü 60°C yıkama sonuçlarının ise heterojen dağılım gösterdiği ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Ardından veri setleri uygun Post Hoc testler ile analiz edilmiştir (Çizelge 4.28).

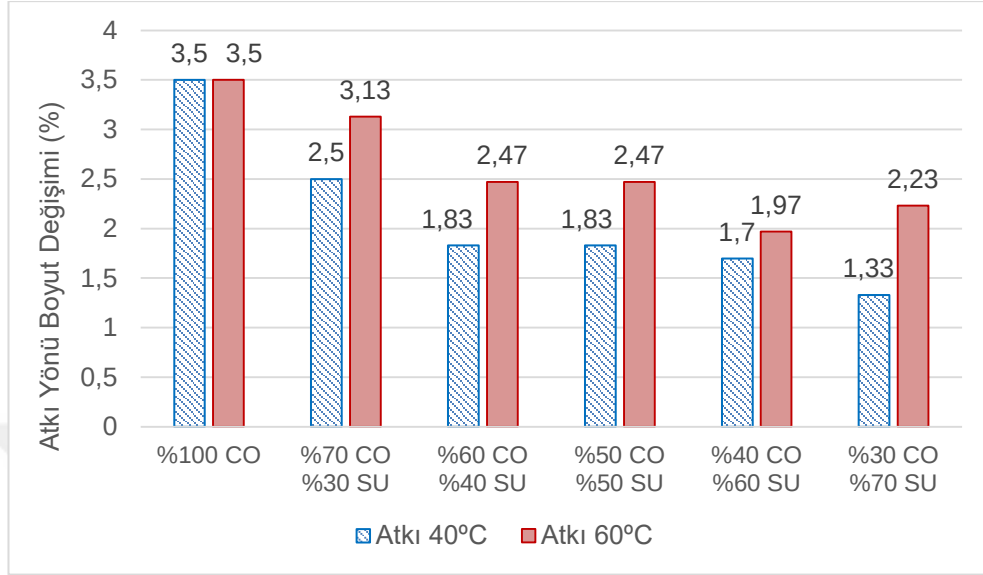
Çizelge 4.28. Atkı yönü boyut değişimleri için Tamhane ve Tukey testi sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan Kumaşlar	Tamhane testi (40°C)		Tukey testi (60°C)	
	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	1,00	0,000	0,37	0,837
%100 CO - %40 SU	1,66	0,138	1,03	0,052
%100 CO - %50 SU	1,66	0,138	1,03	0,052
%100 CO - %60 SU	1,80	0,000	1,53	0,004
%100 CO - %70 SU	2,16	0,084	1,27	0,015
%30 SU - %40 SU	0,67	0,587	0,67	0,327
%30 SU - %50 SU	0,67	0,587	0,67	0,327
%30 SU - %60 SU	0,80	0,000	1,17	0,025
%30 SU - %70 SU	1,17	0,259	0,90	0,106
%40 SU - %50 SU	0,00	1,000	0,00	1,000
%40 SU - %60 SU	0,14	1,000	0,50	0,607
%40 SU - %70 SU	0,50	0,798	0,23	0,971
%50 SU - %60 SU	0,14	1,000	0,50	0,607
%50 SU - %70 SU	0,50	0,798	0,23	0,971
%60 SU - %70 SU	0,36	0,928	-0,27	0,949

Atkı yönü 40°C verilerinin Tamhane testi sonuçları incelendiğinde; %100 pamuk kumaş ile ona en yakın boyut değişimi ortalama sonucuna sahip %30 Sustans atkı içeren kumaş arasında istatistiki anlamlı fark bulunmuştur. Oysa daha düşük ortalama sonuçlara sahip %40 ve %50 ve %70 Sustans atkı içeren kumaşlarla %100 pamuk kumaş arasında istatistiki anlamlı fark bulunamamıştır. Ayrıca, %40, %50 ve %60 Sustans atkı içeren kumaşlar birbirine en yakın ortalama değerlere sahip olmalarına rağmen, içlerinden sadece %60 Sustans atkı içeren kumaş ile pamuk kumaş arasında fark tespit edilmiştir. Veri gruplarının varyasyonları incelendiğinde fark tespit edilen kumaşların sıfır varyasyona sahip olduğu görülmüştür. Boyut değişimi testleri, standart metot gereği olarak her kumaştan 3'er adet test ile uygulanmıştır ve sıfır varyasyona sahip 3 kumaşta tüm testler aynı sonucu vermiştir. Bu durum ortalamaları diğer kumaşlara göre daha yakın olsa da aralarında anlamlı fark bulunmasına neden olmuştur.

60°C yıkama verileri incelendiğinde, 40°C yıkama sonuçlarına göre atkı yönü çekmelerin arttığı görülmüştür. Atkı yönü 60°C yıkamalar için Tukey testine göre, %100 pamuk kumaş ile %60 ve %70 Sustans atkı içeren kumaşlar arasında, bir de %30 ile %60 Sustans atkı içeren kumaşlar arasında istatistiki olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. Atkı yönü 60°C yıkama verilerinde %100 pamuk kumaşta sıfır varyasyon görülmüştür, diğer veri setleri ise yüksek varyasyonlar göstermiştir.

Atkı yönü yıkamalarda, karşılaştırılan ikililer arasında bulunan istatistiki anlamlı farklar net bir eğilime işaret etmemektedir. Ancak Şekil 4.19'da verilen boyut değişimleri grafiği incelendiğinde, her iki sıcaklıkta da genel eğilim olarak, Sustans oranı arttıkça azalan boyut değişimleri görülmüştür. Korelasyon analizi sonuçları da grafikteki eğilimi desteklemektedir. Tüm veriler ışığında, istatistiki analiz verilerinin üçer adet test sonucuna dayalı olması ve varyasyonların analiz sonuçlarında oldukça etkili olması nedeniyle, ortalama değerler de göz önünde bulundurularak, Sustans oranı arttıkça atkı yönü boyut değişimlerinin azaldığı görülmüştür.

