GERİ DÖNÜŞÜM POLYESTER İPLİKLERDEN ELDE EDİLEN DOKUMA KUMAŞLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GERİ DÖNÜŞÜM POLYESTER İPLİKLERDEN ELDE EDİLEN DOKUMA KUMAŞLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Semiha KARADAĞ

Doç. Dr. Gülcan SÜLE

ORC ID: 0000-0002-6014-0625

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA– 2022

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GERİ DÖNÜŞÜM POLYESTER İPLİKLERDEN ELDE EDİLEN DOKUMA KUMAŞLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Semiha KARADAĞ
Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gülcan SÜLE

Bu çalışma kapsamında, %100 geri dönüşüm polyester ve klasik yöntemlerle elde edilmiş polyester atkı iplikleri kullanılarak farklı konstrüksiyonlarda üretilen dokuma kumaşların bazı performans özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, çözgü iplik cinsi, numarası ve sıklığı sabit tutularak, atkıda geri dönüşüm polyester ve klasik yöntemlerle üretilmiş polyester iplik kullanılarak üç farklı atkı sıklığında (16, 20 ve 24 atkı/cm) ve ve üç farklı örgü yapısında (bezayağı, dimi ve saten) üretilen deneysel dokuma kumaşlara fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla metrekare ağırlık (gramaj) ve kumaş kalınlığı ölçümleri yapılmıştır. Performans özelliklerinin belirlenmesi için kumaşlara boncuklanma, kopma mukavemeti, kopma uzaması, yırtılma dayanımı ve hava geçirgenliği testleri uygulanmıştır. Yapılan testler sonunda %100 geri dönüşüm polyester ve klasik yöntemlerle elde edilen polyester ipliklerin, dokuma kumaşların fiziksel ve performans özelliklerine olan etkisi araştırılmış ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, her iki grup atkı ipliği ile dokunan kumaşların gramaj, çözgü yönünde kopma mukavemeti ve boncuklanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken kumaşların kalınlık, kopma uzaması, atkı yönünde kopma mukavemeti ve hava geçirgenliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Kumaşın yapısal özelliklerinden atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin deneysel kumaşların performans özellikleri üzerinde genel olarak etkisinin olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Geri dönüşüm polyester, dokuma kumaş, örgü, atkı sıklığı, kopma mukavemeti, kopma uzaması, hava geçirgenliği, boncuklanma.

2022, ix + 92

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF PERFORMANCE PROPERTIES OF WOVEN FABRICS PRODUCED BY RECYCLED POLYESTER YARNS

Semiha KARADAĞ

Bursa Uludağ Üniversity
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Gülcan SÜLE

Within the scope of this study, some performance properties of woven fabrics produced in different constructions using %100 recycled polyester and polyester weft yarns obtained by classical methods were compared. For this purpose, experimental woven fabrics produced in three different weft densities (16, 20 and 24 weft/cm) and in different weave (plain, twill and satin) by using recycled polyester in the weft and polyester yarn produced by classical methods, by keeping the warp yarn type, number and density constant, are physically applied. In order to determine its properties, square meter weight (gram weight) and fabric thickness measurements were made. In order to determine the performance properties, pilling, breaking strength, elongation at break, tear strength and air permeability tests were applied to the fabrics. At the end of the tests, the effect of %100 recycled polyester and polyester yarns obtained by classical methods on the physical and performance properties of woven fabrics was investigated and statistically evaluated.

According to the results obtained from the study, there was no statistically significant difference between the weight, breaking strength and pilling strength of the fabrics woven with the weft yarn in both groups, while a statistically significant difference was found between the thickness, breaking elongation, breaking strength and air permeability of the fabrics. It has been observed that the structural properties of the fabric, weft density, weave and the intersection of these factors have a general effect on the performance properties of the experimental fabrics.

Key Words: Recycled polyester, woven fabric, weave , weft density, breaking strength, elongation at break, air permeability, pilling.

2022, ix + 92

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bana değerli zamanını ayıran ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden faydalanma fırsatı bulduğum saygıdeğer danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gülcan SÜLE'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma kapsamında yapılan testlerin uygulanmasındaki yardımlarından ötürü Rudolf-Duraner Kimyevi Maddeler Ticaret ve Sanayi A.Ş. firmasına ve Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuar sorumlusu Yük. Müh. Mehmet Tiritoğlu'na teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmasında kullanılan ipliklerin temininde ve deneysel kumaşların üretiminde destek veren BYT Dokuma firma müdürü Üsame SOLAKOĞULLARI ve firma çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen eşim Mirza Musab KARADAĞ ve oğlum Miran Salih KARADAĞ başta olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

Semiha KARADAĞ

10.01.2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
1.GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI 3
2.1. Dokuma Kumaş 3
2.2. Dokuma Kumaşlarda Boyutsal Performanslar 4
2.2.1. Dokuma kumaşlarda çekme, boyut kaybı 4
2.2.2. Kumaşın boyut değişmezliği, boyut stabilitesi 5
2.2.3. Dokuma kumaşlarda uzama, esneme 5
2.2.4. Kumaş kalınlığı 5
2.2.5. Kumaş yoğunluğu 5
2.2.6. Kıvrım oranı 6
2.3. Dokuma Kumaşlarda Mukavemet Performansları 6
2.3.1. Kopma mukavemeti 6
2.3.2 Kopma uzaması 8
2.3.3. Yırtılma mukavemeti 8
2.3.4. Aşınma dayanımı 9
2.4. Dokuma Kumaşlardan Yapılmış Bitmiş Ürün Performansları 10
2.4.1. Dokuma kumaşlarda buruşma dayanımı, buruşmazlık 10
2.4.2. Dokuma kumaşlarda boncuklama (pilling) özelliği 10
2.5. Dokuma Kumaşların Isıl Performansları 11
2.5.1. Isıl iletkenlik 11
2.5.2. Isıl Direnç 11
2.5.3. Isıl Soğurganlık 12
2.5.4. Hava geçirgenliği 12
2.6. Dokuma Kumaşlarda Temel Örgüler ve Özellikleri 13
2.6.1. Bezayağı örgü 13
2.6.2. Dimi örgüler 14
2.6.3. Saten örgüler 16
2.7.Polyester Lifleri 17
2.8. Polyester liflerinin elde edilmesi 20
2.8.1. Eriyikten lif çekim yöntemi 20
2.9. Polyester Liflerinin Fiziksel Özellikleri 21
2.10. Polyester Liflerinin Kimyasal Özellikleri 24
2.10.1. Asitlerin polyester liflerine etkisi 24
2.10.2. Bazların (alkalilerin) polyester liflerine etkisi 24

2.10.3. Yükseltgen ve indirgen maddelerin polyester liflerine etkisi 24
2.10.4. Organik çözücülerin polyester liflerine etkisi 24
2.10.5. Suyun polyester liflerine etkisi 25
2.10.6. Sıcaklığın polyester liflerine etkisi 25
2.11. Polyester Liflerinin Kullanım Alanları 26
2.12. PET Esaslı Malzemelerin Geri Dönüşümü 26
2.12.1. Mekanik geri dönüşüm 28
2.12.2. Kimyasal geri dönüşüm 30
2.12.3. Tekstil sektöründe geri dönüşüm PET 31
2.13. Geri Dönüştürülmüş Polyester İle İlgili Yapılan Çalışmalar 34
3. MATERYAL VE YÖNTEM 39
3.1. Materyal 39
3.1.1.Üretim parametreleri 41
3.2.Yöntem 42
3.2.1.Kopma mukavemeti ve kopma uzaması 42
3.2.2. Gramaj tayini 43
3.2.3. Kalınlık tayini 44
3.2.4. Hava geçirgenliği 44
3.2.5. Yırtılma mukavemeti 45
3.2.6. Boncuklanma dayanımı 46
3.3. İstatistiksel Değerlendirme Yöntemi 47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 49
4.1. Deneysel Kumaşlara Ait Gramaj Ölçüm Sonuçları 49
4.2. Deneysel Kumaşlara Ait Kalınlık Ölçüm Sonuçları 50
4.3. Deneysel Kumaşlara Ait Kopma Mukavemeti Test Sonuçları 52
4.4. Deneysel Kumaşlara Ait Kopma Uzaması Test Sonuçları 54
4.5. Deneysel Kumaşlara Ait Hava Geçirgenliği Test Sonuçları 57
4.6. Deneysel Kumaşlara Ait Boncuklanma Dayanımı Test Sonuçları 59
4.7. Deneysel Kumaşlara Ait Yırtılma Dayanımı Test Sonuçları 60
4.8. Sonuçların İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi 61
4.8.1. Gramaj Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi 61
4.8.2. Kalınlık Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi 63
4.8.3. Kopma Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi 65
4.8.4. Kopma Uzaması Test Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi 68
4.8.5. Hava Geçirgenliği Test Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi 71
4.8.6. Boncuklanma Dayanımı Test Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi 74
5. SONUÇ 77
KAYNAKLAR 82
EKLER 86
ÖZGEÇMİŞ 92

