ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Denim Dokuma Kumaşlarda Geri Dönüşüm Pamuk Oranlarının İyileştirilmesinin Kumaş Konfor ve Performans Özelliklerine Etkisinin Araştırılması

Hakan KARAGÖL

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran, 2023

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

Denim Dokuma Kumaşlarda Geri Dönüşüm Pamuk Oranlarının İyileştirilmesinin Kumaş Konfor ve Performans Özelliklerine Etkisinin Araştırılması

Hakan KARAGÖL

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi ../../…. Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM (Danışman) ……

: Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL ……

: Dr. Öğr.Üyesi Pınar PARLAKYİĞİT ……

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

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

İÇİNDEKİLER

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
ÇİZELGELER DİZİNİ IV
ŞEKİLLER DİZİNİ V
SİMGELER VE KISALTMALAR VI
1. GİRİŞ 1
1.1. Denimin Tanımı 2
1.2. Denimin Tarihçesi 2
1.3. Türkiye Genel İhracatı 3
1.4. Dünya Denim Kumaş Sektörü 4
1.5. Denim Kumaş Üretimi 4
1.6. Tekstil Üretiminde Geri Dönüşüm 5
1.7. Geri Dönüşüm İplik Üretim Süreci 6
1.8. Çalışmanın Önemi ve Amacı 7
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 9
3. MATERYAL VE YÖNTEM 13
3.1. Materyal 13
3.1.1. İplik Özellikleri 14
3.1.2. Kumaş Özellikleri 14
3.1.3. Denim Kumaşların Terbiye İşlemleri 16
3.2. Metot 16
3.2.1. Elyaf Karakterizasyonu 17
3.2.2. İplik Karakterizasyonu 17
3.2.3. Kumaş Karakterizasyonu 19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 23
4.1. HVI ve AFIS 23
4.2. İplik Karakterizasyonu Sonuçları 23
4.2.1. İplik Düzgünsüzlüğünün Değerlendirilmesi 24
4.2.2. İplik Mukavemetinin Değerlendirilmesi 25
4.3. Kumaşlara Yapılan Test Sonuçları 27
4.3.1. Denim Kumaşların Atkı İplik Numaraları ve Atkı Sıklık Değerleri 27
4.3.2. Gramaj Ölçümlerinin Değerlendirilmesi 27
4.3.3. Denim Kumaşlara Uygulanan Kopma ve Yırtılma Mukavemeti Test Değerlendirilmesi 27

4.3.4. Denim Kumaşlara Uygulanan Elastikiyet Test Sonuçları 33
4.3.5. Denim Kumaşlara Uygulanan Isıl Direnç ve Su Buharı Test Değerlendirilmesi 34
5. SONUÇLAR 41
KAYNAKLAR 43
ÖZGEÇMİŞ 45

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Denim Dokuma Kumaşlarda Geri Dönüşüm Pamuk Oranlarının İyileştirilmesinin Kumaş Konfor ve Performans Özelliklerine Etkisinin Araştırılması

Hakan KARAGÖL

Danışman: Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Günümüzde geri dönüşüm ile ilgili iplik, dokuma, örme, dokusuz yüzey ve kompozit alanında yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmaktadır. Tekstilde geri dönüşüm çalışmaları incelendiğinde, çoğunluklapamuk ve/veya polyester elyaftan üretim esnasında açığa çıkan ve/veya müşteri kullanımı sonrası geri dönüştürülen liflerin belirli oranlarda kullanılarak elde edilen tekstil ürünlerinin performanslarının değerlendirildiği görülmektedir. Bu tez çalışmasında, çeşitli geri dönüşüm liflerinin (Pamuk, poliester, elastan) seçimi yapılarak ve farklı oranlarda geri dönüşüm pamuk oranlarında (%80-70-60-50-40) kullanılarak yeni bir modifiye ring iplikçilik ve konvansiyonel ring iplikçilik sistemleri ile üretilen iplikler ve bunlardan üretilen denim kumaşlar elde edilmiştir. Bu doğrultuda farklı karışım oranlarında pamuk, geri dönüşüm pamuk ve geri dönüşüm poliester elyaf iplikler kullanılarak denim kumaşlar üretilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan pamuk lifinin ve üretilen ipliğin karakterizasyon testleri yapılmıştır. Üretilen tüm kumaşlara testler öncesinde bilinen standart terbiye işlemleri uygulanmıştır. Denim kumaşların fiziksel özellikleri, kopma ve yırtılma mukavemeti ve bazı konfor özellikleri test edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında geri dönüşümün kumaş performans özelliklerine etkileri belirlenmiş ve yaşam döngü analizi ölçümleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Geri dönüşüm pamuk, Özlü iplik, Yaşam Döngü Analizi

CUKUROVA UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSc THESIS

Investigation of the Effect of Improving Recycle Cotton Ratios on Fabric Comfort and Performance Properties in Denim Woven Fabrics

Hakan KARAGÖL

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Füsun DOBA KADEM

Department of Textile Engineering

ABSTRACT

Nowadays, intensive studies are carried out in the fields of yarn, weaving, knitting, nonwovens and composites related to recycling. When recycling studies in textile are examined, it is seen that the performances of textile products obtained by using certain proportions of fibers that are mostly released during production from cotton and/or polyester fibers and/or recycled after customer use are evaluated. In this thesis, yarns produced with a new modified ring spinning and conventional ring spinning systems and denim fabrics produced from them were obtained by selecting various recycled fibers (cotton, polyester, elastane) and using them at different rates of recycled cotton. In this direction, denim fabrics were produced by producing cotton, recycled cotton (%80-70-60-50-40) and recycled polyester fiber yarns in different mixing ratios. In this direction, denim fabrics were produced by producing cotton, recycled cotton and recycled polyester fiber yarns in different mixing ratios. Characterization studies of cotton fiber and yarn produced in the thesis study were carried out. Prior to the tests, standard finishing processes available in the market were applied to all fabrics produced. The physical properties of denim fabrics, tensile and tear strength and some comfort properties were examined. In the light of the data obtained, the effects of recycling on fabric performance properties were determined and life cycle analysis measurements were made.

Keywords: Sustainability, Recycled cotton, Core yarn, Life Cycle Analysis

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana destek veren, yüksek lisans tezimin hazırlık aşamasından son ana kadar kıymetli önerileri ile yol gösteren, sabır ve hoşgörüsü ile her zaman yanımda olan kıymetli hocam Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın hazırlık sürecinden tüm testlerin tamamlanma aşamasına kadar; kullanılan hammaddelerin temin edilmesinde, tez çalışması kapsamında üretilen ipliklerin ve kumaşların elde edilmesinde, analiz ve testlerin tamamlanmasına kadar ki geçen süreçte yardımcı olan, tezimin bütün aşamalarında tüm imkânlarını kullanmış olduğum İSKUR TEKSTİL ENERJİ TİCARET VE SANAYİ A.Ş (Kahramanmaraş) firmasına teşekkür ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge1.1. Türkiye'nin Sektörlere Göre İhracatı İlk 10 Ülke 3
Çizelge 1.2. Türkiye'nin 2021 yılında ihracat gerçekleştirdiği İlk 10 Ülke 3
Çizelge 1.3. 2017-2021 Dünya denim ihracatında öne çıkan ülkeler ilk 10 ülke (İTHİB) 4
Çizelge 3.1. Ring İplik Makinesine Ait Bilgiler 14
Çizelge 3.2. Üretilen Denim Kumaşların Atkı İplik Numaraları, Atkı ve Çözgü Sıklık Değerleri 15
Çizelge 3.3. Üretilen Denim Kumaş Grup Kodları 16
Çizelge 3.4. Elyaf ve İplik Testleri İplik Karakterizasyon Testleri 16
Çizelge 3.5. Üretilen Denim Kumaşlara Uygulanan Terbiye İşlemleri Testleri 17
Çizelge 4.1. HVI Ölçüm Sonuçları 23
Çizelge 4.2. AFIS Ölçüm Sonuçları 23
Çizelge 4.3. İplik Düzgünsüzlük Test Sonuçları 24
Çizelge 4.4. İplik Mukavemet Sonuçları 26
Çizelge 4.5. Denim Atkı İplik Numarası, Atkı ve Çözgü Sıklıkları 27
Çizelge 4.6. Denim Kumaş Gramaj Değerleri 27
Çizelge 4.7. R Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti 28
Çizelge 4.8. D1 Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti 28
Çizelge 4.9. D2 Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti 28
Çizelge 4.10. D3 Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti 29
Çizelge 4.11. D4 Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti 29
Çizelge 4.12. D5 Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti 29
Çizelge 4.13. R Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti 30
Çizelge 4.14. D1 Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti 31
Çizelge 4.15. D2 Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti 31
Çizelge 4.16. D3 Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti 31
Çizelge 4.17. D4 Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti 32
Çizelge 4.18. D5 Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti 32
Çizelge 4.19. Elastikiyet (%) test sonuçları 33
Çizelge 4.20. R numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri 35
Çizelge 4.21. D1 numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri 35
Çizelge 4.22. D2 numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri 36
Çizelge 4.23. D3 numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri 36
Çizelge 4.24. D4 numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri 37
Çizelge 4 25. D5 numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri 37
Çizelge 4.26. Denim kumaşların dökümlülük (%) test değerleri 39
Çizelge 4.27. Yaşam Döngü Analizi Sonuçları 40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Denim Kumaş Üretim Prosesi 5
Şekil 1.2. İskur Kayra Geri dönüşüm iplik üretim süreci 7
Şekil 3.1. İplik düzgünsüzlük test cihazı 18
Şekil 3.2. İplik mukavemeti cihazı 18
Şekil 3.3. Hassas Terazi Kumaş Gramaj Ölçüm Aleti 19
Şekil 3.4. Kopma Mukavemeti Test Cihazı 19
Şekil 3.5. Kumaş Yırtılma Test Cihazı 20
Şekil 3.6. Kumaş Yırtılma Test Cihazı 20
Şekil 3.7. Dökümlülük Test Cihazı 21
Şekil 4.1. Kumaşların Kopma Mukavemeti Newton (kgf) Değerleri 30
Şekil 4.2. Kumaşların Yırtılma Mukavemeti (gf) Değerleri 32
Şekil 4.3. Denim Kumaşların Elastikiyet Değerleri (%) 34
Şekil 4.4. Denim Kumaşların Bağıl Su Buharı Geçirgenliği Değerleri (%) 38
Şekil 4.5. Denim Kumaşların Isıl Direnç Değerleri (m^2K/W) 38
Şekil 4.6. Denim Kumaşların Dökümlülük Test Değerleri (%) 39

SİMGELER VE KISALTMALAR

R **:** Referans Kumaş

D1 **:** 1 numaralı denim kumaş

D2 **:** 2 numaralı denim kumaş

D3 **:** 3 numaralı denim kumaş

D4 **:** 4 numaralı denim kumaş

D5 **:** 5 numaralı denim kumaş

Ne **:** Bir libre (453,6 gr) ağırlıktaki iplik örneğinin hank olarak uzunluğu

Kgf **:** Kilogram kuvvet

Gf **:** Gram kuvvet

1. GİRİŞ

Denim, din, dil, yaş, ırk, cinsiyet, siyasi ve sosyal statü ayrımı olmaksızın, her yaştan ve her kesimden kullanıcıya hitap eden, bireylerin birbirlerini eşit olarak görebileceği tek giysi türü olarak tekstil endüstrisinde önemli bir yer tutmaktadır (Doba Kadem ve Özdemir, 2020). Denim, çözgü olarak indigo boyalı pamuk ipliği ve atkı olarak boyanmamış pamuk ipliği ile çözgü yüzlü dimi desende dokunan eşsiz bir kumaştır. Dolayısıyla kumaşın yüzü mavi, arkası beyazdır. Denim kumaşlar çok trend bir kumaş olduğu için tüm zamanların modası olan bir kumaş olarak adlandırılabilir. Hızla değişen bir tarzda sürdürülebilmek için sürekli bir evrim geçirmiştir. Şu anda denim kumaş, sadece bir giysiden ziyade tüm bir yaşam tarzı için bir kumaştır. Denimin geleceği de yenilikler sayesinde umut verici olarak devam etmektedir. Yeni moda trendleri yaratmak, moda döngüsü boyunca yeniden canlandırılmaya devam etmek için denim kumaş önemli bir tutmaktadır (Amutha, 2017).

Pamuk, dünya çapında yaklaşık 90 ülkede hasat edilen ve tekstil üretiminde kullanılan en önemli hammadde kaynağıdır. Bir kg pamuk yetiştirmek için 20.000 litre suya ihtiyaç vardır ve pamuk yetiştiriciliğinde birçok zirai ilaç kullanılmaktadır. Sürdürülebilir olmayan tarım uygulamaları ve yoğun su kullanımı, pamuğun yetiştirildiği ekosistemleri ve çevreyi kirletmektedir (Radhakrishnan, 2017). Tekstil üretimi prosesleri sırasında büyük miktarlarda doğal kaynak (su, petrol, toprak) tüketimine sebep olmasının yanı sıra toksik kimyasallar da kullanılmakta ve bu durum neticesinde karbondioksit açığa çıkmaktadır. Bu duruma ek olarak her yıl milyonlarca ton tekstil atığı ortaya çıkmaktadır (Doba Kadem ve Özdemir, 2020).

Sürdürülebilirlik kavramı gerek üretici gerekse de tüketici açısından kaynakların kullanılması bakımından oldukça önemli bir kavram olarak ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilirlik kavramı, dünya nüfusunun her geçen gün giderek arttığı, her yıl milyonlarca ton tekstil atığının ortaya çıktığı günümüzde ekonomik büyüme, çevreye ve topluma karşı sorumluluk bilincinde olma yolunda dikkat edilmesi gereken konuların başında gelmektedir (Mangır, 2016).

Geçmişte işçi kıyafetleri olarak tasarlanıp kullanıma sunulan günümüze kadar hızlı bir ivmeyle değişim ve gelişim göstererek moda tasarım dünyasında önemli bir yer edinen denim ürünleri sürdürülebilirlik çerçevesi kapsamında çevre dostu olma hedefiyle üzerinde araştırma yapılan konuların başında gelmektedir (Doba Kadem ve Özdemir, 2020).