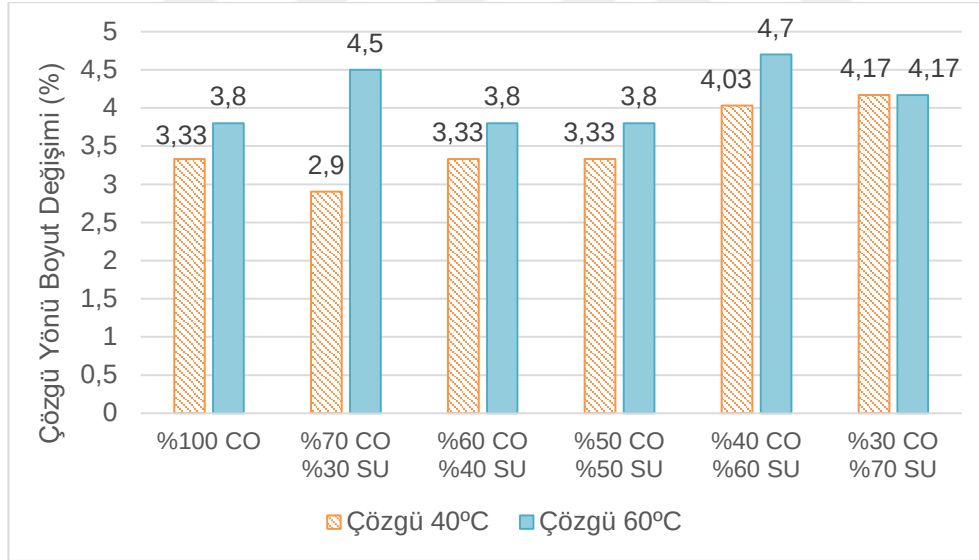


Şekil 4.19. Atkı yönü yıkama sonrası boyut değişimleri grafikleri

Çözümlü yönü yıkamalar için Tukey ve Tamhane testleri (Çizelge 4.29) incelendiğinde, 40°C yıkamalarda, %30 Sustan atkı içeren kumaş ile %60 ve %70 Sustans atkı içeren kumaşlar arasında istatistiki olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir. 60°C yıkamalarda ise sadece %30 Sustan atkı içeren kumaş ile %60 Sustans atkı içeren kumaş arasında anlamlı fark görülmüştür. Bu iki kumaşın 60°C yıkama sonuçları %4,5 ve %4,7 olmasına rağmen sıfır varyasyon sergiledikleri için aralarında anlamlı fark olduğu düşünülmektedir. Şekil 4.20’de verilen çözgü yönü boyut değişimleri grafiği incelendiğinde, atkı yönüne benzer şekilde 60°C’deki çekmeler 40°C’ye göre artış göstermiştir. Ancak atkı yönü yıkamalardan farklı olarak her iki sıcaklıkta da değişim eğilimlerinin net olmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak, atkı yönüne benzer şekilde çözgü yönü istatistiki analizlerinde de test sayısı ve varyasyonların etkisi görülmekle birlikte, değişim grafiği, korelasyon analizi ve ikili kıyaslamaların birbirini desteklediği, kumaşların aynı çözgü ipliklerine sahip olduğu göz önünde bulundurulmuş ve Sustans oranlarının çözgü yönü boyut değişimi üzerinde etkili olmadığı değerlendirilmiştir. Çizelge 4.29. Çözgü yönü boyut değişimleri için Tukey ve Tamhane testi sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan Kumaşlar	Tukey testi (40°C)		Tamhane testi (60°C)	
	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	0,43	0,638	-0,70	0,260
%100 CO - %40 SU	0,00	1,000	0,00	1,000
%100 CO - %50 SU	0,00	1,000	0,00	1,000
%100 CO - %60 SU	-0,70	0,194	-0,90	0,167
%100 CO - %70 SU	-0,83	0,091	-0,37	0,999
%30 SU - %40 SU	-0,43	0,638	0,70	0,260
%30 SU - %50 SU	-0,43	0,638	0,70	0,260
%30 SU - %60 SU	-1,13	0,015	-0,20	0,004
%30 SU - %70 SU	-1,27	0,007	0,33	1,000
%40 SU - %50 SU	0,00	1,000	0,00	1,000
%40 SU - %60 SU	-0,70	0,194	-0,90	0,167
%40 SU - %70 SU	-0,83	0,091	-0,37	0,999
%50 SU - %60 SU	-0,70	0,194	-0,90	0,167
%50 SU - %70 SU	-0,83	0,091	-0,37	0,999
%60 SU - %70 SU	-0,13	0,996	0,53	0,987



Şekil 4.20. Çözümlü yönu yıkama sonrası boyut değişimleri grafikleri

4.2.6. Elastikiyet ve Kalıcı Uzama

Kumaşların elastikiyet ve kalıcı uzama değerleri aynı test sonucunda belirlenmiştir. Sadece atkı yönünde elastikiyet beklentisi olduğu için testler sadece

atki yönünde uygulanmıştır. Bununla birlikte testler, mamul haldeki ve 60°C’de yıkanmış kumaş numunelerine ayrı ayrı uygulanmıştır. Test sonuçları Çizelge 4.30’da verilmiştir. Çizelgede görülen ortalama değerler kumaşlara uygulanan 3’er testin ortalamasını yansıtmaktadır.

Çizelge 4.30. Kumaşlarda elastikiyet ve kalıcı uzama test sonuçları

Elyaf Karışım Oranı	Mamul Halde (%)				1 x 60°C Yıkama Sonrası (%)			
	Elastikiyet		Kalıcı Uzama		Elastikiyet		Kalıcı Uzama	
	Ort.	%CV	Ort.	%CV	Ort.	%CV	Ort.	%CV
%100 CO	1,87	14,14	0,40	0,00	3,87	7,07	0,67	35,36
%70 CO - %30 SU	2,00	0,00	0,40	0,00	3,60	8,84	0,53	70,71
%60 CO - %40 SU	1,87	14,14	0,40	0,00	3,20	0,00	0,40	0,00
%50 CO - %50 SU	1,87	14,14	0,40	0,00	3,07	8,84	0,53	70,71
%40 CO - %60 SU	1,33	23,57	0,40	0,00	2,93	10,10	0,40	0,00
%30 CO - %70 SU	1,20	0,00	0,40	0,00	2,80	0,00	0,40	0,00

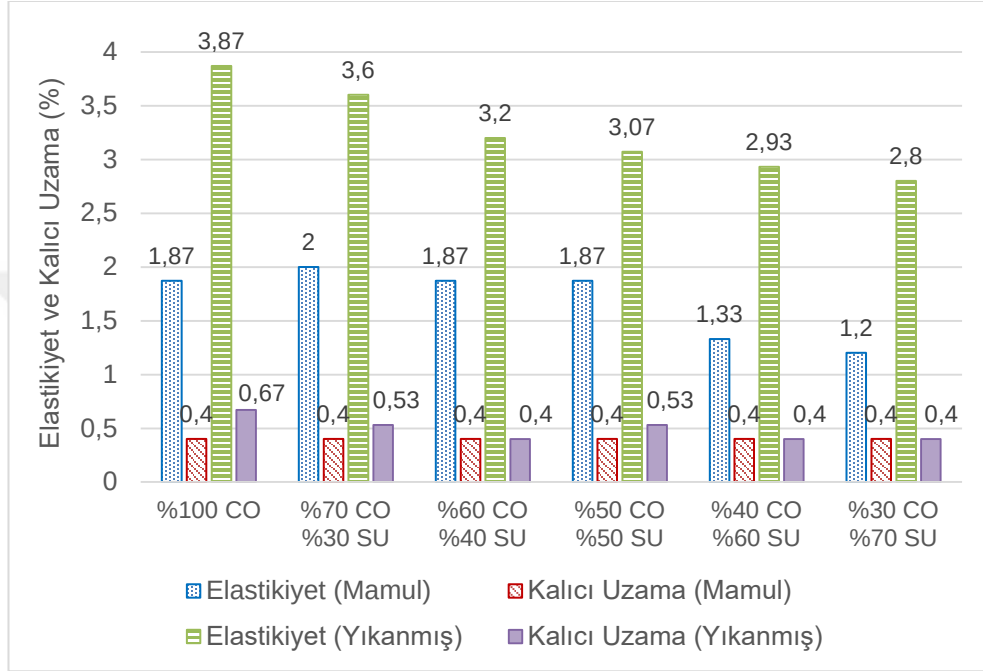
İstatistiki analizler neticesinde (Çizelge 4.12) elastikiyet verilerinin normal dağılım gösterdiği ($p>0,05$), yıkama sonrası kalıcı uzama verilerinin ise normal dağılıma uymadığı belirlenmiştir. Mamul halde kalıcı uzama testinde ise kumaşların bütün test sonuçları %0,4 çıktığı için istatistiki analiz yapılamamıştır. Pearson ve Spearman korelasyon testleri neticesinde (Çizelge 4.13), karışım oranı ile mamul elastikiyet verileri arasında orta seviyede negatif ve istatistiki olarak anlamlı ($p<0,01$), yıkama sonrası elastikiyet verileri arasında yüksek seviyede negatif ve istatistiki olarak anlamlı ($p<0,01$), yıkama sonrası kalıcı uzama verileri arasında ise zayıf seviyede negatif ve istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) doğrusal korelasyon tespit edilmiştir. ANOVA testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.14), karışım oranının elastikiyet veri setleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı etkisinin olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Levene testi neticesinde (Çizelge 4.13) ise yıkama sonrası elastikiyet veri setinin homojen dağıldığı ($p>0,05$), mamul halde elastikiyet veri setinin ise heterojen dağılım gösterdiği ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Ardından veri setleri uygun Post Hoc testler ile analiz edilmiştir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Yıkanmış ve mamul elastikiyet için Tukey ve Tamhane test sonuçları

