

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve KAVUZLU**

**DENİM VE SPOR GİYİM ÜRÜNLERİNDE PBT'NİN KUMAŞ  
FİZİKSEL PERFORMANSINA ETKİSİ**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-2019**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DENİM VE SPOR GİYİM ÜRÜNLERİNDE PBT'NİN  
KUMAŞ FİZİKSEL PERFORMANSINA ETKİSİ**

**Merve KAVUZLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez 03 /10 /2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.

.....  
Prof. Dr. Nihat ÇELİK  
DANIŞMAN

.....  
Dr.Öğr.Üyesi Yılmaz ERBİL  
ÜYE

.....  
Dr. Öğr.Üyesi Halil ÖZDEMİR  
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.  
**Kod No:**

**Prof. Dr. Mustafa GÖK  
Enstitü Müdürü**

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DENİM VE SPOR GİYİM ÜRÜNLERİNDE PBT'NİN  
KUMAŞ FİZİKSEL PERFORMANSINA ETKİSİ

Merve KAVUZLU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof.Dr. Nihat ÇELİK  
Yıl : 2019, Sayfa: 78  
Jüri : Prof.Dr. Nihat ÇELİK  
: Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz ERBİL  
: Dr. Öğr. Üyesi Halil ÖZDEMİR

Bu çalışmada; denim ve spor giysilik kumaşlarda PBT içeren ve PBT içermeyen, 3/1 Z dimi örgüsünde sabit olarak, farklı yapısal parametrelerde ( farklı tarak numarası, tarak eni, çözgü/atkı ipliği numarası, çözgü /atkı sıklığı) ve farklı terbiye prosesleri uygulanarak üretilmiş kumaşların, elastikiyet, kalıcı uzama, mukavemet, gramaj, çözgü/atkı çekmeleri gibi fiziksel performansının nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Tez çalışmasının asıl gayesi, endüstriyel koşullarda ticari olarak üretilmekte olan denim ve spor giysilik kumaşlarda PBT'nin kumaş performansına etkisinin tespit edilmesi ve karşılaştırılmasıdır. Kumaşın çözgüsünde veya atkısında PBT kullanılarak, elastikiyet ve kumaşın geri toplanması özellikleri bakımından kumaş performansının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Temelde aynı niteliklere ve aynı proses şartlarına sahip kumaş grupları karşılaştırılarak PBT'nin iyileştirme veya değişim seviyesi araştırılmıştır. Mamul kumaşların performanslarını tespit etmek için ISO 6330, ASTM D 3107, ASTM D 1424, ASTM D 5034, ASTM D 3774, ASTM D 3776 standartları kapsamında sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma kapsamında ring iplik makinesinde, merkezde elastikiyet özelliği olan modifiye polyester PBT ve elastan, dış katmanında ise pamuk elyafından oluşan üç bileşenli iplik üretilmiştir. Çeşitli lineer yoğunlukta üretilen PBT karışımı ipliklerin farklı konstrüksiyonlarda denemesiyle nihai kumaştaki fiziksel özellikleri analiz edilmiştir. Yapılan incelemeler ve istatistiksel verilere göre Pamuk/PBT/Elastan karışımı ipliğin, pamuk/elastan içerikli ipliğe göre kumaşta kalıcı uzama değerine olumlu etki ettiği tespit edilmiştir. Tüm bu çalışmalar sonucunda, sadece elastan özlü ipliğe kıyasla PBT (polibütülen teraftalat) ve elastan filamentlerini birlikte özünde içeren ipliklerin, kumaşa kullanım performansı açısından olumlu etkisi olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** PBT (polibütülen teraftalat), Dual core, Elastan, Pamuk, Ring İplik Eğirme

## ABSTRACT

### MSc THESIS

# THE EFFECT OF PBT ON FABRIC PHYSICAL PERFORMANCE IN DENIM AND SPORTSWEAR PRODUCTS

Merve KAVUZLU

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

Supervisor : Prof.Dr. Nihat ÇELİK  
Year : 2019, Page: 78  
Jury : Prof.Dr. Nihat ÇELİK  
: Asst. Prof. Dr. Yılmaz ERBİL  
: Asst. Prof. Dr. Halil ÖZDEMİR

In this study; in PBT containing and non-containing denim and sportswear fabric constructions, as 3/1 Z twill weave being constant, with different structural parameters(comb number, comb width, warp/weft yarn count, warp/weft density), the fabrics produced by applying various finishing processes, it was investigated how affected the physical performance as elasticity, growth, strength, weight, warp/weft shrinkage. The main aim of the thesis study is to determine and compare the effect of PBT on fabric performance in denim and sportswear fabrics which are produced commercially in industrial conditions. It is aimed to improve fabric performance in terms of elasticity and growth (fabric recovery) properties by using PBT in the warp or weft of the fabric. The level of improvement or change of PBT was investigated by comparing essentially groups of fabrics with the same qualities and the same process conditions. The results were evaluated within the scope of ISO 6330, ASTM D 3107, ASTM D 1424, ASTM D 5034, ASTM D 3774, ASTM D 3776 Standards to analyze the performance finished fabric.

In the content of study, three component yarn made of modified polyester PBT and elastane with elasticity characteristic in the center and cotton fibers in the outer twisted layer were produced in the ring spinning machine. The physical properties of the final fabric were analyzed by testing PBT blended yarns produced in varied lineer densities on different constructions. It was determined that Cotton/PBT/EA mixed yarn positively affected the growth value of the fabric with reference to Cotton/EA content yarns according to research and statistical data. As a result of all these studies, it was seen that yarns containing conjunction PBT (polybutylene terephthalate) and elastane filaments in the core had a positive effect on fabric performance in comparison with only core spun yarn.

**Keywords:** PBT ( polybutylene terephthalate), Dual core, Elastane, Cotton, Ring Spinning

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Günümüzde giyilen ürünlerin yalnızca moda uygunluğunun dışında giyim performansının da yeterli düzeyde olması beklenmektedir. Kullanıcı giyim denemesi sonucu kullandığı üründen rahatlık konfor gibi beklentiler içinde de olmaktadır. Bu amaçla son zamanlarda yalnızca trend odaklı değil performans içerikli giyildikçe formunu yitirmeyen ürün beklentisine yönelik kumaş tasarımı yapılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, PBT'nin core spun yöntemle üretilen ipliklere göre kumaş performansına olan etkilerini incelemektir.

Bu çalışma kapsamında Adana'da faaliyet gösteren Bossa Denim İşletmeleri Tic. ve San. A.Ş.'de denim ve spor giyim (boyaya hazır ekru kumaş) olarak üretilen dokuma kumaşların üretimi gerçekleştirilmiştir. Numunelik kumaşların örgüsü 3/1 Z Dimi'dir. Numunelerde kullanılan ipliklerin tamamı Bossa İplik İşletmelerinde üretilmiştir. PBT ve elastan ise satın alma yoluyla Creora ve Jiangsu isimli Çin menşeli bir firmadan tedarik edilmiştir. Proje bazında çözü ve atkı ipliklerinde Pamuk/Elastan (CO/EL), Pamuk/PBT/Elastan(CO/PBT/EL) ve Pamuk/Polyester/elastan (CO/PES/EL) içerikli iplikler üretilmiştir. Creora firması tarafından üretilen 78 dtex ve 127 dtex elastanlar kullanılmıştır. PBT inceliği ise 56 dtex olarak sabit tutulmuştur. Tüm iplikler ring iplik makinesinde yapılmıştır.

Çalışmada 6 farklı konstrüksiyon vardır. Bu 6 farklı konstrüksiyon kendi içinde 2 çeşite ayrılmaktadır. Her konstrüksiyon PBT içeren ve içermeyen şekilde kendi arasında çeşitlenmektedir. Dokunan ham kumaşlara da en, gramaj, atkı/çözgü sıklık ve ham kopma testleri yapılmıştır. Toplamda 12 kumaş dokunup her konstrüksiyon aynı terbiye işleminden geçmiştir. Kumaş numuneleri K1 (kumaş 1), K1P (kumaş 1 pbt) gibi kodlanmıştır.

Denim içerikli, çözüleri indigo boyalı numunelerin proses adımları, spor giyim içerikli ekru, boyaya hazır kumaş proses adımlarına göre daha kısadır.

Son terbiye işlemleri yapılan numunelerin kumaş performans testleri yine Bossa işletmeleri fiziksel test laboratuvarında yapılmıştır. Üretilen numunelere; standart kalite kontrol testleri olan kumaş eni, kumaş gramajı, buhar stabilitesi, kopma kuvveti, yırtılma mukavemeti, elastikiyet, kalıcı uzama (kalıcı uzama), boyutsal kararlılık testleri yapılmıştır. Kullanılan test standartlarında ASTM ve ISO metotları kullanılmıştır.

Sonuçlar kendi içinde değerlendirilerek PBT'nin kumaş performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Özellikle PBT'nin kumaşın kalıcı uzama değerini iyileştirdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Kalıcı uzama kumaşta istenmeyen bir özelliktir. Kullanılan üründe dizde oluşan iz, potluk gibi kullanıcıyı rahatsız edebilecek sonuçlara yol açabilmektedir. PBT ise kumaşta bu kalıcı uzama değerinin düşmesini sağlamakta yani geri toplama kumaş performansını iyileştirmektedir.

Mamul gramaj ve en değerleri kullanılan core spun ve PBT içerikli numunelerde çok büyük farklılığa sebep olmamıştır.

Çözü ve atkı elastikiyet sonuçlarına baktığımızda, çoğunlukla PBT kullanılan numunelerin elastikiyetlerinin kullanılmayanlara göre daha yüksek olduğu sonucu görülmüştür.

Çözü, atkı yırtılma ve kopma mukavemet sonuçlarına göre numunelerin kullanılan PBT'ye göre herhangi bir mukavemet kaybı olmamıştır. Sonuç olarak, Polibütlen tereftalat içerikli ürünlerin kumaşın performansını özellikle kalıcı uzama yönünden iyileştirdiği, mukavemet yönünden herhangi bir problem görülmediği anlaşılmıştır.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca birçok konuda bilgilerini ve tecrübelerini bana aktaran, çalışmalarım sırasında her konuda yardımcı olan, tezimin şekillenmesinde fikirleriyle destek veren danışman hocam Prof. Dr. Nihat ÇELİK'e,

Tez çalışmamda kullandığım numune ipliklerin üretiminde gerekli desteği veren Bossa İplik İşletmeleri' ndeki tüm çalışma arkadaşlarıma, numunelerimin dokunmasını hızlandıran Dokuma İşletmeleri'ndeki arkadaşlarıma, terbiye aşamasındaki yönlendirmelerimi dikkate alan Proses Geliştirme çalışanlarına,

Tezimin deneysel kısmındaki testlerin yapılmasını sağlayan İplik Kalite Kontrol Laboratuvarı çalışanlarına, başta genel müdürümüz Sn. Onur DURU olmak üzere tüm ARGE müdür kadrosuna,

Çalışmam sırasında desteklerini esirgemeyen Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölüm hocalarıma,

Her zaman yanımda olan aileme,

Teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZ .....	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET .....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER .....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XII
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Özlü İplik Üretimi.....	4
1.1.1. Pamuk Lifleri.....	7
1.1.2. Elastan Lifleri .....	8
1.1.2.1. Elastan Liflerinin Genel Özellikleri.....	12
1.1.3. PBT Lifleri.....	15
1.1.3.1. PBT'nin Üretim Yöntemleri.....	17
1.1.3.2. PBT'den Lif Çekimi .....	18
1.1.3.3. PBT'nin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	19
1.1.3.4. PBT 'nin Kullanım Alanları .....	24
1.2. Çalışmanın Önemi ve Amacı .....	25
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	29
3. MATERYAL VE METOD.....	37
3.1. Materyal.....	37
3.1.1. Numunelerin Kodlanması.....	39
3.2. Metod .....	42
3.2.1. İpliklerin Üretim Yöntemleri.....	42
3.2.2. Uygulanan Ham Kumaş Testleri .....	45
3.2.3. Terbiye İşlemleri .....	46

3.2.4. Mamul Kumaşlara Uygulanan Performans Testleri .....	46
3.2.4.1. En.....	47
3.2.4.2. Gramaj Testi .....	47
3.2.4.3. Kopma Mukavemet Testi .....	47
3.2.4.4. Yırtılma Mukavemet Testi.....	48
3.2.4.5. Elastikiyet ve Kalıcı uzama (Kalıcı Uzama) .....	49
3.2.4.6. Boyutsal Kararlılık .....	51
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	53
4.1. Sonuçların Değerlendirilmesi .....	54
4.1.1. Gramaj Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	54
4.1.2. Elastikiyet ve Kalıcı uzama Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	56
4.1.4. Yırtılma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	60
4.1.5. Kopma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	63
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	69
KAYNAKLAR .....	71
ÖZGEÇMİŞ .....	75
EKLER.....	76

## ÇİZELGELER DİZİNİ

## SAYFA

Çizelge 1.1. Elastan Liflerinin Önemli Fiziksel Özellikleri.....	12
Çizelge 1.2. Elastan liflerinin Kimyasal Özellikleri .....	14
Çizelge 1.3. PBT'nin Genel Özellikleri .....	22
Çizelge 1.4. Çeşitli polimerlerin yalıtkanlık değerleri .....	23
Çizelge 1.5. PBT filamentinin diğer filamentlerle kıyaslaması .....	24
Çizelge 3.1. Testlerde Kullanılan Kumaşlara Ait İpliklerin Özellikleri .....	38
Çizelge 3.2. Testlerde Kullanılan Kumaş Özellikleri .....	40
Çizelge 3.3. Numunelerin Gruplandırılması .....	41
Çizelge 3.4. Mamul Kumaşa Uygulanan Test Metotları ve Birimleri .....	41
Çizelge 3.5. PBT ve elastan içerikli özlü iplikler için çalışma şartları .....	45
Çizelge 3.6. Numunelerin terbiye prosesleri.....	46
Çizelge 4.1. Ham Test Sonuçları .....	53
Çizelge 4.2. Mamul Test Sonuçları.....	54
Çizelge 4.3. Mamul Gramaj ANOVA Sonuçları .....	56
Çizelge 4.4. Mamul Yıkamalı Elastikiyet ve Kalıcı Uzama Test Sonuçları.....	56
Çizelge 4.5. Mamul Elastikiyet ANOVA Sonuçları .....	58
Çizelge 4.6. Mamul Kalıcı Uzama ANOVA Sonuçları .....	59
Çizelge 4.7. Mamul Çözümlü ve Atkı Yırtılma Test Sonuçları.....	60
Çizelge 4.8. Mamul Çözümlü Yırtılma ANOVA Sonuçları .....	62
Çizelge 4.9. Mamul Atkı Yırtılma ANOVA Sonuçları.....	63
Çizelge 4.10. Mamul Çözümlü ve Atkı Kopma Test Sonuçları.....	64
Çizelge 4.11. Mamul Çözümlü Kopma ANOVA Sonuçları .....	65
Çizelge 4.12. Mamul Atkı Kopma ANOVA Sonuçları .....	67



## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 1.1.	Üç Bileşenli Özlü İplik Oluşumu .....	4
Şekil 1.2.	Özlü İplik Yapısı .....	5
Şekil 1.3.	Ring Makinesinde Özlü İplik Üretim Prensibi.....	7
Şekil 1.4.	Lycra® Logosu .....	9
Şekil 1.5.	Elastan lifine ait kesit görüntüsü .....	10
Şekil 1.6.	Elastik elyafta uzama ve esnekliğin gösterilmesi.....	13
Şekil 1.7.	PBT kimyasal formülü .....	16
Şekil 1.8.	DMT ve BDO'nun transesterifikasyon reaksiyonu.....	17
Şekil 1.9.	PBT sentezlemek için polikondenzasyon reaksiyonu .....	17
Şekil 1.10.	TPA ve BDO'dan PBT sentezi adımları.....	18
Şekil 1.11.	PBT kristal yapısı.....	21
Şekil 3.1.	Ring İplik Makinesinde çekim sistemi ve özlü iplik aparatı .....	42
Şekil 3.2.	Ring Makinesinde PBT ve elastan özlü iplik üretim prensibi.....	44
Şekil 4.1.	Mamul Gramaj Grafik Analizi .....	55
Şekil 4.2.	Mamul Elastikiyet Grafik Analizi .....	57
Şekil 4.3.	Mamul Kalıcı Uzama Grafik Analizi.....	58
Şekil 4.4.	Mamul Çözümlü Yırtılma Grafik Analizi .....	61
Şekil 4.5.	Mamul Atkı Yırtılma Grafik Analiz.....	62
Şekil 4.6.	Mamul Çözümlü Kopma Grafik Analizi.....	64
Şekil 4.7.	Mamul Atkı Kopma Grafik Analizi .....	66



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Ne	: Bir libre (453,6 gr) ağırlıktaki iplik örneğinin hank olarak uzunluğudur.
CO	: Pamuk elyafının İngilizce Cotton kelimesinden gelen kısaltması
PES	: Polyester elyafının Poly-Ester kelimesinden gelen kısaltması
PBT	: Poli-Bütilen Tereftalat
PET	: Poli-Etilen Tereftalat
PA	: Poli-Amid sentetik elyafının tekstil literatüründeki kısaltması
PAN	: Poli-Akrilo-Nitril sentetik elyafının tekstil literatüründeki kısaltması
PC	: Poly-Carbonate
EL	: Elastan
T400®	: İnvista firmasının tescilli elastan ipliği
°C	: Santigrat derece
ABS	: Akrlonitril Bütadien Stiren
CE	: Cam Elyaf, İngilizce tanımı Glass Fiber kısaltması ise GF'dir.
DMT	: Dimetil tereftalat
BDO	: Bütan diol
THF	: Tetrahidroturan
PTA	: Saflaştırılmış Tereftalik asit
TPA	: Tereftalik asit
MPa	: Bir basınç birimidir. MegaPascal'ın kısaltmasıdır. Bir milyon Pascal'a eşit olan bu basınç birimi mekanik basınçların belirtilmesinde kullanılır. ( $=10^6 \text{ N/m}^2$ )
Ohm.cm	: Bir iletkenin birim uzunluk ve birim kesitteki parçasının, elektrik akımına karşı göstermiş olduğu dirençtir. Özdirenç birimidir.
ASTM	: American Society for Testing of Materials (Amerika Malzeme Testleri Standart Kurumu)



## 1. GİRİŞ

Tekstil, her türlü elyaftan yüzey elde etme sanatı ve teknolojisidir. Türk tekstil sektörü, elyaftan başlayıp, geniş ve güçlü bir üretim yelpazesine ve kapasiteye sahiptir. Türkiye, AB'nin tekstil sektöründeki payı olarak birinci, konfeksiyonda ikinci, dünyanın ise yedinci büyük hazır giyim tedarikçisi konumundadır. Türk tekstil sektörünün rekabet gücü moda/marka, eğitim ve teknoloji ile sağlanabilecektir.

Dünyanın geçmişten gelen sanayii dallarından biri olan tekstil sektörü, gerek ihracat, katma değer ve gerekse üretim süreci bakımından gelişmekte olan ülkelerin ekonomik kalkınmasında öncü sektörlerden biridir. Tekstil endüstrisinde yeni ürünlerin elde edilebilmesi amacıyla, değişik yapı ve özelliklerde lifler kullanılarak farklı tekniklerle, farklı yapılarda ipliklerin üretilmesi çalışmaları günümüzde devam etmektedir.

Yeni teknolojilerin gelişmesiyle üretilen tekstil ürünleri de farklı özelliklere sahip olmuştur. Kullanıcıların ürünlerden beklediği yüksek performans (kullanım dayanımı, rahatlık) özelliklerinin sağlanabilmesi için ipliklerde de yenilik arayışı başlamıştır. Son yıllarda, insanların tekstil ürünlerine karşı bakış açıları ve bu ürünlerden beklentileri değişim göstermeye başlamıştır. Göze güzel görünen aynı zamanda kullanım rahatlığı sağlayan, istenen birçok fonksiyonelliği bünyesinde barındıran ürünlere yönelim artmıştır. Bunun sonucu olarak da, farklı üretim yöntemlerinin yanı sıra, çok farklı performans özelliklerine sahip yeni elyaf türleri ve karışımları oluşturulmaya başlanmıştır.

Günümüzde, farklı özelliklerdeki elyaf türlerinden çeşitli oranlarda karışımlar yapılarak, mukavemet, elastikiyet, kalıcı uzama, haslık gibi birçok fonksiyonelliği bünyesinde barındıran ürünler elde edilebilmektedir. Zamanla doğal liflere ek olarak tüketicilerin farklı taleplerine yanıt vermek üzere doğal veya yapay sentetik polimerlerden elde edilerek oluşan yapay lifler üretilmeye başlamıştır. Yapay lifler, suni (rejenere) ve sentetik olmak üzere iki gruba ayrılır ve tüketilen

tüm lif miktarının %40'ından fazlasını oluşturmaktadır. Suni liflerden bazıları, rayon, floş, modal, viskoz, kazein olarak sayılabilir. Sentetik lifler olarak kabul edilen en önemli polimerler ise poliester, poliamid ve poliakrilonitrildir. Elastik ve aynı zamanda yüksek performanslı polyester liflerin tekstil ürünlerinde kullanılması, tekstil ürünlerine çeşitli fonksiyonellikler kazandırmak açısından önemli bir yere sahiptir (Başer, 2003; Broadbent, 2001).

Bir elastik lif demeti ya da filament, esnek olmayan farklı türden kesikli liflerin harmanlanması sonucu elde edilen yapının, çevresine sarılmasıyla tamamen kaplanabilmektedir. Bu şekilde elde edilen ipliklere özlü iplikler denilmektedir. Özlü ipliklerden elde edilen ürünler, karışım yapılan lifin karakteristik özelliklerini gösterir. Bu ipliklerin kullanıldığı ürünler esneme ve yeniden eski halini alma avantajına da sahip olmaktadır. Bu sebeple, özlü ipliklerde, kaplama (manto) kısmı farklı özelliklerdeki liflerin harmanlanması ile elde edilecek ise, ipliğin kullanım alanına uygun olan lif türleri seçilmelidir.