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
Den	Denye
w	Gramaj (gr/m²)
N	Newton
cm	Santimetre
g	Gram
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
CV	Değişim Katsayısı (%)

Kısaltmalar	**Açıklama**
PES	Polyester

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Kopma-Uzama eğrisi (Saville 1999).	7
Şekil 2.2.	Temel örgü yapıları (Çelik 2018).	13
Şekil 2.3.	Bezayağı örgü ve kumaş dokusu (Çelik 2018).	14
Şekil 2.4.	D1/2 (Z) Dimi kumaşların dokuma raporu ve kumaş yapısı (Çelik 2018).	16
Şekil 2.5.	A- Kumaş yüzünde tamamen çözgü ipliklerinin görünmesini sağlayan uzun iplik atlamalarına sahip 8'li çözgü saten örgüsü B- Bu örgüyle dokunmuş kumaş konstrüksiyonu (Oğultürk 2008).	17
Şekil 2.6.	Polietilen molekül zincirleri (Kalaycı ve ark. 2016).....	18
Şekil 2.7.	Glikol ve dimetil tereftalat kullanılan polyester üretimyöntemi (Özat2019).....	19
Şekil 2.8.	Etilen glikol ve tereftalik asidin kullanıldığı polyester sentezi (Özat 2019)…….	19
Şekil 2.9.	Eriyikten lif çekim yöntemine göre geleneksel iplik üretim tesisi (Kara 2011)……	21
Şekil 2.10.	Pet şişelerin geri kazanım döngüsü (Tayyar ve Üstün 2010).	27
Şekil 2.11.	Pet şişelerin fiziksel geri kazanımı (Tayyar ve Üstün 2010).	28
Şekil 2.12.	Komple geri dönüşüm hattı (Tayyar ve Üstün 2010).	30
Şekil 2.13.	Kimyasal geri dönüşüm (Tayyar ve Üstün 2010).	30
Şekil 2.14.	Levi's markasının Pet şişelerden ürettiği kot pantolon (Yücel ve Tiber 2018).....	32
Şekil 2.15.	Zara Sürdürülebilirlik Stratejisi 2019 (Necef ve ark 2020).	32
Şekil 2.16.	%100 geri dönüştürülmüş PET'ten üretilmiş olan NIKE formaları (Yücel ve Tiber 2018).	33
Şekil 3.1.	Çalışmada kullanılan örgü tipleri.....	41
Şekil 3.2.	Numune dokuma kumaşların üretildiği armürlü dokuma makinesi ...	41
Şekil 3.3.	Universal Mukavemet Ölçüm Cihazı.....	43
Şekil 3.4.	Numune kesme aparatı.....	43
Şekil 3.5.	Kumaş kalınlık test cihazı.....	44
Şekil 3.6.	Hava geçirgenliği test cihazı.....	45
Şekil 3.7.	Dijital Elmendorf cihazı.....	46
Şekil 3.8.	Boncuklanma test cihazı	47
Şekil 4.1.	Deneysel kumaşlara ait gramaj değerleri.....	50
Şekil 4.2.	Deneysel kumaşlara ait kalınlık değerleri.....	51
Şekil 4.3.	Deneysel kumaşlara aitatkı yönünde kopma mukavemeti değerleri...	53
Şekil 4.4.	Deneysel kumaşlara ait çözgü yönünde kopma mukavemeti değerleri	53
Şekil 4.5.	Deneysel kumaşlara ait atkı yönünde kopma uzaması değerleri	55
Şekil 4.6.	Deneysel kumaşlara ait çözgü yönünde kopma uzaması değerleri.....	56
Şekil 4.7.	Deneysel kumaşlara ait hava geçirgenliği değerleri	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Polyester liflerinin fiziksel özellikleri 23
Çizelge 2.2. Polyester liflerinin kimyasal özellikleri 25
Çizelge 3.1. Numune dokuma kumaşların teknik özellikleri 40
Çizelge 3.2. Çözgü ve atkı ipliklerinin teknik özellikleri 40
Çizelge 4.1. Deneysel kumaşlara ait gramaj ölçüm sonuçları 49
Çizelge 4.2. Deneysel kumaşlara ait kalınlık ölçüm sonuçları 51
Çizelge 4.3. Deneysel kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde kopma mukavemeti test sonuçları 52
Çizelge 4.4. Deneysel kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması test sonuçları 54
Çizelge 4.5. Deneysel kumaşlara ait hava geçirgenliği test sonuçları 57
Çizelge 4.6. Deneysel kumaşlara ait boncuklanma test sonuçları 59
Çizelge 4.7. Deneysel kumaşlara ait yırtılma dayanımı test sonuçları 60
Çizelge 4.8. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün kumaş gramajına etkisi için uygulanan SNK testi 61
Çizelge 4.9. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının kumaş gramajına etkisi için uygulanan SNK testi 62
Çizelge 4.10. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün kumaş gramajına etkisi için uygulanan SNK testi 62
Çizelge 4.11. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının kumaş gramajına etkisi için uygulanan SNK testi 63
Çizelge 4.12. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün kumaş kalınlığına etkisi için uygulanan SNK testi 64
Çizelg 4.13. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının kumaş kalınlığına etkisi için uygulanan SNK testi 64
Çizelg 4.14. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün kumaş kalınlığına etkisi için uygulanan SNK testi 65
Çizelg 4.15. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının kumaş kalınlığına etkisi için uygulanan SNK testi 65
Çizelge 4.16. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün atkı yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi 66
Çizelge 4.17. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının atkıyönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi 66
Çizelge 4.18. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün çözgü yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi 67
Çizelge 4.19. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının çözgü yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi 67

Çizelge 4.20. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün çözgü yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi 68
Çizelge 4.21. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının çözgü yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi 68
Çizelge 4.22. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün atkı yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi 69
Çizelge 4.23. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının atkı yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi 69
Çizelge 4.24. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün atkı yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi 70
Çizelge 4.25. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının atkı yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi 70
Çizelge 4.26. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün çözgü yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi 71
Çizelge 4.27. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının çözgü yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNKtesti 71
Çizelge 4.28. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün hava geçirgenliğine etkisi için uygulanan SNK testi 72
Çizelge 4.29. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının hava geçirgenliğine etkisi için uygulanan SNK testi 72
Çizelge 4.30. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün hava geçirgenliğine etkisi için uygulanan SNK testi 73
Çizelge 4.31. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının hava geçirgenliğine etkisi için uygulanan SNK testi 73
Çizelge 4.32. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün boncuklanma dayanımına etkisi için uygulanan SNK testi 74
Çizelge 4.33. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının boncuklanma dayanımına etkisi için uygulanan SNK testi 74
Çizelge 4.34. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün boncuklanma dayanımına etkisi için uygulanan SNK testi 75
Çizelge 4.35. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının boncuklanma dayanımına etkisi için uygulanan SNK testi 75

1.GİRİŞ

Her geçen gün hızla artan nüfus ve değişen yaşam standartları atıkların hacmini ve kompozisyonunu çeşitlendirerek kontrol ve yönetimini zorlaştırmaktadır. Katı atıkların oluşturduğu kirlilik ile buna bağlı mevcut ve potansiyel risklerin boyutu her geçen gün artmaktadır. Doğal kaynakların azalması, ekonomik ve diğer nedenlerle çağımızda katı atık yönetimi gittikçe zorlaşmakta ve önem kazanmaktadır. Bu nedenle atık oluşumundan nihai bertarafa kadar bütün kademeleri içine alan entegre bir katı atık yönetiminin unsurları ve bunların birbirleri ile ilişkilerinin çok iyi bilinmesi zorunludur (Dönmez 2017).