İkili Kıyaslama Yapılan Kumaşlar	Tukey Testi (Yıkanmış Elastikiyet)		Tamhane Testi (Mamul Elastikiyet)	
	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri	Ortalama Farkları	Anlamlılık Değeri
%100 CO - %30 SU	0,27	0,719	-0,13	1,000
%100 CO - %40 SU	0,67	0,037	0,00	1,000
%100 CO - %50 SU	0,80	0,011	0,00	1,000
%100 CO - %60 SU	0,93	0,004	0,53	0,517
%100 CO - %70 SU	1,07	0,001	0,67	0,439
%30 SU - %40 SU	0,40	0,339	0,13	1,000
%30 SU - %50 SU	0,53	0,119	0,13	1,000
%30 SU - %60 SU	0,67	0,037	0,66	0,441
%30 SU - %70 SU	0,80	0,011	0,80	0,000
%40 SU - %50 SU	0,13	0,977	0,00	1,000
%40 SU - %60 SU	0,27	0,719	0,53	0,517
%40 SU - %70 SU	0,40	0,331	0,67	0,439
%50 SU - %60 SU	0,13	0,977	0,53	0,517
%50 SU - %70 SU	0,27	0,709	0,67	0,439
%60 SU - %70 SU	0,14	0,975	0,13	1,000

Tamhane testi sonucuna göre mamul haldeki elastikiyet verilerinden sadece %30 ve %70 Sustan atkı içeren kumaşlar arasında istatistiki olarak anlamlı fark tespit edilmiştir. İki kumaşın değerleri en yüksek ve en düşük olanlardır, ayrıca her ikisi de sıfır varyasyona sahiptir. %1,33 ile ikinci en düşük değere sahip olan %60 Sustans atkı içeren kumaşın yüksek varyasyon göstermesinin, diğer kumaşlarla arasında görülebilecek muhtemel istatistiki olarak anlamlı farkların önüne geçtiği düşünülmektedir. Yıkanmış haldeki elastikiyet verilerine uygulanan Tukey testi sonucunda, %100 pamuk kumaş sadece %30 Sustans atkı içeren kumaş ile istatistiki olarak anlamlı fark göstermemiş, diğer kumaşlardan ayrılmıştır. %40 ve üzeri Sustans içeren atkı iplikleriyle üretilmiş kumaşlar arasında istatistiki olarak anlamlı fark görülmemiştir. Elastikiyet değerlerinin %50 Sustans atkı içeren kumaşa kadar gruplar halinde düştüğü belirlenmiştir. Şekil 4.21’de verilen elastikiyet ve kalıcı uzama değişimleri grafiği incelendiğinde, mamul elastikiyet açısından %60 ve %70 Sustans atkı içeren kumaşların diğer kumaşlardan ayrıştığı

görülmektedir. Yıkanmış elastikiyet verilerinde ise, Sustans oranı arttıkça farklı miktarlarda olmakla birlikte azalan elastikiyet değerleri görülmektedir.



Şekil 4.21. Elastikiyet ve kalıcı uzama değişimleri grafikleri

Elastikiyet verilerinin istatistiki analiz sonuçları, boyut değişimine benzer şekilde varyasyonlardan etkilenmiştir. Bununla birlikte elastikiyet değişim grafikleri, istatistiki analiz verileri ile büyük oranda uyushmaktadır. Sonuç olarak mamul elastikiyet değerlerinin %60 ve %70 oranlarına kadar Sustans kullanımından etkilenmediği, %60 ve %70 Sustans oranlarının ise elastikiyeti olumsuz etkilediği, yıkanmış haldeki elastikiyet değerlerinin ise Sustans oranı arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, yıkanmış elastikiyet değerlerinin mamul haldekilere göre değişen miktarlarda olmak üzere artış gösterdiği belirlenmiştir.

Kruskal Wallis testi sonucunda (Çizelge 4.32), karışım oranının yıkanmış haldeki kalıcı uzama verileri üzerinde istatistiki olarak anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür. Yıkanmış kalıcı uzama değişimleri grafiği de net bir eğilim

göstermemektedir. Ancak, Sustans içeren tüm kumaşlarda kalıcı uzamanın, %100 pamuk kumaşa göre bir miktar düşük olması dikkat çekmektedir.

Çizelge 4.32. Yıkanmış kalıcı uzama için Kruskal Wallis test sonuçları

Elyaf Karışım Oranı	Rank Ortalamaları	Anlamlılık Değeri (p)
%100 CO	13,5	0,299
%70 CO - %30 SU	10,5	
%60 CO - %40 SU	7,5	
%50 CO - %50 SU	10,5	
%40 CO - %60 SU	7,5	
%30 CO - %70 SU	7,5	

Elastikiyet ve kalıcı uzama verileri bütün olarak göz önünde bulundurulduğunda; kumaşların hem kalıcı uzama değerlerinin hem de elastikiyetlerinin düşük olması, testler sırasında düşük uzama gösterdiklerine işaret etmektedir. Ancak gerek iplikte, gerekse kumaşta olsun, Sustans oranı arttıkça kopma uzaması değerlerinin arttığı bilinmektedir. Bu noktada önemli olan ayrıntı, standart metotlar gereğince, kopma uzaması değerlerinin 850-900 N kuvvet seviyelerinde, elastikiyet değerlerinin ise yaklaşık 23 N kuvvet seviyesinde elde edilmiş olmasıdır. Yani Sustans oranı uzama değerlerini arttırmaktadır ancak bu artış, günlük kullanımda ortaya çıkabilecek gerilimlerden çok daha yüksek seviyelerde kendini gösterebilmektedir. Ayrıca bu sonuçlara göre, elde edilen uzama artışlarının, zayıf elastik nitelikte oldukları tespit edilmiştir.

Kumaşların streçlik değerlerinin artması çekme ve kalıcı uzama eğilimlerini de arttırmaktadır (Seyrek Kurban ve Babaarslan, 2019). Buna göre, Sustans içeren kumaşlar, %100 pamuk kumaşa göre daha düşük boyut değişimleri ve biraz daha fazla kalıcı uzama gösterdikleri için daha düşük elastikiyet göstermeleri de normaldir. Elmalı, (2008) yüksek lisans tezinde, kumaş çözgü sıklıkları artıkça elastikiyetin düştüğünü belirtmiştir. Üretilen kumaşlar, Sustans içeren atkı ipliklerinin etkisiyle bir miktar elastik yapı sergilemişlerdir, ancak bu elastikiyet kumaşlar mamul hale geldiklerinde, atkı yönünde bir miktar

çekmelerine, çözgü sıklıklarının artmasına ve daha stabil bir yapıya neden olmuştur.

60°C yıkamanın, mamul kumaştaki gerilimlerin gevşemesini ve kumaşın bir miktar daha çekmesini sağladığı, bu nedenle yıkama sonrası elastikiyet değerlerinin mamul haldekilere göre daha yüksek olduğu, 60°C yıkama sonrası boyut değişimlerinin 40°C'ye göre daha yüksek olmasının da bunu doğrular nitelikte olduğu değerlendirilmiştir. Çünkü daha yüksek sıcaklıkta yapılan yıkamalarda görülen daha fazla çekme miktarları kumaşların daha fazla toparlanabileceğini göstermektedir. Daha fazla toparlanma miktarları ise elastikiyet testinde daha fazla uzama sağlamakta ve böylece kalıcı uzama değerlerinde de bir miktar artış olmakla birlikte elastikiyet değerleri daha fazla olmaktadır.

4.2.7. Boncuklanma

İpliklerin tüylülük ve elastikiyet özellikleri kumaşların boncuklanma tutumlarını etkilemektedir. Çalışmada üretilen ipliklerin bu husustaki etkilerini görmek amacıyla boncuklanma da uygulanan testler arasına dâhil edilmiştir. Boncuklanma testinin sonuç değerlendirmeleri için istatistiki analiz uygulanmamış, tüm test numunelerinin sonuçları çizelge şeklinde verilmiş (Çizelge 4.33) ve yorumlanmıştır.