Bu tez çalışmasında, tüketici kullanımı sonrası geri dönüştürülen liflerden elde edilen atkı iplikleri kullanılarak üretilmiş olan ipliklerin düzgünsüzlük ve mukavemet değerleri, denim kumaşların kopma, yırtılma mukavemeti, ısıl direnç, su buharı geçirgenliği ve dökümlülük değerleri standartlara göre tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bu geri dönüşüm işleminin denim üretiminde yer alan teknik spekt değerlerini karşıladığı ve üretilen kumaşların etkin bir şekilde kullanılabileceği tespit edilmiştir. Tez çalışmasında, modifiye ring iplikçiliğinde birden fazla kesikli elyaf ve filament kullandığımız ve bunlardan bir kısmı çekirdek olarak

konumlanabileceği ve ikiden fazla çekirdek elyaf kullanım olanağı sağladığı için bu tezde bu iplikler çok çekirdekli iplik yapıları olarak da tanımlanabilir. Ayrıca çalışmanın sonunda SimaPro yazılım programı kullanılarak Yaşam Döngü Analizi de yapılmış olup, üretimin yaratmış olduğu çevresel etkilerde ortaya konulmuştur.

1.1. Denimin Tanımı

Denim veya blue jeans olarak adlandırılan kumaşlar, genellikle pamuk, polyester, naylon, viskon ve likra gibi ipliklerden, birkaç birim sekizde, genellikle mavi indigo boyalarla boyanmış çözgü ipliklerinden ve doğal beyaz renklerde üretilen atkı ipliklerinden çeşitli dokularda dokularda üretilen bir dokuma kumaştır. Denim kumaşlar günümüzde farklı kullanım amaçları için çeşitli özelliklerde üretilmektedir. "Canlı renk" olarak bilinen indigo renklendirici boya, artık sentetik olarak üretilmekte olup, bu renklendirici ile boyanan ürün yıkamadan dolayı zamanla rengini değiştirmekte ve kumaşın beyaz olmasına sebep olmaktadır. Denim dokumada daha çok rotor iplik (Open End) ve nadiren ring karde iplik tercih edilmektedir. Bunların dışında fantezi ve özel ipliklerin kullanıldığı denim kumaşlar da bulunmaktadır. Piyasada farklı isimlerle anılan birçok denim kumaş çeşidi vardır. Bunlardan bazıları; Çözgü ve atkı iplikleri boyanmamış bir kumaş olan Natural Denim, Antik Denim; 19. yüzyılda mekik tezgâhlarda dokunan, atkı ve çözgü ipliklerinin ring ipliği olduğu bir denim kumaştır. Günümüzde aynı etkiye sahip bir kumaş bulmak oldukça zordur. Fish Net Denim: Şantuk ring ipliğinden çözgü ve atkı yapan bir kumaştır. Stretch/Lycra Denim Cotton, %100 pamuk ipliğinden yapılmış çözgü ipliklerinden, elastik likralı ipliklerin bükümlü dokumalarından oluşan atkı ipliklerinden dokunan bazı denim kumaş türleri arasında yer almaktadır (Meyancı, 2018).

1.2. Denimin Tarihçesi

Başlangıçta blue jeans malzemesi olan denim, yünden yapılmış güçlü bir malzeme olarak üretilmiştir. 1700 yılında pamuk ile harmanlanmış ve daha sonra %100 pamuklu malzeme olarak yapılmıştır. Adı, Fransa'nın sağlam kumaş anlamına gelen "Serge de Nimes'den" türetilmiştir. Bu malzeme önceleri gemilerde yelken bezi olarak kullanılırken daha sonra Genovalı denizcilerin kullanımı sayesinde kot olan kumaşlara dönüşmüş "Jean" kelimesine dönüşmüştür. Denim kumaşta kullanılan indigo ise, indigo bitkisinden elde edilen mavi bir boyadır ve M.Ö. 2.500 yıllarından beri boya olarak kullanılmıştır. Bu boya, yirminci yüzyıla kadar Hindistan'dan ithal edilmiştir ancak ardından sentetik boyalar doğal boyaların yerini almıştır. Denim kumaşlar, indigo boyalı çözgü ipliğine ve beyaz atkı ipliğine sahiptir (Radhakrishnan, 2017).

1850 yılına gelindiğinde henüz yirmi üç yaşında olan Levi Strauss adında Amerikalı bir genç tarafından altın madencilerinin ihtiyaç duyduğu sağlam pantolonları üretebilmek için, tente ve vagon örtüsü olarak kullanılan kanvası kesmeye başlamış ve pantolon üretimini gerçekleştirmiştir. Bu kumaşlar çözgü kısmında boya olarak kullanılan atkısında ise ekru renk olan yani "denim"

olarak adlandırılan kumaştan ilk “blue jeans” üretimi gerçekleştirilmiştir. Şüphesiz Levi Strauss üretmiş olduğu bu pantolonların yüzyıllar boyunca kullanılacak ve tekstil sektörüne damga vuracak bir ürün olacağını bilmiyordu (Kaya, 2006).

1.3. Türkiye Genel İhracatı

Sektörel bazda bakıldığında 2022 yılı içerisinde en çok ihracat gerçekleştiren ilk üç sektör sırasıyla, 33,5 milyar dolar ile Kimyevi Maddeler, 31 milyar dolar ile Otomotiv ve 21,2 milyar dolar ihracat ile Hazırgiyim ve Konfeksiyon sektöründen oluştuğu görülmektedir. TİM raporuna bakıldığında sektörel bazlı yapılan sınıflandırmaya göre 2022 yılı içerisinde 20 sektörün ihracat değerini arttırdığı görülmüştür. Ayrıca 2022 yılı içerisinde 1 milyar dolar üzerinde ihracat yapan il ve sektör sayısı 23, ülkelerin sayısı ise 51 olarak gerçekleşmiştir (TİM, 2022).

Çizelge1.1. Türkiye’nin Sektörlere Göre İhracatı İlk 10 Ülke (TİM, 2022)

Sıra No	İhracat Rakamı	Sektör
1	33.5 milyar dolar	Kimyevi Maddeler
2	31 milyar dolar	Otomotiv
3	21.2 milyar dolar	Hazırgiyim ve Konfeksiyon
4	21.1 milyar dolar	Çelik
5	15.2 milyar dolar	Elektrik ve Elektronik
6	14.4 milyar dolar	Demir ve Demir Dışı Metaller
7	11.5 milyar dolar	Hububat, Bakliyat, Yağlı Tohumlar ve Mamulleri
8	10. 4 milyar dolar	Makine ve Aksamları
9	10.4 milyar dolar	Tekstil ve Hammaddeleri
10	8.4 milyar dolar	Mobilya, Kağıt ve Orman Ürünleri

Türkiye olarak 2022 yılı içerisinde, 21,14 milyar dolar değer ile en fazla ihracat Almanya’ya gerçekleştirilmiştir. Almanya’yı 16,89 milyar dolar ile ABD, 13,75 dolar ile Irak, 13,01 milyar dolar ile Birleşik Krallık ve 12,39 milyar dolar ihracat ile İtalya takip etmektedir. Türkiye’nin AB ülkelerine ihracatı 2022 yılı içerisinde 103,1 milyar dolar olmuş ve ihracattaki payı %40,6’ya ulaşmıştır (TİM, 2022: 27).

Çizelge 1.2. Türkiye’nin 2021 yılında ihracat gerçekleştirdiği İlk 10 Ülke (TİM, 2022)

Sıra No	İhracat Rakamı	Ülke
1	21.14 milyar dolar	Almanya
2	16.89 milyar dolar	ABD
3	13.75 milyar dolar	Irak
4	13.01 milyar dolar	Birleşik Krallık
5	12.39 milyar dolar	İtalya
6	9.65 milyar dolar	İspanya
7	9.53 milyar dolar	Fransa
8	9.34 milyar dolar	Rusya Federasyonu
9	8.03 milyar dolar	Hollanda
10	7.03 milyar dolar	İsrail

1.4. Dünya Denim Kumaş Sektörü

Denim kumaşlar, dünyada dokuma konfeksiyon sanayisinde önemli bir yer tutan üretim dallarının arasında yer almaktadır. Küresel denim kumaş ihracatı 2021 yılı içerisinde %36,7 oranında artış göstererek 4,7 milyar dolar değerinde gerçekleşmiştir. Çin %41,7'lik pay ile küresel ölçekte en büyük denim kumaş üreticisi olarak dikkat çekmektedir. Çin'in 2021 yılında denim kumaş ihracatı %35,3'lük bir artışla 2 milyar dolar değerinde gerçekleşmiştir. Türkiye'nin ise denim kumaş ihracatı %7,2 ile dünyanın en büyük 4. denim kumaş ihracatçısı konumunda yer almaktadır. Aşağıdaki çizelgede dünya denim kumaş ihracatında öne çıkan ilk 10 ülkenin 2017-2021 yılları arasındaki ihracat rakamları yer almaktadır (İTHİB, 2021).

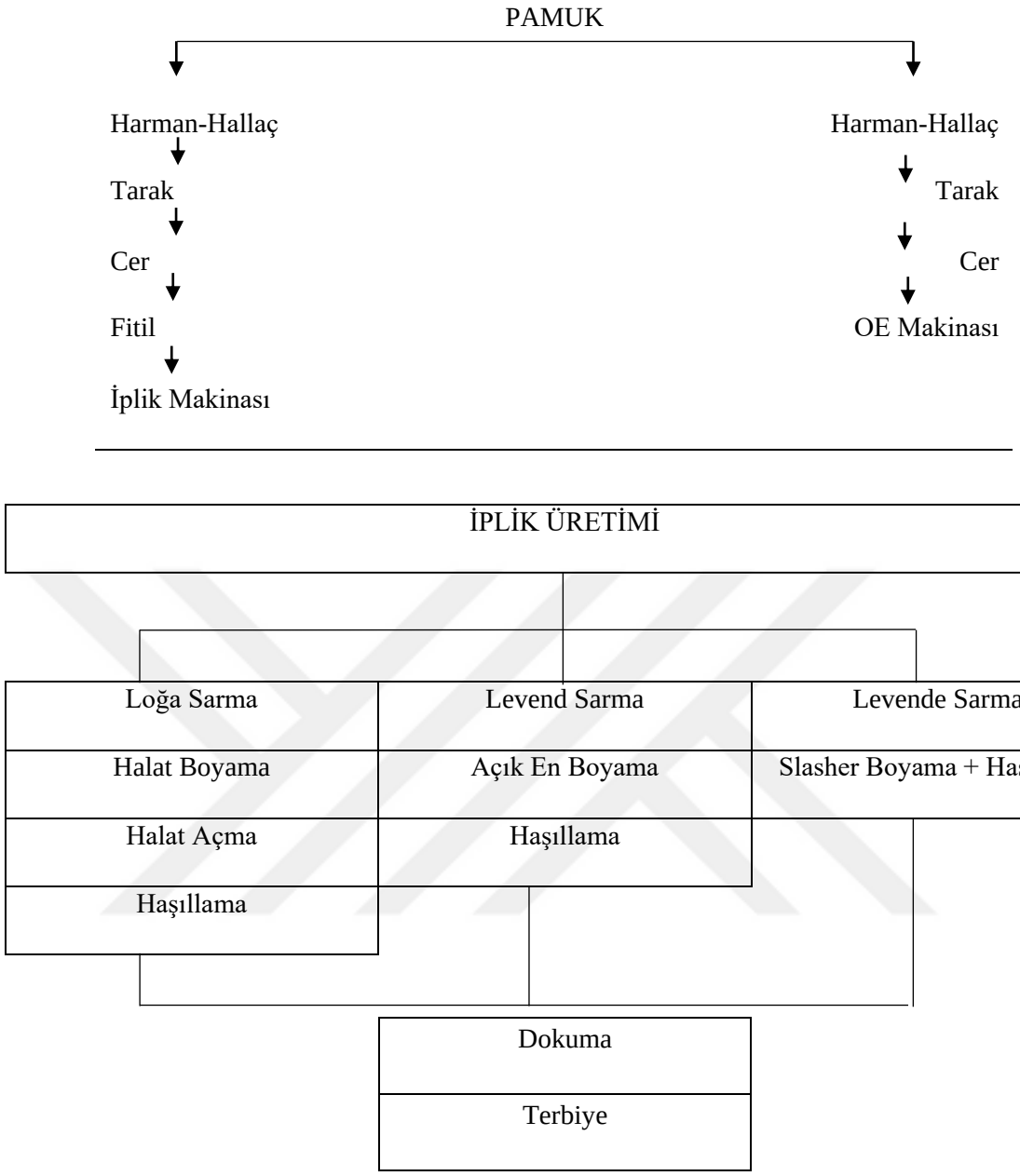
Çizelge 1.3. 2017-2021 Dünya denim ihracatında öne çıkan ülkeler ilk 10 ülke (İTHİB)

Sıra No	Ülke	2017	2018	2019	2020	2021	Değişim	Pay
1	Çin	1.858	2.085	1.970	1.444	1.954	%35,3	%41,7
2	Pakistan	534	582	589	477	650	%36,5	%13,9
3	Hindistan	351	405	439	342	594	%73,7	%12,7
4	Türkiye	369	338	314	253	338	%33,2	%7,2
5	Hong Kong	394	367	301	187	204	%9,2	%4,4
6	İtalya	162	145	127	96	119	%24,0	%2,5
7	Mısır	131	118	105	91	118	%30,6	%2,5
8	Meksika	77	93	111	72	84	%16,2	%1,8
9	Tayland	61	77	87	52	78	%49,1	%1,7
10	Japonya	103	94	104	68	75	%10,5	%1,6

1.5. Denim Kumaş Üretimi

Denim üretiminde pamuk, lif kalitesinin ve elyaf uzunluğunun çok önemli olduğu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Denim, pamuk olmadan denim olmaz, ancak pamuk lifi, kullanılan su miktarı ve böcek ilacı ile ilgili sürdürülebilirlik sorunlarını da gündeme getirir. Denim üretiminde organik veya doğal renkli pamuğun kullanılması, sürdürülebilirlik konularını bir ölçüde ele alabilir. Pestisit uygulamasını azaltmak için bir başka olasılık da genetiği değiştirilmiş pamuk kullanımıdır. Pamuk ayrıca likra, polyester, liyosel, yün, keten, kenevir vb. özel denim türleri geliştirmek için de kullanılmaktadır. Bu tür farklı elyafların çoğu artık denim sektörüne giriyor olsa da, bunların tamamen pamuğun yerini alması pek olası değildir. Denim üretiminde, pamuk lifinin iplik haline gelmesi için bir dizi işlemden geçmesi gerekir. Denim üretimi için kullanılan pamuk işleme tekniklerinin çoğu yıllar geçmesine rağmen pek fazla değişmemiştir. Atkıdan farklı olarak çözgü ipliği üretimi denimin nihai kalitesini etkileyebileceği için özel dikkat gerektirmektedir (Roshan, 2015).