Geri dönüşüm doğal kaynakların korunması ve verimli kullanılması konusunda son derece önemli bir süreçtir. Geri dönüşüm toplanmadığı takdirde çöp olarak atılacak ve yeni ürünlere dönüştürülebilecek malzemelerin toplanması ve işlenmesi süreci olarak tanımlamıştır. Bu süreç, kirliliği önlemek, enerji tasarrufu sağlamak ve doğal kaynakları korumak için yaygın ve etkili bir yol olarak görülmektedir. Ayrıca geri dönüşüm, atık azaltılması konusunda önemli bir yere sahiptir (Tufaner 2019).

Tekstil ve hazır giyim sektörü özellikle son yıllarda çevresel zararlar, atıkların minimize edilmesi, yeniden kullanım ve geri dönüşüm çalışmaları üzerine oldukça hızlı bir ivmelenme sergilemeye başlamıştır. Tekstil ve hazır giyim sektöründe sürdürülebilirlik kapsamında yapılmakta olan akademik çalışmalar gün geçtikçe artmakta ve sektörde yer alan işletmeler bu alanda geçmişe oranla daha duyarlı hareket etmektedirler (Kadem ve Özdemir 2020).

Plastiklerin geri dönüşüm teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, fiyat ve ekolojik avantajlar nedeniyle, tekstil endüstrisi için yeni bir hammadde kaynağının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu hammadde kaynağı Amerika Plastik Konseyi çalışmaları sonucunda geri dönüşüm için en uygun malzeme olan PET şişelerden elde edilen PET polimerlerdir. Çünkü yaşamsal döngü analizleri incelendiğinde plastikler içerisinde en yüksek tüketime sahip PET esaslı malzemelerin %30'unu oluşturan PET şişeler; daha az miktarda kompozit olarak kullanılmakta, daha kolay geri dönüştürülebilmekte, bu

nedenle özelliğini daha az kaybetmekte ve dönüşümden sonra kendine daha fazla kullanım alanı bulabilmektedir (Telli ve ark. 2012).

Tekstil sektöründe en çok kullanılan polimer olan Polietilen tereftalat (PET) polimeri; genellikle su, meşrubat gibi sıvı gıdaların piyasaya sürülmesi amacıyla kullanılan PET ambalajlardan geri dönüşüm tesislerinde PET talaşlarına dönüştürülebilmektedir. Maddesel veya kimyasal yöntemlerle PET talaşlarından lif elde edilebilmektedir. Kimyasal işlem adımlarıyla moleküler seviyeye kadar ayrılabilen PET talaşları daha sonra yeniden polimerize edilebilmektedir. Kimyasal işlem basamakları mekanik işlem basamaklarına göre daha maliyetli olmasına rağmen elde edilen lif kalitesindeki artış ile kullanılabilir bir lif kalitesine ulaşılabilmektedir.

Geri dönüşüm ile ilgili iplik, dokuma, örme, dokusuz yüzeyler ve kompozit alanlarında çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda geri dönüşüm iplik veya liften elde edilen kumaş yapılarının çeşitli fiziksel, mekanik ve konfor özellikleri orijinal iplik veya liften elde edilen kumaşların bu özellikleriyle karşılaştırılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, r-PET liflerinden ve klasik PET liflerinden üretilen atkı iplikleri kullanılarak elde edilen dokuma kumaşların kopma mukavemeti ve kopma uzaması, hava geçirgenliği, boncuklanma ve yırtılma dayanımı özellikleri karşılaştırılmıştır. Diğer çalışmalardan farklı olarak kumaş konstrüksiyonunun ölçülen parametrelere etkisi incelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Dokuma Kumaş

İnsanoğlunun tekstil ile elyaf, iplik, kumaş, giyim ve diğer kullanım eşyası olarak birlikteliği ve bunlarla uğraşması ilk yaratılışından itibaren bir gereksinim olarak başlamıştır (Öner 2008).

Bu sebeple örtünme gereksinimlerini karşılama doğrultusunda sürekli bir arayış içinde olmuşlardır. İlk insanların bu örtünme ihtiyaçlarını öncellikle hayvan postları ile karşıladıkları bilinmektedir.

Daha sonraları ot, dal saz gibi bitkisel maddeler kullanılarak hasır örgü gibi tekstil yüzeyleri oluşturulmuştur (Yakartepe 1998).

Dokumacılığın geçmişi çok eski tarihlere dayanmaktadır. Dokuma kumaşların tarihte MÖ 5000 yıllarında dokunmaya başlandığına dair bulgular bulunmaktadır (Demiral ve Tayyar 2018).

Kumaş oluşumunda ilk aşama ipliğin yapımıdır. Lifler ince bir demet halinde toplanarak bir araya getirilir daha sonra lif demeti bükülerek iplik oluşumu gerçekleştirilir. İki grup ipliğin örgü adı verilen bir düzende birbirine dik olarak kesiştirilip bağlanması ile oluşturulan dokuya dokuma kumaş denir.

Bir dokuma kumaşın temel yapısal özellikleri kullanılan hammadde cinsi, iplik özellikleri, örgüsü, kalınlığı, gramajı, sıklığı ve kumaş boyutlarıdır. Bu temel özellikler kumaşın kullanım (performans) özelliklerini belirler (Sarıduman 2005).

Dokuma kumaşlar kullanım amaçları doğrultusunda çok değişik yapılarda üretilirler. Oluşturulan bu yapıların özelliklerinin bilinmesi üretim ve kullanım açısından epey önem taşımaktadır.

Ancak, dokuma kumaş yapısının temel niteliklerini belirledikten sonra çeşitli kumaş yapılarının özgün özelliklerini kumaşta sağladıkları yararlar açısından incelemek en uygun bir yaklaşım olacaktır (Başer 2004).

Kumaş, tekstil liflerinin düzgün bir yüzey ve değişmez bir kalınlıkta ince, esnek ve sağlam bir doku oluşturacak biçimde bir araya getirilmesiyle elde edilen her türlü yapı olarak tanımlanabilir. Geometrik açıdan kumaş, örtme özellikleri olan bir yüzey, mekanik açıdan elastik bir materyaldir (Başer 2004). Giysi yapımında kullanılan kumaşlar vücut biçimine kolayca uyum sağlamalı ve aynı zamanda kullanıldığı yüzeyde istenilen yumuşaklığı sağlayacak esneklik ve incelikte olmalıdır. Bahsedilen bu özellikler giysi yapımı haricinde perdelik, örtülük ve döşemelik gibi farklı alanlarda kullanılan kumaşlar için de oldukça önemlidir.

Bir tekstil materyali olarak kullanılan kumaşın işlevini sağlayabilmesi için düzgün yüzey, esneklik, sağlamlık, örtme ve incelik gibi özellikleri olması ile beraber oluşturduğu yüzeyin görünümünü veya farklı kullanım şartlarında davranışlarını belirleyen başka çeşitli özellikleri de mevcuttur. Bu özellikleri meydana getiren ise kumaşın yapı ve hammadde özelliklerinin farklılıklarıdır.