Çizelge 4.33. Kumaşlarda boncuklanma test sonuçları

Elyaf Karışım Oranı		Boncuklanma Devirleri					
		125	500	1000	2000	5000	7000
%100 CO	Numune 1	4	3/4	3/4	3	3	3/4
	Numune 2	4	4	3/4	3/4	3/4	4
	Numune 3	4	4	3/4	3	3/4	4
%70 CO - %30 SU	Numune 1	4	4	3/4	3	3/4	3/4
	Numune 2	4	3/4	3	3	3/4	3/4
	Numune 3	4	3/4	3	3	3/4	3/4
%60 CO - %40 SU	Numune 1	4	4	3/4	3	3/4	3/4
	Numune 2	4	3/4	3	3	3/4	3/4
	Numune 3	4	3/4	3	3	3/4	3/4
%50 CO - %50 SU	Numune 1	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4
	Numune 2	4	4	3/4	3/4	3/4	4
	Numune 3	4	3/4	3/4	3	3/4	4
%40 CO - %60 SU	Numune 1	4/5	4	4	3/4	4	4
	Numune 2	4	4	4	3/4	4	4
	Numune 3	4	4	3/4	3/4	4	4
%30 CO - %70 SU	Numune 1	4	3/4	3/4	3/4	3/4	4
	Numune 2	4	4	3/4	3/4	4	4
	Numune 3	4	4	4	3/4	4	4

Test sonuçlarına göre tüm kumaşların en yüksek boncuklanma seviyesine 2000 devirde ulaştığı, 5000 devirde tüm kumaşların boncuklanma seviyelerinde azalma olduğu ve bazılarında azalmanın 7000 devirde de sürdüğü belirlenmiştir. 2000 devirde en kötü sonuçlar %30 ve %40 Sustans oranlarında görülmüştür. %100 pamuk kumaşın bir numunesi bu iki kumaştan daha iyi olsa da diğer iki numunesi değerlendirildiğinde, üç kumaşın bir grup görüntüsü verdiği belirlenmiştir. %50 Sustans içeren kumaşın bir numunesi %60 ve %70 içerenlere göre yarım puan daha kötü sonuç vermiş olsa da üç kumaş 2000 devirde ayrı bir grup oluşturmuştur. Bu sonuçların ipliklerin S3 tüylülük verileri ile örtüştüğü tespit edilmiştir. %50 Sustans kumaş, 5000 devirde 3 adet 3/4 seviyesinde boncuklanma ile %100 pamuk, %30 ve %40 Sustans kumaşlarla aynı miktarda boncuklanma göstermiştir. Ancak, 7000 devirde yeniden %60 ve %70 Sustans kumaşlarla

gruplaşmıştır. Yani %50 Sustans kumaşta, en kötü seviyeden sonra boncuklanmada görülen azalma %60 ve %70 Sustans kumaşlara göre daha yavaş olmuştur. Ayrıca 7000 devir sonunda, %100 pamuk kumaşın %30 ve %40 Sustans içerenlerle değil de diğer kumaşlarla gruplaştığı görülmüştür.

Sonuç olarak en yüksek boncuklanma seviyelerine göre, ipliklerin S3 tüylülük değerleri ile örtüştüğü ve iki farklı grubun oluştuğu, ancak farkın tüylülük değerlerindeki kadar fazla olmadığı belirlenmiştir. Bu durum beklentiler dâhilinde gelişmiştir, çünkü gruplaşan iplikler arasında önemli tüylülük farkları olsa da dokuma yapısı ve terbiye işlemleri gibi nedenlerden dolayı, ipliklerin sahip olduğu tüylerin tamamı kumaş yüzeyine taşınmamaktadır.

4.2.8. Aşınma Dayanımı

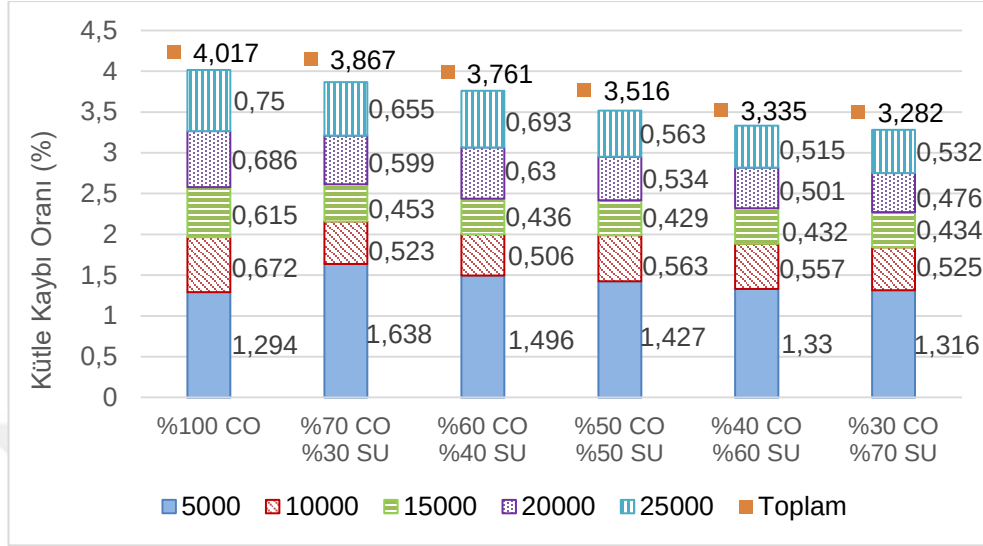
Boncuklanmaya benzer şekilde ipliklerin tüylülük ve elastikiyet özellikleri kumaşların aşınma davranışlarını da etkileyeceği için kumaşlara uygulanan aşınma dayanımı testi sonuçları Çizelge 4.34'te verilmiştir. Testler 5000'er devir aralıklarla tartım almak üzere 25000 devire kadar devam ettirilmiş ve 3'er test numunesi ile uygulanmıştır. Çizelgede verilen ortalama değerler her bir karışım oranında yapılan 3'er testin ortalamasını yansıtmaktadır. İstatistiki analizler, kumaşları karışım oranlarına göre her bir devirde ayrı ayrı kıyaslayacak şekilde uygulanmıştır.

Kolmogorov-Smirnov normallik analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.12), tüm veri setleri normal dağılım göstermiştir ($p>0,05$). Pearson korelasyon analizi neticesinde (Çizelge 4.13), sadece 25000 devir verilerinde, istatistiki olarak 0,05 seviyesinde anlamlı ve zayıf seviyede negatif doğrusal ilişki tespit edilmiştir. ANOVA testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.14), karışım oranlarının aşınma dayanımı üzerinde istatistiki olarak anlamlı etkisi görülmemiştir ($p>0,05$) ve bu nedenle istatistiki analiz bu aşamada sonlandırılmıştır. Bu durumda veri setlerinde görülen yüksek varyasyonların etkili olduğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.34. Kumaşlarda aşınma dayanımı test sonuçları

Elyaf Karışım Oranı			Aşınma Devirleri				
			5000	10000	15000	20000	25000
Toplam Kütle Kaybı Oranı (%)	%100 CO	Ort.	1,294	1,966	2,581	3,267	4,017
		%CV	7,48	5,59	4,91	5,10	8,09
	%70 CO - %30 SU	Ort.	1,638	2,160	2,613	3,212	3,867
		%CV	9,43	6,14	6,98	9,50	11,31
	%60 CO - %40 SU	Ort.	1,496	2,002	2,438	3,069	3,761
		%CV	15,02	15,38	15,53	14,22	13,91
	%50 CO - %50 SU	Ort.	1,427	1,990	2,419	2,953	3,516
		%CV	11,91	10,72	11,03	10,27	10,01
	%40 CO - %60 SU	Ort.	1,330	1,887	2,318	2,820	3,335
		%CV	7,74	8,43	8,15	9,16	10,00
	%30 CO - %70 SU	Ort.	1,316	1,841	2,274	2,750	3,282
		%CV	25,63	20,72	20,96	21,00	23,36
Her Devir Aralığında Kütle Kaybı Oranı (%)	%100 CO	Ort.	1,294	0,672	0,615	0,686	0,750
		%CV	7,48	20,43	3,22	5,82	21,30
	%70 CO - %30 SU	Ort.	1,638	0,523	0,453	0,599	0,655
		%CV	9,43	4,26	12,89	21,75	20,42
	%60 CO - %40 SU	Ort.	1,496	0,506	0,436	0,630	0,693
		%CV	15,02	20,22	16,78	9,67	12,67
	%50 CO - %50 SU	Ort.	1,427	0,563	0,429	0,534	0,563
		%CV	11,91	9,24	12,50	8,06	8,87
	%40 CO - %60 SU	Ort.	1,330	0,557	0,432	0,501	0,515
		%CV	7,74	10,83	7,52	14,04	14,81
	%30 CO - %70 SU	Ort.	1,316	0,525	0,434	0,476	0,532
		%CV	25,63	8,62	21,96	22,16	35,69