Denim kumaş üretimi, sırasıyla halat sarma, halat boyama, halat açma, haşıllama, dokuma ve terbiye işlemlerinden oluşmaktadır. Denim kumaş ve iplik üretimine ilişkin süreç Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Denim Kumaş Üretim Prosesi (Roshan, 2015)

1.6. Tekstil Üretiminde Geri Dönüşüm

Tekstil sektörü, hazır giyim sektörünün tedarik zinciri altında konumlanan ve geniş kapsamlı bir üretim üretim yelpazisine sahip olan sektördür. Her türlü ihtiyaca yönelik olarak elyaf, iplik, örme ve dokuma kumaş, keçe, tufting yüzeylerin de dahil olduğu dokusuz yüzeyler, ev tekstil ürünleri, halılar gibi ürünlerin yanında ağ, ip, kablo, taşıyıcı tekstil bandı, branda, koruyucu bez, filtre, paraşüt, fren bezi ve keçe gibi teknik kullanıma yönelik ürünler de tekstil sektöründe yer almaktadır. Örme ve dokuma kumaş olarak üretilen bütün ürünler hazır giyim sektörü altında değerlendirilmektedir. Hazır giyim sektörü genellikle emek yoğun bir sektör olup, tekstil sektöründe üretilen moda sektörüne yönelik olarak işlendiği, katma değer yaratan, ancak emek

yoğun olması sebebiyle genelde işçiliği ucuz olduğu ve bu sebeple ülkelerin yatırım yaptığı bir sektör olarak değerlendirilmektedir (Ekti, 2013).

Geri dönüşüm kavramı, dünya nüfusunun artışı, üretim ve tüketimde meydana gelen yükselme hızı, kıt kaynakların korunması ve enerji tasarrufunun sağlanması gibi sebeplerle oldukça önemli hale gelmiştir. Geri dönüşüm, çeşitli kaynaklardan meydana gelen atıkların, tekrar değerlendirilebilmesi için farklı işlem ve basamaklardan geçerek üretime dahil edilmesi olarak tanımlamak mümkündür. Atıkların depolanması için gerekli olan alanların azalması ve lojistik maliyetlerinin artması gibi nedenlerden dolayı atıkların bertaraf edilmesi üreticiler ve tüketiciler açısından zorunlu hale gelmiştir. Bu durumla birlikte yalnızca çevreyle dost bir şekilde yapılan geri dönüşüm uygulamaları anlamlı bir şekilde faydalı olacaktır (Macit ve ark., 2019).

Tekstil endüstrisi, çok çeşitli işlevleri yerine getirmek için değişen karışım oranlarında karıştırılan farklı lif türlerinden oluşur. Tekstilde geri dönüşüm, dünyadaki en eski ve en köklü geri dönüşüm endüstrilerinden biri olarak yer almaktadır. Kaynakları konusunda uzun tutumlu bir geçmişe sahip olsa da, her yıl büyük oranda gereksiz atık üretimi devam etmektedir. Ticari olarak, tekstil atığı üretimi, tekstil ürünlerinin üretiminden etkilenir, üretim arttıkça atık miktarı da artar. Tekstil endüstrisinin çevremiz üzerinde çok olumsuz bir etkisi vardır. Konfeksiyon sektörü, büyük bir çoğunluğu çöplüklerde son bulan büyük miktarlarda tekstil atığı üretir. Bu atıkların sadece küçük bir miktarı yeniden kullanılmaktadır. (Rani and Jamal, 2018).

Tekstil geri dönüşüm malzemesi, tüketici öncesi (pre-consumer) veya tüketici sonrası (post-consumer) atık olarak sınıflandırılabilir; tekstil geri dönüşümü, bu atıkları atık akışından uzaklaştırır ve pazara (hem endüstriyel hem de son tüketici) geri dönüştürür. Tüketici öncesi atıklar, otomotiv, havacılık, ev yapımı, mobilya, şilte, kalın iplik, ev döşemesi, kağıt, konfeksiyon ve diğer endüstriler için üretilen tekstil, elyaf ve pamuk endüstrilerinden elde edilen üretim sırasında ortaya çıkan atık malzemelerinden oluşmaktadır. Tüketici sonrası atıklar, tüketici kullanımı sonrası sahibinin artık ihtiyaç duymadığı ve atmaya karar verdiği, imal edilmiş tekstillerden yapılmış her türlü giysi veya ev eşyası olarak tanımlanır. Bu ürünler ya yıprandıkları, hasar gördükleri, eskidikleri ya da modası geçtikleri için atılır. Bazen hayır kurumlarına verilir veya arkadaşlara ve aileye verilir, ancak varacağı son durakta çöp kutusuna atılır ve belediye çöplüklerinde son bulur (Wang, 2006).

1.7. Geri Dönüşüm İplik Üretim Süreci

Tüketici kullanımı sonrası elyafların geri dönüştürülmesiyle elde edilen denim kumaşın üretimi, standart denim kumaş üretimi gibi aynıdır. Farklı olan aşama, kullanılan ipliklerin kullanılan konfeksiyon atıklarından geri dönüşümle elde edilen elyafın harman esnasında karıştırılarak iplik üretimi sırasında kullanılıyor olmasıdır (Doba Kadem ve Özdemir). Geri dönüşüm iplik üretim süreci tasnif etme, sınıflandırma, kesme, harmanlama elyaf haline getirme ve balyalama işlemlerinden oluşur.



Şekil 1.2. İskur Kayra Geri dönüşüm iplik üretim süreci

1.8. Çalışmanın Önemi ve Amacı

İplikçilikte maliyeti azaltmak, verimi artırmak, yeni ve farklı özellikler kazandırmak ve iplik kalite değerlerinde iyileştirmeler yapmak için ring iplikçiliğinde ulusal ve uluslararası çalışmalar sürdürülmektedir. Tekstil sektöründe üretimde kullanılan air-jet, vortex ve open-end iplikçilik sistemleri özellikle iplik mukavemeti değerlerinde sınır olması sebebiyle ring iplikçiliğinin yerini alamamıştır. Ring iplik eğirme sistemi üzerinde çeşitli modifikasyon ve geliştirmeler yapılarak çeşitli ilerlemelerin kaydedildiği yapılan çalışmalarda görülmektedir. Bu doğrultuda kompakt iplik eğirme sistemleri, Corespun, Sirospun ve Duospun iplik eğirme sistemleri ise ring iplik eğirme sisteminin modifikasyonu ile ilgili yeni sistemler olarak ortaya çıkmıştır (Karakan Günaydın, 2012). Bu tez çalışmasında da modifiye ring iplikçiliği kullanılarak

denim kumaş içerisindeki geri dönüşüm oranının artırılması yönünde çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelenerek kumaş performansı, ısıl konfor ve yaşam döngü analizi ölçümleri değerlendirilmiştir ve uluslararası pazarda üstünlükleri ortaya çıkarılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, tekstil sektörü için en önemli hammadde kaynaklarından biri olan pamuk ve pamuğun geri dönüşümünden üretilmiş iplikler kullanılarak geri dönüşüm oranı yüksek denim kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşların performans özellikleri ve bazı konfor özellikleri incelenmiştir. Bugüne kadar yapılmış çalışmalarda open-end iplikten geri dönüşüm oranı yüksek olan ipliklerden üretim söz konusu olmuştur. Çalışmada, ring iplik eğirme sisteminin modifikasyonu ile %2,5 elastan, %7,5 geri dönüşüm polyester ve %90 oranında pamuk lifleri kullanılmıştır. Pamuk elyafı değişen oranlarda geri dönüşüm pamuk ile karıştırılmıştır. Farklı geri dönüşüm oranlarında (%40, %50, %60, %70, %80) geri dönüşüm pamuk kullanılmıştır. Pamuk, polyester ve elastan kullanılarak elde edilen iplikler atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Çözgü ipliği olarak Ne 6,5/1 Open End %70 yöre pamuğu %30 recycle pre-consumer pamuk ham maddeden iplik kullanılmıştır. 3/1 Z dimi örgü yapısında edilen denim kumaşların kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, elastikiyet gibi performans testleri ve ısıl direnç, su buharı geçirgenliği, dökümlülük gibi konfor testlerinin yapılarak geri dönüşüm oranının değişiminin kumaş kullanım performansı açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen kumaşlarda geri dönüşüm oranının artırılmasının sürdürülebilirlik açısından değerini görebilmek için, yaşam döngü analizi yapılmıştır. Atkı ipliği %10 yöre pamuğu+%80 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan ham maddededen oluşan denim kumaşın (çalışmada 5 nolu kumaş olarak kodlanmıştır) yaşam döngü analizi değerlendirmesi sonucunda, küresel ısınma %13.6, ozon tabakasının incelmesi %9.66 ve insan yaşamı üzerindeki toksik etki %15,65 iyileştirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İplikçilikte maliyeti azaltmak, verimi arttırmak, yeni ve farklı özellikler kazandırmak ve iplik kalite değerlerinde iyileştirmeler yapmak için ring iplikçiliğinde ulusal ve uluslararası çalışmalar sürdürülmektedir. Piyasaya çıkan air-jet, vortex ve open-end iplikçilik sistemleri özellikle iplik mukavemetinde limitli olması sebebiyle ring iplikçiliğinin yerini alamamıştır. Ring iplik eğirme sistemi üzerinde çalışılan modifikasyon ve geliştirmeler yapılarak çeşitli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu doğrultuda kompakt iplik eğirme sistemleri, Corespun, Sirospun ve Duospun iplik eğirme sistemleri ise ring iplik eğirme sisteminin modifikasyonu ile ilgili yeni sistemler olarak ortaya çıkmıştır (Karakan Günaydın, 2012). Bu tez çalışmasında da modifiye ring iplikçiliği kullanılarak denim kumaş içerisindeki recycle oranının arttırılması yönünde çalışmalar yapılmıştır.

Ertaş ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, tekstil sektöründe kullanımı giderek artan dual-core ipliklerin atkıda kullanımlarındaki yoğunluk değişimlerinin kumaş özelliklerine etkisini değerlendirmişlerdir. Çeşitli sıklıklarda dual-core atkı ipliği ile dokunan denim kumaşların ağırlık, boyut, elastikiyet, çekme mukavemeti ve maliyet özelliklerinin, birim uzunluk başına dual-core atkı sayısındaki değişimden ne ölçüde etkilendiğini incelemişlerdir. Sonuç olarak, yapının kumaş genişliği ve dolayısıyla birim ağırlık üzerinde elastikiyet oranından çok daha fazla etkiye sahip olduğu, elastan içeren ipliklerdeki yoğunluk değişikliklerinin kumaşın renk değerleri üzerindeciddi farklılıklara neden olduğu gibi durumları tespit etmişlerdir.

Bolat ve Yılmaz (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, denim kumaş üretimi sırasında atkı ipliği olarak üç farklı incelikte (Ne 16/1, 20/1 ve 30/1) T400/elastan dual core iplikler kullanılmış ve dokuma kumaşlar üç farklı atkı sıklığında (20, 24 ve 30 en/cm) elde edilmiştir. Dokuma kumaş üretiminden sonra boyama ve terbiye işlemleri gerçekleştirilmiş ve kumaşların mekanik (kopma, yırtılma ve dikiş mukavemeti), performans (kumaş elastikiyeti, kalıcı uzama, aşınma ve boncuklanma direnci, boyutsal stabilite) ve konfor ile ilgili çeşitli özellikleri geliştirilmiştir. Sonuçlar, çözgü ve atkı yönlerinde kopma ve dikiş mukavemetinin önemli ölçüde arttığını ve atkı sıklığı arttıkça yırtılma mukavemeti değerlerinin azalma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Diğer yandan, iplik numarasının mukavemet özellikleri üzerindeki etkisinde farklı eğilimler gözlemlenmiştir. Elastikiyet ve kalıcı uzama sonuçları değerlendirildiğinde genel olarak atkı sıklığı arttıkça ve iplik kalınlaştıkça kumaş elastikiyetinde azalmakta olduğu tespit edilmiştir.

Erbil ve ark. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, denim kumaşların performans özellikleri, çekme mukavemeti, yırtılma mukavemeti, hava geçirgenliği, kütle değişimi, boyutsal kararlılık, dikiş kayması, kumaş büyümesi ve esnekliği karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Atkı yönünde %100 pamuk, özlü ve çift özlü iplikler (Ne 16/1), çözgü ipliği olarak da %100 pamuk ring iplikler (Ne 13.5/1) kullanılarak denim kumaşlar üretilmiştir. Tüm test sonuçları sayısal olarak ölçülmüş ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel olarak atkı ipliği yapılarının değişimiyle kumaşlar arasında farklar

tespit edilmiştir. Farklı yıkama işlemlerinin denim kumaşların esnemesi ve büyümesi (%) üzerindeki etkisi de ortaya çıkmıştır. Denim kumaş içeren özlü iplik, tüm yıkama proseslerinde daha fazla büyüme ve esneme yüzdesi göstermiştir.

Telli (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, pamuk, iplik eğirme prosesi sırasında meydana gelen geri dönüşüm pamuk (pre-consumer) ve geri dönüşüm polyester (r-PET) elyaflar kullanılarak denim kumaşlar üretmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, karışımlardaki r-PET oranının artması ile birlikte denim kumaşlarda kopma dayanımı ve kopma uzamasında artış görüldüğü ve düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük değerlerinde ise azalma eğilimi olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca r-PET elyafının kopma dayanımına, kopma uzamasına ve yırtılma dayanımına katkı sağladığıgözlemlenirken yumuşaklığı olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Necef ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, kumaş artıkları değerlendirilerek üretilen geri dönüştürülmüş giysilerin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bir giyim firmasının kumaş artıklarından Ne 28 iplik numarasında %50 geri dönüştürülmüş pamuk-%50 polyester iplikler üretilmiş ve Ne 28 iplik numarasında %50 pamuk-%50 polyester iplikler ile karşılaştırılmıştır. Bu ipliklerle süprem kumaşlar örülmüş ve aynı üretim koşullarında bu kumaşlarla giysiler dikilmiştir. İpliklerin, kumaşların ve giysilerin fiziksel özellikleri, işlenmemiş malzemelerden yapılan ürünlerle karşılaştırılmıştır. Test sonuçları, geri dönüştürülmüş ve işlenmemiş liflerden elde edilen giysilerin kaliteleri arasında belirgin bir fark olmadığını göstermiştir. Bu çalışma sonucunda, kumaş artıklarından üretilen geri dönüştürülmüş giysilerin hazır giyim imalat sanayinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Sharma and Goel (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı karışım oranlarında (70:30, 50:50 ve 70:30) geri dönüştürülmüş polyester/pamuk lifleri kullanarak iğneleme yöntemiyle dokunmamış kumaşlar geliştirmişler ve geliştirilen dokunmamış kumaşların çeşitli özellikleri analiz edilmiştir. Dokunmamış karışımlı kumaşın fiziksel özelliklerine göre en uygun oranının 30:70 pamuk/polyester elyaf karışımı olduğu belirtilmiştir.