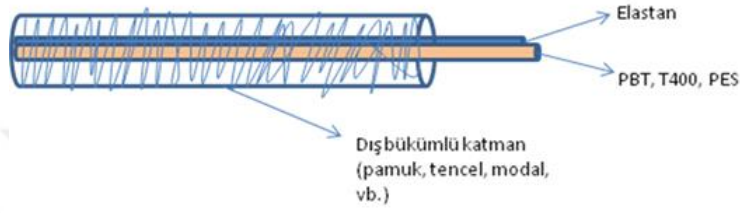
Son yıllarda elastik özellikli denim üretiminde elastan lifleri oldukça büyük yer kaplamaktadır. Elastan lifleri, şapnel lif ile birlikte kullanılarak özlü iplik üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Elastanlı denim üretiminde, atkıda (%10-35) elastan içeren iplikler kullanarak tüketici hedeflerine ulaşmak mümkündür. Denim üreticileri elastan içerikli ürünlerin çoğunluğunda atkıda özlü elastan kullanmaktadır. Sadece atkı yönünde değil çözüde de özlü elastan iplik ile üretilen denim ürünler de bulunmaktadır. Atkı yönünde özlü elastan kullanılıp, çözüde son zamanlarda yeni jenerasyon poliester lifleri (bikomponent lifler, PBT-polibütlen teraftalat gibi) piyasaya sürmüşlerdir. Filament formundaki Poliester lifleri denimde bazı avantajları nedeniyle tercih edilebilmektedir. Örnek verecek olursak; mukavemet özellikleri(ağartma ve yıkamada uygulanan resin ve benzeri kimyasal işlemlere karşı dayanıklı olması),elastan filamentine kıyasla daha düşük elastikiyet ve daha iyi geri toplama özelliği, özlü ya da çıplak formda değerlendirilebilmesi, finish işlemlerinin rahat uygulanabilirliği ve düşük çekme değerlerine ulaşılabilmesidir. Piyasada

bulunan poliester liflerinin denimde kullanımının artması, sağladığı performans özellikleri nedeni ile ilişkilendirilebilir.

Bu tez çalışmasında, pamuk/elastan karışımlı standart bir üründen yola çıkarak, müşterinin talebi doğrultusunda performanslı ürün elde etmek amacıyla, Pamuk/PBT/Elastan içerikli iplikler üretilerek yeni numuneler geliştirilmiştir. Elastanlı (tek özlü) iplik üretimi yapan bir ring iplik eğirme makinesine bazı aparatlar eklenerek, PBT (polibütilen tereftalat) ve elastan içerikli çift özlü iplik üretilmiştir. Üretim esnasında iplik lineer yoğunluğu da değiştirilmiş ve farklı lineer yoğunluklarda PBT'li iplikler elde edilmiştir. 3/1 Z dimi doku yapısında sabit olmak üzere, farklı yapısal parametrelerde (farklı tarak numarası, tarak eni, atkı ve çözgü numarası, çözgü ve atkı sıklığı, farklı mamul en değerlerinde) ve farklı terbiye prosesleri uygulanarak üretilmiş kumaşların, elastikiyet, kalıcı uzama, mukavemet, gramaj, çözgü ve atkı çekmeleri gibi fiziksel performans özelliklerinin nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Çözgüde ve atkıda PBT kullanılarak, elastikiyet ve kalıcı uzama (kumaşın geri toplanması) özellikleri bakımından kumaş performansının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Kıyaslama bakımından temelde aynı niteliklere sahip PBT içermeyen ancak aynı proseslerin uygulandığı kumaşlar ile bire bir karşılaştırma yapılarak iyileşme veya değişim seviyeleri incelenmiştir. Ayrıca, ISO Standartları kapsamında sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Çeşitli lineer yoğunlukta üretilen PBT karışımlı ipliklerin farklı konstrüksiyonlarda denenmesiyle nihai kumaştaki fiziksel özellikleri analiz edilmiştir.

Piyasadaki isimleri DUAL CORE ve DUAL FX olan iplikler, çift öz ve elastandan yani 3 bileşenden meydana gelir. Pamuk ipliğin merkezinde Lycra® T400® (invista firmasının markalı ipliği), PBT (elastikiyet özelliği olan modifiye PES) veya normal tipte PES kullanılmaktadır. Lycra® T400® veya PBT kullanımının iplik ve kumaş performansına göre bir farkı olmadığı Bossa T.A.Ş. İşletmelerinde yapılan araştırma geliştirme çalışmalarıyla görülmüştür. İpliğin merkezinde invista markalı ürün kullanıldığında DUAL FX (yüksek esnekliğe sahip kumaşlar için Lycra® markasının geliştirdiği patentli ürün tanımı), invista markalı ürün kul-

lanılmadığı zaman çift özlü “DUAL CORE” iplik tanımı kullanılmaktadır. Şekil 1.1’de üç bileşen içeren iplik oluşumu gösterilmektedir. Dış katmanda pamuk, tencel veya modal gibi elyafların bulunduğu iplik yapısının merkezinde elastan ve PBT, Lycra® T400® veya PES yer alabilir.



Şekil 1.1. Üç Bileşenli Özlü İplik Oluşumu

### 1.1. Özlü İplik Üretimi

Bir kumaş ya da iplik yapısında yapay lif varlığı; uzun kullanım, mukavemet, boyutsal stabilite gibi fonksiyonel özellikler açısından tercih edilse de, sağlık ve tuşe özellikleri açısından doğal lifler kullanıcılar tarafından rağbet görmektedir. Bu durum, harmandan başlayarak doğal-yapay elyaf karışımli iplik üretimine alternatif bir yapının araştırılmasına neden olmuştur. Araştırmalar, 1970 sonrası tekstilde ürün çeşitliliğinin arttığını ve bu genişlemeyle birlikte özlü ipliklerin de kullanıldığını göstermektedir (Yeşilkütük, 2000).

Özlü iplikler, aynı merkezli iki lif demet yapısından meydana gelmektedir. Bu lif demetlerinden birincisi, ipliğe fonksiyonellik kazandırmak amacıyla kullanılan ve iplik merkezinde var olan öz, diğeri ise çoğunlukla konfor özelliğinden dolayı kullanılan ve özü kaplayan (sargı) tabakasıdır. Özlü iplik yapısında yer alan merkez ve sargı elyafı olarak çeşitli lif demetleri kullanılabilir. Özlü iplikleri çeşitli üretim teknikleri ile üretmek mümkündür (Babaarslan,2001).

Özlü iplikler tek veya çift elastan bileşenli olabilir. Tez çalışmasında her iki yöntemle de üretilen iplikler kullanılmıştır. Her iki özlü iplik yapısında da dış katman pamuk elyafı olarak sabittir. İki bileşenli özlü ipliğin öz kısmı elastan, üç

bileşenli özlü ipliğin öz kısmı ise elastan ve PBT'den oluşmaktadır. Elastan lifleri ile PBT (polibütilen tereftalat) gibi filament liflerin sisteme birlikte beslenebilmesi için üzerinde modifikasyon çalışmaları yapılan ve günümüzde çokça kullanılan yöntem (core spun)özlü iplik üretim yöntemidir.Şekil1.2'de özlü iplik yapısındaki dış katmanın (pamuk, modal, tencel vb. olabilir) iç katmanda bulunan materyali helisel şekilde kavradığı görülmektedir (Daşan, 2013).

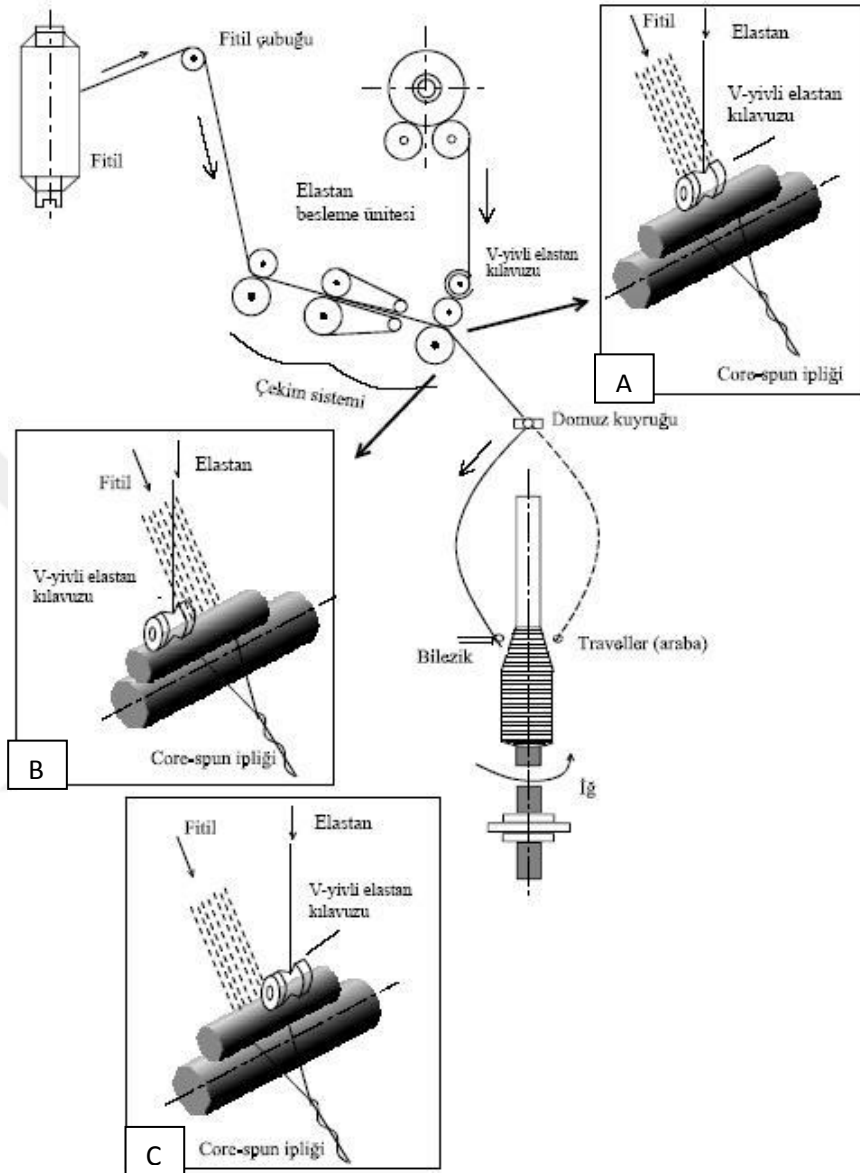


Şekil 1.2. Özlü İplik Yapısı

Elastan lifler son yıllarda özlü iplik yapısında sıkça öz olarak kullanılmaktadır. Elastan elyaf yüksek uzama yeteneğine, aynı zamanda sabit bir uzamaya kadar üzerindeki kuvvet kalktığı an deforme olmayıp, hızlı bir şekilde eski haline dönme kabiliyetine sahiptir. Elastanlı kumaşlar, vücudun duruşuna göre şekil alır ve kullanıcıya olabildiğince fazla hareket özgürlüğü sunar. Vücudu son derece iyi saran elastanlı iplik/kumaş yapıları vücut hareketliliğine alışkanlık gösterirler. Uzun ömürlü aynı zamanda mukavimdirler. Esnekliğinin sonucu olan bu özelliği, rahat ve pratik giyilen kıyafetlerin kullanımına konfor kazandırır. İnce ve ipeksi bir tutumu vardır. Ayrıca elastanlı ürünlerde diz - dirsek gibi izler oluşmamaktadır. Elastan, kullanıldığı kumaşta kırışıklık ve buruşukluğu engelleyici şekilde görev yapmaktadır. Elastan lifleri, günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Kullanım alanlarından bazıları, çoraplar, iç çamaşırı, pijama, dış giyim, spor giyim, döşemelik kumaşlar olarak sıralanabilir.

Merkezinde elastan içeren elastomerik yani özlü iplik üretimi, çeşitli iplik eğirme makinelerinin modifiye edilmeleri sonucu yapılabilmektedir. Elastomerik iplik üretimi, genel itibari ile modifiye olan vaterde ve açık uç Dref-3 özlü iplik eğirme sisteminde üretilebilmektedir (Sawhney ve ark.,1991, Sawhney ve ark.,1989,Sawhney ve ark.,1992). Özlü elastomerik iplik, öz ve manto olarak adlandırılan bileşenlerden oluşmaktadır. İplik merkezinde bulunan ve monofilament, multifilament ya da kesikli elyaftan oluşan öz ile onu saran kesikli elyaflardan var olan manto, birlikte kompozit iplik yapısını meydana getirir (Goswami ve ark., 1997). Merkezde bulunan öz tabakası, elastomerik ipliğe boyutsal stabilite ve mukavemet gibi fonksiyonel gelişmeler sağlar. Bunun yanı sıra, dış tabaka elyaflar, ipliğe konfor, estetik ve yumuşak dokunuş gibi özellikler kazandırır. Aynı zamanda yüzeydeki sentetik elyaf varlığını indirgemiş olduğundan bu liflerin meydana getirmiş olduğu boncuklanma sorunu da ortadan kaldırılmış olur (Sawhney ve ark.,1992).

Özlü iplikler sektörde, daha çok “elastanlı core iplikler” ya da “elastanlı core spun iplikler” olarak bilinmektedir. Elastanlı core iplik üretimi, çıplak elastanlı kesikli liflerden üretilen ipliğin yapısına katabilen modifiye edilmiş, standart vater makinelerinde yapılmaktadır. Şekil1.3.’te ring iplik makinesinde tek elastan özlü iplik üretim prensibi verilmiştir (Örtlek, H. G., Babaarslan, O., 2002). Şekilde A, B ve C olarak kodlanan görüntülerde, A, fitilin çekim sistemine ortadan beslendiğini, B fitilin çekim sistemine sağdan beslendiğini, C ise fitilin çekim sistemine soldan beslendiğini ifade etmektedir. Şekil 1.3’te görüldüğü üzere kısa stapel elyaflar ile elastan filament, çekim sisteminin ön silindir çiftinin kıştırma noktasında birleşmektedirler. Vater sisteminde elastanlı core ipliğinin üretilebilmesi için ring eğirme makinesi pozitif besleme silindirleri ve V-yivli likra kılavuzundan oluşan elastan besleme ünitesiyle modifiye olmuştur. Çekim sistemi ön baskı silindirinin üzerinde V-yivli elastan kılavuzu bulunur ve kılavuzla üst baskı silindiri arasındaki sürtünme sonucu tahrik edilir. Materyal Metod bölümünde Şekil 3.2.’de ring makinesinde PBT ve elastan özlü iplik üretim prensibi verilmiştir.



Şekil 1.3. Ring Makinesinde Özlü İplik Üretim Prensibi

### 1.1.1. Pamuk Lifleri

Pamuk, tekstil sektöründe önemli bir yer tutan hammaddesi selüloz olan bir doğal elyaftır. Günümüzde yaklaşık 75 ülkede pamuk yetiştirilmektedir. Pamuk lifinin uzunluğu 10 ile 60 mm arasında inceliği ise 1 ile 4 dtex arasında değişir. En

sık rastlanan uzunluklar 25 ile 30 mm arasındadır. Pamuk elyafında%100'e yakın oranda selüloz bulunduğundan, selülozun tüm kimyasal özelliklerini taşır. Derişik ve kuvvetli asitlerle sıcakta ve soğukta bozunabilir. Seyreltik bazlar pamuğa az da olsa etki eder. Ancak derişik bazlarla özel etkiler (merserizasyon) görülür. 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda elyafıta bozunma başlar, 170°C'de kısa zamanda kavrulur. Pamuk ipliğini ya da elyafını yaktığınızda yanık kağıt kokusu duyulur ve siyah, parmak arasında ezilebilen bir kül bırakır. (<http://tekstiltekstil.com/pamuk-liflerinin-fiziksel-ve-kimyasal-ozellikleri/>, Erişim: 20.10.2017)

Pamuk bitkisi, kozalı bir yapıya sahiptir. Elyaf gelişimini tamamlayıp koza şeklinde açılır, olgunlaşmış olan pamuk lifleri 4 tabakadan meydana gelir bunlar: kütikula ve mumlu tabaka, primer çeper, sekonder çeper ve lümenidir. En üstte kütikula veya mumlu tabaka adı verilen koruyucu bir yapı vardır. Çok ince olan bu zarımsı yapı elyafa dayanıklılık kazandırır ve onu dış etkilerden korumaktadır. Bu tabakaya güçlü şekilde bağlanmış olan ikinci tabakaya ise "primer çeper" adı verilir. Mikroskop altında bakıldığında bu yapının elyaf kesitine göre birbiri içine spiraller meydana getiren bir formda olduğu görülür. Sekonder çeper adı verilen üçüncü tabaka ise saf selülozik fibrillerden oluşur ve kesitte halkalar halinde üst üste yer alan tabakalardan meydana gelir. Dördüncü tabaka pamuk elyafının ortasında "Lümen" denilen, kısmen lifin kesitine benzeyen ve ince bir çizgi gibi görülen oluşumdur. Bu tabaka pamuğun olgunlaşması ile küçülmektedir. (<http://www.tekstildershanesi.com.tr/bilgi-deposu/pamuk-lifinin-fiziksel-ozellikleri.html> Erişim: 20.10.2017)

### 1.1.2. Elastan Lifleri

Tekstil sektöründe uzama olarak bilinen elastikiyet kavramı yaklaşık 400 yıl öncesinde keşfedilmiştir (Halaçeli, 2009). Elastikiyet, günümüzde belirli bir kuvvet etkisi altında uzayan ürünün tekrar eski boyutluna dönebilme yeteneği şeklinde tanımlanmaktadır. Elastikiyet, iç / dış giyim ürünlerine ek olarak ev tekstili ürünlerinde de tercih edilen özelliklerden biridir.

Tarihsel olarak elastikiyet kavramını incelemeye alırsak kumaşa kazandırdığı olumlu etkilerin anlaşılması bu süre içinde gittikçe artmaktadır. Kauçuktan üretilen filamentler 1930'lu yıllardan beri tekstil sektöründe kullanılmıştır. Fakat kauçuğun tercih edilmemesinin nedeni kauçuk ipliklerin kaba ve ağır olması, boya alımının düşük olması ve kimyasallara karşı direncinin az olmasıdır. Alternatif olarak 1930'lu yıllarda poliüretan iplikler araştırılmıştır. IG firması 1940' ta Perlon U'yu geliştirmiştir ancak elastikiyet anlamında başarılı olmamıştır. 1959'da poliüretan içerikli elastan lifi "Lycra®" adıyla Du Pont firması tarafından geliştirilmiştir (Elmalı, 2008).

Spandex lifler, Amerika Federal ticaret komisyonu tarafından, yapısında en az %85 oranda poliüretan içeren, uzun zincirli sentetik polimer olarak tanımlanmıştır. Du Pont firmasının ürettiği Lycra®, spandex lifine verilen ticari bir marka adıdır. Lycra® Logosu Şekil 1.4 'te verilmiştir (<http://www.invista.com/en/brands/lycra.html> Erişim: 27.11.2017).

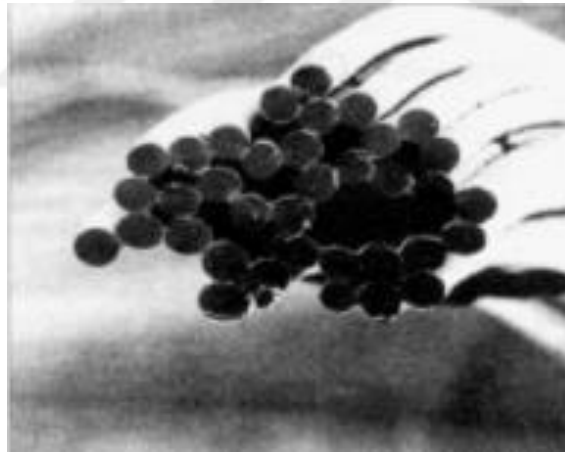


Şekil 1.4. Lycra® Logosu

Elastik yapıda olan liflere elastomer de denilmektedir, bu elyaflar kimyasal yapıları dolayısıyla belirli bir elastikiyet değerinde olan lifler olarak tanımlanmaktadır. Elastan içerikli iplik yapısında bulunan poliüretan elastomer elyafın %85 oranında amorf, %15 oranında ise kristalin yapısı bulunmaktadır. Bu iplikler Avrupa'da "Elastan", Asya ve Amerika'da ise "Spandex" olarak bilinir (Kırık, 2007; Hart, 2006). Kopma kuvveti uygulandığında yüksek uzama (yaklaşık 4-8 kat) direncinde olan ve kopma noktasına kadar gösterdiği uzamalarda hızlı bir şekilde eski formuna kavuşan liflerdir. Kauçuk ve elastan lifleri elastomerik elyaflar olarak isimlendirilmektedir (Yakartepe, 1995).

Elastanlar tekstil ürünü tasarımında tek başlarına kullanılmazlar. Elastanlardan monoya da multifilament şeklinde elastomerik iplikler yapılabilir. Bunun yanı sıra elastan, pamuk, viskon, polyester veya naylon gibi elyaflarla kaplanabilir. Elastan, mono veya multi filament olarak istenen uzunlukta üretilir. Kullanım alanına göre kesikli (stapel) formunda da yapılabilir. Piyasada 11-2600 dtex aralığında değişen inceliklerde elastan bulunabilir.

Şekil 1.5'te elastanın kesit görüntüsü yer almaktadır (DAŞAN, Y., 2013) . Elastanın mikroskop altında enine kesitleri incelendiğinde, farklılıklar görülebilir. Bu farklılık üretim yöntemlerinin farklı oluşundan kaynaklanır. Oval, dörtgen, yuvarlak gibi şekillerde kesitler olabilir. Mikroskop altında kesit görüntüsünde filamentler arası boşlukların olması elyafın multifilament yapıda olduğunu gösterir. Elastanın cinsine ve üretim yöntemine göre yoğunluğu 1.15-1.95 g/cm<sup>3</sup> arasında değişebilmektedir.



Şekil 1.5. Elastan lifine ait kesit görüntüsü

Elastanın “EL” olarak gösterilmesi ISO 1043 standardı kapsamında, Batı Avrupa sentetik elyaf üreticileri tarafından BISFA'da (Bureau International pour la Standardisation des Fibres Artificielles) yani uluslararası yapay elyafların standardizasyonu bürosunda karara bağlanmıştır. Elastanın tekstilde tek başına kullanımla-

rı sınırlıdır. Elastan lifleri çoğunlukla diğer doğal ve yapay elyaflarla farklı tekniklerle birleştirilerek kombine halde kullanılırlar. Elastomerik elyafın yanı sıra, doğal ve yapay liflere de farklı işlemler uygulanıp elastik yapı kazandırılabilir. Tekstüre yöntemi naylon ya da polyester filamentlerinin hacimli bir yapıya kavuşmasına olanak sağlar. Tekstüre yöntemiyle üretilen iplikler 3 kat oranda uzamaya sahip olurlar. (Örtlek H., Babaarslan O., 2003).

Yalnızca sentetik liflerin değil doğal elyafların da belirli seviyede elastikiyet özelliği vardır. Örneğin pamuk lifleri terbiyede merserize işlemi sonrasında kazandığı hacimle, yün ise yapısındaki doğal kıvrımlılıkla elastikiyet özelliğe sahiptir. Elyaf yapısında bikomponent lif çekimi ile de elastikiyet sağlanabilir. Lif çekimi sırasında Naylon 6.6ve Naylon 6 polimerlerinin birlikte düzelerden çekilmesi sonucu filamentin bir yanı polimer farklılığından dolayı kısalır, diğer yandan lif komponentini bünyesine çekip filamentlerin çarpıklaşarak kıvrım almasını sağlar. Bayan çoraplarında naylon orijinli bikomponent elyaf kullanılmaktadır. Bu üretim Du Pont firması tarafından yapılmaktadır.