2.2. Dokuma Kumaşlarda Boyutsal Performanslar

Dokuma kumaşlarda boyutsal performanslar ve testleri aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

a) Dokuma kumaşlarda çekme, boyut kaybı,
b) Kumaşın boyut değişmezliği,
c) Dokuma kumaşlarda uzama, esneme,
d) Kumaş kalınlığı,
e) Kumaş yoğunluğu,
f) Kıvrım oranı.

2.2.1. Dokuma kumaşlarda çekme, boyut kaybı

Kumaş eninde ya da boyunda meydana gelen artma ya da azalma boyutsal değişim olarak adlandırılır. Boyuttaki azalma ‘’çekme’’ olarak, artma ise ‘’bollaşma’’ olarak tanımlanır (Yakartepe, 1998). Boyutsal değişimleri göstermek için çoğunlukla gerçek boyutun yüzdesi atkı ve çözgü yönünde ayrı ayrı kullanılır.

Genellikle dokuma kumaşlar özel olarak bir işlem görmediği sürece boyutsal olarak küçülme eğilimindedirler.

2.2.2. Kumaşın boyut değişmezliği, boyut stabilitesi

Kumaşta boyut stabilitesi, kumaşın fiziksel boyutlarının değişimine karşı gösterdiği dirençtir (Yakartepe 1998). Genellikle bu durumun açığa çıkmasının sebebi yüzey kaymasıdır. Yüzey kayması ise; orijinal yüzey hattındaki kavisli bir kayma ya da sapmayı ifade eder (Yakartepe 1998).

2.2.3. Dokuma kumaşlarda uzama, esneme

Bir elyafın, ipliğin ya da kumaşın gerilim altındaki uzama derecesinin ölçüsüdür (Yakartepe 1998). Bir tekstil materyalinin kopma noktasına kadar gerilmesi ile esnetilip uzatılması bu materyalin uzayabilirliğini veya uzama kabiliyetini ifade eder.

Germe kuvveti uygulandıktan sonra tekstil materyalinin uzunluğundaki deformasyon veya değişme bu materyalin gerçek uzunluğunun yüzdesi ile gösterilir.

2.2.4. Kumaş kalınlığı

Kumaş kalınlığı, kumaşın gördüğü işlemlere etki ettiği için kullanıcılar açısından önem taşımaktadır.

Kumaşın kalınlığı, kumaşın derinliğine sıkıştırılabilmesi ile karıştırılmamalıdır. Kumaş kalınlığı, kumaşın dinamik bir ölçütüdür ve kumaşın en yüksek ve en düşük yüzeyleri arasındaki mesafedir (Yakartepe 1998). Kalınlık ölçümü belirli bir basınç altında yapılır.

2.2.5. Kumaş yoğunluğu

Kumaş yoğunluğu kumaş sıkıştırılabilirliğinden ve kumaş kalınlığından daha farklı bir parametredir. Statik bir ölçü olan yoğunluk iğne girişi veya kesim direnci gibi karakteristiklerin eğilimlerini belirlemede kullanılır.

Kumaş yoğunluğu kavramı iğnenin geçebileceği deliklere sahip olmayan ya da çok küçük deliklere sahip olan kumaşlarda önemlidir (Yakartepe 1998).

2.2.6. Kıvrım oranı

Kumaştan çıkarılarak ölçülen iplik uzunluğunun kumaş uzunluğuna olan oranına kıvrım oranı denir. Bu iki uzunluk içinde kumaş uzunluğu esas alınır. Dokuma işleminden kaynaklı ipliklerin bir kıvrımı vardır.

Dokuma kumaşın örgüsüne, sıklığına ve iplikte oluşan gerginliklere bağlı olarak kıvrım oranı değişmektedir. Kumaşta kullanılan örgü yapıları aynı olsa bile sıklık ve iplik gerginliğindeki farklılıklara bağlı olarak kıvrım oranı değişir.

2.3. Dokuma Kumaşlarda Mukavemet Performansları

Dokuma kumaşlarda dayanıklılık, kumaşların giyim ya da diğer kullanım yerlerinde kullanım süresince çeşitli etkilere karşı, özelliğini oluşturan karakteristiklerini koruyabilmeleridir.

Kumaş mukavemetini etkileyen en önemli faktörler şunlardır;

a) Elyafların tip ve kaliteleri,
b) İpliklerin gerilim mukavemetleri,
c) İpliklerdeki büküm miktarı,
d) İpliklerdeki kat sayısı ve iplik tipi,
e) Kumaş yapısının örgüsü,
f) Kumaş yapısının sıklığı (Yakartepe 1998).

2.3.1. Kopma mukavemeti

Kopma mukavemeti; uzunlamasına yöndeki çekme kuvvetine karşı tekstil ürünlerinin dayanma kabiliyetidir (Kadem ve Ergen 2011).

Dokuma kumaşlarda kopma mukavemetini ölçmek için, kumaşa bir gerilim kuvveti uygulanarak kumaşın kopması için gerekli olan kuvvet ölçülür. Uygulanan gerilim kuvveti ne kadar büyükse kumaşın dayanıklılığı da o kadar fazladır. Uygulanan bu

gerilim kuvveti, kumaş düzlemine paralel olarak uygulanır ve kumaştaki ipliklerin kopmasına yetecek miktarda doğrusal bir çekme kuvvetidir.

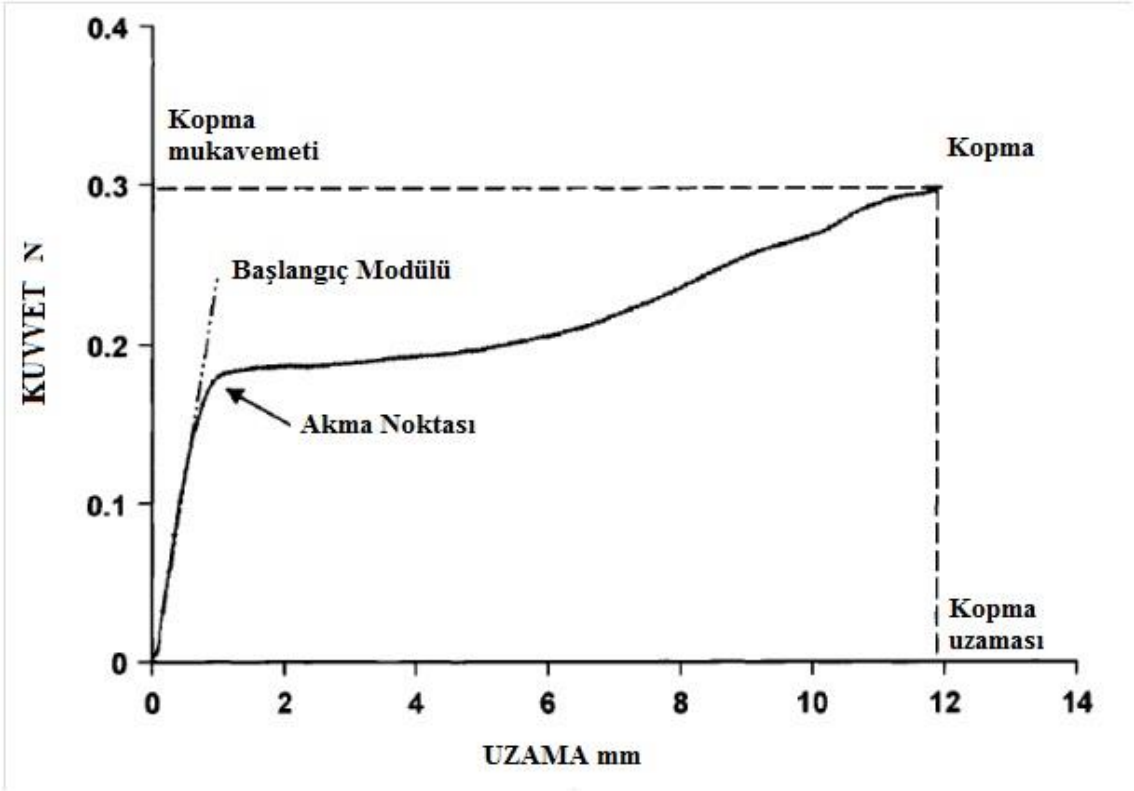
Genel olarak kumaşların mukavemetine etki eden özellikler şunlardır:

1) Lif özellikleri: Lifin cinsi, inceliği, mukavemeti, uzunluğu.