Aşınma dayanımları değişim grafiği (Şekil 4.22) incelendiğinde, 25000 devir sonunda Sustans oranının aşınma dayanımlarını bir miktar arttırdığı görülmüştür. Devir aralıklarında gerçekleşen kütle kayıpları arasında net olarak bir ilişkiden söz etmek mümkün değildir. %100 pamuk kumaşın kütle kaybı ilk 5000 devir sonunda en düşük olandır, ancak daha sonraki 5000 devirlik aralıklarda Sustans içeren kumaşların hepsinden daha fazla kütle kaybı görülmüş ve 25000 devir sonunda diğer kumaşların tamamından daha fazla aşınmıştır.



Şekil 4.22. Aşınma dayanımı değişimleri grafiği

Aşınma testinde en yüksek kütle kayıpları genellikle testin başlangıcında ve kumaşta iplik kopuşlarına yakın devirlerde görülmektedir. Başlangıçta görülen yüksek kütle kayıplarının nedeni kumaş yüzeyinde bulunan ve iplik tüylülüklerinden kaynaklı olan liflerin hızlıca uzaklaşmasıdır. Uster H tüylülük değerleri açısından %100 pamuk iplik, %70 Sustans ipliğe göre daha tüylüdür. S3 tüylülük grafiğine göre ise %100 pamuk iplik, %60 ve %70 Sustans ipliklere göre çok daha tüylüdür. Ancak ilk 5000 devir sonundaki kütle kayıplarına göre, aşınma testinin başlangıcında görülen hızlı kütle kaybına en dirençli kumaşın %100 pamuk kumaş olduğu görülmüştür. Buna göre, tüylülüğü oluşturan liflerin iplik içerisinde tutunma kuvvetlerinin %100 pamuk iplikte daha yüksek olduğu ve bunun da Sustans liflerinin, iplikler içerisindeki oryantasyonlarıyla ilgili olduğu değerlendirilmiştir. Bu hususta elde edilen sonuçların, iplik mukavemeti testleri neticesinde ulaşılan sonuçları destekler nitelikte olduğu değerlendirilmiştir. Dikkat çeken bir durum da grafiğin İlk 5000 devir sonundaki görüntüsünün, %50 Sustans atkı içeren kumaş istisnası dışında Uster H tüylülük değerleri grafiği ile benzeşmesidir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çalışmanın öncü hedefi olan, PTT esaslı lifler içeren open-end rotor ipliği üretilmesi hedefine ulaşılmıştır. %100 pamuk ipliğe göre, Sustans® içeren ipliklerin kopma uzaması, düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük değerleri iyileşirken, mukavemet değerleri ise bir miktar azalmıştır. Sustans® içeren denim kumaşlarda %100 pamuk kumaşa göre, daha yüksek boyutsal stabilite ve kopma uzaması sağlanabilmiş, elastikiyet ve kalıcı uzamada ise bir miktar iyileşme görülmüştür. Sonuç olarak elde edilen tüm iplik ve kumaş bulguları ışığında, open-end rotor ipliği üretiminde optimum karışım oranı %50/%50 Sustans/Pamuk olarak değerlendirilmiştir. Eğrilen ipliklerin ve bunlardan dokunan kumaşların beklentiler dâhilinde olan ve olmayan özellikleri hususundaki değerlendirmeler aşağıda belirtilmiştir.

Sustans oranının iplik özelliklerine etkileri hakkında şu hususlara yer verilebilir. Kopma uzaması ve düzgünsüzlük değerlerinde genel hatlarıyla, Sustans oranına paralel olarak artış görülmüştür. -%40 ince yer, +%50 kalın yer sayılarında Sustans iplikler kendi aralarında küçük farklar gösterirken, pamuk iplikten olumlu yönde grup olarak ayrılmıştır. S3 tüylülük değerinde %50 ve üzerindeki oranlarda Sustans içeren iplikler diğerleri ile net olarak ayrılmıştır. +%280 neps sayılarında ipliklerden az miktarda hata verisi alınmıştır, ancak %40 Sustans dışındaki ipliklerin neps sayıları pamuk iplikten daha azdır. H tüylülük değeri için düzenli bir değişimden bahsetmek mümkün değildir, ancak %60 ve %70 Sustans dışındaki ipliklerin H tüylülükleri pamuk ipliğine göre daha yüksektir. İplik mukavemetleri ise genel eğilim olarak, %50'ye kadar karışımındaki Sustans oranı ile ters yönde seyretmiştir. %60 ve %70 Sustans oranlarında ise mukavemetteki azalma eğilimi sonlanmıştır. Mukavemetteki bu eğilimlere rağmen, Sustans iplikler kendi içlerinde istatistiki olarak anlamlı fark göstermemiştir.

İpliklerin kopma uzamalarının Sustans oranına paralel olarak yükselmesi, Sustans liflerinin yüksek uzama kabiliyetleri nedeniyle beklenmektedir. Ancak, kumaş elastikiyeti test sonuçlarının desteğinde, uzama artışlarının kopuşa neden olacak yükseklikteki kuvvetlerde ortaya çıktığı, günlük kullanımlarda oluşacak kuvvet seviyelerinde gerçekleştirilen elastikiyet testinde aynı miktarda uzama artışlarının olmadığı belirlenmiştir.

İplik kopma mukavemetlerinde, kopma uzaması artışlarına kıyasla daha küçük miktarlarda olsa da düşüş görülmüştür. Pamuk ve Sustans lif mukavemetlerinin birbirine oldukça yakın olduğu bilinmektedir. İplik mikroskop görüntülerinde Sustans liflerinde kendi üzerlerine kıvrılmalar belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında, Sustans iplik mukavemetlerindeki azalmanın, kıvrımlı yapıları nedeniyle Sustans liflerinin iplik içerisindeki boyuna oryantasyonlarının yetersizliği ve karmaşık yerleşimleri ile ilgili olduğu kanısına varılmıştır.

İplik üretimi esnasında %60 ve %70 Sustans oranlarında zorluklar yaşanmış ve özellikle %70 Sustans oranında rotor içi lif sıvanmaları görülmüştür. %60 ve %70 Sustans oranlarında, liflerin boyuna oryantasyonu ve karmaşık yerleşimi hususlarının daha etkili olduğu, sonuç olarak bu oranlarda iplik mukavemetlerinin biraz daha düşük olduğu değerlendirilmiştir. İpliklerin mikroskop görüntülerinde %60 oranında kendi üzerine kıvrılmış çok fazla Sustans lifinin olması bu değerlendirmeyi destekler niteliktedir.

İpliklerde istenmeyen tüylerin 3 mm ve daha uzun liflerden oluştuğu bilinmektedir. Bu bilgi ile Uster H ve Zweigle S3 tüylülük değerleri birlikte incelendiğinde, tüylülük açısından, %50 ve üzeri oranlarda Sustans içeren ipliklerin, diğerlerine kıyasla daha avantajlı olduğu değerlendirilmiştir.