Yukarıda anlatılan kullanım alanlarına ek olarak elastan lifleri için çok fonksiyonluluk ve gelişen teknoloji kavramı doğrultusunda yeni nitelikler kazandırılmaktadır. Du Pont firması tarafından geliştirilen Xtra Life Lycra<sup>®</sup>, Lycra<sup>®</sup> T400<sup>®</sup> ve Lycra<sup>®</sup> Body Care elyafları “look better, feel better” (daha iyi görün, daha iyi hisset) başlığıyla konfor, dayanıklılık ve dokunsal etkileri ile tüketiciyle paylaşılmıştır. Xtra Life Lycra<sup>®</sup>, özellikli ürün daha çok yüzücü kıyafetlerinde, uzun süreli kullanım rahatlığı, büzülmemeye, potluk yapmama ve havuz kimyasallarına karşı yüksek direnç sebebiyle öne çıkmaktadır. Lycra<sup>®</sup> T400<sup>®</sup> ürüne model ve görünüm açısından esneklik ve hareket avantajı sağlaması ile giyim performansı ile yeni bir pazar meydana getirmiştir. Lycra<sup>®</sup> T400<sup>®</sup> aynı zamanda hafifliği, dokunsallığı, klor karşı direnci, çekmezliği ve yırtılma mukavemetiyle nem transferini ve konforu aynı anda sunmaktadır. Özellikle denim kumaşlarında kullanılmaya başlayan ürün, rahatlık, özgürlük enerji kavramları ile lanse edilmektedir. Lycra<sup>®</sup> Body Care elyafi beden, ruh ve zihin dengesini vurgulayan “iyi görün iyi hisset” konseptiyle pazar-

lanmaktadır. Lycra® Body Care konsepti, nem dengesi, tazelik, masaj ve daha fazlası için kozmetikten, doğal ve sentetik kaynaklardan yararlanarak tüketiciye özel hammadde ve kumaş yenilikleri sunmaktadır (Halaçeli, 2009).

### 1.1.2.1. Elastan Liflerinin Genel Özellikleri

Elastan lifinin fiziksel özellikleri Çizelge 1.1’de verilmiştir. Elastan lifinin mukavemet, uzama ve mikroskop altındaki görüntüsü yönünden detaylı bilgileri bu çizelgede yer almaktadır (Yakartepe Z., Yakartepe M., 1995).

Elastanın yumuşama sıcaklık derecesi 150-200 °C, erime sıcaklığı ise 230-290 °C değerlerindedir. Yumuşama riski dolayısıyla ütüleme sıcaklığı 150 °C yi aşmamalıdır. Elastanın yanması eriyerek, kimyasal bir koku bırakarak ve is çıkarmadan gerçekleşir. Isı iletkenliğinin zayıf olması nedeniyle izolasyonda tercih edilebilir bir maddedir. Elektrik direnci orta seviyelerde olduğundan çoğunlukla kuru ortamlarda statik elektriklenme görülebilir.

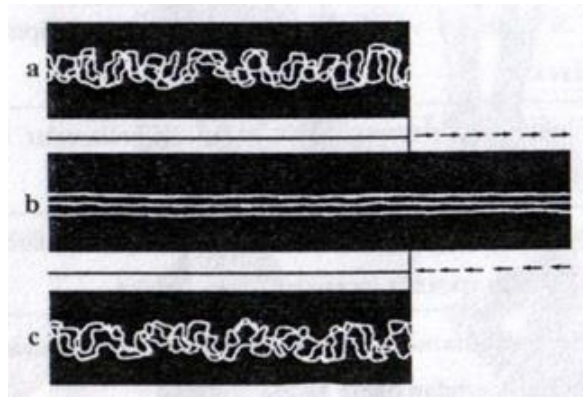
Çizelge 1.1. Elastan Liflerinin Önemli Fiziksel Özellikleri

Kriterler	Elastan Liflerinin Fiziksel Özellikleri
<b>Mikroskop görüntüsü</b>	Çoğunlukla pürüzsüz bir yüzeye sahiptir. Enine kesiti yuvarlak veya dikdörtgen şeklinde olabilir. Genellikle yuvarlak kesitlidir.
<b>Uzunluk</b>	Birçok farklı uzunlukta üretilebilir.
<b>İncelik</b>	Talep edilen inceliğe göre üretilebilir. Çok ince ya da kalın alternatiflere sahiptir. 25 ile 200 dtex arasında üretim yapılabilir.
<b>Renk</b>	Beyaz, siyah ya da şeffaf renkte olabilir.
<b>Parlaklık</b>	Saydamdır. Çoğunlukla mat ya da az parlaktır.
<b>Mukavemet</b>	Diğer sentetik liflere kıyasla daha mukavemetsizdir. Mukavemet değeri 0,5-1,5 g/denye arasında olabilir.
<b>Uzama Elastikiyeti</b>	Elastikiyeti son derece başarılıdır. Bu ürünün esas karakteristiğidir. %500’ün üzerinde uzama sağlanabilir.

Çizelge 1.2. Devamı

<b>Rezilyans (Yaylanma)</b>	Başarılıdır.
<b>Nem Alma</b>	Hidrofobik bir yapıya sahip olduğundan çok düşüktür. %65 bağıl neme sahiptir ve 20°C de %1 civarı nem alabilir. Sudan pek fazla etkilenmez.
<b>Alev alma</b>	Yavaş yanar, erir.
<b>Sıcaklık</b>	Cinsine göre sıcaklığa karşı dirençleri değişebilir. 150°C 'de sertleşmeye başlar ve 230 °C- 290 °C arasında erir. Ütüleme sıcaklığı 150 °C 'yi geçmemelidir.
<b>Statik Elektriklenme</b>	Kuru ortamlarda statik elektriklenme görülebilir
<b>Pilling</b>	Bulunmaz
<b>Yoğunluk</b>	Düşüktür. 1,24 g/m <sup>3</sup> . Polyester ve yüne göre düşüktür. Polyamide kıyasla yüksektir.

Elastik elyafta uzama ve esneklik Şekil 1.6.'da gösterilmiştir. "a" ile ifade edilen bölge; herhangi bir kuvvet ya da gerilim uygulanmayan serbest haldeki lif, "b" ile ifade edilen;-kuvvet uygulanarak gerilmiş lif, "c" ile ifade edilen bölge ise gerçekleşen kuvvetin kalkmasından sonraki lif davranış görüntüsüdür (Yakartepe, 1995).



Şekil 1.6. Elastik elyafta uzama ve esnekliğin gösterilmesi

Elastanın giysilerde kullanımı, lifin orijinal uzunluğunun 5 katına kadar genişleyebilmesi ve kuvvet kaldırıldıktan sonra da eski haline geri dönebilmesi gibi avantajlar içermektedir. İçeriğinde elastan yer alan dokuma kumaşlarda; ürün daha dökümlü, boyutsal stabilitesi yüksek, giyilen üründe potlaşmaların olmadığı, tasarlanan giyim ölçüsünün daha kalıcı olduğu, hareket serbestliğinin yanında kullanıcıya kullanım performansı veren ve üründe kalıp gibi şık bir görünüm oluşturmaktadır.

Elastan elyafının sahip olduğu kimyasal özellikler ve kimyasal etkiler sonucu gösterdiği değişimler Çizelge 1.2’de verilmiştir (Yakartepe Z., Yakartepe M., 1995).

Çizelge 1.3. Elastan liflerinin Kimyasal Özellikleri

<b>Etkenler</b>	<b>Elastan Liflerinin Kimyasal Özellikleri</b>
<b>Asitler</b>	Asitlerin çoğunda 24 saatin üzerinde kalmadıkça dirençlidir. Soğuk havada, sulu asitlerden fazla etkilenmezler.
<b>Bazlar (Alkaliiler)</b>	Çoğu baza karşı direnç gösterir. Sıcak bazlar fazla zarar verebilirler.
<b>Organik Çözgenler</b>	Çözgenlerin kuru temizleme opsiyonlarına dirençlidir.
<b>Ağartma Maddeleri</b>	Sodyum hipoklorit ile çürüme gösterebilir. Ağartma klorlu olmamalıdır.
<b>Küf ve Mantar</b>	Etkilemez.
<b>Güveler ve Böcekler</b>	Etkilemez.
<b>Işık, Atmosfer Koşulları</b>	Direnci yüksektir
<b>Boyama</b>	Polimer sistemlerinin hidroskopik ve kristalin yapısı dolayısıyla boya alımları elastan tipine göre farklılık gösterebilir. Genellikle dispers boyarmaddeler kullanılmalıdır.

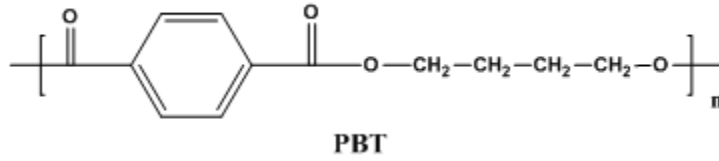
Düşük sıcaklıkta birçok kez yıkama dayanımı vardır. Terleme dirençleri iyidir. Pilling (boncuklanma) problemi bulunmaz. Hidrofobik yapıdadır. Lycra lifleri yalnızca %0,3 oranında nem çekebilir (Yakartepe, 1995).

Kauçuğun bekleme sonucu yaşlanma sorunu Lycra®'da görülmez. Lycra® bulunan ürünlerin yıkaması kaynama sıcaklığında yapılabilir ya da kuru temizleme tercih edilebilir. Giyim ürün etiketi üzerinde farklı ibareler var ise bu durum ürün içeriğindeki diğer bir hammadde, renk ya da baskı kaynaklıdır. Elastan iplik üreticilerinin birçok opsiyonu bulunmaktadır. Bu opsiyonlar lif çekim prosesinin fiziksel ve/veya kimyasal özellikler bakımından farklı olması kaynaklıdır. Elastan lifler genel olarak kuru çekim yöntemine göre üretilirler. Bu yöntemin yanı sıra elastan üretiminde yaş ve eriyikten çekim de kullanılabilir. Ancak bu yöntemle elde edilen lifler, kuru çekimle elde edilen liflere nazaran istenen özelliklerde olmaması ve kuru çekimin maliyet avantajı nedeniyle günümüzde kuru çekim yöntemi tercih edilmektedir.

### 1.1.3. PBT Lifleri

PBT, 1,4 bütülen glikol ile dimetil tereftalat veya tereftalik asidin esterleşme reaksiyonu sonucu elde edilen yarı kristal termoplastik malzemesidir. PBT, politetrametilen tereftalat ya da 4 GT (her bir tereftalat birimi arasında 4 adet metilen birimi içeren yapı) olarak da tanımlanabilmektedir. Bu polimer için kullanılan terim Politetrametilen tereftalat'tır. Ancak Polibütülen tereftalat (PBT) reçine uygulamalarında daha çok tercih edilen bir kısaltmadır. Whinfield ve Dickons zamanlarından yani 1941'den başlayan PBT 'nin geçmişi iniş çıkışlarla doludur. Bu hammadde tekstil elyafı olarak üretime sunulmuştur. Tekstil dışında yüksek kristalleşebilme oranı nedeniyle enjeksiyon kalıplama maddesi ve reçinesi olarak da sektörde yerine almıştır. Birçok farklı kullanım alanına rağmen PBT piyasada hala elyaf olarak kullanımını sürdürmektedir (Deopuno ve ark, 2008; Mc Intyre, 2005). Tekstil sektöründe kullanılabilen yapının polimerleşme sıcaklık derecesi 90°C ile 200°C değerlerinde olup kullanım yerine göre farklılaşabilir (Pişkin, 2003).

PBT'nin moleküler formülü  $(C_{12}H_{12}O_4)_n$  dir. DMT (dimetil tereftalat) ile 1,4 bütan diol (BDO)'ün birleşip polimerleşmesi sonucu oluşan polimerik malzeme olan PBT' nin kimyasal formülü Şekil 1.7'de yer almaktadır (Timur, 2013).



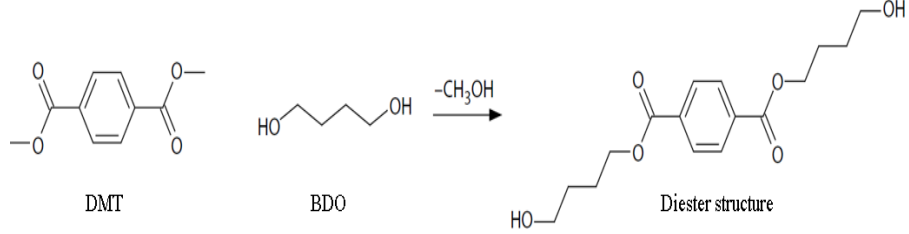
Şekil 1.7. PBT kimyasal formülü

#### 1.1.3.1. PBT'nin Üretim Yöntemleri

DMT ya da PTA ve BDO, PBT sentezinde kullanılan en önemli yapıtaşlarıdır. PBT ile polietilen tereftalat sentezlenme aşamaları benzerdir. PBT'nin sentezlenmesinde iki farklı yöntem vardır. BDO ile DMT 'nin ya da BDO ile PTA'nın polikondenzasyon reaksiyonları sonucu PBT üretimi yapılabilir.

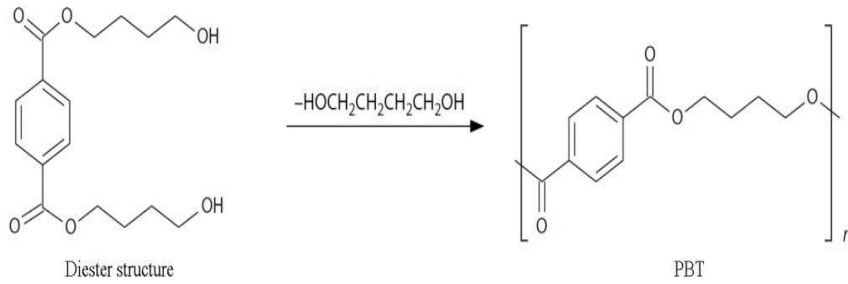
##### a) Dimetil Tereftalat Esaslı Üretim

Monomerler, başlangıçta erimiş DMT ve BDO karışımının katalizör ile iki aşamalı polimerizasyonu sırasında tepkimeye girmektedir. İşlem süresince çoğunlukla katalizör olarak tetra alkoksi titanlar değerlendirilir. İlk etabın sonunda bihidroksilbütül tereftalat oluşmayıp, hidroksil terminal grubu taşıyan PBT oligomerleri de meydana gelir. Alkol olarak isimlendirilen hidroksi-ester değişimi, PBT gibi alifatik-aromatik polyesterlerin bir kısmının endüstriyel üretiminde başrolüdür. DMT ve BDO'nun transesterifikasyon reaksiyonu aşamasında, metanol sistemden bir yan ürün olarak çıkmaktadır (Oğuz, 2017).



Şekil 1.8. DMT ve BDO'nun transesterifikasyon reaksiyonu

İkinci reaksiyon aşamasında polimer zincirlerinin molekül ağırlıkları sebebiyle eriyiğin viskozitesi ciddi ölçüde artmaktadır. Reaksiyon aşaması; diester veya ester oligomerlerinin polikondenzasyon tepkimesidir. Belirli koşullar altında polikondenzasyon reaksiyonu sırasında, PBT'nin molekül ağırlığı artar. Bu aşamada, BDO, reaksiyona devam etmek için sürekli bir yan ürün olarak sistemden çıkarılır. PBT'nin istenen molekül ağırlığı elde edildiğinde polikondenzasyon reaksiyonu tamamlanır. Şekil 1.9 'da PBT sentezlenmesi için polikondenzasyon reaksiyonunu göstermektedir (Oğuz, 2017).

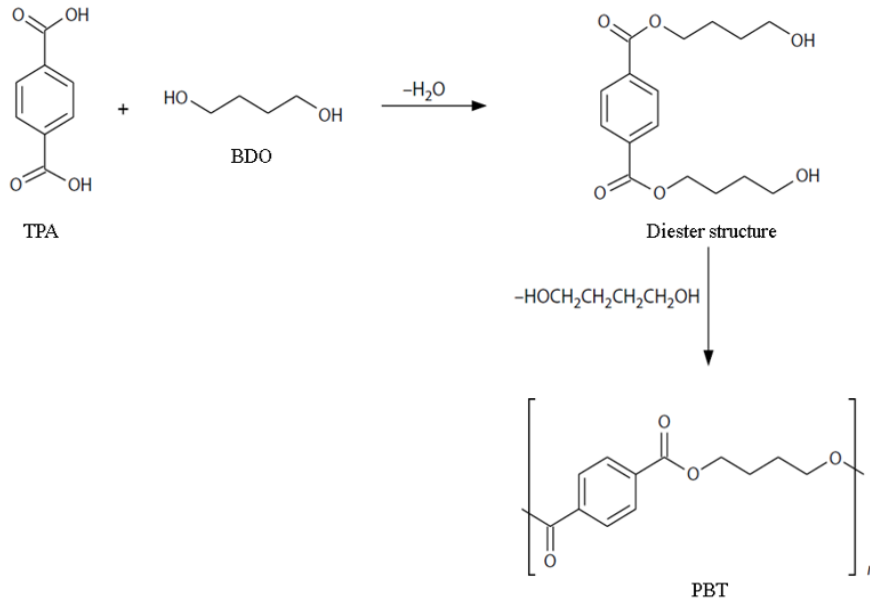


Şekil 1.9. PBT sentezlemek için polikondenzasyon reaksiyonu

### b) Saflaştırılmış Tereftalik Asit Esaslı Üretim

PBT, çoğunlukla saflaştırılmış PTA yardımıyla üretilmektedir. PTA esaslı PBT sentezlemesi metodu, DMT esaslı üretim yöntemine benzemektedir. PBT üretim yöntemlerinden biri olan PTA esaslı sentezleme, düşük hammadde tüketimi, metanol kullanımına gereksinim duyulmaması, yüksek polikondenzasyon hızı,

hammadde tedarikçilerinin yoğun olması gibi avantajlara sahiptir. Her iki PBT sentezlenmesi üretim aşamasında çeşitli yan ürünler meydana gelmektedir. Ortaya çıkan yan ürünler tetrahidrofuran (THF) ve 1,3 bütadiendir. THF, PBT sentezi süresince oluşan en etkili yan ürün olup toksiktir. Diğer PBT sentezleme yöntemi, DMT ve TPA monomerlerinin tepkimesiyle başlar. Bu reaksiyonun ilk basamağı direkt olarak esterifikasyondur. Direkt esterleşme sırasında, reaksiyon kabından su alınır. İkinci aşama, bis (4-hidroksibütül) tereftalat adlı ester oligomerden PBT üretmektir. Ester oligomer oluşumu, başlangıç monomeri olarak hem DMT hem de TPA sentez yöntemlerine çok benzerdir. Şekil 1.10'da BDO ve TPA monomerlerinin PBT sentez adımlarını gösterir (Oğuz, 2017).



Şekil 1.10. TPA ve BDO'dan PBT sentezi adımları

### 1.1.3.2. PBT'den Lif Çekimi

PBT elyaf çekim üretim yöntemleri, PET çekim üretim yöntemleriyle çok benzerdir. PBT ve PET polimerlerine ortalama  $250^{\circ}C$  ısıyla eriyikten lif çekimi uygulanmaktadır. Çekim aşamasında PBT'ye gerek çekme işlemi de geleneksel biçimde uygulanır.

Tekstil sektöründe eriyikten lif çekimi yöntemi ile üretilen elyaflar filament (kesiksiz) veya stapel (kesikli) formda farklı ürünlerde kullanılabilir. Hacimlendirilmiş sonsuz filamentler (BCF) ve stapel elyaflar halı üretiminde de çokça kullanım alanı elde etmektedir. Ancak hacimli sonsuz filament formundaki lifler halı üretiminde daha çok tercih edilmektedir. Kesikli lif üretimine göre BCF üretim yöntemi oldukça farklı tipteki ipliği rahatlıkla üretebilme konforu sağladığından yeni teknolojik makineler BCF üretimine yönelik optimize edilmektedir.

### 1.1.3.3. PBT'nin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

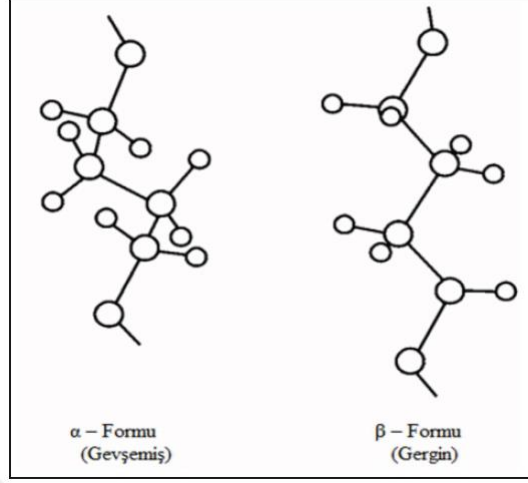
PBT, barındırdığı üstün fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle tekstil sektöründe popülaritesini arttırmaktadır. Yumuşak yapısı, ürüne yüksek elastikiyet kazandırması, atmosferik koşullarda rahatlıkla boyanabilme özelliği, çözücülere ve lekelenmeye dayanımının yüksek olması PBT lifini diğer polyester ve kimyasal bazlı elyaflardan ayırmaktadır. PBT'nin özelliklerinin kullanım alanına göre geliştirilmesi için işleme aşamasında farklı katkı maddeleri ilave edilir. Örneğin farklı stabilizörler, serbestleştirme ajanı yağlayıcı ve çekirdeklendirme ajanları ile ürün modifiye edilir. Şişirme ajanları, süngerimsi formdaki poliester üretiminde tercih edilir. Çevre koşullarına adapte olması için çeşitli stabilizörler, daha güçlü yapı için dolgu maddeleri, yanmazlık ve renklendirici boya ve pigmentler ilgili formülasyonlarda bulunur. Özel uygulamalarda kullanılan poliesterlere antistatik, optik parlaticılar ve yumuşatıcı maddeler ilave edilir.

PBT ısı karşısında yüksek sertlik, iyi dayanım gerilimi yüksek boyutsal kararlılık, kimyasallara karşı yüksek direnç, iyi gerilim-çatlama dayanımı, mükemmel akış karakteristikleri kısa işlem aşaması özellikleri ile bilinir. Dolgu maddeleri ile güçlendirilmiş formları beklendiği üzere daha yüksek mekanik dayanıklılık gösterir.

PBT lifi: ısısal bozunma direnci, sürtünme ve giyim esnasındaki aşınmalara karşı dayanım, kusursuz yüzey düzgünlüğü, uzama yeteneği, yaş uzama geri kazanımı, klorlu suda yaş boyutsal stabilite, renk haslığı ve iyi boyanabilme gibi birçok

özelliğın yanı sıra, iyi elektrik yalıtımı ve kimyasal maddelere karşı dayanım özellikleri de sergiler (Yolaçan,2006 ).