2) İplik özellikleri: İplik numarası, büküm faktörleri, düzgünsüzlük.

3) Kumaş yapısı: Kumaşın konstrüksiyon özellikleri (atkı-çözgü sıklıkları, örgüsü), kıvrım yüzdesi.

4) Kumaş apresi: Kumaşa istenen özelikleri vermek için uygulanan terbiye işlemleri (yaş ve kuru ısıl işlemler) (Sungur 2020).



Şekil 2.1. Kopma-Uzama eğrisi (Saville 1999).

Bir tekstil materyaline gittikçe artan bir yük uygulandığında materyal önce uzar, sonra (daha fazla uzayamayacak hale gelince) kopar. Bu sırada uygulanan yük ile uzama miktarı arasındaki ilişkiyi gösterecek tarzda çizilen grafiklere yük-uzama veya gerilme-uzama oranı eğrisi adı verilmektedir. Yük-uzama eğrileri test örneğinin sıfır yükten kopma noktasına kadar olan davranışlarını açıklar ve bu eğrilerden materyal hakkında

başlangıç modülü (Young modülü), kopma işi, akma noktası ve elastik geri dönüş gibi bilgiler elde edilebilir. Modül genel anlamı ile yük-uzama eğrisinin eğimi demektir ve materyalin sertliğinin yani uzamaya karşı direncinin bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Bir materyalin modülü yüksek ise belirli bir yükteki uzama miktarı az olacaktır. Gerilme-uzama oranı eğrinin sıfır noktasından başlayıp ‘‘Akma Noktası’’na kadar devam eden ilk lineer bölgesinin eğimi ‘‘Başlangıç Modülü’’ veya ‘‘Young Modülü’’ olarak adlandırılmaktadır. Eğrinin başlangıç bölümü hemen hemen düzdür ve ve eğimi (gerilmenin uzamaya oranı) sabittir. Yani gerilme ve uzama arasında lineer bir ilişki vardır. Materyal bu bölgede bir yay gibi davranır, etkiyen yük kaldırıldığında orjinal boyutlarına geri döner (Okur 2002).

Şekil 2.1’de yer alan yük uzama eğrisinde ilk dirsek noktası bize akma noktasını verir. Akma noktası aşıldıktan sonra gerilmedeki küçük artışlar büyük uzamalara neden olmaya başlar ve yük kaldırıldığı zaman ölçümü yapılan numunedeki uzamanın bir kısmının kalıcı olduğu görülür. Kopma işi, materyal örneğini koparmak için gereken toplam enerji veya iş olarak tanımlanır. Kopma işi, yük-uzama eğrisinin altındaki alana yani materyali kopma noktasına kadar uzatmak için yapılan işe eşittir ve birimi joul’ dür (Okur 2002).

2.3.2. Kopma uzaması

Bir kumaşın mukavemeti kadar esnekliği de önem taşır. Kumaşın orijinal boyundan kopmaya başlamasındaki boya artmasına kopma uzaması denir. Dokumadan dolayı kıvrımlanmış çözgü iplikleri eğer esnek değillerse kopma uzaması noktasında sayılırlar. Bu haldeyken tüm yükü kıvrımlı ipliklere devretmiş olurlar. Bunun tüm etkisi çözgü kıvrımı sıfır olan kumaş yapısının çözgü doğrultusundaki kopma mukavemetinin çözgü ve atkı kıvrımı eşit olan kumaş yapısındaki çözgü doğrultusu mukavemetinin yarısından biraz daha fazla olacak şekilde kendini gösterecektir (Yakartepe 1998).

2.3.3. Yırtılma mukavemeti

Dokuma kumaşlarda yırtılma mukavemeti, kumaştaki herhangi bir delik veya yırtığa uygulanmış yanal çekme kuvvetine karşı, kumaşın gösterdiği dirençtir (Can ve Kırtay 2007).

Yırtılma mukavemeti; kumaşta yer alan statik ve dinamik kuvvetlere karşı ve yırtılma testinde uygulanan gerilime karşı materyalin mukavemetini belirleyici önemli bir faktördür (Özdil ve Özçelik 2006).

Dokuma kumaşlarda yırtılma mukavemeti önemli bir performans özelliği olup kullanım yerine bağlı olmakla birlikte, genellikle tüm kumaşlar için yüksek yırtılma mukavemeti istenilmektedir (Kadem ve Oğulata 2009).

Dokuma kumaşlarda yırtılmaya karşı dayanım kumaşın yapısı ile ilişkilidir. Bir araya toplanmış iplikler uygulanan gerilimi paylaşarak daha fazla bir yırtılma dayanımı gösterirler. İpliklerin bir araya toplanarak kümelenmesinin engellendiği kumaş yapılarında kumaşın yırtılmaya karşı dayanımı daha düşük olur.

2.3.4. Aşınma dayanımı

Aşınma dayanımı, tekstil materyalinin bir başka materyale sürtünmesi ile kumaştaki iplik ve liflerin kumaş yüzeyinden dışarı çıkması sonucunda kumaş yüzeyinde meydana gelen aşınma veya eskimeye karşı direnme yeteneğidir (Tok 2011).

Aşınma olayı kumaşlarda çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir. Bunlar;

a) Kumaşlarda kenar yıpranması,
b) Kumaşlarda bükülme yıpranması,
c) Kumaşlarda sürtünmeyle renk atması,
d) Kumaşların düz aşınmasıdır.

Bazı elyaflar, polimer hammaddelerinin kimyasal yapılarında ve bunların geometrik yerleşimlerinden gelen bir aşınma dayanımına sahiptir. Özellikle sentetikler (poliamidler, poliester) ve pamuklular sürtünmeye dayanıklıdırlar, yün ise sürtünmeye karşı fazla dayanıklı değildir (Yakartepe 1998).

Aşınma dayanımı yüksek kumaşlar üretmek için daha yüksek aşınma dayanımına sahip elyaflar ile daha düşük aşınma mukavemetine sahip elyaflar karıştırılabilirler.

2.4. Dokuma Kumaşlardan Yapılmış Bitmiş Ürün Performansları

Dokuma kumaşlardan yapılan ürünlerin kullanımlarını etkileyen performanslar bu bölümde anlatılmıştır.

2.4.1. Dokuma kumaşlarda buruşma dayanımı, buruşmazlık

Buruşmazlık, kullanım kolaylığı açısından kumaşların belli bir basınç altında kırıştırıldıktan sonra basınç etkisi kaldırıldığında eski formuna dönebilme yeteneğidir (Yakartepe 1998).

Kumaşlarda kırışıklık dayanımının kontrolü iplik konstrüksiyonu, giysi dizaynı, elyaf içeriği ve kumaş konstrüksiyonun birbiri ile ilişkisinden dolayı oldukça zordur.

Genel olarak kumaşlarda oluşan kırışıklığın kendiliğinden düzelmesi özelliğinin flamentlerde ve uzun stapelli elyaflarda iyi sağlanabildiği ama kısa stapelli elyaflarda kırışıklıkların kendiliğinden düzelme özelliğinin kötü olduğu bilinmektedir.

2.4.2. Dokuma kumaşlarda boncuklama (pilling) özelliği

Boncuklanma, kumaş yüzeyindeki liflerin ‘takılarak ayrılması’ ve diğer kullanımları sırasında bu liflerin karışması sonucu oluşmaktadır (Kadem ve Oğulata 2014).

Kumaş yüzeyindeki bu boncuklar çoğunlukla yıpranmadan ve aşınmadan kaynaklı elyaf uçlarının kumaş yüzeyine çıkması sonucu oluşurlar. Materyalin sürtünmeye maruz kaldığı bölgelerde gevşek elyaf uçları toplanarak küçük toplar haline gelir. Kullanılan ipliklerin bükümleri düşük olduğunda kısa stapelli elyaf uçları iplikten kolay çıkar ve boncuklanma fazla görülür.