Doba Kadem ve Sevgi (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, geri dönüştürülmüş pamuk karışımlı süprem örme kumaşların yoğunluk, ağırlık, kalınlık, hava geçirgenliği, kumaş sertliği ve patlama mukavemeti gibi özellikleri standartlara göre belirlenmiş ve elde edilen sonuçlara göre geri dönüşüm oranının etkinliği değerlendirilmiştir. Geri dönüşümlü pamuk katkılı örme kumaşlarda geri dönüşüm oranı arttıkça patlama mukavemetinin düştüğü, hava geçirgenliğinin arttığı ve kumaş sertliğinin azaldığı belirlenmiştir.

Doba Kadem (2016), denim sektöründe pamuk atıklarının geri dönüşümü üzerine yaptığı deneysel çalışmada atkısı ve çözgüsü geri dönüşüm pamukla (iplik üretim aşamasında elde edilen telefler, halat boya telefleri gibi pre-consumer elyaf atığı) harmanda karıştırılarak üretilmiş denim kumaş ile geri dönüşüm olmayan denim kumaşın mukavemet özelliklerini karşılaştırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, geri dönüşüm pamuk elyafının harmanda kullanılarak elde edildiği pamuklu denim kumaşlarda %15 kumaş mukavemet kaybının yaşandığı, performans özelliği olarak denim kumaşlarda kullanım performansına fazla olumsuz bir etkisi olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Doba Kadem ve Özdemir (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, denim işletmesinde, tüketici kullanımı sonrası (post consumer) olarak elde edilen elyaflardan geri dönüştürülmüş denim kumaşların hava geçirgenliği, eğilme dayanımı ve yıkamadan sonraki boyut değişimi testleri standartlara göre tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlara göre, bu geri dönüşüm işleminin denim üretiminde etkin bir şekilde kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Mezarcıöz ve ark. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, denim kumaş performansında geri dönüştürülmüş pamuğun (R-CO) geleneksel pamuk (C-CO), organik pamuk (O-CO) ve daha iyi pamuk (B-CO) ile performansı değerlendirilmiştir. Ne 7.2 şantuklu pamuk çözgü ipliği ve Ne 8.9 C-CO, O-CO, B-CO, R-CO karde atkı iplikleri kullanılarak denim kumaşlar üretilmiştir. Çalışma sonucunda, pamuk elyaf türlerinin sadece yırtılma ve kopma mukavemetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Alp (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, geri dönüşüm pamuk içeren iplik ve denim kumaşların üretim potansiyelinin araştırılması ve proses parametrelerinin optimizasyonu hedeflenmiştir. Çalışmada geri dönüşüm pamuk (r-COT) ve pamuk (COT) harmanlarından farklı karışım oranlarında (%20/80, %35/65, %50/50 ve %100) Open-End rotor iplikler üretilmiş ve ipliklerin özellikleri (kütlesel düzgünsüzlük, Uster tüylülük, hata göstergeleri, kopma mukavemeti ve kopma uzaması) karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapısında en fazla oranda geri dönüşüm pamuk (r-COT) bulunan ipliğin en yüksek kütlesel düzgünsüzlük, tüylülük ve hata göstergeleri değerlerine, en düşük mukavemet ve kopma uzaması değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmada farklı harmandan üretilen Open-End Rotor atkı ipliklerinden 8 tip denim kumaş üretilmiştir. Üretilen kumaşların tüm analiz sonuçları incelendiğinde, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında atkı yönü kopma mukavemeti, çözgü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti, bağıl su buharı geçirgenliği, ısıl iletkenlik, ısıl soğurganlık değerlerinin azaldığı, kalınlık değerlerinin arttığı görülmüştür.

Memon et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, geri dönüştürülmüş tekstil/pamuk elyafı karışımlarından üretilen ipliklerin orantı optimizasyonu özelliğini incelemiş ve denim kumaş üretiminde kullanılıp kullanılamayacağını kontrol etmeyi amaçlamışlardır. 20/80, 25/75, 30/70, 35/65, 40/60, 45/55 ve 50/50 lif oranları ile geri dönüştürülmüş elyaf ve Ne 4,5 Open-End Rotor iplik üretmişlerdir. Sonuç olarak, 40/60 karışım oranında optimum sonuç alınmış ve optimize edilmiş bu oran kullanılarak Ne 10 numarada iplik üretilmiş ve denim kumaş üretiminde kullanılmıştır. Üretilen numune denim kumaşta atkı olarak geri dönüştürülmüş iplik kullanılmış, geri dönüştürülmüş elyaftan elde edilen ipliğin denim gibi ürünlerin imalatında kullanılabileceğini, geri dönüştürülmüş ürünlerin giyilebilir kalitede olabileceği ortaya konmuştur.

Literatürde ring iplikçiliğinde sürdürülebilir teknolojiler ve yapılan çalışmalar incelendiğinde recycle pamuk kullanımı konusunda iyileştirmelerin çok kısıtlı olduğu görülmüştür. Bu bağlamda bu tez çalışmasında güncel sürdürülebilir teknolojiler kullanılarak ring iplikçiliğinde bu problemin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Elde edilen denim kumaşların yaşam döngü analizi

(LCA) de yapılarak, LCA değerlendirmesi sonucu, referans kumaştaki gibi orijinal pamuk kullanımı yerine (%) olarak yüksek oranda geri dönüşüm katkılı pamuk kullanımının kaynak tükenmesi (fosil yakıtlar), küresel ısınma, ozon tabakasının incelmesi, insan yaşamı üzerindeki toksik etki, tatlı su yaşamı üzerindeki toksik etki, karasal yaşam üzerindeki toksik etki ve toplam su kullanımında kayda değer bir iyileşme sağladığı gözlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde tez çalışması ile ilgili materyal ve yöntem kısımlarından bahsedilecektir.

3.1. Materyal

Çalışmada Ne 13/1 iplik numarasında atkı iplikleri altı farklı ham maddeden iplik tipi kullanılarak 3/1 Z dimi örgü yapısına sahip biri referans denim olmak üzere farklı denim dokuma kumaşlar üretilmiştir. Tüm kumaşların çözgü ipliğinde ise Ne 6,5/1 Open End %100 pamuk ham maddeden iplik kullanılmıştır. Çalışmanın belirlenen zamanda tamamlanabilmesi için işletme prosesinde hazır olan %30 Recycle / %70 Pamuk olarak kullanılan çözgü kullanılmıştır. Modifiye ring iplikçiliğinde birden fazla kesikli elyaf ve filament kullandığımız için bu çalışmada kullanılan iplikler *Modifiye Ring* olarak tanımlanmıştır. Çözgü tel sayısı 4077 olup çözgü sıklığı 21,8'dir. Atkıda kullanılan altı farklı iplik tipi aşağıdaki gibidir.

- Ne 13/1 %90 Pamuk+%7.5 Polyester+%2.5 Elastan Modifiye Ring
- Ne 13/1 - %50 Pamuk+%40 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring
- Ne 13/1 - %40 Pamuk+%50 Recycle pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring
- Ne 13/1 - %30 Pamuk+%60 Recycle pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring
- Ne 13/1 - %20 Pamuk+%70 Recycle pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring
- Ne 13/1 - %10 Pamuk+%80 Recycle pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring

Denim kumaşlar, dokuma sonrası yakma, haşıl sökme, merserizasyon, yıkama, kurutma, apre, fiksaj ve sanfor işlemlerine tabi tutulmuştur. Denim kumaşlara performans testleri ve konfor testleri uygulanmıştır.

3.1.1. İplik Özellikleri

Numune ipliklerin üretiminde kullanılan ring iplik eğirme sistemine ait veriler Çizelge 3.1' verilmiştir.

Yukarıda detaylı özellikleri verilen ring iplik eğirme sistemi ile farklı karışım oranlarından iplikler üretildikten sonra kumaş üretimlerine geçilmiştir.

Çizelge 3.1. Ring İplik Makinesine Ait Bilgiler

Makine No.	**Zinser RM351**					
İplik Tipi	Ne 13/1 %90 Pamuk +%7.5 Polyester+ %2.5 Elastan Modifiye Ring	Ne 13/1 %50 Pamuk+%40 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2 .5 Recycle Elastan Modifiye Ring	Ne 13/1 %40 Pamuk+%50 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2 .5 Recycle Elastan Modifiye Ring	Ne 13/1 %30 Pamuk+%60 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2 .5 Recycle Elastan Modifiye Ring	Ne 13/1 %20 Pamuk+%70 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2 .5 Recycle Elastan Modifiye Ring	Ne 13/1 %10 Pamuk+%80 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2 .5 Recycle Elastan Modifiye Ring
Fitil (Ne)	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Çekim	31,35	31,35	31,35	31,35	31,35	31,35
Büküm	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Toplam Takım Sayısı	66	66	66	66	66	66
Çalışma Devri	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000

3.1.2. Kumaş Özellikleri

Üretilen ipliklerle dokuma makinesi tezgâhında denim kumaşlar üretilmiştir. Üretilen kumaşlara ait özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Üretilen Denim Kumaşların Atkı İplik Numaraları, Atkı ve Çözgü Sıklık Değerleri

Numune	İplik Numarası (Ne)	Karışım Oranı	Atkı Sıklık (tel/cm)	Çözgü Sıklık (tel/cm)
Referans	13/1	Ne 13/1 %90 Pamuk +%7.5 Polyester+%2.5 Elastan Modifiye Ring	16	22
D1	13/1	Ne 13/1 %50 Pamuk+%40 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring	16	22
D2	13/1	Ne 13/1 %40 Pamuk+%50 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring	16	22
D3	13/1	Ne 13/1 %30 Pamuk+%60 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring	16	22
D4	13/1	Ne 13/1 %20 Pamuk+%70 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring	16	22
D5	13/1	Ne 13/1 %10 Pamuk+%80 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring	16	22

Çalışma kapsamında üretilen denim kumaşların, daha kolay karşılaştırılabilmeleri için gruplara ayrılmıştır. Çizelge 3.3'te, üretilen denim kumaşlar için belirlenmiş grup kodu ve bu kodlara karşılık gelen denim kumaşların tanımları verilmektedir.

Çizelge 3.3. Üretilen Denim Kumaş Grup Kodları

Grup Kodu	Grup Tanımlaması
R	**R:** Ne 13/1 %90 Pamuk +%7.5 Polyester+%2.5 Elastan
D	Tüm elyaf tipleri üretilen ipliklerden dokunan denim kumaşlar **D1:** Ne 13/1 %50 Pamuk+%40 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring **D2:** Ne 13/1 %40 Pamuk+%50 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring **D3:** Ne 13/1 %30 Pamuk+%60 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring **D4:** Ne 13/1 %20 Pamuk+%70 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring **D5:** Ne 13/1 %10 Pamuk+%80 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring

3.1.3. Denim Kumaşların Terbiye İşlemleri

Dokunan denim kumaşlara, kullanım alanının gerektirdiği ve piyasada uygulanmakta olan standart terbiye işlemleri uygulanmıştır.

Üretilen dokuma denim kumaşlara çeşitli fiziksel ve performans özelliklerinin tespiti amacıyla testler yapılmıştır. Bu testlerle ilgili açıklamalar ve testlerde kullanılan standartlar, Bölüm 3.2'de detaylı olarak verilmiştir.

3.2. Metot

Çalışma kapsamında kullanılan elyaf ve iplikler için Çizelge 3.4'te, denim kumaşlar için Çizelge 3.5'te verilen test standartları ile kalite kontrol testleri uygulanmıştır.

Çizelge 3.4.. Elyaf ve İplik Testleri İplik Karakterizasyon Testleri

Test No	Uygulanan Test Adı	Test Standardı
1	HVI	ASTM D1776: 2020
2	AFIS	ASTM D5866: 2005
3	İplik Düzgünsüzlüğü	ASTM D 1425: 2020
4	İplik Mukavemeti	TS EN ISO 2062: 2010

Çizelge 3.5.Üretilen Denim Kumaşlara Uygulanan Terbiye İşlemleri Testleri

Test No	Uygulanan Test Adı	Test Standardı
1	Gramaj Test (100 cm^2 boyutunda 3 numune)	ASTM D3776: 2020
2	Çözgü ve Atkı Kopma Mukavemeti Testi (7,5x10 cm boyutunda 5'er numune)	ASTM D5034: 2021
3	Yırtılma Mukavemeti Testi (7,5x10 cm boyutunda 5'er numune)	ASTM D1424: 2021
4	Dokuma Kumaşların Esneme Özellikleri Testi (64 mm x 560 mm 5 numune)	ASTM D3107: 2019
5	Kumaşların Isıl Direnç ve Su Buharı Testi (12x12 boyutunda 80 mm^2 alanı ölçen 3 numune)	TS EN ISO 11092: 2014
6	Dökümlülük Testi (300 mm çapında 5 numune)	TS 9693: 1991

3.2.1. Elyaf Karakterizasyonu

Çalışmada kullanılan pamuk liflerinin karakterizasyonu için standart atmosfer şartlarında %65 ± 4 bağıl nem ve 20ºC ± 2 sıcaklıkta HVI (High Volume Instrument) ve AFIS (Advanced Fiber Information System) ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde Uster HVI Spectrum marka HVI cihazı ve ASTM standartları kullanılmıştır. AFIS ölçümleri ise Uster AFIS Pro marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir.