PBT gibi termoplastik lifler, neredeyse hiç kimyasal madde içermeksizin ve yaklaşık 200°C gibi sıcaklıkları içeren zor koşullarda verimli olarak performans gösterebilen liflerdir. PBT lifi, eriyikten çekilen, kesikli, monofilament, multifilament ve diğer biçimlerde, kimyasal maddelere ve yüksek sıcaklıklara dayanım göstermektedir. PBT yapısı dolayısıyla zayıf asit ve bazlara, alkollere, deterjanlara, alifatik hidrokarbonlara, ketonlara, etikel glikole (MEG), florlu hidrokarbonlara, karbon tetrakloride, oda sıcaklığındaki sıvı ve katı yağlara karşı yüksek direnç göstermektedir. PBT yarı kristalin bir polimerdir. Kristalinite yüzdesi %40 civarındadır, erime sıcaklığı ise 260°C 'dir. Kristal yapıda olan PBT'nin mekanik gerilim sonucu değişebilen  $\alpha$  – form ve  $\beta$ – form gibi iki farklı formu bulunmaktadır. Bu iki form üç eksenlidir. Polimerin  $\alpha$  – formu gevşek yapıda olup içeriğindeki C<sub>4</sub> glikol birimindeki üç C-C bağının (tetrametilen parça konformasyonu) trans-gauche-trans sıralamasında olduğu, gergin  $\beta$ – formunun içeriğindeki aynı üç bağ ise tümünün trans sıralamasında olduğu düşünölmektedir. PBT'nin içeriğindeki bu iki formdan  $\beta$ – formu yalnızca germe-çekme işleminden sonra oluşmaktadır.  $\alpha$  – ve  $\beta$  – formu arasındaki gerilim ve gevşeme esnasında dönüşüm gerçekleştirilebilmekte ve gerilim oranı %12'yi bulduğunda  $\beta$  – formu oluşmaktadır. Şekil 1.11'da PBT'nin gevşemiş ve gergin durumdaki kristal yapısı gösterilmektedir (Yıldırım ve ark, 2012).



Şekil 1.11. PBT kristal yapısı

PBT elyafları, denim, halı iplikleri, çorap, spor giyim, iç giyim, mayo gibi farklı tekstil hammaddelerinde kullanılmaktadır. PBT elyafı içeriğindeki hacim ve kıvrımlı yapısıyla, yüksek mukavemet, elastikiyet ve geri toplama gibi özellikler nedeniyle, mayoların, iç giyim tekstilinde, çorap üretiminde tercih sebebidir.

Günümüzde PBT üretimi, polimerin hammadde maliyetlerinin düşmesiyle daha çok artmıştır. PBT yalnızca tekstilde değil diğer endüstri dallarında da kullanım avantajlarına neden olmaktadır. PBT (polibütilen tereftalat), yarı aromatik yapıda bir materyaldir. PBT mühendislik elyafı tarafından geliştirilmiştir ve endüstrinin her alanında kullanılması amaçlanmıştır. PBT yüksek performanslı mukavemeti yüksek bir yarı kristal polimer malzeme olup mühendislik plastiklerinde kullanılmaktadır. PBT, sahip olduğu özellikler nedeniyle en fazla Poliamid 6 (PA 6) ile kıyaslanır. PBT, tereftalik asit ve 1,4 – bütandiol'ün transesterifikasyonu ile meydana gelir ve yoğunlaşma polimerizasyonu ile üretildiğinden, aynı zamanda yan ürün olarak su açığa çıkarır. PBT'nin genel özellikleri Çizelge 1.3' de verilmiştir (Daşan,2013).

Çizelge 1.4. PBT'nin Genel Özellikleri

<b>Fiziksel Özellikler</b>	<b>Ortalama Değer</b>
Erime Noktası	225 °C
Camsı Geçiş Sıcaklığı	50 °C
Yoğunluk	1,31 g/cm <sup>3</sup>
En Yüksek Kullanım Sıcaklığı	120-140 °C
Kısa Süreli Sıcaklık Dayanımı	200-220 °C
Kristal Oranı	%40-60
Kristalleşme Hızı	Yüksektir
Soğuma Hızı	Yüksektir
Nem Doyma Noktası	%0,2-0,5

PBT, yüksek kristal yapıda olup, kristalleşme süreci hızlı olmaktadır. PBT'nin camsı geçiş sıcaklığı ve erime noktası gibi ısısal özellikleri PA 6 'ya benzerdir ancak PA gibi higroskopik yapıda olmaması nedeniyle yapısına düşük oranda nem çeker. PBT'nin niteliğini arttıran, diğer polyester türevlerinden ayıran bazı özellikler, yüksek boyutsal kararlılık, yüksek ısı dayanıklılığı düşük nem alma ve renk devamlılığı, mükemmel sertlik ve aşınma mukavemeti, başarılı elektriksel özellikler, kimyasal dayanıklılık, yanmazlık direnci, yüksek akışkanlık, rahat işlenebilirlik ve düzgün yüzey görünümüdür. PBT'nin bu özellikleri aralıklı sıcaklık ve geniş nem aralığında koruyabilmektedir.

PBT diğer polyester türevleriyle karşılaştırılacak olursa, burada en uygunu PA olur. Çünkü aynı makinelerde üretimi yapılmaktadır. PBT higroskopik yapıda olmaması nedeniyle yapısına az miktarda nem çekmekte ve PA'da var olduğu üzere nemli ortamlarda yalıtkanlık özelliğini sürdürmektedir. Bu sebeple PBT 'li ipliklerden elde edilen ürünlerin ortam ısısına karşı yalıtım özellikleri çok iyidir. Çizelge 1.4 'te çeşitli polimerlerin yalıtkanlık değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. (Daşan,2013)

Çizelge 1.5. Çeşitli polimerlerin yalıtkanlık değerleri

Elyaf Cinsi	Yalıtkanlık Değeri (ohm.cm)
PBT	16
PET	15
PA 6.6 Kuru	16
PA 6.6. Nemli	13
PC	16
PP	12

Molekül yapısı ve erime sıcaklığı sebebiyle PBT mükemmel ısıl özelliklere sahiptir. PBT kullanım sürelerine göre farklı sıcaklık dayanımlarına sahiptir, mesela uzun süre 130°C'lerde, kısa süreli ise 220 °C'lere kadar dayanıklılık gösterir. Bu değerlere ulaşıldığında ise birlikte kullanılan liflerin ısıya karşı dayanımı çok önemlidir. Özellikle elastanlı ipliklerde kullanıldığı zaman yüksek ısılarda bozulmadan kaldığı için mevcut formun korunmasında önemli bir avantaj sağlamaktadır. PBT'nin diğer kuvvetli olduğu özelliklerinden biri de yüksek mukavemettir. PBT'nin sahip olduğu mukavemet ve sertlik özelliği kuru ortamlarda test edilen diğer bazı polimerlere göre düşükken, nemli şartlarda ise bu özellikleri daha yüksek gelmektedir. PBT, PA 6'ya kıyasla daha üstün ve daha iyi özelliklerle uygun maliyetle elde edilebilme özelliğine sahiptir. Bu özelliklerin yanı sıra PBT'nin diğer bütün polimerik ürünlerde olduğu gibi birtakım zayıf yönleri de muadilleri ile kıyaslandığında fark edilmektedir. Bu özellikler; elastana göre daha az esneklik ve proses öncesi ön kurutma ihtiyacıdır. (Daşan,2013)

PBT filamentinin diğer filamentlerle kıyaslaması Çizelge 1.6.'te yer almaktadır (Yıldırım ve ark, 2012).

Çizelge 1.6. PBT filamentinin diğer filamentlerle kıyaslaması

Filament Özellikleri	PBT	PET	PTT	PA6.6	PA6
Mukavemet	+	+(+)	+	++	++
Boyanabilirlik	+(+)	(+)	+(+)	++	++
Kıvrımlılık	++	(+)	++	+	+
Boyutsal Stabilitate/Çekme	(+)	++	(+)	+(+)	+(+)
Elastikiyet,Kuru	++	(+)	++	+	+
Elastikiyet,Yaş	++	+	++	(+)	(+)
Elastiki Geri Dönme	++	(+)	++	+	+
Klor Dayanımı	++	+	+(+)	+	+
Isıl İşlenebilirlik	-	++	+(+)	+	+
Sıcak Alkalilere Karşı Dayanım	-	++	++	++	+
- kötü/zayıf ; + vasat ; ++ iyi/güçlü					

#### 1.1.3.4. PBT ‘nin Kullanım Alanları

Anlatılan tüm özellikler sonucunda PBT oldukça geniş bir yelpazede kullanım alanına sahiptir. Özellikle darbe dayanımı yüksek olan çeşitleri otomotiv, güç tutuşur özellikte olanlar ise elektrik-elektronik sektörlerinde kullanılmaktadır.

Tekstil endüstrisinde ise, çeşitli elastomerler ile esneme özelliği kazandırılmış kumaşların, kalıcı uzama değerlerini düşürmek ve ilk günkü formunu korumak için kullanılmaktadır. Ayrıca giysilerde, diz kapağı ve dirsek bölgesinde oluşan izleri ve aşınmayı önlemektedir. Konfeksiyon sanayinde ise dikiş işleminde oluşan potlukları ortadan kaldırmak için PBT katkılı kumaşların kullanımı avantaj sağlamaktadır. Kumaş özelliklerini iyileştirilmek için PBT ile diğer polimerin alaşımları oluşturulabilir. Örneğin; parlak, daha sert ve yüksek sıcaklık mukavemeti istendiğinde PBT/PET alaşımları, esneklik, darbeye dayanım ve yüksek boyutsal kararlılık istendiğinde PBT/PC alaşımları hazırlanabilir.

Özetle PBT çok fazla tanınmamasına karşılık, sahip olduğu bazı üstün özellikleriyle mühendislikte özel bir kullanım alanına sahiptir, tüketimi diğer ürün-

lere göre hızla artmaktadır (<https://docplayer.biz.tr/2756627-Pbt-kullanimi-ve-sagladigi-avantajlar.html> , 2017).

## 1.2. Çalışmanın Önemi ve Amacı

Literatür çalışmasıyla genel olarak geçtiğimiz son birkaç yıl içinde, başarılı bir araştırmanın sonucu olarak, yeni bir poliester ipliğinin piyasaya girişi, kimyasal olarak bakıldığında bu yeni poliester ipliğinin PBT olduğunun ortaya çıkması incelenmiştir. PBT, renkli ve renksiz her iki oluşum ve özellik bakımından, PET ile benzer özellikler taşıyan, yarı kristal bir polimerdir. PBT, yüksek esneklik özelliğine sahiptir ancak elastomerik bir lif değildir. Hacimli ve yumuşak tutumlu bir lif olarak tanımlanır. Boyutsal stabilite ve yüksek sıcaklıklarda iyi performans özelliklerine sahiptir, diğer liflerle karışım halde kullanılmaya elverişlidir(<https://www.celanese.com/engineered-materials/products/celanex--pbt.aspx>, 2017).

PBT, vücutta hareket rahatlığı ve hava geçirgenliği sağlar. Denim ve spor giyim ürünlerinde esneme özelliği olan ipliklerden üretilen ürünler daha fazla rahbet görmektedir. Günümüzde kullanılan ve elastikiyet özelliği sağlayan elastanlar, giysilere istenen esnekliği kazandırsa bile, esneme değerlerinin kontrol altına alınması ve hızlı geri dönüş sağlanması noktasında yeterli değildir. Bu nedenle, özlü ipliklerde elastanla birlikte, yeni nesil polyester türevi olan PBT (polibütilen tereftalat) kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı; mevcut elastanlar sayesinde yüksek derecede esneme özelliği kazandırılan ipliklerin, esneme değerlerini belirli oranlarda sabit tutup, elastikiyet özelliğinin sürekliliğini sağlamaktır. Çünkü mevcut elastanlar ısı, sıcaklık ve yoğun kullanım gibi faktörler sonucu ilk günkü performans özelliklerini koruyamamaktadır. Zamanla esneme kabiliyetini yitirerek deforme olmakta, kalıcı uzamalar gerçekleşmekte ve bunun sonucu olarak da bu ipliklerden yapılan ürünlerde potluklar, sarkmalar ve iz oluşumları meydana gelmektedir. Ayrıca bu tip

ürünlerin meydana getirdiği tekstil malzemeleri ilk günkü formunu da uzun süre koruyamamaktadır.

Alt giyimde özellikle ön ve arka ağ bölgesindeki kumaş zamanla elastikiyet yeteneğini kaybeder. Bu sebeple, bu bölgelerde aşınmalar ve iz oluşumu gözlenir. Bu durum hem giysinin kullanım konforunu olumsuz etkilemekte, hem de giyside hoş olmayan görüntülere sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak giysinin kullanım ömrü de azalacaktır.

Tez adı olan PBT iplikte elde edilen spor giyim kumaşının farklı örgü ve konstrüksiyonlardaki fiziksel performansı, üretim yapılacak işletmenin ağırlıklı olarak denim çalışması nedeniyle tezin denim kumaşlarını da içermesine sebebiyet vermiştir. Farklı örgülerin kıyaslanması için yeterli veri bulunmadığından ilgili tezde 3/1 Z Dimi örgülü spor giyim ve denim kumaşları üzerinden gidilerek analiz yapılmıştır.

Bu çalışmada, denim ve spor giysilik kumaşlarda PBT içeren ve PBT içermeyen, 3/1 Z dimi örgüsünde sabit olmak üzere, farklı yapısal parametrelerde, farklı tarak numarası, tarak eni, atkı ve çözgü ipliği numarası, çözgü ve atkı sıklığı, farklı mamul en değerlerinde ve farklı terbiye prosesleri uygulanarak üretilmiş kumaşların, elastikiyet, kalıcı uzama, mukavemet, gramaj, kumaşta çözgü ve atkı çekmeleri gibi fiziksel performansının nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Tez çalışmasının asıl gayesi, endüstriyel koşullarda ticari olarak üretilmekte olan spor ve denim giysilik kumaşlarda PBT'nin kumaş performansına etkisinin tespit edilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Burada özellikle çözgüde veya atkıda PBT kullanılarak, elastikiyet ve kalıcı uzama özellikleri bakımından kumaş performansının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Kıyaslama bakımından temelde aynı niteliklere sahip PBT içermeyen ancak aynı proseslerin uygulandığı kumaşlar ile bire bir karşılaştırma yapılarak iyileşme veya değişim seviyesi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında ring iplik makinesinde, merkezde elastikiyet özelliği olan modifiye polyester PBT ve elastan, dış bükümlü katmanında ise pamuk elyafından oluşan üç bileşenli iplik üretilmiştir. Çeşitli iplik numaralarında üretilen PBT karışumlu ipliklerin farklı

konstrüksiyonlarda denenmesiyle nihai kumaştaki fiziksel özellikleri analiz edilmiştir. Tez çalışmasında, mevcut olumsuzlukları minimuma indirebilme düşüncesiyle elastanlı bir numuneden yola çıkılarak, pamuk/elastanlı, polyester/pamuk/elastan ve öz kısmında elastanla birlikte elastikiyet kabiliyetinin devamlılığını sağlayacak ve mukavemeti yüksek olan PBT içerikli ipliklerin kullanıldığı numuneler kıyaslanacaktır. Tüketicilere gelişen performans içerikli ürün sunmak hedefiyle, PBT ipliğin, pamuk/elastan ve pes/pamuk/elastan içerikli ipliklere göre üstünlüğü olup/olmadığı incelenecektir.





## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Önceki çalışmalarda, PBT ile özlü iplik oluşumu, PBT ipliklerin mekanik analizleri, PBT'nin özlü ipliklere sağladığı avantajlar, PBT karışımlarının boyanması, özlü iplik üretim teknikleri konularına ulaşılmıştır. Literatür taraması ile konuyla ilgili makale ve tez yayınları tespit edilmeye çalışılmıştır. Ulaşılan yayınlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Ceylan (2004), tez çalışmasında PBT liflerinin boyanma özellikleri üzerine etki eden bazı parametreleri araştırmıştır. Bu amaçla; farklı molekül büyüklüğüne sahip dispers boyarmaddeler ile farklı sıcaklık, süre ve pH değerlerinde yapılan boyama sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, boyarmadde konsantrasyonunun boyama süresi üzerine etkisi ve boyama sonrası yapılan yıkama işlemleri üzerine sıcaklığın etkisi de araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarla PBT liflerinin dispers boyarmaddelerle boyanması için optimum işlem şartları belirlenmiştir. Farklı molekül büyüklüğüne sahip boyarmaddelerle 100 °C de en uygun boyama elde edildiği görülmüştür. 100 °C'ye ulaşıncaya kadar boyarmaddelerin tamamına yakını lifler tarafından alınmasına rağmen yıkama haslığı sonuçları 100 °C sıcaklıkta boyanan numunelere göre düşük sonuçlanmıştır. Haslıkların daha iyi sonuç vermesi için boyamanın 100 °C civarında yapılması tercih edilmelidir. Orta ve küçük moleküllü dispers boyarmaddelerle 90-100 °C, büyük moleküllü dispers boyarmaddelerle 100-110 °C 'de boyama koyuluğu ve haslıkların iyi sonuçlandığı görülmüştür. Yapılan farklı konsantrasyonlardaki deney sürelerinde ise en uygun sürenin 20 dakika olduğu iyi haslık ve boyama koyuluğu sebebiyle elde edilmiştir. Boyama sonrası yapılan indirgen yıkama 50 °C 'de en iyi sonucu vermiştir. 50 °C üzerindeki indirgen yıkamalarda renk tonunun açıldığı gözlenmiştir. İdeal boyama pH değerinin ise 5 olduğu söylenebilir.

Yolaçan (2006), PBT ve PAN/PBT (poliakrilonitril/ Polibütlen tereftalat) karışım materyale ait boyanma özelliklerini, farklı yöntemler kullanılarak saptamaya çalışmış ve her bir yöntemi diğerleriyle, haslık test sonuçları ve spektrofotomet-

rik renk ölçümü sonuçları bakımından karşılaştırmıştır. Saptanan bu özelliklerle birlikte, PBT ve PAN/PBT karışım materyalin boyanmasına ait çekim özellikleri incelenmiş ve PBT materyalin termodinamik parametreleri tespit edilmiştir. PBT boyanmasında dispers, PAN/PBT materyalin boyanmasında bazik ve dispers boyarmaddeler kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, PBT materyal dispers boyarmaddeler ile atmosferik ve “HT” (yüksek sıcaklık) yöntemleri ile boyanarak renk doygunluğu açısından değerlendirilmiştir. Atmosferik boyama yöntemi standart kabul edilmiş, HT boyama yöntemiyle boyanan materyale göre atmosferik şartlarda boyanan materyalin renk doygunluğunun daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. PBT/PAN karışımının boyanmasında dispers ve bazik boyarmadde grup kombinasyonlarından yararlanılmış ve boyamalar tek ve çift banyo yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Renk veriminin Cielab (Commission Internationale de l’Eclairage) (Uluslararası aydınlatma komisyonu) değerleri incelendiğinde çift banyo yönteminde her üç boyarmadde kombinasyonu için de yüksek olduğu görülmüştür. Çift banyo yönteminde boyarmadde ve kimyasalların etkileşimlerinin olmaması bu duruma etki etmiştir. PBT’nin boyanmasına ait çekim özelliklerinin incelenmesinde atmosferik boyama yöntemi uygulanmıştır. Sıcaklık artışının dispers boyarmadde çekimini önemli ölçüde arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. PBT/PAN boyanmasına ait çekim özellikleri tek banyo yöntemiyle incelenmiştir. PBT’nin atmosferik şartta boyanmasıyla elde edilen çekim değerinin, PBT/PAN karışımının tek banyo yöntemine göre boyanmasıyla elde edilen çekim değerlerine kıyasla farklı olduğu gözlenmiştir. Boyama diagramına bağlı olarak, boyarmaddelerin çekim özelliklerinin değiştiği anlaşılmıştır.

Yıldırım ve ark (2012), yarı aromatik poliester sınıfına ait yapay bir lif olan Polibütilen tereftalatın (PBT) üretim süreci, özellikleri, kullanım yerleri ve boyanması üzerine bilgiler vermiştir. PBT materyali, PTT gibi düşük ısılarda boyanabilme ve elastikiyet özelliklerinin avantajı sebebiyle tekstil sektöründe öncelikle halı üretiminde ve diğer birçok tekstil malzemesinde kullanılmaya başlamıştır ve gitgide artan bir pazara sahip olmaktadır. PBT, sahip olduğu üstün fiziksel ve kimyasal

özellikleri sayesinde tekstil endüstrisinde giderek önem kazanmaktadır. Elastikiyet avantajı, atmosferik ortamda kolayca boyanabilme özelliği, çözücülere ve lekelenmeye karşı yüksek dayanım yeteneği PBT lifini diğer poliester ve kimyasal elyaf-lardan özelliikli kılmaktadır. Tez çalışmasında PBT, PET ve PTT ‘nin kimyasal ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Bu üç materyal elastik geri dönme bakımından incelendiğinde yüksekten düşüğe PTT-PBT-PET olarak sıralanabilir. PET’in sahip olduğu büyük molekül yapısı gerilime neden olup, uygulanan gerilim moleküle etki etmektedir. Bu sebeple en kötü elastik geri dönme özelliği PET lifine aittir. Kopma uzaması açısından değerlendirildiğinde PBT ve PET filamentleri PTT filamentle-rinden daha düşük değerlere sahiptir. PBT’nin PET ve PTT’ye kıyasla ön terbiye ve boyama özellikleri de incelenmiştir. PBT’nin sahip olduğu kristalin alanlar ne-deniyile çözücülerin ve boyanın life nüfuz etmesi PET lifine göre daha kolaydır. Ön işlem uygulanarak lifleri şişen PBT yapısı PET filamentlerin yapısından daha açıktır. Bu nedenle PET liflerine uygulanan ön işleme liflerin boya alımı artarken, ön işlem gören/görmeyen PBT liflerinin boya alımı nerdeyse aynı kalmaktadır.

Arık ve ark (2013), farklı özellikte polyester ipliklerinin mikroskopik, ter-mogravimetrik, ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Bu sebeple, PET içerikli normal polyester ipliği ve çeşitli özellikler (güç tutuşurluk, ultraviole koruyuculuk ve antibakteriyel) elde etmek için modifiye edilen polyester ve PBT iplikleri seçil-miştir. Elde edilen verilere bakıldığında, normal PET ipliği ile kıyaslanan PBT ipliğinin düşük seviyede Tdi (initial degradation temperature) (ilk bozunma sıcaklık) değerine, yüksek kömürleşme kalıntısına, düşük kopma dayanımına ve yakın yüzey özelliklerine sahip olduğu anlaşılmıştır. Modifikasyon işlemleri arasında sadece güç tutuşurluğun termal özellik üzerinde farklılığa sebep olduğu anlaşılmış-tır.