Sustans liflerinin iyi elastikiyet ve uzama gibi özelliklerini öncelikle open-end rotor ipliklere yansıtarak, bunlardan da belli miktarda elastikiyete ve boyutsal stabiliteye sahip kumaş üretebilmek çalışma hedefleri açısından önemlidir. Bu nedenle kumaşlarla ilgili değerlendirmeler daha çok elastikiyet ve kalıcı uzama testleri odaklı olarak açıklanmıştır.

İyi seviyede streç denim kumaşlardan yüksek uzama ve düşük kalıcı uzama beklenmektedir. Bununla birlikte artan streçlik değerlerinin kalıcı uzama eğilimlerini de arttırdığı bilinmektedir. Bu açıdan, %100 pamuk kumaşa göre Sustans içerikli kumaşların, kalıcı uzama değerlerinin bir miktar iyileşmesi ve yüksek stabilite göstermeleri, elastikiyet değerlerinin de bir miktar düşmesinin normal olduğunu göstermektedir. Ancak Sustans liflerinin elastikiyet ve stabiliteyi birlikte sağlayabilecek olumlu özellikleri, üretilen Sustans içerikli kumaşlarda yakalanan düşük kalıcı uzama ve iyi boyutsal stabilite yanında, mevcut değerlerden biraz daha iyi elastikiyet oluşmasını gerektirmektedir. Aslında sıklık, mamul en, dairesel sertlik, boyut değişimi, kopma mukavemeti ve uzaması testlerinin sonuçları, %30, %40 ve %50 Sustans atkılı kumaşlarda, % 60 ve %70 Sustans atkı içeren kumaşlar ve %100 pamuk kumaşa göre, daha iyi elastikiyet yakalanabileceğini göstermiştir. Çünkü bu testlere göre %50'ye kadar Sustans oranı arttıkça, atkı yönü kopma uzaması, mamul kumaşta en yönünde kendini toplama, yumuşaklık ve boyutsal stabilite artmıştır. %50 oranına kadar bu olumlu özelliklerin görülmesi Sustans liflerinin olumlu özelliklerinin kumaşlara bir miktar aktarıldığını göstermiştir. Sonuç olarak, Sustans liflerinin kıvrımlı yapılarının, iplik içerisindeki boyuna oryantasyonlarının yetersiz olmasına ve karmaşık yerleşmelerine neden olduğu, bu durumun ise lif özelliklerinin, üretilen kumaşlarda kısıtlı elastikiyet ile birlikte iyi seviyede boyutsal stabilite olarak ortaya çıkmasını sağladığı kanısına varılmıştır.

Önemli bir ayrıntı da gerek mamul, gerekse yıkanmış olsun en düşük elastikiyet değerlerinin en yüksek iki Sustans oranında görülmesidir. Boyut değişimi testlerinde de benzer sonuçlar mevcuttur. Dairesel sertlik, kopma mukavemeti ve yırtılma mukavemeti testlerinde ise %60 ve %70 Sustans oranları en yüksek değerlere sahip olarak tam tersi bir görüntü sergilemektedir. Ancak bu beş testten alınan sonuçlar birbirini destekler niteliktedir. Çünkü bu testlerin tamamının sonuçları da %60 ve %70 Sustans oranlarındaki kumaşların, diğer kumaşlara göre daha stabil yapıda olduklarına işaret etmektedir. Bu iki kumaşın

elastikiyet ve stabilite dengesi açısından, diğer kumaşlara göre stabilite özelliğinin daha baskın olduğu belirlenmiştir.

%60 ve %70 Sustans içeren ipliklerin en düşük mukavemete sahip oldukları daha önce belirtilmişti. Ancak kumaşlara uygulanan testler %60 ve %70 Sustans oranlarında iplik mukavemet değerlerinin tersi yönde sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar, kıvrımlı yapıya sahip olan Sustans liflerinin, karışım içerisinde fazla miktarda ve karmaşık halde bulunması neticesinde, sıkı denim kumaş yapısı ve uygulanan terbiye işlemleri etkisiyle, iplikler arasındaki tutunma ve birlikte harekete etme kabiliyetini artırmasından kaynaklı olduğu şeklinde değerlendirilmiştir.

Aşınma testlerinin başlangıcında, kumaş yüzeyinde bulunan ve iplik tüylülüklerinden kaynaklı olan liflerin hızlıca uzaklaşması neticesinde yüksek kütle kayıpları görüldüğü bilinmektedir. %100 pamuk ipliğın, %60 ve %70 Sustans ipliklere göre; bariz şekilde daha fazla S3 tüylülük değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Buna rağmen, aşınma testinin başlangıcında görülen hızlı kütle kaybına en dirençli kumaşın, %60 ya da %70 Sustans atkı içerenler değil, %100 pamuk kumaş olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, %100 pamuk iplik yüzeyinde tüylülük oluşturan liflerin, oryantasyon seviyelerine bağlı olarak, iplik içerisindeki tutunma kuvvetlerinin, diğer ipliklerdekilere göre daha yüksek olduğu ve bu sonucun, iplik mukavemeti testleri neticesinde ulaşılan iplik içi boyuna oryantasyonla ilgili sonuçları destekler nitelikte olduğu değerlendirilmiştir.

Tüm değerlendirmeler ışığında, Sustans liflerinin iplik içerisinde düşük seviyede boyuna oryantasyon göstermelerinin, iplik ve kumaş test sonuçlarında belirleyici rol oynadığı görülmüştür. PTT esaslı liflerin, elastikiyet başta olmak üzere olumlu özellikleri, sadece polimer zincir yapısından değil aynı zamanda kıvrımlı lif yapısından ileri gelmektedir. Bu özelliklerden yeterince yararlanabilmek için eğirme sırasında liflerin boyuna açılarak iplik yapısına dâhil olmaları gereklidir. Bu noktada, iplik eğilmesi sırasında rotor içerisinde liflere etki eden hava akımı, merkezkaç kuvveti vb. etkenlerin Sustans liflerinin boyuna

açılması hususunda yeterince etkili olamadığı, bu nedenle Sustans liflerinin elastikiyet etkilerinin kumaş yapısına yeterince aktarılamadığı değerlendirilmiştir.

5.2. Öneriler

Çalışmanın yeterli sonuç alınan ve alınamayan hedefleri göz önünde bulundurulduğunda, önerilecek çalışma konuları, iyileştirilemeyen iplik ve kumaş özellikleri üzerine olacaktır.

Üretilen kumaşlarda elastikiyet ve kalıcı uzamada yeterince iyileşme elde edilememiş olmasının nedeni olarak, Sustans liflerinin iplik içerisindeki oryantasyonu konusunda yaşanan problemler belirtilmiştir. Bu noktada, oryantasyon probleminin aşılması hedefiyle, open-end rotor sisteminde, farklı eğirme elemanları ve üretim ölçütleri kullanılarak yeni araştırmalar yapılabilir. İplik üretimi ile ilgili diğer bir araştırma konusu da Sustans liflerinin ring iplik eğirme sistemi ile eğilmesi üzerine olabilir.

Kumaşların yıkama sonrası elastikiyet değerleri, 60°C sıcaklıkta yapılan evsel yıkamalar sonucunda tespit edilmiştir. Neticede mamul kumaşa göre daha iyi elastikiyet sonuçları alınmıştır. Bu husustan yola çıkarak, çalışmayla ilgili ileri araştırma yapılabilecek diğer bir konu da farklı denim yıkama tekniklerinin uygulanması sonrasında elastikiyet ve kalıcı uzama özelliklerinin incelenmesi olabilir.