Demet halinde bulunan liflerin ölçümünü gerçekleştirebilmek için HVI cihazı kullanılmıştır. Böylece tezde kullanılan lifin, lif mukavemeti, lifin uzama miktarı, üniformite oranı ve renk gibi genel özelliklerini belirlemek ve ortalama değerler elde etmek mümkün olmaktadır. AFIS cihazında ise lif uzunluğu yanında döküntü-toz miktarı ve neps ile ilgili ölçümler ayrıntılı olarak yapılabilmektedir (Üreyen ve Kadoğlu, 2008).

3.2.2. İplik Karakterizasyonu

Denim dokuma kumaşlarda kullanılan atkı ipliklerine düzgünsüzlük ve mukavemet testleri uygulanmıştır.

İplik Düzgünsüzlüğünün Tespiti

Tez çalışmasında kullanılan atkı ipliklerinin, iplik düzgünsüzlüğünün ve tüylülüğünün ölçülmesinde, İskur Tekstil Enerji Tic. ve San. A.Ş. laboratuvarında bulunan Uster Tester 4 marka test cihazı kullanılmıştır. Bu çalışmada düzgünsüzlük testi, Uster standartlarına göre yapılmıştır.



Şekil 3.1. İplik düzgünsüzlük test cihazı

İplik düzgünsüzlüğü, iplik varyasyonu veya düzgünlük olarak da adlandırılan ince-kalın yerler ve boğumlar gibi iplik hatalarıdır. İplik tüylülüğünde ise hammadde özellikleri yani kullanılan lifin cinsi en önemli parametredir. Ayrıca kullanılan iplik eğirme sistemi de ipliğin tüylülük derecesine etki etmektedir (Kertmen, 2019).

İplik Mukavemetinin Tespiti

İplik mukavemetlerinin ölçümünde İskur Tekstil Enerji Tic. ve San. A.Ş. laboratuvarında bulunan Uster Tensojet marka mukavemet test cihazı kullanılmıştır. İplik mukavemetinin tespiti, TS EN ISO 2062: 2010 standardına göre yapılmıştır.



Şekil 3.2. İplik mukavemeti cihazı

Eğrilen iplik, hem daha sonraki üretim aşamalarında belirli oranda dayanım göstermeli, hem de kullanım sırasında ürünün kalitesini ve dayanıklılığını da doğrudan etkileyeceğinden belirli bir mukavemet ve uzama özelliğine sahip olmalıdır. Bir ipliğin karakterizasyonunda esas alınan en önemli iki özellik o ipliğin kopma mukavemeti ve kopma uzamasıdır (Kertmen, 2019).

3.2.3. Kumaş Karakterizasyonu

Denim dokuma kumaşların performansına etki edebileceği düşünülerek kumaşların gramaj, kopma, yırtılma, ısıl direnç, su buharı ve dökümlülük değerleri ölçülmüştür.

Kumaş Gramajlarının Ölçümü

Denim kumaşların ağırlıkları ASTM D3776: 2020 standardı kullanılarak ölçülmüştür. Ölçü birimi oz/yd2'dir.



Şekil 3.3. Hassas Terazi Kumaş Gramaj Ölçüm Aleti

Kumaşların Çözgü ve Atkı Kopma Mukavemeti Ölçümü

Dokuma kumaşların çözgü ve atkı yönü kopma mukavemeti testleri, ASTM D5034: 2021 standardı esas alınarak İskur Denim Fiziksel Test Laboratuvarında yapılmıştır. Şekil 3.4'te Kopma Mukavemetinde kullanılan test cihazları verilmiştir.



Şekil 3.4. Kopma Mukavemeti Test Cihazı

Kumaşların Yırtılma Mukavemeti

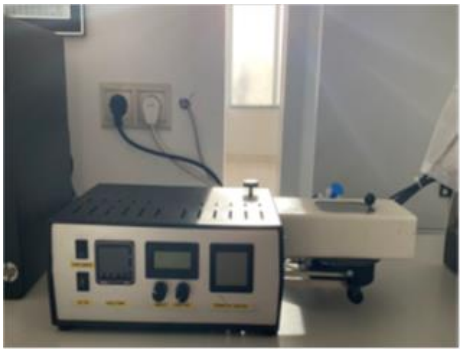
Denim kumaşların atkı ve çözgü yırtılma mukavemeti testleri James Heal marka yırtılma mukavemeti test cihazında Elmendorf test yöntemine ve ASTM D1424: 2021 standardına göre yapılmıştır. Cihaz kalibre edildikten sonra atkı ve çözgü yönünde dört numune hazırlanır. Numune, cihazın çeneleri arasına sıkıştırılır ve numune üzerine bıçak yardımıyla 2 cm'lik bir çentik açılır. Sarkacı tutan düğmelere basarak sarkaç serbest düşüşe geçer. Test edilecek ve ortalaması alınacak numunelere aynı işlem uygulanır. Birimi gf'dir.



Şekil 3.5. Kumaş Yırtılma Test Cihazı

Kumaşların Isıl Direnç ve Su Buharı Ölçümü

Isıl konfor özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Permetest cihazı kullanılarak denim dokuma kumaşların su buharı geçirgenliği (bağıl su buharı geçirgenliği (%) ve su buharı geçirgenlik katsayısı (WVPR) ve ısıl direnç (m^2 K/W) özellikleri ölçülmüştür. Numune kumaşların ısıl direnç ve su buharı geçirgenlik değerleri TS EN ISO11092: 2014 standartlarına göre ölçülmüştür.



Şekil 3.6. Permetest Test Cihazı

. Kumaşların Dökümlülük Test Ölçümü

Kumaş dökümlülüğü, kumaşın asılmış halde kendi kütlesi ile uğradığı şekil değişikliğinin derecesidir. Materyalin kendi ağırlığı ile bırakıldığında deformasyonu veya kendi üzerine yumuşak bir şekilde katlanarak kıvrımlı hale gelmesi olarak da tanımlanabilir. Kumaşlar, TS 9693: 1991 test standardına göre ölçülmüştür.



Şekil 3.7. Dökümlülük Test Cihazı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında elde edilen bulgular bu başlık altında ele alınacaktır.

4.1. HVI ve AFIS

Tez çalışması kapsamında kullanılan pamuğa ait HVI ve AFIS sonuçları Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1.HVI Ölçüm Sonuçları

Malzeme	Pamuk
Microner(Lif İnceliği)	4,76
SCI (Eğrilebilirlik indeksi)	158
ML(Len)	31,35
Uniformite İndeksi(%)	85,4
SFI (Kısa lif İndex %)	7,1
Str (Mukavemet)	33,4
Elg (Kopma Uzaması)	7,3
Rd (Parlaklık)	77,2
Sarılık (+b)	7,9

Çizelge 4.2. AFIS Ölçüm Sonuçları

Malzeme	Pamuk
Nep(Cnt/g)	160
Dust (Cnt/g)	166
Trash(Cnt/g)	5
VFM(%)	0,13
L(w) (mm)	24,7
UQL(w) (mm)	30,5
L(n) (mm)	19,5
SCF(n) %<12,7	26,4
5% (mm)	34,9
Fine mTex	163

HVI sonuçlarına göre kullanılan yöre pamuğunun değerleri incelendiğinde uzun liflerden oluşmaktadır. Ayrıca yöre pamuğunun lif mukavemet değeri (33,4 gr/tex). Bu değerler bu tez çalışmasında doğru bir yöre pamuğu seçildiğini göstermektedir.

4.2. İplik Karakterizasyonu Sonuçları

Bu bölümde iplik karakterizasyon test sonuçları verilmiştir.

4.2.1. İplik Düzgünsüzlüğünün Değerlendirilmesi

İplik düzgünsüzlük değerlerinin kumaş kalite özelliklerini doğrudan etkilediği bilinen bir gerçektir. Çalışmada kullanılan atkı ipliklerinin düzgünsüzlük testinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. İplik Düzgünsüzlük Test Sonuçları

Numune No	İplik	%Um	% CVm	Index	H	sh
R	Ne 13/1 %90 Pamuk Pamuk+%7.5 Polyester+%2.5 Elastan Modifiye Ring	8,58	10,86	1,87	6,28	1,35
D1	Ne 13/1 %50 Pamuk+%40 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring	6,75	8,52	1,49	6,86	1,63
D2	Ne 13/1 %40 Pamuk+%50 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring	8,12	10,28	1,8	7,39	1,75
D3	Ne 13/1 %30 Pamuk+%60 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring	8,79	11,19	1,95	7,52	1,91
D4	Ne 13/1 %20 Pamuk+%70 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring	10,61	13,78	2,41	8,14	2,06
D5	Ne 13/1 %10 Pamuk+%80 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring	10,84	13,56	2,37	8,58	2,22

Çizelge 4.3 incelendiğinde, üretilen ipliklerin %Um değerlerinin en yüksek, D2 numaralı numune olduğu, ipliklerin %Um değerlerinin D6 numaralı ipliğe doğru gidildikçe düştüğü görülmüştür. Bu durumun ipliklerin içerisinde yer alan recycle oranına bağlı olarak değişiklik gösterdiği söylenebilir.

Uster Tüylülük indeksi (H) değeriyle gösterilmektedir. İplik tüylülüğü, 1 cm uzunluğunda olan ipliğin tüylerinin toplam uzunluğunun santimetre cinsinden ölçümüdür. En düşük tüylülük değeri ise beklendiği gibi recycle oranı az olan ipliğe aittir. Karışım içerisinde recycle oranı arttıkça tüylülük değerinin de arttığı söylenebilir.

4.2.2. İplik Mukavemetinin Değerlendirilmesi

İplik mukavemeti ölçümlerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4'de verilmektedir.

Çizelge 4.4. İplik Mukavemet Sonuçları

Numune No	İplik	Kopma Mukavemeti (gF)	Kopma Uzaması (%)	Mukavemet Rkm (kgfxNm)	Kopma İşi (gF cm)
R	Ne 13/1 %90 Pamuk Pamuk+%7.5 Polyester+%2.5 Likra Modifiye Ring	1,019.84	8.08	17,27	2,083.26
D1	Ne 13/1 %50 Pamuk+%40 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Likra Modifiye Ring	814.68	11.98	16.56	2,064.00
D2	Ne 13/1 %40 Pamuk+%50 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Likra Modifiye Ring	746.88	11.30	15.18	1,292.89
D3	Ne 13/1 %30 Pamuk+%60 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Likra Modifiye Ring	745.33	11.68	15.15	1,350.68
D4	Ne 13/1 %20 Pamuk+%70 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Likra Modifiye Ring	652.90	9.57	13.27	1,903.17
D5	Ne 13/1 %10 Pamuk+%80 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Likra Modifiye Ring	646.03	9.06	13.13	1,845.35

Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi, üretilen atkı iplikler arasında en yüksek kopma mukavemeti ve özgül mukavemet (Rkm) değerleri recycle oranı en az olan D2 numaralı numune de olduğu görülmüştür. Numune D2'den D6'ya doğru gidildikçe özgül mukavemetin (Rkm) azaldığı bu durumunda karışımda recycle oranı arttıkça özgül mukavemet (Rkm) değerinin düştüğü söylenebilir.

4.3. Kumaşlara Yapılan Test Sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen denim dokuma kumaşların test sonuçları bu başlık altında verilmiştir.

4.3.1. Denim Kumaşların Atkı İplik Numaraları ve Atkı Sıklık Değerleri

Çalışma kapsamında üretilen denim kumaşların atkı iplik numaraları, atkı ve çözgü sıklık değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Denim Atkı İplik Numarası, Atkı ve Çözgü Sıklıkları

Numune	İplik Numarası (Ne)	Atkı Sıkılığı (tel/cm)	Çözgü Sıklığı (tel/cm)
R	13/1	16	21,8
D1	13/1	16	21,8
D2	13/1	16	21,8
D3	13/1	16	21,8
D4	13/1	16	21,8
D5	13/1	16	21,8

4.3.2. Gramaj Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında üretilen denim kumaşların gramaj değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Denim Kumaş Gramaj Değerleri

Numune No	R	D1	D2	D3	D4	D5
1	377	385	386	378	378	380
2	379	386	389	381	382	386
3	375	384	389	375	377	380
Ortalama	377	385	388	378	379	382
Standart Sapma	2	1	1,73	3	2,64	3,46

4.3.3. Denim Kumaşlara Uygulanan Kopma ve Yırtılma Mukavemeti Test Değerlendirilmesi

Denim kumaşların kopma ve yırtılma mukavemeti test standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. 5 adet kumaşın her birinden beş tekrarlı atkı ve çözgü yönünde test yapılmıştır. Çizelge 4.7 – Çizelge 4.18 kopma mukavemeti ve yırtılma mukavemeti değerleri verilmiş olup spect değer bakımından incelenmiştir.