Timur (2013), PBT/PC/ABS karışım malzemesinin geri dönüşümünün me-kanik ve kimyasal özelliklere etkisini Taguchi deney tasarımına göre hazırlayarak incelemiştir. Taguchi metodu, deneylerin tasarlanmasında, ortogonal dizi olarak bilinen ve özel olarak elde edilen tablolardan faydalanmaktadır. Bu tez çalışmasın-

da, polikarbonat, polibütilen tereftalat, akrilonitril bütadien stiren malzeme karışımının geri dönüşümünde, mekanik ve kimyasal özelliklerinin araştırılması esas olarak konu edinildi. Bu çalışma kapsamında geri dönüşümü incelenen malzemeler proses atıkları olarak düşünülmektedir. Ayrıca mekanik özelliklerin karşılaştırılarak yorumlanması gereksiniminden dolayı PBT/PC/ABS-CE (cam elyaf katkılı PBT/PC/ABS) ve katkısız PBT/PC/ABS karışımı saf ve geri dönüşümlü olarak hazırlanarak tez çalışmasına dahil edilmiştir.

Daşan (2013), farklı oranlarda elastan ve PBT(Polibütilen tereftalat) içeren pamuk/tencel karışımı ipliklerin performans özelliklerini incelemiştir. Birçok alanda yoğun olarak kullanılan, farklı oranlarda elastan ve PBT içeren Ne16/1 özlü iplikler üretilmiştir. PBT'nin iplikteki fiziksel özelliklere ne gibi etki ettiğinin araştırılması ve kıyaslanması amaçlanmıştır. Özlü ipliğin manto kısmı, %67 tencel-%33pamuk 2.pasaj karışımı liflerden elde edilmiştir. Merkezde, farklı oranlarda, polyester liflerinden olan PBT ve elastan lifler kullanılmıştır. Referans olarak tencel/pamuk içeren PBT ve elastan içermeyen iplikler alınmıştır. PBT içeren core spun iplikler, elastan içeren core spun iplikler, PBT ve elastan içeren core spun iplikler kıyaslanmıştır. Test sonuçlarında tencel/pamuk karışımı core spun ipliklerde PBT oranı arttıkça mukavemetin arttığı görülmüştür. % uzama oranları PBT içeren iplikte, elastanlı core spun ipliklere göre daha düşük sonuçlanmıştır. Tencel/pamuk içeren core spun ipliklerin merkezine beslenen PBT ve elastan oranının artması % uzama değerini de arttırmıştır. Elastan ve PBT 'nin esnek yapıda olması nedeniyle beklenen bir sonuç olmuştur. Elde edilen veriler incelendiğinde PBT'nin genel olarak iplik performansını artırıcı yönde etki ettiği görülmüştür.

Çelik (2013), çeşitli tiplerdeki elastik-özlü ipliklerin ve bu ipliklerle üretilen kumaşların özelliklerinin incelenmesi çalışmasıyla, elastan ve PBT özlü pamuk mantolu özlü iplikler üretmiş ve üretilen ipliklerin fiziksel özelliklerini incelenmiştir. Elastan özlü iplikler ile birlikte karşılaştırma amacıyla %100 pamuk ipliği de ring makinesinde üretilmiştir. İplikler atkıda kullanılarak numune dokuma kumaş üretimi yapılmıştır. Atkı ve çözgü yönünde çekme testleri ve kalıcı uzama değerleri

test edilmiştir. İplikler fiziksel özellikleri bakımından incelendiğinde elastan ve PBT özlü üretilen ipliklerin değerlerinde önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Numunelerin yıkama sonrası çözgü ve atkıdaki uzama değerleri kıyaslandığında atkıda PBT'nin çıplak formda kullanıldığı kumaşların uzama sonuçları, pamuk mantolu PBT özlü ipliklerin kullanıldığı kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Kalıcı uzama değerlerinde belirgin bir fark gözlenmemiş, elastan içerikli kumaşlarda çekmenin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Yıldırım (2015), tez çalışmasında, atmosferik ortamda kolay boyanabilen ve elastikiyet özelliği olan PTT ve PBT liflerinin konvansiyonel ve yeni yöntemler kullanılarak boyanmalarını araştırmıştır. Boyamalarda, konvansiyonel yöntemler dışında mikrodalga enerjisi, ultrasonik banyo ve ultrasonik homojenizer kullanımı da analiz edilmiştir. Bu yöntemlerin kumaşların mukavemet ve elastikiyet özelliklerine etkileri de araştırılmıştır. Boyamalar sonucu elde edilen renk, mukavemet, haslık ve elastikiyet değerleri kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda, PTT ve PBT için yapılan tüm boyamalarda, en iyi boya alımı ve renk verimi konvansiyonel ve ultrasonik homojenizer destekli boyamalar ile elde edilmiştir. Tüm konvansiyonel ve ultrasonik homojenizer destekli boyama metotları ile PTT ve PBT içerikli kumaşların, mukavemet ve elastikiyet performansı üzerinde olumsuz etkisi olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca tüm boyamalara ait haslık değerleri birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

Kadoğlu ve ark (2016), tarafından yapılan çalışmada, merkezde pamuk, Pamuk/PBT ve farklı çekimlerde Pamuk/elastanlı core spun iplikler üretilmiştir. 1/3 Z Twill örgüde, çözgü 59 Tex %100 CO, atkı ipliği olarak 30 Tex CO, 30 Tex core spun ipliği kullanılarak üretildi. PBT'li kumaş 100°C 'de elastikiyet kazanması için 30 dk yıkandı. Dokunmuş kumaşların ağırlığı, uzaması, boyutsal stabilitesi, hava geçirgenliği, termal iletkenliği test edildi ve istatistiksel olarak değerlendirildi. Sonuçlara göre PBT içeren kumaşlar ve elastan filamentleri benzer uzama ve çekme değerlerine sahiptir. PBT filament ipliklerinin düşük gramajlı yüksek elastikiyetli ürün üretmek için büyük potansiyele sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Karagöz (2017), tez kapsamında pamuk, tencel, modal ve viskon liflerini çözgü ipliği olarak, karde ile konvansiyonel iplik, elastanlı tek özlü iplik ve çift özlü (PBT esaslı) yapıda atkı ipliği kullanmıştır. Çözgü iplikleri Ne 20/1, atkı iplikleri ise Ne 10/1 numaralarda üretilmiştir. Toplamda 12 adet numune üretilmiştir. Her çözgü grubunda atkı ipliklerinin kopma mukavemetlerine etkisi incelendiğinde elastan özlü ve çift özlü (dual core) atkılı kumaşlar yüksek kopma dayanımına sahip olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni elastan ve PBT'nin yüksek kopma dayanımına sahip olmasıdır. Yırtılma mukavemeti açısından PBT esaslı atkı iplikleriyle üretilen kumaşların yüksek yırtılma mukavemetine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Cingöz (2018), doktora tezinde, elastan numarası, atkı ipliği inceliği, kompozisyonu, tarak numarasının, kalıcı uzama, elastikiyet, kopma ve yırtılma mukavemeti, çekme uzama direncine etkisini incelemiştir. Numunelerde pamuk/elastan, pamuk/T400®/elastan, pamuk/PBT/elastan, pamuk/sustans<sup>TM</sup>/elastan olarak atkıda kullanılmak üzere iplikler üretilmiştir. Numunelerde atkı ipliği Ne18/1 ve Ne16.5/1 numaralarda, elastan 78 ve 117 dtex, tarak numarası 60/4 ve 70/4 olmak üzere 32 farklı üretim yapılmıştır. Enzim yıkama yapılan kumaşlarda kalıcı uzama, elastikiyet, %40 esnemedeki uzama direnci, çekme değerleri ve kopma yırtılma mukavemeti ölçülmüştür. Test sonucundaki sayısal değerlere SPSS ile çeşitli analizler yapılmıştır. Elde edilen değerlerle regrasyon analizi yapıp eşitlikler geliştirilmiştir. Yeni geliştirilen kumaşların parametreler doğrultusunda kalıcı uzama, elastikiyet, %40 esnemedeki uzama direnci, çekme değerleri ve kopma yırtılma mukavemeti öngörülebilecektir. Böylece kısa sürede istenen özellikte ürünlerin pazara sunum sürecinde iyileştirme elde edilecektir. Atkı ipliği pamuk/elastan olan numunelerin yıkama sonrası atkı elastikiyetlerinin pamuk/PBT/elastan, pamuk/sustans<sup>TM</sup>/elastan ve pamuk/T400® /elastan olanlardan anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmüştür. Atkı ipliği pamuk/elastan numunelerin yıkama sonrası kalıcı uzama değerlerinin pamuk/PBT/elastan, pamuk/sustans<sup>TM</sup>/elastan ve pamuk/T400® /elastan olanlardan

yüksek olduğu saptamıştır. PBT, T400 içerikli iplikteki elastana göre core spun iplikte elastan daha serbest bulunduğundan pamuk/elastan numunede kalıcı uzama değeri yüksek çıkmaktadır.

Biterge (2019), tez çalışmasında elastan özlü ipliklerden üretilmiş denim kumaşların performans özelliklerinin incelenmesini amaçlamıştır. Bu amaçla %100 pamuk olacak şekilde 4 farklı elastan çekim oranında (3.07, 3.33, 3.63, 3.99) Ne 20/1 elastan öz içerikli iplikler üretilmiştir. Bu iplikler 3/1 dimi ve 2/2 dimi örgülerle ve 3 farklı atkı sıklığıyla (21 tel/cm, 25tel/cm, 29 tel/cm) toplamda 24 adet denim kumaş üretilmiştir. Tüm numunelerin çözgü yönünde Ne16/1 çif özlü %100 pamuk (55dtex PBT 44 dtex ea) kullanılmıştır. Örgü, atkı sıklığı, elastan besleme oranı parametrelerinin çift yönlü kumaş performans özelliklerine etkisi incelenmiştir. Yıkama sonrası boyutsal değişim sıklık artışı ile azalmıştır. Atkı sıklığı değerleri artışıyla kopma mukavemetinde artış, yırtılma mukavemetinde düşüş görülmüştür. Doku tipi ve elastan çekim oranının etkisi saptanmamıştır. Sıklık oranı arttıkça elastikiyetin azaldığı görülmüştür. Atlama sayısının fazla olduğu 3/1 Z Dimi doku tipinde 2/2 Z dimiye göre daha yüksek elastikiyet gözlenmiştir. Elastan çekim oranının artmasına paralel olarak elastikiyet değeri de artmıştır. Kalıcı uzama değerleri incelendiğinde atkı sıklığı artışıyla atkı ve çözgü yönlü kalıcı uzamanın azaldığı gözlenmiştir. Kalıcı uzamada seçilen örgü tipinin ve elastan çekim oranının etkisine rastlanmamıştır.



### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında farklı konstrüksiyonlarda PBT'li ipliğin kumaş performansına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, Ne 8, 10, 12, 16 numaralı CO/PBT/EL içeren iplikler aynı zamanda Ne18 olarak CO/PES/EL içerikli iplik ring iplik makinesinde çift özlü iplik (dual core yöntemle) üretilmiştir. Bu ipliklere karşılık PBT içermeyen ring makinesinde tek özlü iplik (core spun) yöntemiyle yine Ne 8, 10, 12, 16 numaralı ipliklerin üretimi yapılmıştır. Elastan içermeyen iplikler ise Ne 7, 10, 13 numaralarda üretilerek çözümlü ve/veya atkıda kullanılmıştır. Numunelerde kıyaslama yapılacak konstrüksiyonlar sabit tutularak, PBT'li ve PBT'siz numuneler birbiriyle analiz edilmiştir. Bu sayede, mamul kumaşa elastikiyet ve recovery sağlayan polibütilen tereftalat (PBT) ipliğinin kullanımının, core spun ya da Polyester/Pamuk/EL iplik atılan numunelerle kıyaslaması yapılacaktır. Bu araştırmada 6 grup numune mevcut olup, 4 grup indigo boyalı denim, 2 grup ise çözümlü atkı ekru spor giyim numunesinden oluşmaktadır. 1 numaralı kumaş numunesi K1, PBT içerikli karşılık gelen kumaş numunesi ise K1P olarak kodlanmıştır. Numunelerin gruplandırılması Çizelge 3.3 'te verilmiştir.

PBT içerikli ipliğinin atkıda ve çözümlüde, core spun ya da PES/CO/EL ipliğinin kullanıldığı benzer konstrüksiyonlarla kıyaslaması yapılacaktır. Günümüzde özel iplik kullanımıyla kumaş performanslarının iyileştirilmesi, hem atkı hem örgü yönünden esnek model tasarımı trend olmaktadır. Kumaşlara yapılacak testler sayesinde fiziksel test sonuçları kıyaslamalı olarak analiz edilecektir. İşletmenin kendi içinde kullandığı standart test metotlarıyla veriler paylaşılacaktır.

Çalışmada hammadde olarak, spor giyim, denim kumaş üretiminde sıkça kullanılan Pamuk, Pamuk/Elastan ve Pamuk/PBT/Elastan ve Polyester/Pamuk/Elastan ipliği seçilmiştir. Pamuk karışımı numunelerde kullanılan iplikler ring eğirme yöntemiyle core spun ve ring iplik makinesinde özel bir aparat ile çekim bölgesine PBT'nin beslenmesiyle elde edilmiştir. Numunelerin örgüleri 3/1

Z olarak sabit tutulmuştur. Çizelge 3.1 'de testlerde kullanılan kumaşlara ait iplik özellikleri verilmiştir. Kullanılan tüm ipliklerin elyafı Amerikan Sawgin menşelidir ve ipliklerin tamamı Z büküm yönlüdür.

Çizelge 3.1. Testlerde Kullanılan Kumaşlara Ait İpliklerin Özellikleri

İplik (Ne)	Elyaf %'si	Büküm Oranı (T <sup>m</sup> )	Üretim Makinesi	İlave Açıklama
13/1 Pamuk	%100 CO	15,79 T <sup>m</sup>	Ring	K1-K1P-K2-K2P-K6-K6P numunelerinde çözgüde kullanılıyor
16/1 Pamuk/PBT/EL	%75CO %15,17PBT %9,83EL	18 T <sup>m</sup>	Ring makinesinde çift özlü iplik yöntemi	K1P numunesinde atkıda kullanılıyor
16/1 Pamuk/PBT/EL	%79,27CO %15,17PBT %5,56EL	18 T <sup>m</sup>	Ring makinesinde çift özlü iplik yöntemi	K2P-K6P numunelerinde atkıda kullanılıyor
16/1 Pamuk/EL	%94,26CO %5,74EL	17,46 T <sup>m</sup>	Ring-tek özlü iplik yöntemi	K2-K6 numunelerinde atkıda kullanılıyor
12/1 Pamuk/PBT/EL	%80,47CO %11,85PBT %7,68EL	15,2 T <sup>m</sup>	Ring makinesinde çift özlü iplik yöntemi	K3P numunesinde atkıda kullanılıyor
12/1 Pamuk/EL	%92,32CO %7,68EL	15,2 T <sup>m</sup>	Ring-tek özlü iplik yöntemi	K3 numunesinde atkıda kullanılıyor
10/1 Pamuk	%100CO	11,72 T <sup>m</sup>	Ring	K3-K3P numunelerinde çözgüde kullanılıyor

Çizelge 3.1 devamı

18/1 Pes/Karde/EL	%44,5PES %44,5CO %11EL	18,24 T/”	Ring makine- sinde çift özlü iplik yöntemi	K1 numunesinde atkıda kullanılıyor
8/1 Karde/EL	%97,05CO %2,95EL	12,5 T/”	Ring-tek özlü iplik yöntemi	K5 numunesinde çözüde kullanı- lıyor
8/1 Pa- muk/PBT/EL	%89CO %8,05PBT %2,95EL	12,5 T/”	Ring makine- sinde çift özlü iplik yöntemi	K5P numunesin- de çözüde kullanılıyor
7/1 Karde	%100CO	11,47 T/”	Ring	K5-K5P numune- lerinde atkıda kullanılıyor
10/1 Karde/EL	%96,4CO %3,6EL	13,90 T/”	Ring-tek özlü iplik yöntemi	K4 numunesinde çözüde kullanı- lıyor
10/1 Pa- muk/PBT/EL	%86,4CO %9,95PBT %3,65EL	13,90 T/”	Ring makine- sinde çift özlü iplik yöntemi	K4P numunesin- de çözüde kullanılıyor

Temel materyal olan bu on üç ipliğin farklı kombinasyonlarla kullanıldığı numune kumaşların özellikleri aşağıdaki gibidir. İkili gruplar halinde PBT ve PBT içermeyen konstrüksiyonların test değerleri incelenecektir. Hedeflenen gramaj değerinin farklı elastikiyet seviyelerindeki sonuçları incelenecektir.

### 3.1.1. Numunelerin Kodlanması

Numunelerin kodlanması Çizelge 3.2’de yer almaktadır. Yapılan numunelere isim verilerek tüm üretim aşamaları takip edilecektir. Aktarılan numunelerin planlaması, ipliklerin stok kontrolüyle başlayıp, stokta olmayan ipliklerin üretimi, numunenin çözgü programına alınması, çözgü hazırlık aşaması, numunenin tezgâha alınması, terbiye ve mamul kalite kontrolü süreçlerini kapsamaktadır.

Benzer konstrüksiyonlarda, farklı iplikler atılarak PBT çift özlü ipliğin numunelere etkisi araştırılmıştır. PBT 56 dtex inceliğinde sabit tutulmuştur. Numuneler Picanol tezgâhta dokunmuştur. Tezgâhta dokunan ham kumaş örneklerinden fizik laboratuvarına gönderilecek metraj ile ham kumaşın testleri de yapılacaktır.

tır. Ham kumaşa yapılacak testler; en, gramaj, ham atkı sıklık, ham kopma (ASTM 5034) değerleridir. Üretilen tüm numunelerin örgüsü 3/1 Z Dimi'dir.

Çizelge 3.2. Testlerde Kullanılan Kumaş Özellikleri

Numune Kodu	Çözü Ne	Atkı Ne	EA Dtex	Tarak No	Tarak Eni	Mekanik Atkı Sıklık (tel/cm)	Mekanik Çözü Sıklık (tel/cm)
K1	13/1-Karde	18/1 PES+K+EL	127	125/2	215	20	25
K1P	13/1-Karde	16/1 Pamuk/PBT/EL	127	125/2	215	19	25
K2	13/1-Karde	16/1 Karde/EL	78	68/4	215	20	27,2
K2P	13/1-Karde	16/1 Pamuk/PBT/EL	78	68/4	215	20	27,2
K3	10/1 Karde	12/1 Karde/EL	127	95/2	215	16,5	19
K3P	10/1 Karde	12/1 Pamuk/PBT/EL	127	95/2	215	16,5	19
K4	10/1 Karde/EL	10/1 Karde	78	68/4	175	15	27,2
K4P	10/1 Pamuk/PBT/EL	10/1 Karde	78	68/4	175	15	27,2
K5	8/1 Karde/EL	7/1 Karde	78	64/4	170	13	25,6
K5P	8/1 Pamuk/PBT/EL	7/1 Karde	78	64/4	170	13	25,6
K6	13/1-Karde	16/1 Karde/EL	78	135/2	215	20,5	27
K6P	13/1-Karde	16/1 Pamuk/PBT/EL	78	135/2	215	20,5	27

PBT'li ve PBT'siz olmak üzere 6 grup olarak toplamda on iki numune fiziksel performans bakımından tez kapsamında incelenecektir.

Numunelerin grup olarak gösterimi Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Numunelerin Gruplandırılması

Grup No	PBT'siz Numune	PBT'li Numune
1	K1	K1P
2	K2	K2P
3	K3	K3P
4	K4	K4P
5	K5	K5P
6	K6	K6P

Numuneler mamul hale getirildiğinde kumaşa yapılacak testler Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Mamul Kumaşa Uygulanan Test Metotları ve Birimleri

Test Adı	Birim	Test Standardı
Gramaj	g/m <sup>2</sup>	ASTM D 3776
En	Cm	ASTM D 3774
Atkı-Çözümlü Kopma Mukavemeti	Kg	ASTM D 5034
Atkı-Çözümlü Yırtılma Mukavemeti	Gr	ASTM D 1424
Atkı-Çözümlü Çekme	%	ISO 6330
Elastikiyet	%	ASTM D 3107
Kalıcı Uzama	%	ASTM D 3107

Mamul kumaşa yapılan test değerlerinin, müşteri şartlarında standart değeri karşılayıp karşılamadığı EK-1 'de verilen Levi's Global firmasına ait kumaş performans test sınır değerlerine göre analiz edilecektir. Bu değerler tablo ve grafiksel olarak numuneler ve gruplar arası karşılaştırılacak ve PBT ipliğin kumaşa hangi fiziksel özellikler yönünden katkı sağladığı yorumlanacaktır.

### 3.2. Metod

#### 3.2.1. İpliklerin Üretim Yöntemleri

Çalışma için tüm iplik numaralarındaki CO, CO/EL, PES/CO/EL ve CO/PBT/EL içerikli iplikler Bossa iplik işletmesinde üretilmiştir.

Özlü iplik üretimi Marzoli firmasına ait ring iplik makinesinde gerçekleştirilmiştir. Çift özlü PBT (polibütilentereftalat) ve elastan içerikli iplik üretimi için makineye ilave edilen aparatlar; PBT ve elastan kılavuzu, elastan çekim silindiri, PBT için cağlık ve kılavuzlardır. Şekil 3.1 'de ring iplik makinesindeki çekim sistemi verilmiştir (Daşan, 2013).



Şekil 3.1. Ring İplik Makinesinde çekim sistemi ve özlü iplik aparatı

İplik üretim hattında kullanılan makineler, marka ve modelleri ise şöyledir:

16/1 CO/PBT/EL iplik üretimi için penye hattında harman hallaç prosesinde kullanılan makine markaları sırasıyla; Unifloc Otomatik Balya Açıcı(Rieter A ½), Unclean Ön Temizleyici (Rieter B1), Unimix Homojen Karıştırıcı (Rieter B7/3R), ince açıcı ERM ( Rieter B5/5). Ne 0,100 Tarak makinesi Rieter C4 markadır.

Ne 0,100 şerit inceliğinde üretim yapabilen Cer Makinesi Rieter SB 52 (1.pasaj) ÖN CER MAKİNESİ, Cer (Rieter RSB D-50), Fitol ( Toyota FL 100) Ne 0,55 Karde Fitol, Vater ( Marzoli MP-TN)

Ne 16, 56 dtex PBT, 78 dtex elastan (3,8 çekim oranı),  $\alpha_e = 4,5$  büküm katsayısı ile istenen iplik üretimi gerçekleştirilmektedir. Diğer PBT'li ipliklerin elastan, PBT incelikleri ve büküm alfa değerleriyle ilgili detaylı bilgi Çizelge 3.5.'te verilmiştir. İplik eğirme sistemine PBT beslenmeyerekte core spun üretimi yapılmaktadır. Ne 8, 10, 12 ve 16 iplikler Savio Polar I-DLS Bobin makinesinde bobinlenmiştir.

Numunelerde kullanılmak üzere ring iplik makinesine Ne 16, 56 dtex PBT ve 127 dtex elastan beslenerek  $\alpha_e = 4,5$  büküm katsayısı, 3,5 elastan çekimiyle farklı elastan oranlı iplik üretilmektedir. PBT ipliğinin üretim şartlarına benzer yapıda olan 18/1 Pes/Karde/127dtex elastan iplikte siro yöntemiyle üretilmektedir. Siro yöntemiyle Ne 18 iplik,  $\alpha_e = 4,3$  büküm katsayısıyla, 127dtex elastan ile 3,5 çekim değeri verilerek üretilmiştir.