KAYNAKLAR

- Akbaş, E., Çelik, P., 2016. A Research for Spinning Silk/Cotton Blend on Open-End Rotor Spinning System. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 26(2): 221-229.
- Akgül, A., Çevik, O., 2003. İstatistiksel Analiz Teknikleri “SPSS’te İşletme Uygulamaları”. Emek Ofset, Ankara.
- Alay, S., 2004. İplik Tüylülüğü Ölçüm Metot ve Cihazlarının İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 118s.
- Alay, S., Göktepe, F., 2008. Farklı İplik Tüylülüğü Parametreleri Arasındaki Korelasyonun Araştırılması. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 1:28-34
- Al-Juaidiyah, J., 2015. Pyrolysis Kinetics of Recycled Polyesters. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 27(4): 523-531
- ASTM D 3107-07, 2015. Standard Test Methods for Stretch Properties of Fabrics Woven from Stretch Yarns.
- ASTM D 4032-94, 2001. Standard Test Method for Stiffness of Fabric by The Circular Bend Procedure.
- Babaarslan, O., 1997. Tekstilde iplik üretim teknolojisindeki gelişmeler ve otomasyon. *Tekstil Teknik Dergisi*, 151.
- Bağır, İ.C., 2011. Denim Yıkamada Karşılaşılan Sorunlar ve Bunlara Yönelik Çözüm Önerileri. Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 293s.
- Baykal, P.D., Babaarslan, O., Erol, R., 2006. Prediction Of Strength And Elongation Properties Of Cotton/Polyester-Blended OE Rotor Yarns, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14, 1(55): 18-21.
- Baykal, P.D., Babaarslan, O., Erol, R., 2007. A Statistical Model for the Hairiness of Cotton/Polyester Blended OE Rotor Yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15, 4(63):46-49.
- Buharalı, G., 2012. Farklı Hammaddelerden Elde Edilen Open-End Rotor İpliklerinde Eğirme Elemanlarının İplik Özelliklerine Etkileri. Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 176s.

- Buharalı, G., Ömeroğlu, S., 2013. Open-End Rotor İplik Özelliklerine Etki Eden Faktörler. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(2): 19-36.
- Carmichael, A., 2015. Polyester Continues to Lead Growth. ITMF Annual Conference, San Francisco, USA.
- Chen, Y., Ding, X., Li, Y., Zhao, X., 2012. In Vitro Fatigue Properties of Prototype Woven Vascular Prosthesis with Poly (trimethylene terephthalate) Filaments as Circumferential Yarns. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 7(4): 1-6.
- Clein, W., 2011. Rieter İplikçilik El Kitabı. Cilt 2 - Harman Hallaç & Taraklama.
- Cyniak, D., Czekalski, J., Jackowski, T., Popin, L., 2006. Quality Analysis of Cotton/Polyester Yarn Blends Spun with the Use of a Rotor Spinning Frame. Fibres&Textiles in Eastern Europe, 14, 3(57): 33-37
- DuPont, 2019. The Sorona® Story. <http://sorona.com/our-story/>
- Elmalı, H., 2008. Elastan İplik Kullanımının Kumaş Özelliklerine Etkileri. Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 88s.
- Erbil, Y., 2005. Karışım OE-Rotor İpliği Üretiminde Eğirme Elemanlarından Düsenin İplik Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Erbil, Y., 2012. Open-End Rotor İplikçiliğinde Farklı Karışım Oranı ve Tiplerinin İplik Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, 191s.
- Ernst, H., 2011. Rieter İplikçilik El Kitabı. Cilt 5 - Rotor İplikçiliği. 11-15 s.
- Ersoy, Y., 2014. Rejenere Open-End İplik Üretim Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Uşak Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Uşak, 71s.
- Ersoy, Y., Şenol, M. F., 2017. Ham Madde Cinsi ve Üretim Parametrelerinin İplik Kalitesine Etkisi: Open-End İplikçiliği Üzerine Bir Uygulama. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(1): 96-107.

- Gürsoy, A.T., 2010. Giyim Kültürü ve Moda- Mesleki Bilgiler. Umar İletişim Hizmetleri, İstanbul, 704s.
- Hollander, M., Wolfe, D. A., Chicken, E., 2013. Nonparametric Statistical Methods. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Houck, M. M., Menold II, R. E., Huff, R. A., 2001. PTT new Type of Polyester Fibre. Problems of Forensic Sciences, XLVI:217-221.
- Hua, T., Wong, N. S., Tang, W. M., 2018. Study on Properties of Elastic Core-Spun Yarns Containing a Mix of Spandex and PET/PTT bi-Component Filament As Core. Textile Research Journal, 88(9): 1065-1076.
- İçoğlu, H. İ., Oğulata, R. T., 2017. Effect of Ambient Parameters on Morphology of Electrospun Poly (trimethylene Terephthalate) (PTT) Fibers. Tekstil ve Konfeksiyon, 27(3): 215-223.
- J.H.Heal, 2018. FlexiFrame Brochure. https://www.james-heal.co.uk/wp-content/uploads/2018/01/James-Heal-FlexiFrame_English.pdf.
- Kadoğlu, H., 1993. Open-End Rotor İpliklerinde İplik Özellikleri ile Lif Özellikleri Arasındaki Fonksiyonel İlişkilerin Tahminlenmesi Üzerine Araştırma. Ege Üniversitesi, Doktora Tezi, İzmir, 250s.
- Kaplan, S., 2003. Open-End Rotor İplik Kalitesine Etki Eden Makine ve Proses Parametrelerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Kerkhof, R. V. D., 2018. Innovative by Nature Time to Act. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/2018/20181105/COFFI2018_-_Circular_Economy_-_van_de_Kerkhof.pdf
- Kılıç, M., Balcı Kılıç, G., Okur, A., 2011. Eğirme Sisteminin İplik Özelliklerine Etkileri. Tekstil ve Mühendis, 18(81):23-26.
- Luo, J., Wang, F., Xu, B., 2010. Factors Affecting Crimp Configuration of PTT/PET bi-Component Filaments. Textile Research Journal, 81(5): 538-544.

- Luo, J., Wang, F., Li, D., Xu, B., 2010. Elasticity of Woven Fabrics Made of Polytrimethylene Terephthalate/Polyethylene Terephthalate Bicomponent Filaments. *Textile Research Journal*, 81(8):865-870.
- MEB, 2011. Pamuk Elyafı Hammadde Kontrolleri 2. Ankara.
- MEB, 2012. Pamuk Elyafı Hammadde Kontrolleri 1. Ankara.
- Nergis, A., 2016. Denim Kumaşlarda Farklı Yıkama Proseslerinin Kumaş Performans Özelliklerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 155s.
- Oh, T. H., 2006. Effects of Spinning and Drawing Conditions on the Crimp Contraction of Side-by-Side Poly(trimethylene terephthalate) Bicomponent Fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 102: 1322–1327
- Oğulata, R. T., Nergis, A., 2017. Farklı Yıkamaların Denim Kumaş Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(4):87-98,
- Ömeroğlu, S., Ülkü, Ş., 1998. OE Rotor İplikçiliğinde İplik Kalitesine Etki Eden Faktörler. *Tekstil Maraton Dergisi*, 8(2):33-39.
- Örtlek, H.G., Babaarslan, O., 2003. Spandex (Lycra) İçerikli Core Spun İpliklerin (PES/Viskon)Tüylülük Özelliklerinin İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8(1).
- Perepelkin, K. E., 2001. Poly(ethylene Terephthalate) and Polyester Fibres - 60 th Anniversary of The First Patent - Poliester Fibres abroad in the third millenium. *Fibre Chemistry*, 33(5)
- Piccinini, P., Senaldi, C., Alberto Lopes, J. F., 2013. Fibre Labelling Polytrimethylene terephthalate - PTT- DuPont. European Commission Joint Research Centre-Institute for Health and Consumer Protection Scientific and Policy Report.