Çizelge 4.7'de R numaralı kumaşa yönelik kopma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.7. R Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti

Numune No	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
	Kopma Mukavemeti (kgf)	Kopma Mukavemeti (kgf)
1	49	92
2	47	93
3	44	90
4	43	93
5	47	92
Ortalama	46	92
Standart Sapma	2,44	2,54

Çizelge 4.8'de D1 numaralı kumaşa yönelik kopma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.8. D1 Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti

Numune No	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
	Kopma Mukavemeti (kgf)	Kopma Mukavemeti (kgf)
1	47	88
2	44	92
3	45	93
4	40	87
5	39	90
Ortalama	43	90
Standart Sapma	3,39	2,54

Çizelge 4.9'da D2 numaralı kumaşa yönelik kopma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.9. D2 Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti

Numune No	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
	Kopma Mukavemeti (kgf)	Kopma Mukavemeti (kgf)
1	45	86
2	39	89
3	42	88
4	41	91
5	38	86
Ortalama	41	88
Standart Sapma	2,73	2,12

Çizelge 4.10'da D3 numaralı kumaşa yönelik kopma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.10. D3 Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti

Numune No	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
	Kopma Mukavemeti (kgf)	Kopma Mukavemeti (kgf)
1	43	87
2	38	91
3	40	86
4	36	90
5	38	86
Ortalama	39	88
Standart Sapma	2,64	2,34

Çizelge 4.11'de D4 numaralı kumaşa yönelik kopma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.11. D4 Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti

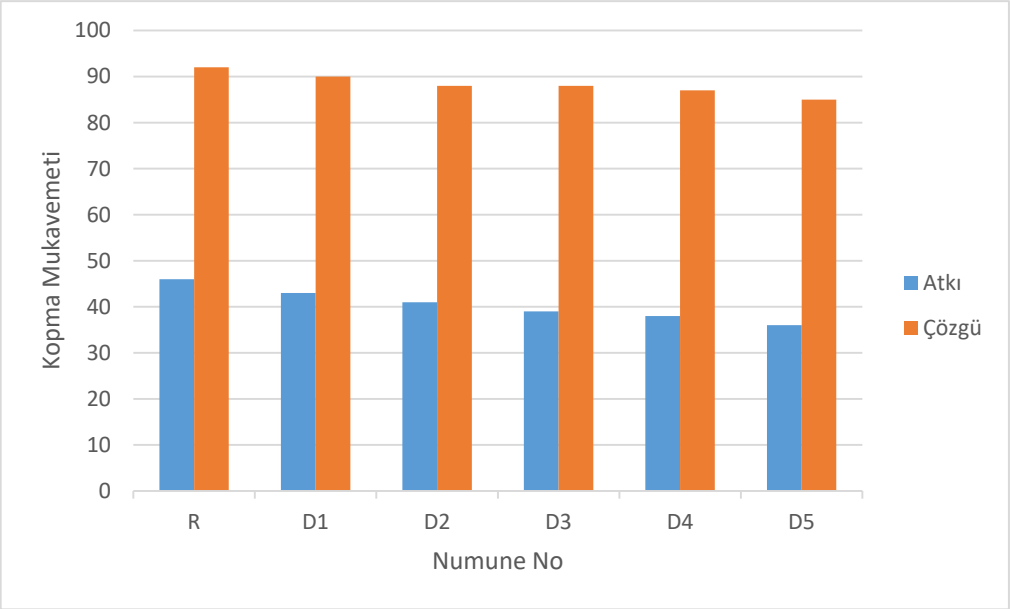
Numune No	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
	Kopma Mukavemeti (kgf)	Kopma Mukavemeti (kgf)
1	42	92
2	35	82
3	37	80
4	40	89
5	36	82
Ortalama	38	85
Standart Sapma	2,91	5,19

Çizelge 4.12'de D5 numaralı kumaşa yönelik kopma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.12. D5 Numaralı Kumaş Kopma Mukavemeti

Numune No	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
	Kopma Mukavemeti (kgf)	Kopma Mukavemeti (kgf)
1	39	93
2	40	91
3	34	84
4	35	85
5	32	82
Ortalama	36	87
Standart Sapma	3,39	4,74

Tüm numunelerin kopma mukavemeti grafiği Şekil 4.1.'de bir arada görülmektedir.



Şekil 4.1. Kumaşların Kopma Mukavemeti Newton (kgf) Değerleri

Çalışmada elde edilen iplikler üretilen denim kumaş yapısında sadece atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Üretilen tüm kumaş numunelerinde çözgü ipliği ve sıklığı sabit tutulmuştur. Dolayısıyla çözgü yönünde elde edilen mamul kumaşlarda kopma mukavemetleri arasında önemli bir fark görülmemiştir.

Genel olarak atkı yönü kopma mukavemeti verileri incelendiğinde ise, atkı yönünde üretilen denim kumaşlar arasında önemli farklılıklar görülmüştür. Üretilen denim kumaşlarda, R (Referans) numunesinden D5 numunesine doğru gidildikçe atkı kopma mukavemetinin azaldığı görülmüştür. Bu fark incelendiğinde atkı ipliğinde kullanılan karışım oranlarının etkisi olduğu söylenebilir. Referans denim ile geri dönüşüm oranı en yüksek olan denim kumaş arasında yaklaşık %22 civarında mukavemet farkı bulunmaktadır.

Yırtılma mukavemeti testi de denim kumaşlara ilgili test standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.13'de R numaralı kumaşa yönelik yırtılma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.13. R Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti

Numune No	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
	Yırtılma Mukavemeti (gf)	Yırtılma Mukavemeti (gf)
1	4855,36	6371,05
2	4932,02	6497,83
3	5062,11	6162,9
4	5171,79	6325,92
5	4763,72	6142,3
Ortalama	4957	6300
Standart Sapma	162,39	148,76

Çizelge 4.14'de D1 numaralı kumaşa yönelik yırtılma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.14. D1 Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti

Numune No	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
	Yırtılma Mukavemeti (gf)	Yırtılma Mukavemeti (gf)
1	4752,46	6259,35
2	4712,35	5988,72
3	4695,07	6134,08
4	4720,85	5910,84
5	4659,27	6122,01
Ortalama	4708	6083
Standart Sapma	34,28	135,79

Çizelge 4.15'de D2 numaralı kumaşa yönelik yırtılma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.15. D2 Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti

Numune No	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
	Yırtılma Mukavemeti (gf)	Yırtılma Mukavemeti (gf)
1	4755,63	5953,45
2	4643,05	5917,06
3	4549,12	5867,23
4	4714,78	6003,3
5	4622,42	5828,96
Ortalama	4657	5914
Standart Sapma	80,76	68,84

Çizelge 4.16'da D3 numaralı kumaşa yönelik yırtılma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.16. D3 Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti

Numune No	**Atkı Yönü**	**Çözgü Yönü**
	Yırtılma Mukavemeti (gf)	Yırtılma Mukavemeti (gf)
1	4158,67	5736,42
2	4215,03	5963,53
3	4128,36	5872,39
4	4215,77	5863,68
5	4287,17	5648,98
Ortalama	4201	5817
Standart Sapma	61,05	123,93

Çizelge 4.17'de D4 numaralı kumaşa yönelik yırtılma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

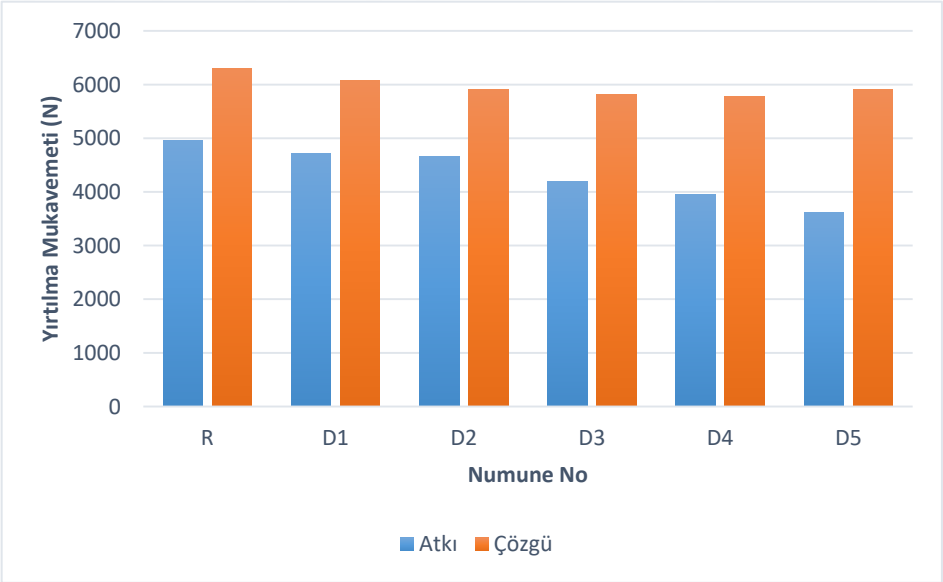
Çizelge 4.17. D4 Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti

Numune No	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
	Yırtılma Mukavemeti (gf)	Yırtılma Mukavemeti (gf)
1	4015,28	5882,61
2	4003,95	5941,56
3	3952,14	5608,34
4	3876,08	5729,03
5	3877,55	5718,46
Ortalama	3945	5776
Standart Sapma	66,64	134,53

Çizelge 4.18'de D5 numaralı kumaşa yönelik yırtılma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.18. D5 Numaralı Kumaş Yırtılma Mukavemeti

Numune No	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
	Yırtılma Mukavemeti (gf)	Yırtılma Mukavemeti (gf)
1	3716,08	5982,4
2	3682,13	6053,96
3	3548,92	5892,03
4	3462,51	5742,38
5	3655,36	5844,23
Ortalama	3613	5903
Standart Sapma	104,82	120,89



Şekil 4.2. Kumaşların Yırtılma Mukavemeti (gf) Değerleri

Çalışmada elde edilen iplikler üretilen denim kumaş yapısında sadece atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Üretilen tüm kumaş numunelerinde çözgü ipliği ve sıklığı sabit tutulmuştur. Dolayısıyla çözgü yönünde elde edilen mamul kumaşlarda yırtılma mukavemetleri arasında önemli bir fark görülmemiştir. Tüm numunelerin yırtılma mukavemeti grafiği Şekil 4.2.'de verilmiştir.

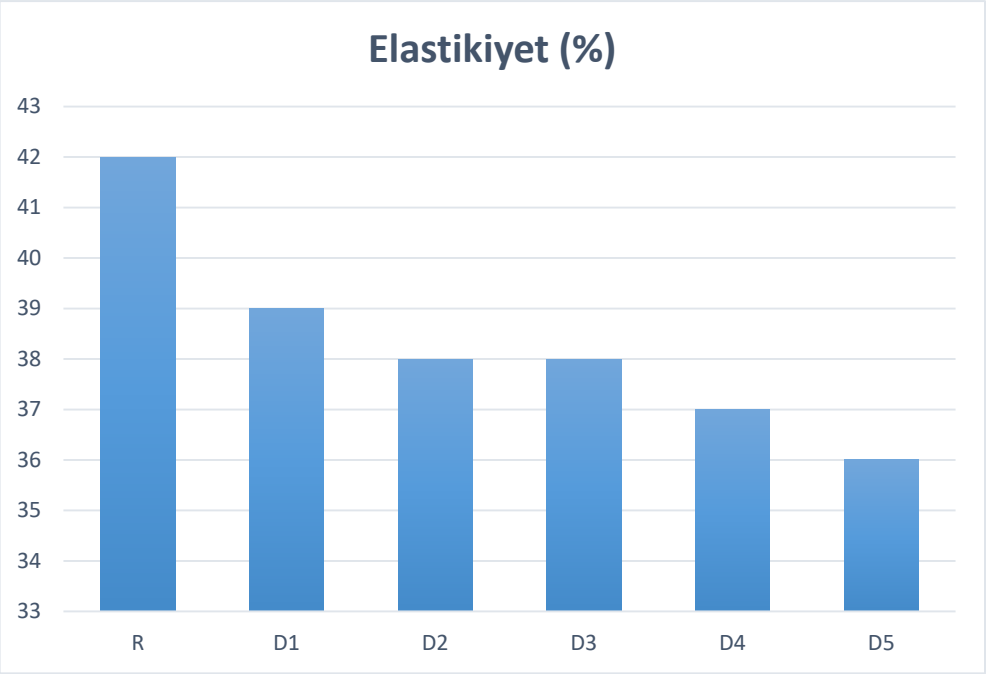
Üretilen denim kumaşların atkı yönünde yırtılma mukavemeti değerleri incelendiğinde, aynı atkı numarasına sahip kumaşlarda karışım oranlarında yer alan geri dönüşüm pamuk oranının artmasıyla yırtılma mukavemeti değerlerinin düştüğü görülmüştür. Genel olarak atkı yönü yırtılma mukavemeti verileri incelendiğinde ise, atkı yönünde R numunesinden D5 numunesine doğru gidildikçe atkı yırtılma mukavemetinin azaldığı görülmüştür. Bu fark incelendiğinde atkı ipliğinde kullanılan karışım oranlarının bu duruma etkisi olduğu söylenebilir. Referans kumaş ile geri dönüşüm oranı en yüksek olan kumaş arasında mukavemet kaybı %27 civarındadır.

4.3.4. Denim Kumaşlara Uygulanan Elastikiyet Test Sonuçları

Denim kumaşlara uygulanan elastikiyet test sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Tez çalışması kapsamında üretilen denim kumaş numunelerindeki atkı yönü elastikiyet ölçümlerini tespit edebilmek için ASTM D3107 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Üretilen denim kumaş numuneleri için atkı yönünde 64 mm x 560 mm ölçülerinde numuneler hazırlanmış ve ölçülmüştür. Daha sonra elde edilen test sonuçları yüzde olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.19. Elastikiyet (%) test sonuçları

Numune No	**R**	**D1**	**D2**	**D3**	**D4**	**D5**
1	42	42	41	40	39	36
2	43	38	36	35	34	39
3	40	39	35	36	37	36
4	41	40	38	40	36	35
5	44	36	40	39	39	34
Ortalama	42	39	38	38	37	36
Standart Sapma	1,58	2,23	2,54	2,34	2,12	1,87



Şekil 4.3. Denim Kumaşların Elastikiyet Değerleri (%)

Elastan oranı, denim kumaş elastikiyetinde önemli faktörlerden birisidir. Elastikiyet, herhangi bir cisme uygulanan kuvvetten dolayı deformasyona maruz kaldıktan sonra tekrar başlangıçta yer alan boyut ve şekline geri dönebilme özelliğine denir. Tekstil ürünlerinin elastikiyetini ölçebilmek için kopma mukavemetinden daha küçük kuvvetler uygulanarak çekilip uzatılır ve daha sonra üzerindeki yük ortadan kaldırılarak geri dönüşüne izin verilir. Ancak bu durumun sonucunda ilk uzunluğuna hemen dönemediği görülmektedir. İlk uzunluğunu ne ölçüde koruyacağı ve ne kadar geri dönebileceği uygulanan kuvvete, kuvvetin uygulanma süresine, toparlanma için geçen süreye ve malzemenin özelliklerine bağlıdır (Okur, 2002).

Üretilen denim kumaşların Şekil 4.3.'te elastikiyet grafiği yer almaktadır. Grafik incelendiğinde R numunesinden D5 numunesine doğru gidildikçe elastikiyetin %14 civarında azaldığı görülmüştür. Bunun sebebinin atkıda kullanılan iplikler içerisinde yer alan geri dönüşüm pamuk iplik yapısının içerisinde lif-lif tutunmasının zayıflığı ve karmaşık yapısının olduğu söylenebilir. Dolayısıyla üretilen kumaşlarda yer alan geri dönüşüm oranı arttıkça geri toplama kabiliyeti de düşmektedir.

4.3.5. Denim Kumaşlara Uygulanan Isıl Direnç ve Su Buharı Test Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında üretilen denim kumaşların ısıl direnç ve su buharına yönelik ölçümler test standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. 6 adet kumaşın her birinden üç tekrarlı olarak test yapılmıştır. Çizelge 4.20 – Çizelge 4.25 arasında test değerleri verilmiştir.