Polyester sentetik hattı; balya açıcı (Hergeth), balya açıcı (Trutzschler BO-1200), multimixer (Trutzschler MM8), ince açıcı (Trutzschler CVT), toz ayıcı (Trutzschler DX), tarak (Trutzschler Ne 0,100), cer (Rieter Ne 0,110) ve fitil (Toyota) adımlarından oluşmaktadır.

Ekru pamuk hattı ise; harman hallaç (Unifloc Rieter), harman hallaç (Uniclean Rieter), harman hallaç (Unimix Rieter), ince açıcı (Rieter ), tarak (Rieter Ne 0,100), cer (Rieter Ne 0,100) ve fitil (Toyota) adımlarından oluşmaktadır.

Özlü iplik üretmek üzere modifiye edilmiş bir ring iplik makinesinde, çekim ünitesinin görünümü Şekil 3.2'de yer almaktadır. Üretim sırasında fitil gezdirici iptal edilmiştir. PBT merkezlemesinde sıkıntı oluşmaması için PBT cağığındaki tansiyon değerleri ortalama 40 cN olarak ayarlanmıştır. PBT ve elastan klavuzlar çekim sistemine Şekil 3.2'de görüldüğü gibi monte edilmiştir (Örtlek ve Babaarslan, 2002).



Şekil 3.2. Ring Makinesinde PBT ve elastan özlü iplik üretim prensibi

Çift özlü iplik üretiminde 56 dtex PBT'ye uygulanan çekim 1,05'dir. Elastana uygulanan çekim değeri ise Ne 16/1'de 78 dtex için 3,8, 127 dtex için 3,5, Ne 10/1'de 3,8, Ne 8/1'de 3,8'tir. Ne 12/1'de 3,5'tir. Öz kısmına PBT ve elastan olmak üzere iki farklı filament beslenmiştir.

PBT İplik üretimlerindeki çalışma şartları Çizelge 3.5'te verilmiştir. Tüm PBT içerikli ipliklerin fitil numarası 0,55, PBT inceliği 56dtex, iğ devri 10000 (d/dk) ve PBT çekimi 1,05 olarak sabit tutulmuştur.

Çizelge 3.5. PBT ve elastan içerikli özlü iplikler için çalışma şartları

İplik Numarası (Ne)	PBT Dtex	ELASTAN Dtex	Büküm Katsayısı ( $\alpha_e$ )	Büküm ( $T''$ )	PBT Çekimi (-)	ELASTAN Çekimi (-)
16/1 CO/PBT/EL	56	78	4,5	18	1,05	3,8
16/1 CO/PBT/EL	56	127	4,5	18	1,05	3,5
12/1 CO/PBT/EL	56	127	4,5	15,2	1,05	3,5
10/1 CO/PBT/EL	56	78	4,3	13,9	1,05	3,8
8/1 CO/PBT/EL	56	78	4,3	12,5	1,05	3,8

İpliklerin üretim sürecinden sonra ilk gruptaki numunelerin çözüğü seri çözüğü makinesinde çekilmiştir ve picanol dokuma makinesinde dokunmuştur.

### 3.2.2. Uygulanan Ham Kumaş Testleri

Numunelerin ham testlerinin yapılması için BOSSA T.A.Ş'nin fiziksel test laboratuvarı kullanılmıştır. Ham kumaşlara uygulanacak testler; ham en, ham atkı sıklık, gramaj, ham kopma (ASTM 5034) tayinidir. Ham Kopma testi, ASTM 5034 metoduna göre, 150x100 mm ebatlarındaki numunelerin 2,5cm'lik çeneler arasında sıkıştırılarak kopma değerinin kg kuvvet (kgf) cinsinden ölçülmesiyle bulunur. Numuneler kopma anına kadar 300mm/dk hızda çekilmektedir.

Numuneler dokunduktan sonra terbiye aşamasına geldiklerinde aynı koşullarda yürütülerek PBT içerikli kumaşın PBT içermeyen mamul kumaşa göre performansı irdelenmiştir.

### 3.2.3. Terbiye İşlemleri

Numunelerin terbiye prosesleri Çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Numunelerin terbiye prosesleri

PROSES	K1-K1P	K2-K2P	K3-K3P	K4-K4P	K5-K5P	K6-K6P
Yakma	X X					
Merserize	X X	X X	X X		X X	X X
Yıkama	X X			X X		X X
Kasar					X X	X X
Asitli Yıkama	X X	X X	X X			
Asitsiz Yıkama					X X	
Kurutma				X X	X X	X X
Yakma	X X				X X	X X
Fikse				X X	X X	
Apré		X X	X X	X X	X X	X X
Sanfor				X X	X X	X X

Konstrüksiyonu eşdeğer olan her grup kendi arasında aynı prosesle yürütülmüştür. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere K1-K1P, K2-K2P, K3-K3P, K4-K4P, K5-K5P ve K6-K6P olarak numaralandırılan her grubun prosesi içerdiği iki numune için de aynıdır.

### 3.2.4. Mamul Kumaşlara Uygulanan Performans Testleri

Seçilen numuneler 6 gruba ayrılarak, her grup kendi içinde aynı konstrüksiyonun PBT içeren ve içermeyen numunelerini kapsamaktadır. Gruplar bazında kumaşların fiziksel performansları test edilmiştir. Çalışmada, hassas sonuç elde etmek amacıyla yapılan testler 3 kez tekrar edilmiştir. Bu 3 test ortalama sonuçları paylaşılmıştır.

#### 3.2.4.1. En

Kumaşların dıştan dışa eni cm cinsinden ölçülür. Metot olarak ASTM D 3774 kullanılmıştır.

#### 3.2.4.2. Gramaj Testi

Kumaşların 1 m<sup>2</sup>' sinin gram ağırlığını tanımlar. Kumaş gramajı; mukavemet, hidrofilite, yumuşaklık gibi sonuçlara da etki etmektedir. ASTM D 3776 metoduna göre, madeni levha ile 10x10 cm ebatlarında numune alınır, digital göstergeli hassas terazide tek tek tartılarak kumaşın 1m<sup>2</sup> sinin ağırlığı hesaplanır. 3 adet numune ölçülerek ortalaması alınır.

#### 3.2.4.3. Kopma Mukavemet Testi

Kopma mukavemet tayini, dokuma kumaşların dayanabildiği maksimum kopma kuvvetini belirlemek amacıyla yapılır. Denim ve spor giyim kumaşlarda hem atkı hem de çözgü yönünde kumaş kopma mukavemetlerinin yüksek olması istenir. Çoğunlukla kumaşların çözgü yönünde, birim alana düşen iplik sayısının atkı yönüne göre fazla olması ve dokuma sırasında maruz kalacakları kuvvetlere karşı dirençli olmaları için çözgü ipliğine verilen yüksek büküm nedeniyle çözgü yönünde, atkı yönüne göre kopma mukavemeti daha fazla olmaktadır. (AYYILDIZ, KOÇ, 2004)

Şerit ve kavrama (Grap) metodu olacak şekilde iki farklı metotla test edilebilir. Kopma ile sonuçlanan bir çekme testinde, deney numunesine uygulanan en

büyük kuvvettir. Birimi Newton veya kg kuvvet olarak ölçülür. Şerit testi; deney numunesi kısa kenarlarının çekme makinesinin çeneleri tarafından tam kavranmasıyla gerçekleştirilen kopma deneyidir. Atkı ve çözgü yönünde 50x200 mm boyutlarında numuneler hazırlanır. Kavrama (grap) test metodu: cihazın çenelerine numune eninin tam orta noktalarından tutturulduğu kopma mukavemet testidir. Kavrama metodunda 100±2 mm en, 150 mm boy ölçülerinde numuneler hazırlanır. Kopma mukavemet tayini Grap metoduna göre uygulanmıştır.

Kumaşlar öncelikle kondüsyonlanarak eni 100 mm ve boyu 150 mm' lik bir cihazın gösterge alanına yerleşecek uzunlukta olacak şekilde numune parçalar hazırlanır. Numuneler 5 çözgü, 5 atkı yönünde olmak üzere kesilmiştir. Cihazın alt ve üst çeneleri numunenin ortasından 25 mm den tutuyor. Çene aralığı 75 mm' dir. Ölçüm sonrası elde edilen sonuçların aritmetik ortalamaları değerlendirilir. Kopma mukavemeti, kopma ile sonuçlanan bir çekme testinde deney numunesine uygulanan en büyük kuvvet olarak tanımlanır. Deneyler ASTM D 5034 metoduna göre yapılmıştır. Ticari açıdan kumaşlarda istenen kabul edilebilir minimum değer 20 kgf'dir.

#### 3.2.4.4. Yırtılma Mukavemet Testi

Dokuma kumaşların dayanabildiği maksimum yırtılma kuvvetini belirlemek amacıyla yapılır.

Dikiş Kayması (ISO 13936-1): dokuma kumaşlarda atkı ve çözgü ipliklerinin birbiri üzerinden kayma mukavemetini belirlemek amacıyla yapılır.

Kumaşın veya ipliğin, dönme momenti ya da belirli bir ekseninde döndürülerek, çekme etkisiyle kopartmak için gerekli kuvvet yırtılma mukavemetini ifade eder. Yırtılma mukavemeti dokuma kumaşlarda performansı etkileyen önemli mekanik bir özelliktir. Bu mukavemet değeri kumaşın yapısıyla ilgilidir. İplikler bir arada kümelenmiş halde gerilimi bölüşerek daha yüksek bir dayanım sağlarlar. Kumaş içerisindeki iplikler kolayca yer değiştiriyorsa uygulanan yırtılma kuvveti birbirini takip eden ipleri koparmayacak, yalnızca yer değiştirerek bir arada bul-

nan elyaf demetlerini koparacaktır. Kumaşlara uygulanan, ipliklerin hareketini sınırlayabilen terbiye işlemleri, yırtılma mukavemetini düşürebilmektedir. Bir kumaşın kopma mukavemeti yüksekse, yırtılma mukavemeti düşük de olabilir. Yırtılma mukavemet deneyi, sabit hızla hareket eden dinamometrelerle yapılabileceği gibi Elmendorf (düşen sarkaç) aleti ile de test edilebilmektedir. Avrupa ülkeleriyle çalışan firmalar müşteri talepleri gereği Elmendorf test metodunu ISO 13937 tercih edebilmektedir. Numunelerin atkı ve çözgü yönündeki yırtılma testi tez kapsamında ASTM D 1424 metoduyla ölçülmüştür.

Dikdörtgen biçimindeki test numunesi kısa kenarının merkezinden pantolon biçiminde olacak şekilde kesilir. Pantolonun bacakları (paçası), iki germe çene sine tutturulur ve kesik yönünde kumaş yarılmaya başlayacak şekilde çekilir. Yırtılma belirli bir uzunluğa gelene kadar sabit hızda kuvvet uygulanmasına devam edilir. Yırtılma kuvveti, kuvvet tepe noktalarından hesaplanır. Testlerdeki sonuçlar grf olarak verilmiştir. 1 grf 'in Newton birimi olarak karşılığı için 0,0098 değeriyle çarpılması gerekir. ( 1grf= 0,0098 N 'dur.)

#### **3.2.4.5. Elastikiyet ve Kalıcı uzama**

Kullanıcının giysi içinde rahat hissetmesi, vücudu kavraması ve genel görünümü, karışım kumaşların ne kadar uzayacağı ve uzamadan sonra eski haline dönme kabiliyetiyle doğru orantılıdır. Standart ipliklerden yapılan dokuma ve örme kumaşların esneme ve geri toplama özelliği kısıtlı olabilmektedir, fakat tekstüre ipliklerin, elastan filamentlerin kullanılmasıyla da özel kumaş üretim prosesiyle ve terbiye işlemlerinin uygulanmasıyla çeşitli seviyelerde esneme ve geri toplaması olan kumaşlar elde edilebilir. Kumaşın elastikiyeti yani esnek yapısı sebebiyle yırtılmalar önlenmektedir. Fakat elastikiyet değişimi uzun süreli devam ederse kumaşta boyut ve sıklık farklılıkları olabilir.

Günümüzde denim kumaş üreticileri elastik özelliğe sahip ürün çıkarmak amacıyla denemeler yapmaktadırlar. Hedeflenen ürüne ulaşmak için, elastik olmayan kumaşlara göre daha çok çaba gösterilmekte, daha fazla denemeler planlan-

maktadır. Pazar beklentisi ve moda hızlı bir şekilde değiştiğinden, çıkan ürünler ve ürünlerden beklenen nitelikler de değişmektedir. Elastik yapıdaki denim kumaşların en önemli performans kriteri olarak belirtilen “elastikiyet” ve “kalıcı uzama” değerlerinin planlanan birçok üründe beklentileri karşılaması istenmektedir. Bu sebeple kalıcı uzama ve elastikiyet kriterlerine etki eden üretim basamaklarının belirlenmesi ve etki seviyelerinin incelenmesi araştırma geliştirme çalışmalarına yol göstermektedir.

Esneme özelliği bulunan dokunmuş kumaşların (özellikle yüksek elastikiyet değerlerine sahip kumaşlar) belirli bir kuvvet ve yüke maruz kaldığı durumda kalıcı uzama miktarının yüzde olarak ifadesi Kalıcı uzama olarak isimlendirilir. Büyüyen kalıcı uzama değeri, kumaşın kuvvet ve yüke maruz kaldıktan sonra ilk haline dönme yeteneğinin azalması/kaybolması anlamına gelir. Kalıcı uzama değerinin iyileşmesi ise kumaş yapısına katılan ipliklerin üretim yöntemi ve içeriğinden başlayarak, kumaş konstrüksiyonu, terbiye şartları ve kumaşa yapılan yıkamaya kadar birçok parametrenin bir araya gelmesiyle oluşan bir bütündür. Bu durumda kumaş dinamik yapısını koruyamamış olup, deforme olmaya meyillendir. Buna bağlı olarak esneme yeteneğini kaybeder. (3.2) nolu eşitlikte görüldüğü gibi ASTM D3107 metodu ile kalıcı uzama değeri elastikiyet ölçümü sonucunda kumaş serbest duruma getirilip, ilk uzunluğu ile relax haldeki uzunluk arasındaki fark belirlenerek elde edilmiştir.

ASTM D 3107 yöntemiyle numune kumaş üzerine 25 cm’lik çizgi çekilerek sabit referans nokta işareti koyulur. Kumaşa esneme yönünde spesifik ağırlık 1.360,8 gr (3 libre) kuvvet uygulanır. Aşağıda (3.1) nolu eşitlikte görüldüğü gibi kuvvet etkisi sonucunda işaretler arası mesafenin ölçülmesi ile kumaştaki elastikiyet yüzde (%) olarak tespit edilir.

$$\text{Elastikiyet} = \left( \frac{1,3608 \text{ kg altındaki uzama-İlk uzunluk}}{\text{İlk uzunluk}} \right) * 100 (\%) \quad (3.1)$$

$$\text{Kalıcı uzama} = \left( \frac{\text{Kalıcı uzama} - \text{İlk uzunluk}}{\text{İlk uzunluk}} \right) * 100 (\%) \quad (3.2)$$

(3.1) ve (3.2) nolu eşitlikte geçen ilk uzunluk değeri; numune üzerinden ilk etapta alınan uzunluktur, (3.2) nolu eşitlikten geçen kalıcı uzama değeri ise; uygulanan kuvvetten kurtulmuş numunenin 1 saat (60dk) sonraki son uzunluk değeridir.

Ek-1 'de verilen Levi's Global Kumaş Performans test sınır değerlerine göre, denim kumaşın gramajına ve elastikiyet oranına göre kumaşta olması gereken standart max. kalıcı uzama değeri ve kumaşın çözgü/atkı yırtılma/kopma değerleri görülmektedir. Bu standarda göre her kumaş gramaj ( $\text{g/m}^2$  veya  $\text{oz/yd}^2$ ) koşullarına göre A'dan H'a kadar gruplandırılmıştır. Örneğin bu tabloya göre; gramaj değerlerine göre K1, K1P, K4, K4P E grubuna, K2, K2P, K3, K3P, K6, K6P D grubuna, K5, K5P ise F grubuna dahil olmaktadır. Her grup için olması gerek kopma ve yırtılma mukavemet değerleri Levi's test sınır değeri içinde belirtilmiştir. Elastikiyet sonucuna göre kalıcı uzama anlamında Levi's test sınır değeri dışında kalan numuneler; K2-K3-K4-K5 'tir. Bu numunelerin PBT içerikli karşılıkları standart içi değerde sonuçlanmıştır.

$$\text{BF} = \frac{|K_{ID} - K_{REF}|}{K_{REF}} \times 100 (\%) \quad (3.4)$$

(3.4) ifadesinden yararlanarak ölçülen ve referans değerler arasındaki mutlak bağıl farklar BF yüzde (%) olarak bulunmuştur.  $K_{ID}$ , PBT'li numune test sonucunu,  $K_{REF}$  ise PBT'siz numunenin test sonucunu ifade etmektedir.

#### 3.2.4.6. Boyutsal Kararlılık

Bir kumaşın boyutsal kararlılığının olmadığı söylendiğinde bu genellikle kumaşın bir ya da her iki doğrultuda ya çekmesi ya da genişlemesi anlamına gelir. Kumaşın çekmesi, giysinin giymek için çok küçük ya da çok şekilsiz olmasıyla sonuçlanabileceği için büyük bir sıkıntıdır. Ürünün kullanıcısı boyutsal kararlılığa

özellikle yıkamada ve kuru temizlemede ihtiyaç duyar, ancak giysi imalatı sırasında kumaş kararlılığının kalite güvence ve verimli üretim yönetimi için ön şart olduğu akılda tutulmalıdır. Eğer kumaş kesim masasında boyutlarını değiştirirse, bu giysi grubunda, parçaların doğru şekle sahip olmaması sonucunda birbirine uymayan giysi parçaları elde edilir. Ciddi boyutsal değişim giysi bedeninin belirlenmesini güçleştirecek ve kaliteyi etkileyecektir.

Kumaşların boyutsal değişimi, Electrolux Wascator yıkama cihazında ISO 6330 “Elastik Kumaşların Yıkama ve Kurutulmaları Esnasında Boyutsal Değişimi” metoduna göre yapılmıştır. Kumaş kenarından en az 15 cm içerden 50cm\*50cm’lik sanfor şablonu kullanılarak atkı ve çözümlü yönlerinde, yıkama sonrası çıkmayan kalem ile 3’er adet işaretleme yapılır. İşaretlenmiş kumaşlar Wascator cihazına yerleştirilip, makine içindeki kumaş ağırlığı polyester bezlerle takviye yapılarak 2 kg’ya tamamlanır. Yıkama sonrası numuneler Tumble Dry tipi kurutma makinasında önce 60dakika sıcak, ardından 5 dakika soğuk kurutmaya bırakılıp kurutma sonrası relax ortamda 4 saat süreyle standart atmosfer şartlarında kondüsyonlanır. Kondüsyonlaması yapılan numunelerin, atkı ve çözümlü yönündeki çekme değeri sanfor cetveli ile ölçülerek çekme (uzama) yüzdesel (%) olarak elde edilir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kumaşlara uygulanan ham ve mamul test sonuçları bu bölümde verilmiştir. Elde edilen değerlerin ortalamaları karşılaştırılmıştır. PBT'nin mamul kumaş performansı üzerine etkisi tek etken varyans analizi ANOVA ile değerlendirilmiştir. %95 güven aralığında çalışılmış olup, analiz sonucu elde edilen “p” değerinin (anlamlılık düzeyi) 0,05 değerinden büyük/küçük olmasına göre ilişkinin olup/olmadığı belirlenmiştir. Anlamlılık düzeyini ifade eden “p” değeri 0,05 değerinden büyükse anlamlı fark yok, 0,05 değerinden küçük ise değerler arası anlamlı fark var sonucuna ulaşılabilmektedir.

Numunelerin ham test değerleri Çizelge 4.1’te verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Ham Test Sonuçları

Numune Adı	Ham En (cm)	Ham Atkı Sıklık (tel/cm)	Ham Çözümlü Sıklık (tel/cm)	Ham Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Ham Çözümlü Kopma (kg)	Ham Atkı Kopma (kg)
K1	168	21	32	242	69,6	35,3
K1P	169	20	32	245	73	58
K2	182	21	32	241	51	26
K2P	183	21	32	242	71	34
K3	195	17,5	21	224	69	39
K3P	193	17,5	21	226	46	37
K4	163	16	29	289	62	48
K4P	162	16	29	290	72,2	54,1
K5	157	14	27	395	75	65
K5P	155	14	27	400	79	66
K6	182	21,5	31	240	57	31
K6P	191	21,5	30	241	56	30

#### 4.1. Sonuçların Değerlendirilmesi

Numunelere ait mamul en-gramaj-çözgü, atkı yıkama çekmelerine ait test sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Mamul kopma, yırtılma, gramaj, elastikiyet, kalıcı uzama değerleri ayrı başlıklar altında detaylı incelenmiştir.

Çizelge 4. 2.Mamul Test Sonuçları

Numune Adı	Mamul En (cm)	Mamul Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Yıkama Çekmesi Çözgü (%)	Yıkama Çekmesi Atkı (%)
K1	115	380	-2,5	-14
K1P	120	365	0	-14,4
K2	144	300	-2,5	-11
K2P	134	320	-2,5	-15
K3	123	320	-2,5	-9
K3P	123	320	-2,5	-9
K4	154	354	-10,5	-0,5
K4P	155	365	-9	-2,5
K5	152	390	-9	-2
K5P	155	390	-9,5	-1,5
K6	139	300	-2	-11
K6P	140	310	-1,7	-11

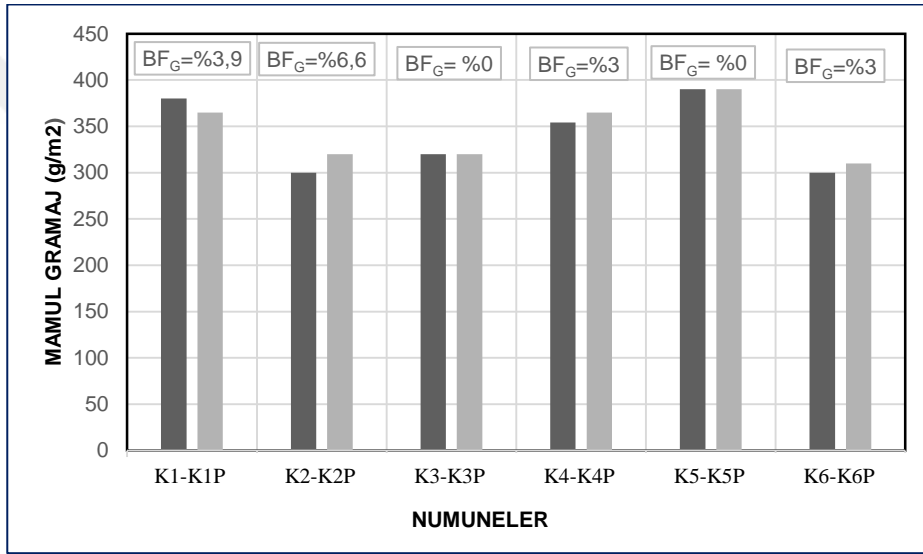
##### 4.1.1. Gramaj Sonuçlarının Değerlendirilmesi

PBT içermeyen K1, K2, K3, K4, K5 ve K6 numunelerinin, sırasıyla yapısında PBT bulunan karşılıkları olan K1P, K2P, K3P, K4P, K5P ve K6P numuneleriyle gramaj kıyaslaması bağıl fark grafik analizleriyle Şekil 4.1’ de verilmiştir.