- Resch-Fauster, K., Klein, A., Blees, E., Feuchter, M., 2017. Mechanical Recyclability of Technical Biopolymers: Potential and Limits. *Polymer Testing*, 64:287-295.
- Rieter, 2013. Rieter Varioline Brochure, Versiyon 6.
- Rieter, 2016. Rieter Draw Frame RSBD50 Brochure, Versiyon 2.
- Sasanuma, Y., Wagai, Y., Suzuki, N., Abe, D., 2013. Conformational Characteristics and Configurational Properties of Poly(butylene Terephthalate) and Structure–Property Relationships of Aromatic Polyesters. *Polymer*, 54(15): 3904-3913
- Saurer Schlafhorst, 2017. Autocoro 9 Brochure. <https://docplayer.biz.tr/68924726-Autocoro-9-lider-teknoloji-yeni-nesil.html>.
- Seyrek Kurban, N., Babaarslan O., 2019. Süper Streç Denim Kumaşların Özelliklerine Dair Literatür İncelemesi. *Tekstil ve Mühendis*, 26(113):104-115.
- Sheskin, D. J., 2003. *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures*. New York: CRC Press.
- Sözen, H. H., 2017. Dünya Tekstil Elyaf Üretimi 1970 – 2030 ve TR Tekstil Hammadde Kullanımı 2000 – 2016. Fibress Dış Ticaret Ltd, İstanbul.
- Springer Nature, 2018. The price of fast fashion. *Nature Climate Change*, <https://www.nature.com/articles/s41558-017-0058-9>
- Tarakçıoğlu, I., 2008, *Organik Pamuk ve Tekstil Sanayii*. İstanbul Ticaret Odası. İstanbul, 247s.
- Telli, A., 2016. Geri Dönüşüm Pamuk, r-PET ve Karışımlarının Denim Kumaş Üretiminde Kullanılması. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, 177s.
- The Fiber Year, 2019. Press Release. Institut für Textiltechnik of RWTH Aachen University (ITA) & The Fiber Year GmbH, <https://www.thefiberyear.com/fileadmin/pdf/PressReleaseMay15.pdf>.

- Thiele, U. K., 2002. A new polyester for textile applications. Textile Technology International, 37-41.
- Topalbekiroğlu, M., İnce, M.E., Hosrafoğlu Çoruh, E., Kaynak, H.K., 2007. Pamuk/Polyester ve Pamuk/Akrilik Karışım O.E Rotor İpliklerinde Karışım Oranının İplik Kalite Değerlerine Etkisi. Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 2:104-109
- Tölek, Ş., 2016. Yenilikçi Bir Metot ile Boyanan Denim Kumaşın Renk Analizinin ve Renk Haslığı Özelliklerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 65s.
- TS 12863, 2002. Tekstil- İplikler- Tüylülük Tayini- Fotoelektrik Metot.
- TS 2394, 1976. Yün Şerit, Fitol ve İpliklerde Kısa Devreli Doğrusal Yoğunluk Düzgünsüzlüklerinin Elektronik Düzgünsüzlük Ölçme Cihazı İle Saptanması.
- TS 250 EN 1049-2, 1996. Tekstil Dokunmuş Kumaşlar-Yapı Analiz Metotları- Kısım 2-Birim Uzunluktaki İplik Sayısının Tayini.
- TS 251, 1991. Dokunmuş kumaşlar - Birim Uzunluk Ve Birim Alan Kütlesinin Tayini.
- TS 628, 1970. İplik Düzgünsüzlüğü Tayin Metotları.
- TS EN 1773, 1998. Tekstil-Kumaşlar-Genişlik ve Uzunluğun Tayini.
- TS EN ISO 12945-2, 2002. Tekstil-Kumaşlarda Yüzey Tüyleneşmesi ve Boncuklanma Yatkınlığının Tayini-Bölüm 2: Geliştirilmiş Martindale Metodu.
- TS EN ISO 12947-3, 2001. Tekstil - Martindale Metoduyla Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini- Bölüm 3: Kütle Kaybının Tayini.
- TS EN ISO 13934-1, 2013. Tekstil - Kumaşların Gerilme Özellikleri - Bölüm 1:En Büyük Kuvvetin ve En Büyük Kuvvet Altında Boyca Uzamanın Şerit Yöntemiyle Tayini.
- TS EN ISO 13937-1, 2002. Tekstil - Kumaşların Yırtılma Özellikleri-Bölüm 1: Balistik Sarkaç Metodu ile Yırtılma Kuvvetinin Tayini.

- TS EN ISO 2062, 2010. Tekstil - Paketlerden alınan iplikler - Tek ipliğin kopma kuvvetinin ve kopma anındaki uzamasının sabit hızlı uzama cihazı (CRE) kullanılarak tayini.
- TS EN ISO 3759, 2012. Tekstil - Boyut Değişmesinin Tayini Deneyleri İçin Kumaş Deney Numunesi Parçaları ve Giysilerin Hazırlanması, İşaretlenmesi ve Ölçülmesi.
- TS EN ISO 6330, 2012. Tekstil- Tekstil Deneyleri İçin- Ev Tipi Çamaşır Makinesi ile Yıkama ve Kurutma İşlemleri.
- Uster, 2008. HVI 1000 Instruction Manual, Versiyon 3.1.3.2.
- Uyanık, S., 2017. Pamuk ve Yeni Nesil Lif Karışımlarının Vortex Eğirme Sisteminde Eğirilebilirliği ve Katma Değeri Yüksek Fonksiyonel Örmekumaşların Geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, 264s.
- Ünal, K., 2004. Politrimetilen Teraftalat (PTT)/Elastan Karışımı Kumaşların Boyama Özelliklerinin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 146 s.
- Wang, F., Gu, F., Xu, B., 2013. Elastic Strain of PTT/PET Self-Crimping Fibers. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 8(2):50-55.
- World Bank, 2019. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>
- Yan, Y., He, L., Lei, S., Lu, Y., Feng, Y., Tao, J., 2013. The Performance Test and Analysis of Sorona Elastic Swimsuit Fabric. Advanced Materials Research, 821-822: 415-418.
- Yang, Z., Wang, F., 2016. Dyeing and Finishing Performance of Different PTT/PET bi-Component Filament Fabrics. Indian Journal of Fibre & Textile Research, 41: 411-417.
- Yıldırım, F.F., Avinç, O.O., Yavaş, A., 2012. Poli (trimetilen Tereftalat) Lifleri Bölüm 1: Üretimi, Özellikleri, Kullanım Alanları, Çevresel Etkisi. Tekstil ve Mühendis, 19(87): 43-54.

- Yıldırım, F.F., 2015. PTT ve PBT Lifli Kumaşların Boyanma ve Haslık Özelliklerinin Karşılaştırılması. Pamukkale Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 264s.
- Zhao, L., Qin, L., Wang, F., 2009. Factors Affecting Recovery of PTT Shape Memory Fabric to Its Initial Shape. International Journal of Clothing Science and Technology, 21(1): 64-73.
- Zhao, L., Hu, H., Wang, S., 2011. Fuzzy-Integrative Judgment on the End-Use Performance of Knitted Fabrics Made with Polytrimethylene Terephthalate Blended Yarns. Textile Research Journal, 81(17): 1739-1747.
- Zhao, L., Hu, H., Shen, J., Rong, H., 2013. The Use of a Polytrimethylene Terephthalate/Polyester bi-Component Filament for the Development of Seamless Garments. Textile Research Journal, 83(12): 1283-1296.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Adana’da doğdu. İlköğrenimini Ahmet Cevdet Çamurdan ve Akşemsettin İlköğretim Okulları’nda, lise öğrenimini Ahmet Kurttepelı Lisesi’nde tamamladı. 1999 yılında Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliğı Bölümünde lisans eğitime başladı ve 2003 yılında mezun oldu. 2006 yılında Matesa Tekstil A.Ş.’de Ham Dokuma Planlama Şefi olarak çalıştı. Milli Savunma Bakanlığı’nda 2007-2014 yılları arasında Bursa Kalite Yönetim Bölge Başkanlığı Laboratuvar Müdürlüğü’nde Tekstil Tahlil Uzmanı olarak, 2014-2015 yılları arasında İzmir Kalite Yönetim Bölge Başkanlığı’nda Muayene Komisyonu Uzman Üye’si olarak görev yaptı. 2015 yılından bu yana Çukuroava Üniversitesi Tekstil Mühendisliğı Bölümünde Tekstil Mühendisi olarak görevine devam etmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.