R numaralı kumaşa ait su buharı, ısıl direnç test değerleri tablosu Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. R numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri

Deneme	**Ne 13/1 %90 Pamuk Pamuk+%7.5 Polyester+%2.5 Elastan Modifiye Ring**		
	Su buharı geçigenliği		**Isıl Direnç(W/m^2)**
	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği (%)	**Su buharı geçirgenlik katsayısı (WVPR)**	
1	51,62	4,23	0,003839
2	53,47	4,78	0,003972
3	52,19	5,13	0,003705
Ortalama	52,42	4,71	0,003839
Standart Sapma	0,94	0,45	0,000134

Çizelge 4.21. D1 numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri

Deneme	**Ne 13/1 %50 Pamuk+%40 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring**		
	Su buharı geçigenliği		**Isıl Direnç(W/m^2)**
	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği (%)	**Su buharı geçirgenlik katsayısı (WVPR)**	
1	48,74	5,27	0,004371
2	50,04	4,93	0,004008
3	49,18	4,98	0,003824
Ortalama	49,32	5,06	0,004068
Standart Sapma	0,66	0,18	0,000278

D2 numaralı kumaşa ait su buharı, ısıl direnç test değerleri tablosu Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. D2 numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri

Deneme	**Ne 13/1 %40 Pamuk+%50 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring**		
	Su buharı geçigenliği		**Isıl Direnç(W/m^2)**
	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği (%)	**Su buharı geçirgenlik katsayısı (WVPR)**	
1	48,55	5,40	0,004376
2	46,75	5,73	0,004272
3	49,23	5,24	0,004503
Ortalama	48,18	5,46	0,004384
Standart Sapma	1,28	0,24	0,000116

D3 numaralı kumaşa ait su buharı, ısıl direnç test değerleri tablosu Çizelge 4.23'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. D3 numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri

Numune	**Ne 13/1 %30 Pamuk+%60 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring**		
	Su buharı geçigenliği		**Isıl Direnç(W/m^2)**
	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği (%)	**Su buharı geçirgenlik katsayısı (WVPR)**	
1	45,98	5,89	0,005269
2	45,94	6,01	0,003254
3	47,68	5,51	0,005135
Ortalama	46,53	5,80	0,004553
Standart Sapma	0,99	0,26	0,001127

D4 numaralı kumaşa ait su buharı, ısıl direnç test değerleri tablosu Çizelge 4.24'de verilmiştir.

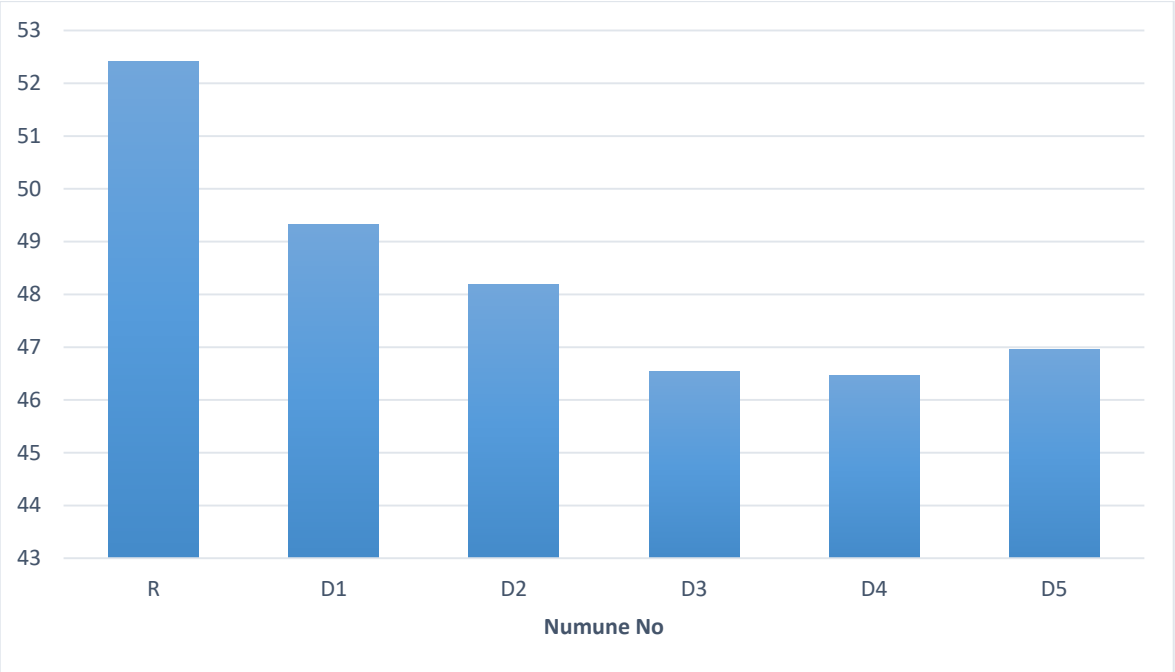
Çizelge 4.24. D4 numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri

Deneme	Ne 13/1 %20 Pamuk+%70 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring		
	Su buharı geçigenliği		Isıl Direnç(W/m^2)
	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği (%)	Su buharı geçirgenlik katsayısı (WVPR)	
1	45,69	5,66	0,003872
2	46,7	5,58	0,005533
3	46,98	5,27	0,005295
Ortalama	46,46	5,50	0,004900
Standart Sapma	0,67	0,20	0,000898

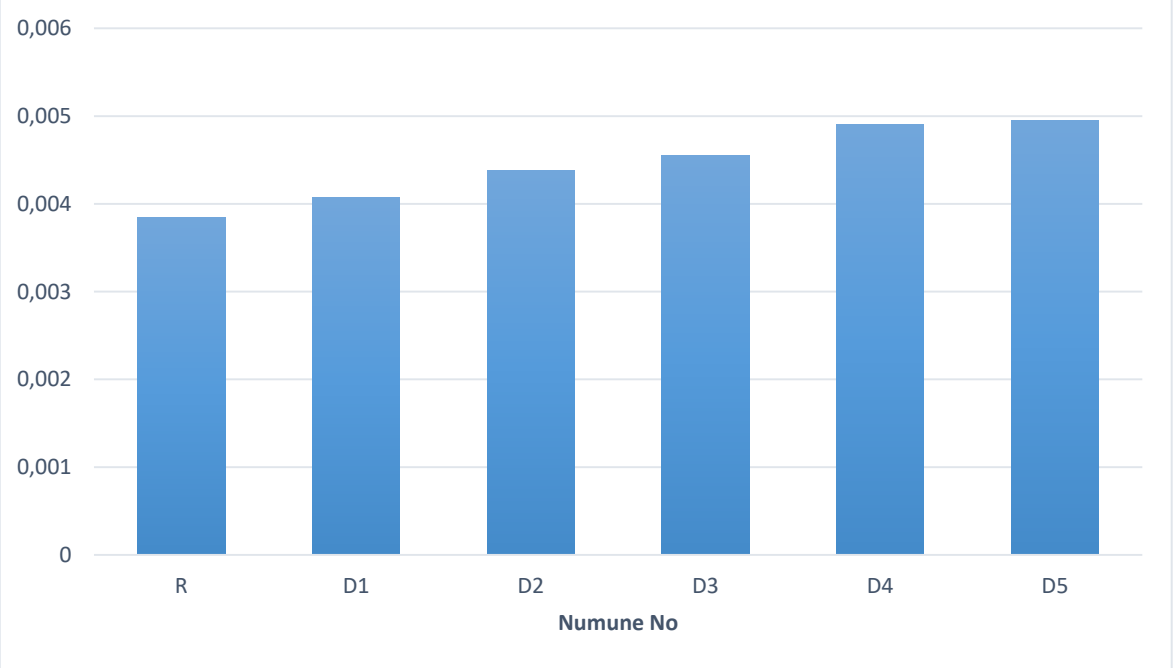
D5 numaralı kumaşa ait su buharı, ısıl direnç test değerleri tablosu Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4 25. D5 numaralı kumaş su buharı, ısıl direnç test değerleri

Ölçüm No	Ne 13/1 %10 Pamuk+%80 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan Modifiye Ring		
	Su buharı geçigenliği		Isıl Direnç(W/m^2)
	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği (%)	Su buharı geçirgenlik katsayısı (WVPR)	
1	45,67	5,86	0,004836
2	46,65	5,67	0,004973
3	48,55	5,34	0,005024
Ortalama	46,96	5,62	0,004944
Standart Sapma	1,46	0,26	0,000097



Şekil 4. 4. Denim Kumaşların Bağıl Su Buharı Geçirgenliği Değerleri (%)



Şekil 4. 5. Denim Kumaşların Isıl Direnç Değerleri (m^2K/W)

Isıl direnç değerleri incelendiğinde, iplik tipi değişiminin kumaşların ısıl direnç değerleri üzerinde etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Denim kumaşlarda kullanılan geri dönüşümlü pamuk oranı arttıkça ısıl direnç (m^2K/W) değerlerinin arttığı görülmüştür. Bu durum tüylülüğün artmasıyla sıkışmış durgun hava oranının da artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre, en düşük ısıl direnç değeri, %100 yöre pamuğunun kullanıldığı ve geri dönüşüm pamuk kullanılmayan referans R iplikleri ile dokunan denim kumaşlara aittir. Post consumer atıkları ile üretilen ipliklerde daha fazla kısa lif vardır ve karmaşık yapıya sahiptir.

Kumaşların daha tüylü bir yüzeye sahip olması sonucu, tüylenen kumaşta ısıl direncin yüksek olmasını sağlamıştır. İplik tüylülüğü (h) değerleri yükseldiğinde ısıl direnç değerlerinin arttığı literatürde sıklıkla belirtilmiştir bu durum beklenen bir sonuçtur (Gülsevin, 2005; Marmaralı vd., 2009; Ertekin vd. 2015; Aydın vd. 2017).

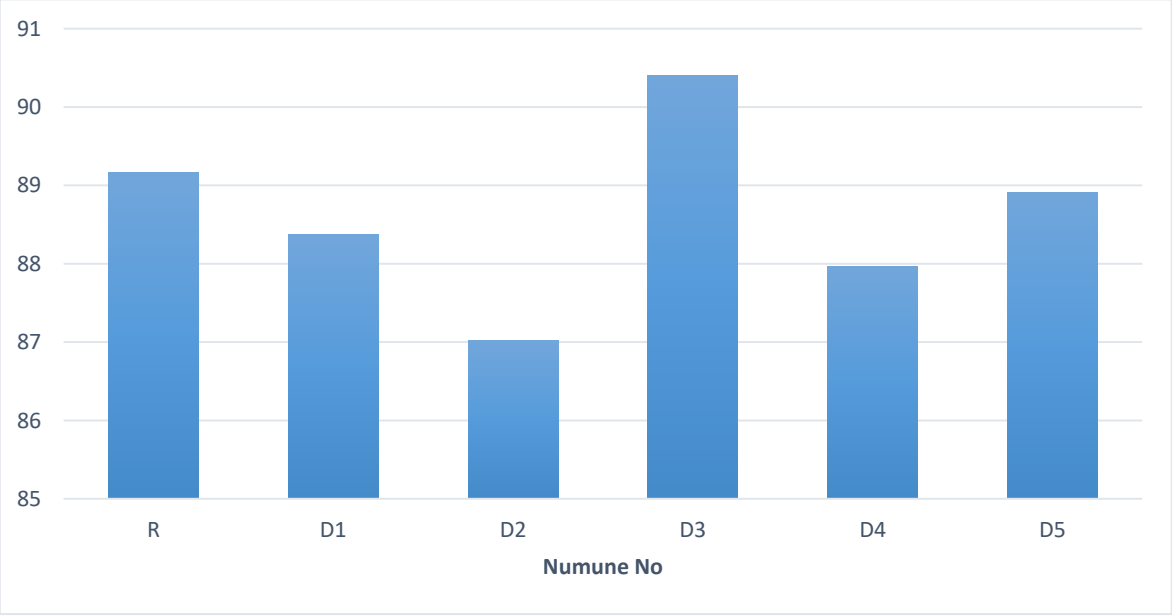
Denim kumaşların ısıl konfor özelliklerinin araştırılması amacıyla uygulanan su buharı geçirgenliği ve ısıl direnç test sonuçlarına göre, aynı iplik numaraya sahip farklı iplik tipi değişimi ile kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerlerinde anlamlı etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Üretilen denim kumaşlar incelendiğinde R numunesinden D5 numunesine doğru gidildikçe elastikiyetin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Bunun sebebinin atkıda kullanılan iplikler içerisinde yer alan geri dönüşüm pamuk iplik yapısının içerisinde lif-lif tutunmasının zayıflığı ve karmaşık yapısının olduğu söylenebilir. Dolayısıyla üretilen kumaşlarda yer alan geri dönüşüm oranı arttıkça geri toplama kabiliyeti de düşmektedir.

Çalışma kapsamında üretilen denim kumaşların dökümlülük değerlerine yönelik ölçümler test standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. 6 adet kumaşın her birinden üç tekrarlı olarak test yapılmıştır. Çizelge 4.26'da test değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.26. Denim kumaşların dökümlülük (%) test değerleri

Ölçüm No	**R**	**D1**	**D2**	**D3**	**D4**	**D5**
1	89,62	88,53	87,18	90,38	87,58	89,91
2	88,13	88,34	86,97	90,43	88,42	89,93
3	89,75	88,24	86,92	90,41	87,93	89,90
Ortalama	89,16	88,37	87,02	90,40	87,97	88,91
Standart Sapma	0,90	0,14	0,13	0,02	0,42	0,01



Şekil 4. 1. Denim Kumaşların Dökümlülük Test Değerleri (%)

Denim kumaşların dökümlülükleri değerlendirildiğinde, referans (R) kumaşın, tüm numune (D1-D2-D3-D4-D5) kumaşlarla benzer olduğu görülmektedir. Sonuç olarak dökümlülük değerlerinin farklı olmasına rağmen birbirlerine tolerans değerleri dahilinde çok yakın olduğu görülmüştür. Ölçülen sonuçlara göre, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında kumaşların dökümlülük değerleri üzerinde anlamlı etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında, geri dönüşüm katkılı ham madde kullanımının etkisi, LCA (yaşam döngü analizi) ile değerlendirilmiştir. Elde edilen denim kumaşların SimaPro yazılımı ile yaşam döngü analizi (LCA) de yapılarak, LCA değerlendirmesi sonucu, referans kumaştaki gibi orijinal pamuk kullanımı yerine % olarak yüksek oranda geri dönüşüm katkılı pamuk kullanımının kaynak tükenmesi (fosil yakıtlar), küresel ısınma, ozon tabakasının incelmesi, insan yaşamı üzerindeki toksik etki, tatlı su yaşamı üzerindeki toksik etki, karasal yaşam üzerindeki toksik etki, toplam su kullanımı ve diğer kategorilerde kayda değer bir iyileşme sağladığı gözlenmiştir (Çizelge 4.27.) Buna göre, D5 ile (%10 Pamuk+%80 Recycle Pamuk+%7.5 Recycle Polyester+%2.5 Recycle Elastan) küresel ısınma %13.6, ozon tabakasının incelmesi %9.66 ve insan yaşamı üzerindeki toksik etki %15,65 iyileştirilmiştir (Çizelge 4.27.).