(4.1) örnek denklemi ile K1 ile K1P numuneleri için gramaj bağıl fark (%) sonucu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Denklemdaki  $BF_G$ , gramaj bağıl farkını ifade etmektedir. Her grup için aynı yöntemle bağıl fark hesaplamaları yapılmıştır. Bu

hesaplamalar mutlak değer olarak tespit edilmiştir. Çıkan sonuçlar mutlak değer olmasaydı (+) veya (–) değerler olarak tespit edilecekti. Ancak bu çalışmada kumaşın referans değerleriyle (PBT olmadan), kumaşın PBT’li değerleri arasındaki fark daima pozitif değer olarak ele alınmıştır.

$$BF_G = \frac{|K1P - K1|}{K1} \times 100 (\%) = \frac{|365 - 380|}{380} \times 100 = \%3,9 \quad (4.1)$$



Şekil 4.1. Mamul Gramaj Grafik Analizi

6 grubun kendi içinde gramaj bağıl farklarının % 0 ile 6,6 arasında değiştiği gözlenmiştir. Mamul gramaj ANOVA sonucu Çizelge 4.3 ‘te verilmiştir. K1-K1P, K2-K2P, K4-K4P ve K5-K5P sonuçlarının ANOVA analizine göre PBT’nin gramaj üzerinde etkisinin olduğu söylenebilir. K3-K3P ve K5-K5P gruplarının gramaj değerleri aynı olduğundan ANOVA sonucunda farklılık görülmemiştir. Tespit edilen değerlerin çoğunluğu  $p=0,05$  değerinden küçük olduğundan PBT ile gramaj üzerinde anlamlı bir farklılık bulunduğu sonucuna varılabilir. PBT içerikli numuneler PBT içermeyen numunelere göre gramaj anlamında farklılık meydana getirebilmektedir.

Çizelge 4. 3.Mamul Gramaj ANOVA Sonuçları

GRUPLAR	df	MS	F	P-değeri
K1-K1P	1	672,4	7,09657	0,028630
K2-K2P	1	902,5	34,44656	0,000375
K3-K3P	1	3,6	0,113208	0,745177
K4-K4P	1	291,6	12,90265	0,007064
K5-K5P	1	2,5	0,344828	0,573251
K6-K6P	1	176,4	12,87591	0,007102

#### 4.1.2. Elastikiyet ve Kalıcı uzama Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numunelerin elastikiyet ve kalıcı uzama test değerleri Çizelge 4.4 'te verilmiştir. Elastikiyet ve kalıcı uzama testleri ASTM D 3107 metoduna göre yapılmıştır.

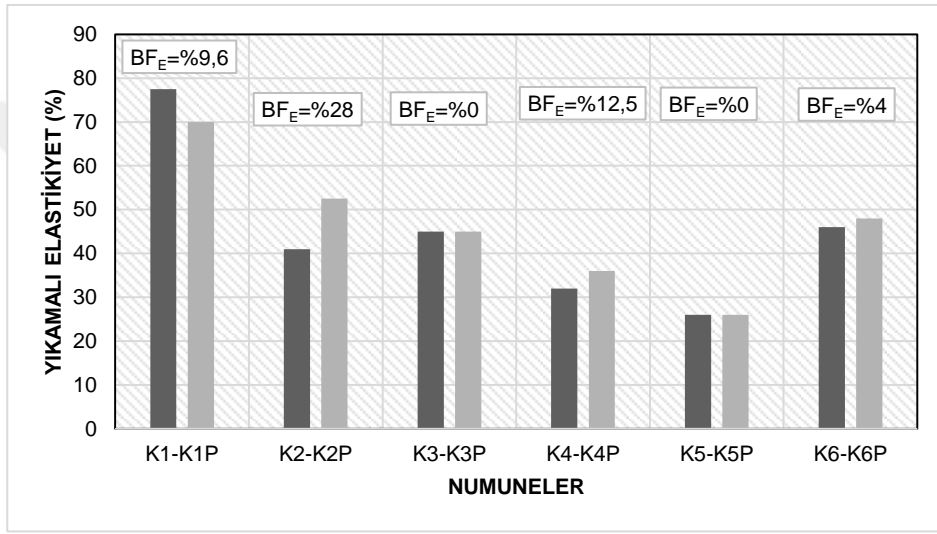
6 grubun elastikiyet değerlerinin kıyaslaması Şekil 4.2 'de grafik olarak verilmiştir. İlk 3 ve 6. grubun numuneleri atkı stretch, 4. ve 5. grubun numuneleri ise çözümlü stretch ürünlerdir. Dolayısıyla verilen değerler numunelerin stretch yönündeki elastikiyet sonuçlarıdır.

Çizelge 4. 4.Mamul Yıkamalı Elastikiyet ve Kalıcı Uzama Test Sonuçları

Numune Adı	Yıkamalı Elastikiyet (%)	Yıkamalı Kalıcı uzama (%)
K1	77,5	6
K1P	70	6
K2	41	9
K2P	52,5	8
K3	45	10
K3P	45	7
K4	32	8
K4P	36	7
K5	26	8
K5P	26	6
K6	46	6,8
K6P	48	5,6

(4.2) örnek denklemi ile K1 ile K1P numuneleri için elastikiyet bağıl fark (%) sonucu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Denklemdaki  $BF_E$ , elastikiyet bağıl farkını ifade etmektedir. Her grup için aynı yöntemle bağıl fark hesaplamaları yapılmıştır. Bağıl fark oranları %0-28 aralığında değişmektedir.

$$BF_E = \frac{|K1P - K1|}{K1} \times 100(\%) = \frac{|70 - 77,5|}{77,5} \times 100 = \%9,6 \quad (4.2)$$



Şekil 4. 2.Mamul Elastikiyet Grafik Analizi

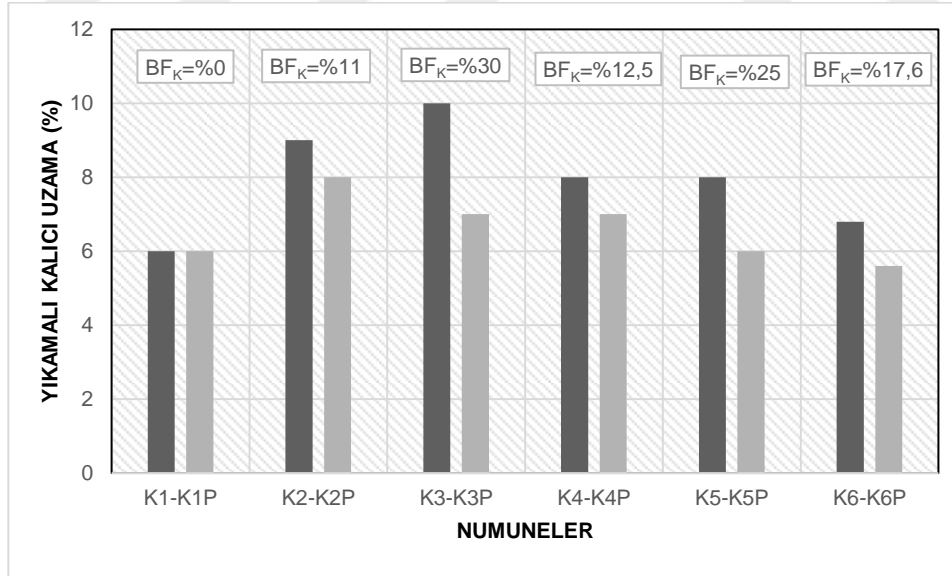
Mamul elastikiyet ANOVA sonucu Çizelge 4.5 'te verilmiştir. K3-K3P ve K5-K5P grubunun test sonuçları aynı olduğu için ANOVA analizinde ilişki yok sonucu çıkmıştır. K1-K1P, K2-K2P, K4-K4P ve K6-K6P gruplarının sonuçları yorumlandığında PBT içerikli numuneler PBT içermeyen numunelere göre elastikiyet anlamında farklılık oluşturduğu sonucuna ulaşılabilir. Tespit edilen değerlerin çoğunluğu  $p=0,05$  değerinden küçük olduğundan PBT'nin elastikiyet üzerinde anlamlı bir fark taşıdığı söylenebilir. PBT içeren numuneler çoğunlukla elastikiyet anlamında yüksek sonuç vermiştir. Yalnızca 1.grupta K1 numunesinin atkısı PES/Pamuk/EL içerikli olduğundan elastikiyet anlamında PBT içerikli K1P numunesine göre daha yüksek elastikiyet değerine sahip olmuştur. Bu da polyester lifin yüksek elastikiyet özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4. 5. Mamul Elastikiyet ANOVA Sonuçları

GRUPLAR	df	MS	F	P-değeri
K1-K1P	1	119,716	29,76159	0,000605
K2-K2P	1	303,601	49,74212	0,000107
K3-K3P	1	0,256	0,194529	0,670850
K4-K4P	1	51,076	31,22005	0,000518
K5-K5P	1	0,009	0,003417	0,954821
K6-K6P	1	16,641	8,633463	0,018759

6 grubun kalıcı uzama değerleri ise Şekil 4.3 'te grafik olarak verilmiştir. (4.3) örnek denklemi ile K1 ile K1P numuneleri için kalıcı uzama bağıl fark (%) sonucu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Denklemdaki  $BF_K$ , kalıcı uzama bağıl farkını ifade etmektedir. Her grup için aynı yöntemle bağıl fark hesaplamaları yapılmıştır.

$$BF_K = \frac{|K1P - K1|}{K1} \times 100(\%) = \frac{|6 - 6|}{6} \times 100 = \%0 \quad (4.3)$$



Şekil 4. 3.Mamul Kalıcı Uzama Grafik Analizi

Mamul kalıcı uzama ANOVA sonucu Çizelge 4.6 'da verilmiştir. 1.grubun her iki numunesinde (K1-K1P) kalıcı uzama değerleri aynı olduğundan p değeri anlamlı fark yok olarak sonuç vermiştir. Ancak K2-K2P, K3-K3P, K4-K4P, K5-K5P, K6-K6P numunelerinin ANOVA sonuçlarına baktığımızda PBT ile kalıcı uzama test değerinde anlamlı bir fark elde edildiği sonucuna ulaşılabilir. Tespit edilen değerlerin çoğunluğu  $p=0,05$  değerinden küçük olduğundan PBT'nin kalıcı uzama üzerinde anlamlı bir fark taşıdığı söylenebilir.

Çizelge 4. 6. Mamul Kalıcı Uzama ANOVA Sonuçları

GRUPLAR	df	MS	F	P-değeri
K1-K1P	1	0,016	0,206452	0,661638
K2-K2P	1	2,704	37,81818	0,000274
K3-K3P	1	13,689	39,67826	0,000233
K4-K4P	1	4,356	16,53131	0,003604
K5-K5P	1	10,201	36,43214	0,000311
K6-K6P	1	3,6	28,23529	0,000716

K1 numunesinin atkısı PES/Pamuk/EL, K1P numunesinin atkısı ise Pamuk/PBT/EL 'dir. Aynı konstrüksiyon ve iş akışında yürüyen numunelerin test sonuçlarında PES ve PBT 'nin kalıcı uzama sonucu bakımından benzer özellikler taşıdığı sonucu çıkarılabilir. K2 numunesinin atkısı Pamuk/EL, K2P numunesinin atkısı Pamuk/PBT/EL 'dir. K2P olarak geliştirilen numune daha yüksek elastikiyette daha düşük kalıcı uzama değerinde sonuç vermiştir. Aynı şekilde Pamuk/PBT/EL içeren K4P-K6P numuneleri Pamuk/EL içerikli K4-K6 numunelerine göre yüksek elastikiyet düşük kalıcı uzama ile sonuçlanmıştır.

Pamuk/EL içerikli K3 ve K5 numunelerine karşılık Pamuk/PBT/EL içerikli geliştirilen K3P -K5P numuneleri aynı elastikiyette daha düşük kalıcı uzama değerine sahiptir. Çözgü ipliği aynı olan K1, K1P, K2, K2P, K6 ve K6P numuneleri, tarak sıklıkları bakımından kıyaslandığında tarak numarası (çözgü sıklığı) azaldıkça elastikiyet değerlerinin arttığı görülmüştür.

Tüm kumaşlardan istenen kalıcı uzama değerinin mümkün olduğunca sifıra yakın çıkmasıdır. PBT kullanılmayan numunelerde kalıcı uzama değeri, PBT kullanılanlara göre yüksek çıkmıştır. K1 numunesinde PBT yerine yine aynı yapıya sahip PES kullanılması kalıcı uzama değerlerinde bir farklılık meydana getirmiştir. Eldeki veriler sonucu, PBT içeren ve içermeyen numunelerde, kalıcı uzama değerinin iyileşme göstermesi PBT ile doğrudan ilişkilidir. PBT kullanımı nihai türünde daha iyi bir kalıcı uzama değeri elde edilmesini sağlamaktadır.

#### 4.1.4. Yırtılma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi

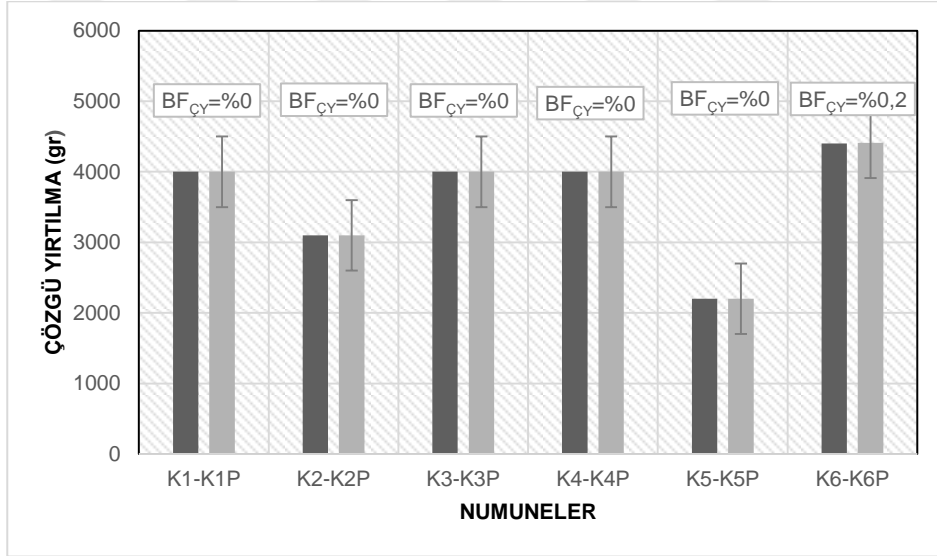
Numunelerin çözü ve atkı yırtılma test değerleri Çizelge 4.7’ de verilmiştir. 6 grubun çözü yırtılma değerleri bağıl fark oranları ile Şekil 4.4 ‘de grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 4. 7. Mamul Çöz ve Atkı Yırtılma Test Sonuçları

Numune Adı	Mamul Yırtılma Çöz (gr)	Mamul Yırtılma Atkı (gr)
K1	4000	2800
K1P	4000	2800
K2	3100	2100
K2P	3100	2100
K3	4000	2800
K3P	4000	2800
K4	4000	2800
K4P	4000	2800
K5	2200	2000
K5P	2200	2000
K6	4400	2200
K6P	4410	2400

(4.4) örnek denklemi ile K1 ile K1P numuneleri için çözgü yırtılma bağıl fark (%) sonucu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Denklemdaki  $BF_{CY}$ , çözgü yırtılma bağıl farkını ifade etmektedir. Her grup için aynı yöntemle bağıl fark hesaplamaları yapılmıştır. Bağıl fark oranları %0-0,2 aralığında değişmektedir. Bağıl fark analizinden anlaşılacağı üzere üründe PBT kullanımının çözgü yırtılmaya belirgin bir etkisi görülmemiştir.

$$BF_{CY} = \frac{|K1P - K1|}{K1} \times 100(\%) = \frac{|4000 - 4000|}{4000} \times 100 = \%0 \quad (4.4)$$



Şekil 4. 4. Mamul Çözgü Yırtılma Grafik Analizi

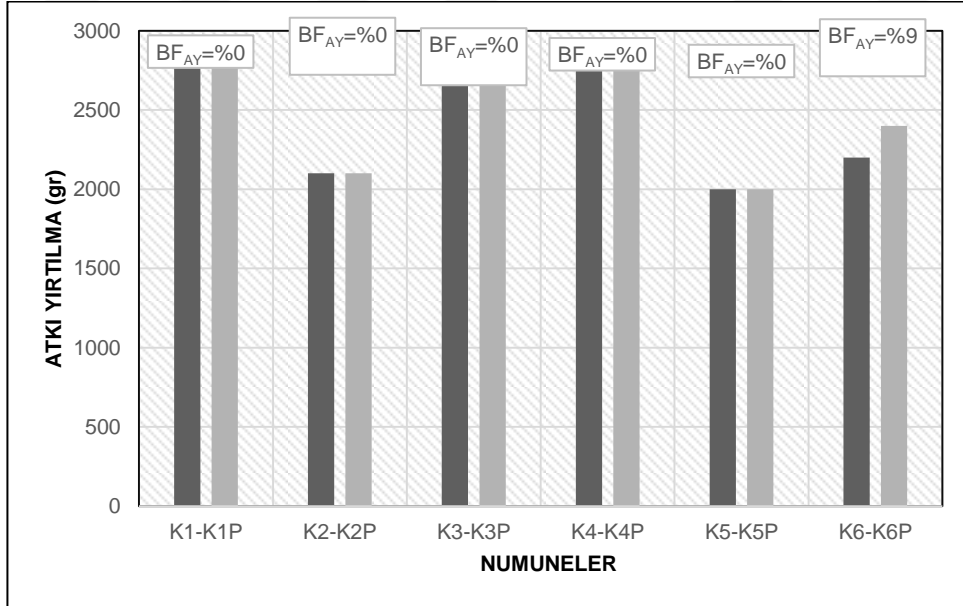
Mamul çözgü yırtılma ANOVA sonucu Çizelge 4.8 'de verilmiştir. K1-K1P, K2-K2P, K3-K3P, K4-K4P, K5-K5P ve K6-K6P çözgü yırtılma değerlerin tamamı  $p=0,05$  değerinden büyük olduğundan PBT ile çözgü yırtılma arasında anlamlı bir fark olmadığı ANOVA analiziyle de teyit edilmiştir.

Çizelge 4. 8. Mamul Çözgü Yırılma ANOVA Sonuçları

GRUPLAR	df	MS	F	P-değeri
K1-K1P	1	122,5	0,020524	0,889627
K2-K2P	1	160	0,014177	0,908159
K3-K3P	1	160	0,015184	0,904970
K4-K4P	1	22,5	0,003123	0,956806
K5-K5P	1	640	0,09078	0,770871
K6-K6P	1	62,5	0,581395	0,467650

(4.5) örnek denklemi ile K1 ile K1P numuneleri için atkı yırtılma bağıl fark (%) sonucu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Denklemdaki  $BF_{AY}$ , atkı yırtılma bağıl farkını ifade etmektedir. Her grup için aynı yöntemle bağıl fark hesaplamaları yapılmıştır. Bağıl fark oranları %0-9 aralığında değişmektedir. Bağıl fark analizinden anlaşılacağı üzere üründe PBT kullanımının atkı yırtılmaya belirgin bir etkisi görülmemiştir.

$$BF_{AY} = \frac{|K1P - K1|}{K1} \times 100(\%) = \frac{|2800 - 2800|}{2800} \times 100 = \%0 \quad (4.5)$$



Şekil 4. 5. Mamul Atkı Yırtılma Grafik Analiz

Mamul atkı yırtılma ANOVA sonucu Çizelge 4.9 'da verilmiştir. İlk beş grubun tamamının (K1-K1P, K2-K2P, K3-K3P, K4-K4P, K5-K5P) atkı yırtılma test sonucu  $p=0,05$  değerinden büyük olduğundan PBT ile atkı yırtılma arasında anlamlı bir fark olmadığı ANOVA analiziyle de teyit edilmiştir. Yalnızca K6-K6P ANOVA sonucu  $p=0,05$  değerinden küçük çıkmıştır. Tespit edilen değerlerin çoğunluğu  $p=0,05$  değerinden büyük olduğundan PBT ile atkı yırtılma arasında anlamlı bir fark yok sonucu çıkarılabilir.