Kumaşlarda boncuklanma yıpranmış bir görüntü oluşturduğu için istenen bir durum değildir. Özellikle giysilerin dirsek ve yaka gibi sürtünmeye fazla maruz kaldığı bölgelerinde daha yoğun olarak görülür.

Boncuklanmanın meydana gelmesinde elyafın cinside önemlidir. Boncuklanma filament ipliklerde eğrilmiş ipliklere göre daha yavaş ve zor gerçekleşir.

2.5. Dokuma Kumaşların Isıl Performansları

Dokuma kumaşların ısı ile ilişkileri en çok önem verilen ve pratik değeri olan kullanım performansıdır. Bu bölümde dokuma kumaşların ısıl performansları incelenecektir.

2.5.1. Isıl iletkenlik

Termal iletkenlik, ısının belli bir kumaş alanından geçme hızı ya da oranıdır (Yakartepe 1998).

Bu özellik giysilerde fiziksel aktiviteler sırasında vücuttaki fazla ısının uzaklaşmasını sağlamaktır. Malzemenin iki yüzü arasında birim sıcaklık farkı olduğunda gerçekleşir (Demir 2016).

Kumaşların ısıl iletkenliği liflerin ısıl iletkenlik katsayısının yanı sıra kumaşta hapsolan hava ile de bağlantılıdır. Havanın ısıl iletkenlik katsayısı düşük olduğu için içerisinde fazla miktarda hava olan kumaşların ısıl iletkenlik katsayıları da düşüktür (Demir 2016).

2.5.2. Isıl Direnç

Malzemenin ısı akışına karşı gösterdiği dirençtir. Isıl direnç, malzemenin kalınlığı ile doğru ısıl iletkenlikle ters orantılıdır. Özellikle soğuk havada yapılan aktivitelerde yüksel ısıl direnç özelliği sayesinde ısı akışı engellendiği için ısı yalıtımı sağlanmaktadır (Demir 2016).

Çoğu kıyafet tasarımında göz önüne alınan en önemli termal parametre ise, kumaşların ısı transferine olan dirençleri yani termal dirençleridir. Kumaş ve giysinin birim alanının termal direnci ise termal yalıtım olarak nitelendirilir, bu nedenle malzemelerin termal yalıtım (izolasyon) özelliğinin ölçümü özellikle termal direncinin belirlenmesi ile mümkündür. Bunun yanında giysilerin termal yalıtım özeliklerine kalınlık, termal iletkenlik, hava geçirgenliği gibi fiziksel faktörler yanında tasarım, kesim, dökümlülük, kullanım şekli gibi yapısal faktörler de etkilidir (Türkoğlu 2010).

2.5.3. Isıl Soğurganlık

Isıl soğurganlık (Sıcak soğuk hissi) ($Ws^{1/2}/m^2$ K) (Geçici durumda): Farklı sıcaklıktaki iki materyal birbirine temas ettiğinde meydana gelen ani ısı akışıdır. Bazı kaynaklarda sıcak-soğuk hissi (warm-cool feeling) olarak da adlandırılmaktadır (Yavaşçaoğlu 2018).

Kumaş ile deri arasındaki ani temas, kumaşın ciltten daha düşük bir sıcaklıkta olması durumunda vücuttan kumaşa doğru ısı akışı meydana getireceğinden, soğukluk hissedilmesine neden olmaktadır (Marmaralı ve ark. 2006).

Isı akışı ne kadar fazla olursa hissedilen his o kadar "soğuk"tur. Bu his, kullanıcının kumaş ile ilk teması anında edindiği izlenimi ve tüketici tercihini belirlemesi yanında, günümüzde kumaşların düşük mekanik zorlamalar altındaki davranışları ile beraber tutum değerlendirmesinde kullanılmaya başlanması açısından oldukça önemlidir (Türkoğlu 2010).

2.5.4. Hava geçirgenliği

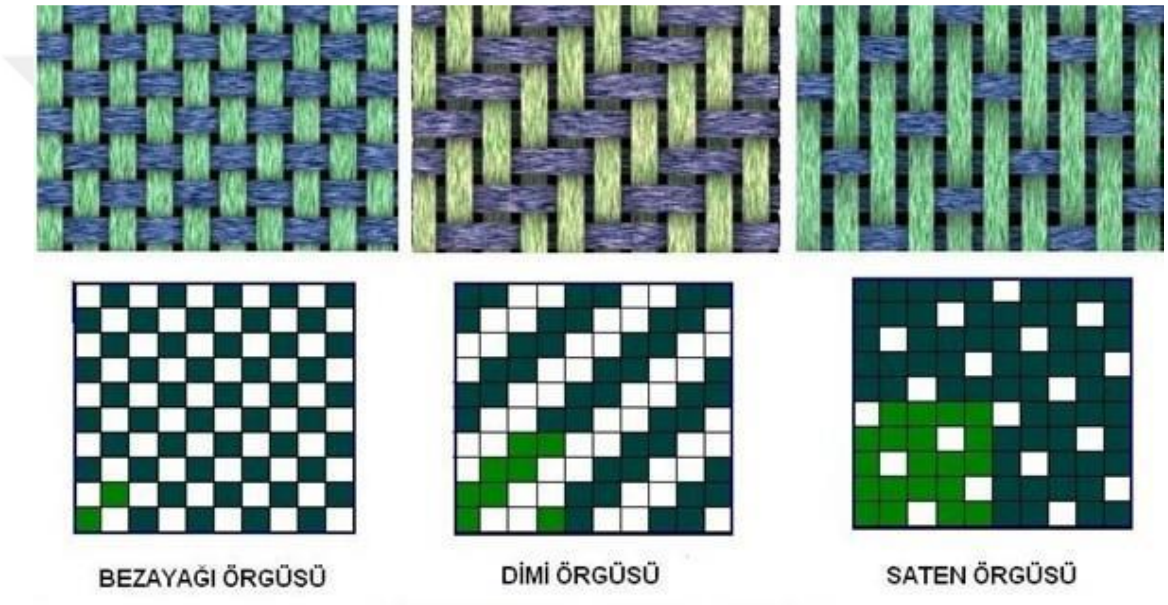
Hava geçirgenliği ve ısı iletkenliği havanın elyaflar, iplikler ve kumaş yapısı içinden geçme kabiliyetini anlatır, aynı zamanda vücuttan geçen havanın tutulması ya da dışarı iletilmesi ile ilgilidir (Yakartepe 1998).

Hava geçirgenliği, yelken, paraşüt, hava yastığı, spor giysiler, özel iş giysileri, askeri üniformalar, endüstriyel filtre kumaşlar gibi birçok alanda kullanılan kumaşlar için önemli bir özelliktir (Demir 2016).

Tekstil materyalinin hava geçirgenlik özelliklerinin doğru bir şekilde tayin edilebilmesi için bu özellikleri etkileyen parametreler de belirlenmelidir. Bu parametreler, kumaşın yapısal parametreleri, çevresel faktörler (sıcaklık, nem, rüzgar, basınç) ve kumaş içinden geçen maddenin özellikleri (viskozite gibi) olarak sınıflandırılabilmektedir. Kumaşın geçirgenlik özellikleri hammadde, gözeneklilik, kumaş tipi, iplik özellikleri, örgü yapısı, kumaş sıklığı, kumaş yoğunluğu, kumaşa uygulanan bitim işlemleri, kumaş kalınlığı gibi mekanik, fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikler etkilemektedir. İplik olarak düşünüldüğünde ise tüylülük, büküm, lif inceliği, enine kesiti gibi parametreler önemli parametrelerdir (Demir 2016).