Çizelge 4.27. Yaşam Döngü Analizi Sonuçları

% İyileşme	Kaynak Tükenmesi	Kaynak Tükenmesi (fosil yakıtlar)	Küresel Isınma	Ozon Tabakasının İncelmesi	İnsan Yaşamı Üzerindeki Toksik Etki	Tatlısu Yaşamı Üzerindeki Toksik Etki
REF						
D1	9,75	7,28	7,16	4,82	8,09	10,76
D2	12,33	8,90	8,97	6,18	10,21	13,89
D3	14,36	10,17	10,38	7,24	11,87	16,35
D4	16,75	11,67	12,06	8,50	13,84	19,25
D5	18,96	13,05	13,60	9,66	15,65	21,93
% İyileşme	Deniz yaşamı üzerindeki toksik etki	Karasal yaşam üzerindeki toksik etki	Fotokimyasal oksidasyon	Asitleştirme	Ötrofikasyon	Toplam Su Kullanımı
REF						
D1	6,72	11,11	7,52	8,35	8,48	8,90
D2	8,44	14,35	9,43	10,60	10,85	11,48
D3	9,78	16,90	10,93	12,37	12,72	13,52
D4	11,37	19,90	12,71	14,47	14,93	15,92
D5	12,84	22,68	14,34	16,40	16,97	18,14

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında, tekstil sektörü için en önemli hammadde kaynaklarından biri olan pamuk ve pamuğun geri dönüşümünden üretilmiş iplikler kullanılarak geri dönüşüm oranı yüksek denim kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşların performans özellikleri ve ısıl konfor özellikleri incelenmiştir. Yüksek lisans tez çalışmasında üretilen denim kumaşlarda değişen oranlarda geri dönüşüm pamuk, polyester ve elastan kullanılarak elde edilen iplikler atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Çözgü ipliği olarak pamuk (%70 yöre pamuğu, %30 geri dönüşüm pamuk) ipliği kullanılarak 3/1 Z dimi örgü yapısında denim kumaşlar üretilmiştir. Elde edilen denim kumaşların kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, elastikiyet gibi performans testleri ve ısıl direnç, su buharı geçirgenliği, dökümlülük gibi konfor testlerinin yapılarak geri dönüşüm oranının değişiminin kumaş kullanım performansı açısından değerlendirmesi yapılmıştır.

Bu çalışmada iplik ve kumaş performansını doğrudan etkileyen elyaf özelliklerinin ısıl konfor üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu doğrultuda, doğal ve sentetik esaslı tek tip veya karışım geri dönüşümlü lifler kullanılarak üretilen ipliklerden dokunan denim kumaşların ısıl direnç ve su buharı geçirgenliği gibi ısıl konfor özellikleri ölçülmüştür. Çalışma kapsamında, üretilen kumaşların yapısal özellikleri ve kullanılan geri dönüşüm pamuk oranının kumaş performans ve konfor özelliklerini etkilediği görülmüştür.

Çalışmada iplik mukavemeti ölçümlerinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en yüksek iplik kopma mukavemeti değerlerinin referans ipliklerde olduğu belirlenmiştir (Ne 13 %90 yöre pamuk - %7.5 geri dönüşüm poliester, %2,5 elastan). Kullanılan geri dönüşüm oranı arttıkça beklendiği gibi iplik mukavemet değerlerinde azalma olduğu ölçülmüştür. İplik düzgünsüzlüğü ölçümleri incelendiğinde, geri dönüşüm pamuğunun oranının artmasıyla düzgünsüzlüğün daha fazla olduğu belirlenmiştir. Geri dönüşüm pamuk içeren ipliklerin tüylülükleri tamamen yöre pamuğundan üretilen ipliklere göre çok daha yüksektir. En düşük tüylülük değeri ise beklendiği gibi referans ipliklere aittir. Geri dönüşüm pamuk kullanılan ipliklerde iplik içerisinde tutunan kısa ve verimsiz liflerin fazlalığı, ipliklerde tüylülük değerini artırmaktadır.

Denim kumaşlarda kullanılan geri dönüşümlü pamuk oranı arttıkça bağıl su buharı geçirgenliği (%) azalmaktadır. Ölçüm sonuçlarına göre, en yüksek bağıl su buharı geçirgenliği, %100 yöre pamuğunun kullanıldığı ve geri dönüşüm pamuk kullanılmayan referans R iplikleri ile dokunan denim kumaşlara aittir. Post consumer atıkları ile üretilen ipliklerde daha fazla kısa lif vardır. Bu kısa lifler tüylenme ile su buharının ilerlemesini engelleyen yapılar oluşturur. Bu da su buharının geçişinde azalmaya neden olmaktadır.

Isıl direnç değerleri incelendiğinde, iplik tipi değişiminin kumaşların ısıl direnç değerleri üzerinde etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Denim kumaşlarda kullanılan geri dönüşümlü pamuk oranı arttıkça ısıl direnç (W/m^2) değerlerinin arttığı görülmüştür. Bu durum tüylülüğün artmasıyla sıkışmış durgun hava oranının da artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ölçüm sonuçlarına

göre, en düşük ısıl direnç değeri, %100 yöre pamuğunun kullanıldığı ve geri dönüşüm pamuk kullanılmayan referans R iplikleri ile dokunan denim kumaşlara aittir.

Kumaşların daha tüylü bir yüzeye sahip olması sonucu, tüylenen kumaşta ısıl direncin yüksek olmasını sağlamıştır. İplik tüylülüğü (h) değerleri yükseldiğinde ısıl direnç değerlerinin arttığı literatürde belirtilmiştir bu durum beklenen bir sonuçtur (Gülsevin, 2005; Marmaralı vd., 2009; Ertekin vd. 2015; Aydın vd. 2017).

Denim kumaşların dökümlülükleri değerlendirildiğinde, dökümlülük katsayılarının referans (R) kumaşın, tüm numune (D1-D2-D3-D4-D5) kumaşlarla benzer olduğu görülmektedir. Sonuç olarak dökümlülük değerlerinin farklı olmasına rağmen birbirlerine tolerans değerleri dahilinde çok yakın olduğu görülmüştür.

Üretilen denim kumaşlar incelendiğinde R numunesinden D5 numunesine doğru gidildikçe elastikiyetin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Bunun sebebinin atkıda kullanılan iplikler içerisinde yer alan geri dönüşüm pamuk iplik yapısının içerisinde lif-lif tutunmasının zayıflığı ve karmaşık yapısının olduğu söylenebilir. Dolayısıyla üretilen kumaşlarda yer alan geri dönüşüm oranı arttıkça geri toplama kabiliyeti de düşmektedir.

Üretilen denim kumaşların atkı yönünde yırtılma mukavemeti değerleri incelendiğinde, aynı atkı numarasına sahip kumaşlarda karışım oranlarında yer alan geri dönüşüm pamuk oranının artmasıyla yırtılma mukavemeti değerlerinin düştüğü görülmüştür. Genel olarak atkı yönü yırtılma mukavemeti verileri incelendiğinde ise, atkı yönünde R numunesinden D5 numunesine doğru gidildikçe atkı yırtılma mukavemetinin azaldığı görülmüştür. Bu fark incelendiğinde atkı ipliğinde kullanılan ipliğin mukavemet (Rkm) değerlerinin düşmesinin etkisi olduğu söylenebilir.

Genel olarak atkı yönü kopma mukavemeti verileri incelendiğinde ise, atkı yönünde üretilen denim kumaşlar arasında önemli farklılıklar görülmüştür. Üretilen denim kumaşlarda, R numunesinden D5 numunesine doğru gidildikçe atkı kopma mukavemetinin azaldığı görülmüştür.

Çalışma kapsamında, geri dönüşüm katkılı ham madde kullanımının etkisi, LCA (yaşam döngü analizi) ile değerlendirilmiştir. LCA değerlendirmesi sonucu, referans kumaştaki gibi orijinal pamuk kullanımı yerine % olarak yüksek oranda geri dönüşüm katkılı pamuk kullanımının kaynak tükenmesi (fosil yakıtlar), küresel ısınma, ozon tabakasının incelmesi, insan yaşamı üzerindeki toksik etki, tatlı su yaşamı üzerindeki toksik etki, karasal yaşam üzerindeki toksik etki, toplam su kullanımı ve diğer kategorilerde kayda değer bir iyileşme sağladığı gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

Amutha, K., 2017. Environmental impacts of denim. In Sustainability in denim, Woodhead Publishing, 27-48.

Aydın I S, Kertmen M., Marmaralı A., 2017 "Evaluating the effect of spinning systems on thermal comfort properties of modal fabrics" Journal of Biological and Chemical Research, ISSN 2319-3077, Vol.4, Issue 11, p265 – 27.

Ekti, E., 2013. Tekstil Sektörü Raporu: Sektörel Raporlar Serisi V. T.C. Doğu Marmara Kalkınma Ajansı Düzce Yatırım Destek Ofisi. s39.

Erbil, Y., Babaarslan, O., Islam, M. R., & Sirlibaş, S., 2021. Performance of core & dual-core cotton yarn structures on denim fabrics. Journal of Natural Fibers, ss. 1-14.

Ertaş, O. G., Zervent Ünal, B., & Çelik, N., 2016. Analyzing the effect of the elastane-containing dual-core weft yarn density on the denim fabric performance properties. The Journal of The Textile Institute, 107 (1), ss. 116-126.

Ertekin, G., Oğlakcıoğlu, N., Marmaralı A., 2015 "Thermal Transmission Attributes of Knitted Structures Produced by Using Engineered Yarns" Journal of engineered fibers and fabrics. 72. 4-2015. 10.1177/155892501501000418.

Doba Kadem, F., 2016. Sürdürülebilir Bir Yaklaşım: Denim Sektöründe Pamuk Atıklarının Geri Dönüşümü Üzerine Bir Çalışma, 12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi (UKMK 2016), 23-26 Ağustos, İzmir.

Doba Kadem, F., & Özdemir, Ş., 2020. Tüketici Sonrası Geri Dönüştürülen Denim Kumaşların Seçilmiş Konfor Özellikleri Üzerine Bir Çalışma, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(2), ss. 379-388.

Gülsevin, N., 2005 Spor Giysilerin Konfor Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

İTHİB, Dünya Denim Kumaş Sektörü Dış Ticaret Raporu, https://www.ithib.org.tr/tr/bilgi-bankasi raporlar-arastirma-raporlari.html, Erişim Tarihi: 25.11.2022.

Karakan Günaydın, G. 2012. Murata Vortex iplik eğirme sisteminde iplik eğirme düzesinin özelliklerinin ve konstrüksiyon yapısının iplik parametrelerine etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

Kaya, R., 2006. Tüketicilerin Jean Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Konya, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kurtoğlu Necef, Ö., Seventekin, N., Pamuk, M., 2013, Hazır Giyim Sektöründeki Kumaş

Kırpıntılarının Geri Dönüşümü Üzerine Bir Çalışma, Tekstil ve Konfeksiyon, 23 (3), ss. 286- 289.

Macit, H., Tayyar, A. E., Şevkan, A., & Gonca, A., 2019. Tekstil Sektöründe Geri Dönüşüm Olanakları Ve Uşak İli'nde Güncel Durum. Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi, 3 (2), ss. 91-102.

Mangır, A. F., 2016. Sürdürülebilir kalkınma için yavaş ve hızlı moda. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 19 (41. YIL ÖZEL SAYISI), ss. 143-154.

Marmaralı A., Kadoğlu H., Oğlakcıoğlu N., Çelik P., Blaga M., Ursache M., Loghin C., 2009, "Thermal comfort properties of some new yarns generation knitted fabrics", In: Proceedings of the AUTEX 2009 World Textile Conference, 26–28 May 2009.

Memon, H., Ayele, H. S., Yesuf, H. M., & Sun, L. 2022. Investigation of the Physical Properties of Yarn Produced from Textile Waste by Optimizing Their Proportions. Sustainability, 14(15), 9453, 1-15.

Meyanci, L., 2018. Definition, history of denim fabric and Turkey's denim clothing export in figures. Industria Textila, 69 (4), ss. 334-337.

Mezarcıöz, S., Toksöz, M., & Sarker, M. E., 2021. Effect of Sustainable Cotton Fibers on Denim Fabric Selected Properties. Journal of Natural Fibers, ss. 1-11.

Okur, A., 2002. Tekstil Materyallerinde Mukavemet Testleri, DEU Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.

Üreyen, M., Kadoğlu, H., 2008. Interactions Between AFIS Fibre Properties And Ring Cotton Yarn Properties. Textile And Apparel, 18 (1), ss. 8-13.

Radhakrishnan, S., 2017. Denim recycling. In Textiles and Clothing Sustainability, Springer, Singapore, pp. 79-125.

Roshan P., 2015. Denim, Manufacture, Finishing and Applications, the Textile Institute, Woodhead Publishing Series in Textiles, UK.

Sharma, R., & Goel, A., 2017. Development of nonwoven fabric from recycled fibers. J Textile Sci Eng, 7, pp. 289-292.

Telli, A., 2016. Geri Dönüşüm Pamuk, R-Pet ve Karışımlarının Denim Kumaş Üretiminde Kullanılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

TİM, 2022, https://tim.org.tr/tr/yillik-ihracat-raporu, Erişim Tarihi: 19.06.2023

Wang, Y. (Ed.). (2006). Recycling in textiles. Woodhead publishing.

ÖZGEÇMİŞ

Hakan KARAGÖL, 2004 yılında Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. 2005 yılında tekstil mühendisi olarak iş hayatına başlamıştır. Şuan Kahramanmaraş'ta bulunan bir Tekstil firmasında COO olarak görev yapmaktadır.