Çizelge 4. 9. Mamul Atkı Yırtılma ANOVA Sonuçları

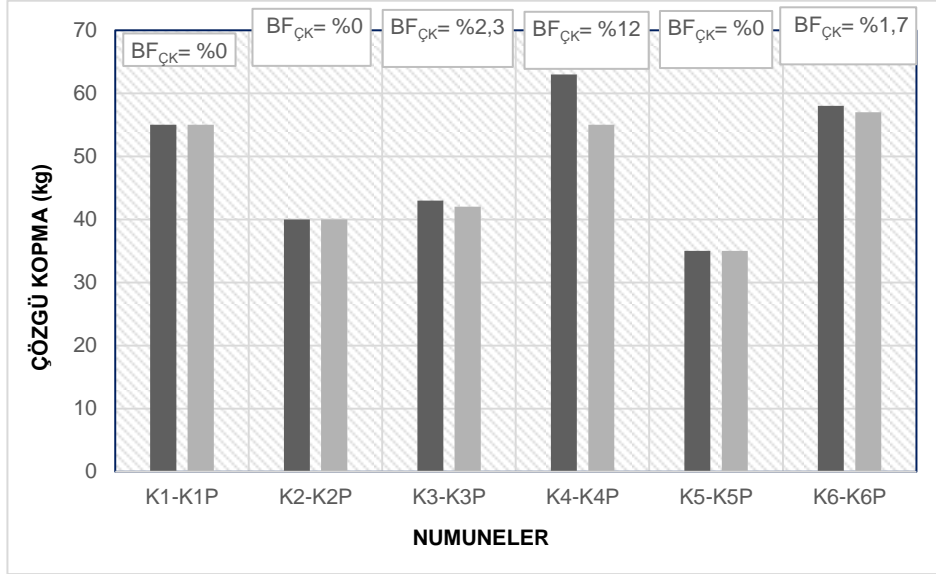
GRUPLAR	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>
K1-K1P	1	40	0,242424	0,635687
K2-K2P	1	202,5	0,014475	0,907204
K3-K3P	1	202,5	0,062621	0,808707
K4-K4P	1	22,5	0,002822	0,958935
K5-K5P	1	202,5	0,053536	0,822829
K6-K6P	1	102616,9	19,1337	0,002367

#### 4.1.5. Kopma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numunelerin çözü ve atkı kopma test değerleri Çizelge 4.10' da verilmiştir. 6 grubun çözü kopma değerleri bağıl fark oranları ile Şekil 4.6 'de grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 4. 10. Mamul Çözgü ve Atkı Kopma Test Sonuçları

Numune Adı	Mamul Kopma Çözgü (kg)	Mamul Kopma Atkı (kg)
K1	55	30
K1P	55	25
K2	40	25
K2P	40	25
K3	43	34
K3P	42	33
K4	63	43
K4P	55	35
K5	35	25
K5P	35	25
K6	58	30
K6P	57	31



Şekil 4. 6. Mamul Çözgü Kopma Grafik Analizi

(4.6) örnek denklemi ile K1 ile K1P numuneleri için çözgü kopma bağıl fark (%) sonucu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Denklemdaki  $BF_{\text{ÇK}}$ , çözgü kopma bağıl farkını ifade etmektedir. Her grup için aynı yöntemle bağıl fark hesaplamaları yapılmıştır. Bağıl fark oranları %0-12 aralığında değişmektedir. Her grup içinde çözgü kopma değerleri, atkıda kullanılan PBT içerikli çift özlü iplikten ve tek özlü iplikten bağımsız olarak paralel sonuç vermiştir.

$$BF_{\text{ÇK}} = \frac{|K1P - K1|}{K1} \times 100(\%) = \frac{|55 - 55|}{55} \times 100 = \%0 \quad (4.6)$$

Mamul çözgü kopma ANOVA sonucu Çizelge 4.11 'de verilmiştir. Beş grubun tamamının (K1-K1P, K2-K2P, K3-K3P, K4-K4P, K6-K6P) çözgü kopma test sonucu  $p=0,05$  değerinden büyük olduğundan PBT ile çözgü kopma arasında anlamlı bir fark olmadığı ANOVA analiziyle de teyit edilmiştir. Yalnızca K5-K5P çözgü kopma test sonuçlarında  $p=0,05$  değerinden küçük çıkmıştır. Tespit edilen değerlerin çoğunluğu  $p=0,05$  değerinden büyük olduğundan PBT ile çözgü kopma arasında anlamlı bir fark yok sonucu çıkarılabilir.

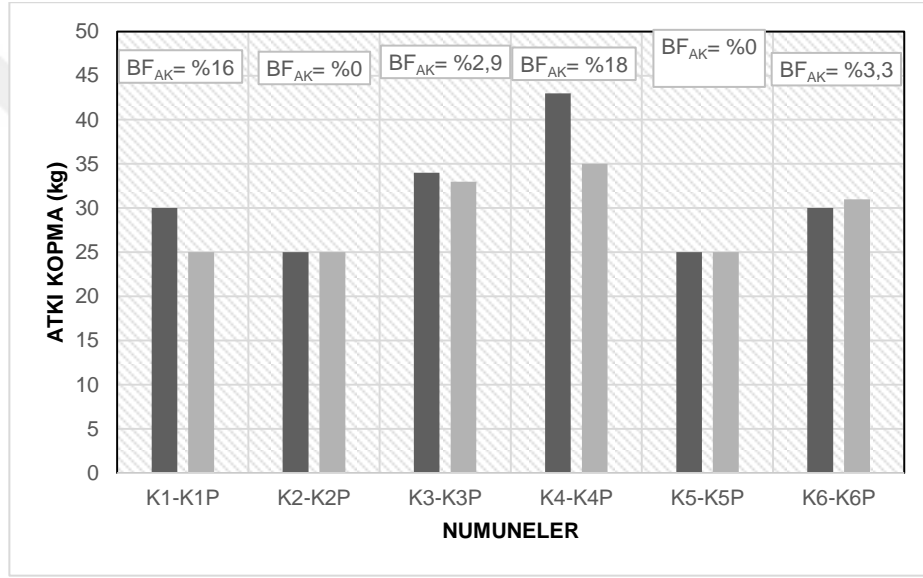
Çizelge 4. 11. Mamul Çözgü Kopma ANOVA Sonuçları

GRUPLAR	df	MS	F	P-değeri
K1-K1P	1	0,121	0,041963	0,842806
K2-K2P	1	0,625	0,115207	0,743030
K3-K3P	1	0,784	0,185936	0,677704
K4-K4P	1	148,225	12,05081	0,008425
K5-K5P	1	0,1	0,015385	0,904348
K6-K6P	1	2,5	0,19305	0,672016

6 grubun atkı kopma değerleri bağıl fark oranları ile Şekil 4.7 'de grafik olarak verilmiştir. (4.7) örnek denklemi ile K1 ile K1P numuneleri için atkı kopma bağıl fark (%) sonucu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Denklemdaki  $BF_{\text{AK}}$ , atkı kopma bağıl farkını ifade etmektedir. Her grup için aynı yöntemle bağıl fark hesapla-

maları yapılmıştır. Bağlı fark oranları %0-18 aralığında değişmektedir. PBT içeren ve içermeyen numunelerde atkı kopma mukavemeti K2-K2P, K3-K3P, K5-K5P gruplarında paralel gitmiştir. K1-K1P, K6-K6P, K4-K4P numunelerinin atkı kopma mukavemet kıyaslamasında da değerler birbirinden çok uzak değildir.

$$BF_{AK} = \frac{|K1P - K1|}{K1} \times 100(\%) = \frac{|25 - 30|}{30} \times 100 = \%16 \quad (4.7)$$



Şekil 4. 7. Mamul Atkı Kopma Grafik Analizi

Mamul atkı kopma ANOVA sonucu Çizelge 4.12 'de verilmiştir. Dört grubun tamamının (K2-K2P, K3-K3P, K5-K5P, K6-K6P) atkı kopma test sonucu  $p=0,05$  değerinden büyük olduğundan PBT ile atkı kopma arasında anlamlı bir fark olmadığı ANOVA analiziyle de teyit edilmiştir. Yalnızca K1-K1P ve K4-K4P atkı kopma test sonuçlarında  $p=0,05$  değerinden küçük çıkmıştır. Tespit edilen değerlerin çoğunluğu  $p=0,05$  değerinden büyük olduğundan PBT ile atkı kopma arasında anlamlı bir fark yok sonucu çıkarılabilir.

Çizelge 4. 12. Mamul Atkı Kopma ANOVA Sonuçları

GRUPLAR	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>
K1-K1P	1	60,025	47,1524	0,000129
K2-K2P	1	0,009	0,004111	0,950447
K3-K3P	1	4,096	1,05404	0,334617
K4-K4P	1	152,881	24,7741	0,001083
K5-K5P	1	0,4	0,117647	0,740439
K6-K6P	1	1,225	2,969697	0,123131



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, birçok sektörde (otomotiv, elektrik elektronik, ev eşyaları, tekstil vb) kullanım alanı bulan PBT (polibütilen tereftalat) liflerinin, elastan ile birlikte kullanılarak, siro yöntemiyle üretilen iplikle elde edilen kumaşın fiziksel performansına etkisi araştırılmıştır.

Çalışmada aynı Ne'de core spun iplikler ve siro yöntemle PBT/elastan ile çift özlü iplikler üretilmiş birebir konstrüksiyonlarda kullanılmıştır. Kullanılan çift özlü ipliklerde PBT 56 dtex, elastan ise 127 ve 78 dtex olarak iki şekilde üretilmiştir. Denim ve spor giyim olarak farklı proseslerde numuneler yürütülmüştür. Bu sayede PBT'nin kullanımının kumaş performansına ürün gamı bazında ne gibi etkilerinin olduğu araştırılmıştır. Elde edilen mamul kumaşlara gramaj, elastikiyet, kalıcı uzama ve mukavemet testleri uygulanmıştır. Çıkan veriler analiz edilerek sonuçlar yorumlanmıştır. PBT içeren ve içermeyen numuneler olarak gruplama yapılmıştır. Test sonuçları 6 grup içinde kendi aralarında değerlendirilmiştir.

PBT içeren numune test sonuçlarına bakıldığında; Denim proses ve makine şartlarında yürüyen PBT içerikli K2P, K3P ve K4P numuneleri, core spun içeren aynı konstrüksiyonlu K2, K3 ve K4 numunelerine göre kalıcı uzama testi olarak daha düşük sonuçlanmıştır. Atkısında PES/EA ve kıyaslamalı olarak CO/PBT/EA kullanılan K1 ve K1P numunelerinde ise kalıcı uzama aynı sonuçlanmıştır. PBT lifi de bir çeşit PES olduğu için kalıcı uzama olarak aynı değer elde edilmesi beklenen bir sonuç olmuştur. Spor giyim boyamaya hazır kumaş prosesi ve makina şartlarıyla yürüyen PBT içerikli K5P ve K6P numuneleri, corespun içeren aynı konstrüksiyonlu K5 ve K6 numunelerine göre kalıcı uzama test değeri olarak düşük sonuçlanmıştır. Bağlı fark ve istatistiki değerlere baktığımızda da sayısal verilerin bu yorumları doğruladığı yönünde netice elde edilmiştir.

Eldeki veriler incelendiğinde polyester bazlı yeni nesil elyaf olan PBT ipliğinin siro mantığında elastanlı iplikle üretilerek kullanıldığı numunelerde, core spun

ipliğe kıyasla kumaşın performans bakımından özellikle geri toplamasını (kalıcı uzama) iyileştirdiği gözlenmiştir.

Elastikiyet olarak, PBT kullanılan numuneler corespun kullanılan numuneler ile bağıl fark ve ANOVA analizleriyle kıyaslandığında PBT'nin elastikiyet değeri üzerinde anlamlı fark meydana getirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Atkısında PES/EA kullanılan K1 numunesinin elastikiyeti, PBT içerikli K1P numunesine göre daha yüksektir.

Hazırlanan bu çalışma, kullanım amacına yönelik PBT içerikli siro ipliğin mamul kumaş üzerindeki performansına yönelik yol gösterici olmuştur. Bu çalışma sonucunda ilerde yüksek lisans veya doktora kapsamında yapılabilecek çalışmalara öneriler getirmek gerekirse bunları aşağıdaki başlıklar altında toplamak mümkündür.

1. PBT'nin siro yöntemi dışında farklı metodlarda ring iplik makinesine beslemesinin yapılarak iplik, kumaş performansına etkisi araştırılabilir. Yalnızca 3/1 Z Dimi örgüde değil, farklı dokuma örgülerindeki dokuma randımanı açısından bir farklılık oluşturup oluşturmadığı araştırılabilir.
2. PBT'nin ve PES'in farklı inceliklerde kullanılarak aynı anda ring iplik makinesine beslenerek, kumaştaki test performansı incelenebilir.
3. PBT'ye benzer yapıda olan farklı lif türlerinin kullanıldığı ipliklerle elde edilen kumaşların özellikleri incelenebilir.
4. PBT içeren ürünlerin yalnızca mamul aşamada değil konfeksiyon ve nihai kullanıcıdaki performansı detaylı araştırılabilir. Örneğin PBT içerikli kumaşların geri toplama özelliğinin yalnızca sayısal değerle değil görsel kontrolünün de yapılması sağlanabilir.
5. Günümüzde sürdürülebilirlik konusu çevre duyarlılığı açısından önem kazanmaktadır. Bu nedenle PBT'nin sürdürülebilir ekolojik versiyonlarının araştırılması gerçekleştirilebilir, varsa bu ürünün de kumaştaki performansı analiz edilebilir.

## KAYNAKLAR

- Arık, B., Bozacı, E., Demir, A., Özdoğan, E., 2013, PBT ve PET İpliklerin Termogravimetrik, Mikroskopik ve Mekanik Analizleri, Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Ayyıldız, Ç., Koç, E., 2004, Denim Kumaşlarda Performans Analizi I-Kumaş Mukavemeti ve Aşınma Dayanımı Değerlendirmesi, Ç.Ü.Müh.Mim.Fak. Dergisi,2: 71-72syf.
- Babaarslan, O., (2001), Method of Producing a Polyester/Viscose Core-Spun Yarn Containing Spandex Using a Modified Ring Spinning Frame, Textile Research Journal, 71 (4): 367- 371.
- Başer, İ. : 2003, "Elyaf Bilgisi", Marmara Üniversitesi Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Broadbent, A.D., 2001, "Basic Principles of Textile Colouration", Society of Dyers and Colourists.
- Biterge, Ş., 2019, Seçilmiş İpliklerden Dokunmuş Çift Yönlü Esnek (Bi-Streç) Denim Kumaşların Performans Özelliklerinin İncelenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 93 sayfa.
- Ceylan, İ.,2004, Polibütilen Tereftalat (PBT) Liflerinin Boyama Özelliklerinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Cingöz, D.B., 2018, Elastan Karışımlı Denim Kumaşların Elastikiyet ve Kalıcı Uzama Parametrelerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, 245 sayfa.
- Daşan, Y.,2013, PBT (Polibütilen Teraftalat) ve Elastan İçerikli Tencel/Pamuk Karışımlı İpliklerin Performans Özellikleri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi, Adana, 92 sayfa.
- Deopuno B.L, Alogirusamy R, Joshi M. and Gupto B., (2008), "Polyester and Polyamids", CRC Press; 1 edition, Santhana Gopala Krishnan P. and Kulkarni S.T., "1.Polyester Resins"

- Elmalı, H., 2008, Elastan İplik Kullanımının Kumaş Özelliklerine Etkileri, İzmir.
- Goswami,B.C., Martindale, J.G., Scardino, F.L., (1997), Textile Yarns Technology, Structure and Application, Wiley-Interscience Publication.
- Halaçeli, H., 2009, Elastan İçeren Dokuma Kumaşlarda Üç Boyutlu Yaklaşımlar, İzmir.
- Hart, D.,2006, Elastan yarn (spandex) business- is this the low point? Chemical Fibers International, 56 (3), 157-158.
- Kırık, G., 2007, Yuvarlak örmede elastan uygulamaları ve sorunlara yaklaşımlar, Uludağ Üniversitesi, Bursa .  
[http://www20.uludag.edu.tr/~tekstil/seminer/2007.03.05\\_GurayKIRIK\\_2.doc](http://www20.uludag.edu.tr/~tekstil/seminer/2007.03.05_GurayKIRIK_2.doc).
- Kadoğlu, H., Dimitrovski, K., Marmaralı, A., Çelik, P., Bayraktar, G.B., Üte, T.B., Ertekin, G., Demsar, A., Kostanjek, K., 2016, Investigation of the Characteristics of Elasticised Woven Fabric By Using PBT Filament Yarns, Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Karagöz, U.O., Farklı Yarı Mamul Denim Kumaş Konstrüksiyonlarının Giysi Hareket Konforu Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 67 sayfa.
- Mc Intyre J.E, (2005) “Synthetic Fibres: Nylon, Polyester, Acrylic, Polyofefin”, CRC Press, UK/East A.J. “3. Polyester Fibres”
- Oğuz, H., Development Of PBT/Recycled PET Binary Blends, Master’s Thesis, Istanbul Technical University, Graduate School Of Science Engineering and Technology, Istanbul, 2017.
- Örtlek, H., Babaarslan O., 2003, Spandex (Lycra) İçerikli Core Spun İpliklerin (PES/VISKON) Tüylülük Özelliklerinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 1.
- Örtlek, H. G., Babaarslan, O., 2002, Elastan İçerikli Kombine İplik Üretimi ve Bu İpliklerin Kullanımında Karşılaşılan Problemler, Tekstil ve Teknik Dergisi, 212: 114- 138p.

- Pişkin, E., 2003, Polimerler II, PAGYAY Yayıncılık, İstanbul.
- Sawhney, A.P.S., Harper, R. J., Ruppenicker, G. F., Robert, K.Q., (1991), Comparison of Fabrics Made with Cotton Covered Polyester Staple-Core Yarn and 100% Cotton Yarn, *Textile Res. J.*, 61,2,71-74.
- Sawhney, A.P.S., Robert, K.Q., Ruppenicker, G.F.,Kimmel, L.B., (1992), Improved Method of Producing Cotton Covered/Polyester Staple-Core Yarn on a Ring Spinning Frame, *Textile Res.J.*, 62,1,21-25.
- Sawhney, A.P.S., Harper, R. J., Ruppenicker, G.F., Kimmel, B., Robert, K.Q., (1992), Comparison of Filament-Core Spun Yarn Produced by New and Conventional Methods, *Textile Res.J.*, Vol. 62,2,67-7.
- Sawhney, A.P.S., Robert, K.Q., Ruppenicker, G.F., (1989), Device for Producing Staple-Core/Cotton-Wrap Ring Spun Yarns, *Textile Res.J.*,59,9,519-524.
- Timur, G., 2013, Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığında PBT/PC/ABS Malzemenin Geri Dönüştürülmesi Sonucu Mekanik ve Kimyasal Özelliklerindeki Değişimin Araştırılması, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 117 sayfa.
- Ulcay, Y., Eren, S., 2015, EMR (Elektromanyetik Radyasyon) Koruma Amaçlı Bikomponent Poliester Lif Üretimi ve EMR Kalkanlama Özelliğinin İncelenmesi, *DergiPark Tekstil ve Konfeksiyon*, Cilt:25,2, 140-147syf.
- Yakartepe Z., Yakartepe M., TKAM (Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi) Ansiklopedisi, Cilt 4, İstanbul, 1995, 2785 s.
- Yeşilkütük, N., (2000), Ring İplik Makinelerinde Sargılı İpliklerin (Core Yarn) Eğrilmesinde Bazı Üretim Parametrelerinin İplik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, (73s).
- Yıldırım, F.F., Yavaş A., Avinç O.O., 2012, Polibütlen Tereftalat Liflerine Genel Bakış, *Tekstil ve Mühendis (Journal of Textiles and Engineer)*, 19:87, 29-42.

Yolaçan,G.,2006, Polibütilen Tereftalat (PBT) ve Karışımlarının Boyanması,  
Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

<https://docplayer.biz.tr/2756627-Pbt-kullanimi-ve-sagladigi-avantajlar.html> (Erişim Tarihi:3 Aralık 2017)

<https://www.celanese.com/engineered-materials/products/Celanex--PBT.aspx>(Erişim Tarihi:25 Ekim 2017)

<http://www.invista.com/en/brands/lycra.html> (Erişim: 27 Kasım 2017)

<http://tekstiltekstil.com/pamuk-liflerinin-fiziksel-ve-kimyasal-ozellikleri/>(Erişim: 20 Ekim 2017)

<http://www.tekstildershanesi.com.tr/bilgi-deposu/pamuk-lifinin-fiziksel-ozellikleri.html> (Erişim: 20 Ekim 2017)

## ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Adana’da doğdu. 2005 yılında Başkent Üniversitesi Özel Başkent Lisesinden 1.’likle mezun oldu. 2007 yılında Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisli Bölümü’nde başladığı lisans öğrenimini, 2011 yılında tamamladı. 2013 yılının Mayıs ayında Bossa T.A.Ş.’de Ürün Geliştirme Uzmanı olarak başladığı göreve devam etmektedir. 2014 yılında ise Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisli Bölümü’nde yüksek lisans öğrenimine başlamıştır.





# **EKLER**



**EK-1. LS&CO Global Fabric Performance Standards Denim Fabrics (Stretch & Non-stretch) , excluding Chambray**

	REQUIREMENTS								UOM	TEST METHOD	TEST AS	TEST REMARKS
	DF-A	DF-B	DF-C	DF-D	DF-E	DF-F	DF-G	DF-01 Classic STF				
Fabric Weight Category after 3HL	<3.5	3.5-5.9	6.0-7.9	8.0-9.9	10.0-11.4	11.5-12.9	13.0+	13.5+	oz/yd <sup>2</sup>			
	0-110	110-200	200-267	260-305	300-367	360-427	430+	460+	g/m <sup>2</sup>			
FABRIC WEIGHT	Purchase Agreement ± 5.0%									LSMCo. 21	AR	
STIFFNESS	N/A				1.5 to 4.5				Kg	ASTM D4032	AR	Not applicable for stretch fabrics
ELONGATION - warp	N/A				6.0 to 13.0			2.0 to 5.0	%	ASTM D3107 (modified)	AR	Not applicable for stretch fabrics Agreed warp elongation range must be ≤4%
TENSILE STRENGTH (minimum) - warp x weft	15 x 13	20 x 15	30 x 20	40 x 30	55 x 35	65 x 40	75 x 55	90 x 60	kg	ASTM D5034 (modified)	3HL	
TEAR STRENGTH (minimum) - warp x weft	1100 x 900	1200 x 1000	2000 x 1600	3100 x 2100	4000 x 2800	4300 x 3300	5100 x 4300	6000 x 4600	g	ASTM D1424 (modified)	3HL	
STRETCH	Mill Spec ± 4.0%								%	ASTM D3107 (modified)	3HL	Only applicable to elastomeric stretch fabrics
GROWTH (maximum)	10-20% Stretch 20.1-34.9% Stretch ≥35% Stretch			4.0 6.0 8.0					%	ASTM D3107 (modified)	3HL	Only applicable to elastomeric stretch fabrics
DIMENSIONAL STABILITY IN LAUNDERING - warp x weft	Non-stretch direction - preshrunk		-5.0 to -1.0 / ± 1.5% range							ISO 6330 ISO 5077 (2A) Modified APPENDIX 12	3HL	Heatset or low shrink includes T400, polyester PBT for example
	Shrink-To-Fit		-11.8 x -6.5 (target) -10.0 to -13.5 x -5.2 to -7.8 (range)									
	Stretch direction - heatset		-8.0 to -1.0 / ± 1.5% range									
	Stretch direction - non-heatset		-14.0 to -8.0 / ± 2.0% range									
	Shrink-To-Fit Weft Stretch		-10.5 to -13.5 x -8.5 to -11.5									
SKEW MOVEMENT	N/A		± 3.0						%	LSMCo. 2	3HL	
SEAM SLIPPAGE (minimum) - warp x weft	7.0 x 7.0		N/A						Kg	ASTM D1683 (at 6.35mm)	3HL	Only applicable for fabrics <3.5 oz/yd <sup>2</sup> and linen/hemp fabrics (and their blends), less than 6.0 oz/yd <sup>2</sup>
PILLING (minimum)					3.5				Rating	BS EN ISO 12945-1 (18,000 cycles)	AR	Only applicable for wool, viscose & lyocell content fabrics, all weights
CF HOME LAUNDERING (minimum)	Change		3.0						Rating	ISO 6330 ISO 5077 (2A) Modifed	3HL	
CF PERSPIRATION - ACID & ALKALINE (minimum)	Change Staining		3.0 3.0						Rating	ISO 105-E04	AR	
CF WATER (minimum)	Change Staining		3.0 3.0						Rating	ISO 105-E01	AR	
CF CROCKING (minimum)	Dry		3.5 3.0 (denim for garment washed programs only)						Rating	AATCC 8	AR	
	Wet		1.5									
CF RUBBING (minimum)	Dry		3.5 3.0 (denim for garment washed programs only)						Rating	BS EN ISO 105-X12	AR	