2.6. Dokuma Kumaşlarda Temel Örgüler ve Özellikleri

Bir dokuma kumaş yapısını oluşturan atkı ve çözgü ipliklerinin birbiriyle yaptıkları çeşitli kesişme düzenleri, çeşitli **Örgüler** olarak tanımlanmakta ve adlandırılmaktadır. Bu örgüler içinde **Bezayağı**, **Dimi** ve **Saten** terimleriyle belirlenen ve değişik nitelikte kesişme düzenlerini simgeleyen üç örgü türü **Temel Örgüler** olarak bilinirler. Tüm diğer örgüler, bu örgülerden kumaşta elde edilmek istenen çeşitli nitelik ve yüzey görünümlerini verecek biçimde belirli yöntemler uygulanarak geliştirilmişlerdir (Başer 2004).



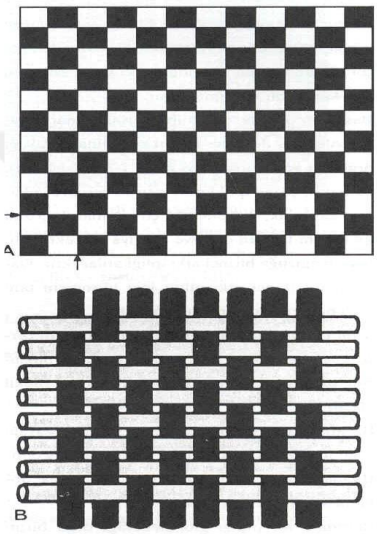
Şekil 2.2. Temel örgü yapıları (Çelik 2018).

2.6.1. Bezayağı örgü

Bezayağı örgü, özellikle pamuklu kumaşlarda ve ince dokulu yazlık kumaşlarda kullanılan en yaygın örgüdür. Atkı ve çözgü ipliklerinin tam olarak bağlanmış olmaları sonucu, yapısı en sağlam olan ve en ince kumaş dokusu veren örgüdür. Bezayağı kumaşlar doku özelliklerinden dolayı her alanda kullanılabilir. Dış giyim kumaşlarında, ev tekstili alanında, medikal ürünlerde, iç giyim kumaşlarında, tafta, astar gibi kumaşlarda kullanılabilir. Piyasada hafif gramajlı olanları gömleklik kumaşlarda, bayan

dış giyim kumaşlarında fazlaca kullanılmaktadır. Poplin, vual gibi ticari isimlerle çokça anılır (Çelik 2018).

Kumaş yapısında bağlanmalar ve kesişmeler azaldıkça kumaş dokusu daha gevşek olur. Bunu önlemek için sıklıklar arttırıldığında ise, kesişmelerin azlığı ölçüsünde iplikler birbirleri üzerinden kayarak yığılma yapacaklarından kumaş kalınlaşır. Bezayağı örgüde bunların olmaması bu örgünün başlıca özelliğidir. Diğer yandan iplikleri arasında tam bir bağlanma olduğundan kumaşın esnekliği azdır (Kurtça 2001).



Şekil 2.3. Bezayağı örgü ve kumaş dokusu (Çelik 2018).

2.6.2. Dimi örgüler

Dimi örgüler, atkı ve çözgü ipliklerinin her birinin kendine dik yönde bulunan iki veya daha çok iplik üzerinden geçerek kesiştiği ve bu ipliklerin kumaş yüzeyinde bulunan uzunluklarının kumaşa göre çapraz yönde yan yana dizilmeleriyle oluşan yapılardır. Atkı ya da çözgü ipliklerinin kumaş yüzeyinde görülen parçalarına atlama denir. Bu atlamaların uzunlukları, üzerlerinden geçtikleri diğer yönlerdeki iplik sayısı ya da desen kağıdı üzerinde üst üste gelen çapraz işaretlerin veya yan yana gelen boşlukların sayısı ile belirlenir (Başer 2004).

Dimi örgülerde çözgü ve atkı atlamaları, kumaş yüzeyinde diyagonal çizgiler olarak bilinen yollar oluştururlar. Bu atlamaların yan yana dizilmeleri ipliklerin birbirlerine

doğru daha çok yakınlaşmasını sağlar ve dimi örgüler bezayağına göre daha sık bir kumaş yapısı oluştururlar. Atlamalar birbirlerine üzerinden kayarak yığılma yaparlar ve buna bağlı olarak kumaş kalınlaşarak birim ağırlığı (gramajı) artar. Bu sebeple dimi örgüler sağlam ve ağır gramajlı kumaşların yapımında kullanılırlar. Diğer yandan, yan yana dizilen atlamalar sebebiyle ipliklerin birbirleri üzerinden kaymaları kolaylaşacağından, bu örgüde dokunan kumaşlar dimi çizgisi yönünde esneklik gösterirler. Oluşan bu esneklik sayesinde kumaşın ani gerilmelere karşı direncin artacağından dayanıklı bir yapı elde edilmiş olur.

a. Genel özellikleri

- Bezayağından sonra en çok kullanılan örgüdür.
- Diyagonal yollar oluşturmasıyla kolayca tanınır.
- Bezayağından daha az bağlantı noktasına sahiptir.
- İplik sıklıklarının arttırılmasına daha uygundur.
- Bezayağı, ribs ve panama örgülere göre daha kalın ve dayanıklı kumaş oluşturur.
- Dimi örgülü kumaşlarda diyagonal yönde esneklik fazladır.
- Kumasın her iki yönünde farklı görünüm vardır. (Yakartepe 1998)

b. Olumlu özellikler

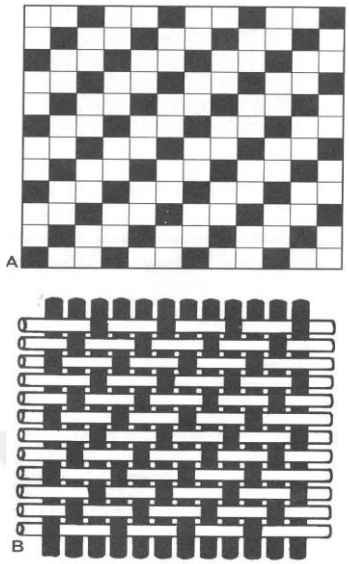
- Kendiliğinden bir desen etkisi vardır.
- Şardon, fırça vs. gibi bitim işlemlerine uygundur.
- İplik sıklığı arttırılarak daha dayanıklı kumaş yapıları oluşturulabilir.
- Bezayağı kadar kolay buruşmaz.
- Yırtılma mukavemeti bezayağından yüksektir.

c. Olumsuz özellikler

- Sonradan desenlendirmeler için uygun değildir
- Kenarlardan sökülmeye bezayağı kadar dayanıklı değildir. (Oğultürk 2008)

Dimi yapıların kumaş yüzeyinde, örgüden dolayı oluşan, belirgin ve düzgün olan sağ veya sol yönlü diyagonal çizgilerin yükseliş yönlerine göre “S” veya “Z” yönlü dimi

olarak tanımlanırlar. Sağdan sola olanlar “S” yönlü, soldan sağa olanlar “Z” yönlü dimi olarak tanımlanırlar (Çelik 2018).



Şekil 2.4. D1/2 (Z) Dimi kumaşların dokuma raporu ve kumaş yapısı (Çelik 2018).

2.6.3. Saten örgüler

Çözgünün ya da atkının baskın olduğu kumaşlar yapabilmek için dimi örgüler kullanılır. Fakat, dimi örgülerde atlama uzunluğunun artması ile kumaş yapısı bozulmakta ve kumaş yüzeyinde kabarıklıklar oluşmaktadır. Parlak ve düzgün bir kumaş yüzeyi elde etmek istediğimizde dimi çizgileri sakınca oluşturmaktadır. Saten örgüler bu sakıncaları ortadan kaldırmak için geliştirilmişlerdir.

Saten örgünün diğer temel örgülerden farkı, örgü raporundaki bağlantıların birbirlerine hiç dokunmadan dağıtılmış olmasıdır (Ak 2006).

Temel örgülerden biri olan saten örgü uzun iplik atlamaları ile karakterize olurlar.

Kumaş yüzeyinin çözgü hakimiyetli ya da atkı hakimiyetli olması saten örgülerin en belirgin özelliğidir. Atkı ve çözgü ipliklerinden biri kumaşın ön yüzünün önemli bir kısmını oluştururken diğeri arka yüzünün önemli bir kısmını oluşturur.

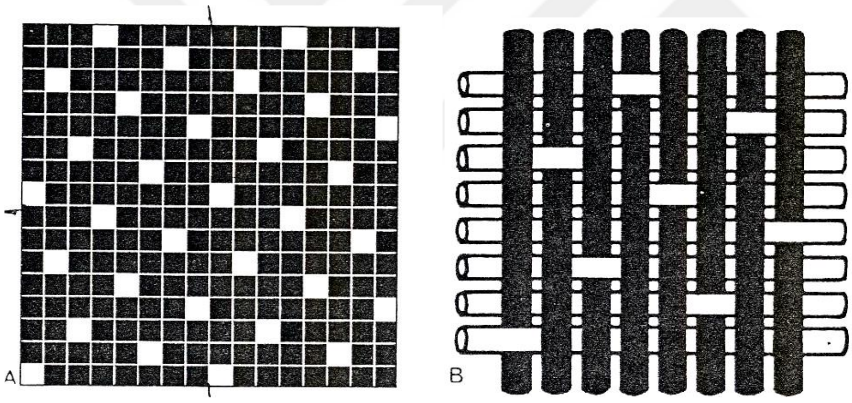
Dengeli dimi örgüsü vardır, fakat dengeli saten örgüsü olmaz. (Yakartepe 1998)

a. Olumlu özellikleri

- Pürüzsüz ve parlak bir kumaş yüzeyi oluştururlar
- Genellikle doğal ve yapay filament iplikler kullanılırlar
- Ön yüzeyleri ışığı çok yansıtır bu nedenle parlaktır.
- Kaygan yüzeyli kumaşlar oluştururlar.
- Yüksek döküm özellikleri vardır.

b. Olumsuz özellikleri

- Bu kumaşlardaki yüzen iplikler giyim sırasında dışa doğru çekilebilir, dışarı çıkabilir veya kopabilir.
- Diğer kumaşlara göre sürtünme dayanımı düşük, çabuk aşınan bir kumaştır.
- Diğer kumaşlara göre dikişi zordur. (Oğultürk 2008)



Şekil 2.5. A- Kumaş yüzünde tamamen çözgü ipliklerinin görünmesini sağlayan uzun iplik atlamalarına sahip 8'li çözgü saten örgüsü B- Bu örgüyle dokunmuş kumaş konstrüksiyonu (Oğultürk 2008).

2.7. Polyester Lifleri

Polyester lif üretimi, ilk kez 1941 yılında İngiliz bilim adamları Dickson ve Whinfield tarafından polietilen tereftalat polimerinden lif çekilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu lif İkinci Dünya Savaşı sonunda piyasada ticari önem kazanmıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra İngiltere'de ve Amerika'da polyester lif üretim yöntemleri geliştirilmiştir (Kara 2011).

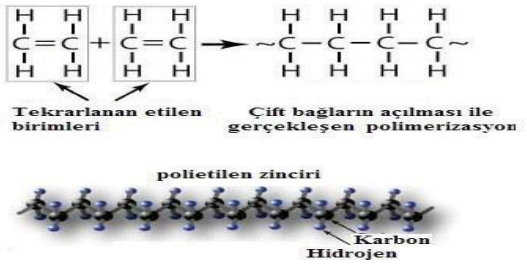
Türkiye'de PET polyester lif üretimi devamlı lif ipliği olarak 1968'de başlamıştır (Bozdoğan ve Başer 1990).

Sentetik elyaflar, doğal kaynaklı olmayıp kimyasal bileşiklerden üretilmiş elyaflardır. Bunlar kimyasal elementler veya bileşiklerden oluşturulan polimerlerden üretilirler. Elyafı oluşturan polimerler ise çeşitli polimerleşme reaksiyonları sonucu elde edilirler.

Polyester elyafı bu polimerleşme reaksiyonlarından polikondenzasyon sonucu oluşur. Polikondenzasyonda monomerlerinen az iki reaktif gruba sahip olduğu ve sonuçta molekül ağırlığı küçük bir bileşiğin (su, amonyak vb.) açığa çıktığı reaksiyonlardır (Yakartepe 1998).

Polyester liflerinin üretim teknolojilerindeki mükemmellik, iyi performans özellikleri ve ayrıca ekonomik olmaları gibi özellikleri bu lifleri tıp, giysi, spor ve çeşitli endüstriyel alanlarda en önemli materyallerden biri haline getirmektedir(Yıldız 2019).

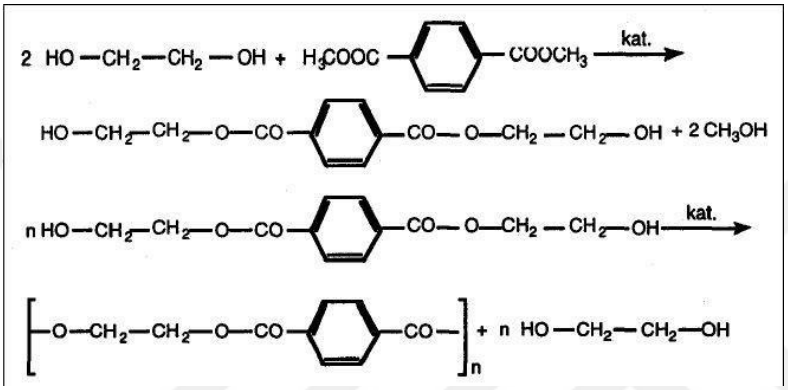
Polyester, bir dialkol ile bir dikarboksilik asidin kondenzasyonu sonucu elde edilen uzun zincirli polimerlere verilen genel bir isimdir (Özat 2019). Tekstil sektöründe kullanılabilmesi için, polimer zincirindeki radikal grupların alifatik yapıda olmaması yani erime sıcaklığının çok düşük olmaması gereklidir. Zincirdeki radikal gruplar aromatik yapıda seçilir ve seçilen bu bileşenlere göre farklı formlarda polyesterler elde edilir.



Şekil 2.6. Polietilen molekül zincirleri (Kalaycı ve ark. 2016)

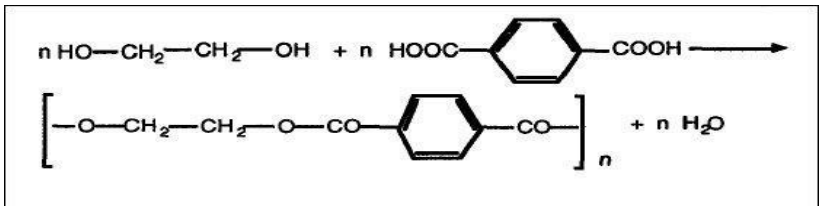
Farklı başlangıç maddelerinin kullanımına göre polyester üretiminde iki farklı yöntem kullanılmaktadır.

Başlangıç maddesi olarak etilen glikol ve dimetil tereftalat'ın kullanıldığı yöntem Şekil 2.7' de gösterilmiştir. Bu iki bileşen arasında ilk olarak yaklaşık 200°C'de katalizör etkisi ile bir ester değişimi, sonrasında ikinci aşama olarak daha yüksek sıcaklıklarda katalizöründe yardımıyla kondenzasyon meydana gelir. Bu yöntemde reaksiyon bitiminde metil alkol açığa çıkar ve ortamdan uzaklaştırılır.



Şekil 2.7. Glikol ve dimetil tereftalat kullanılan polyester üretim yöntemi (Özat 2019).

İkinci yöntem, tereftalik asit dimetil esterinin yerine doğrudan tereftalik asidin kullanıldığı Şekil 2.8'de gösterilen yöntemdir. Kullanılan bileşenlerin saf olması bu yöntemde önemlidir. Aksi durumda polimerleşme reaksiyonu istenilen doğrultuda ilerlememektedir.



Şekil 2.8. Etilen glikol ve tereftalik asidin kullanıldığı polyester sentezi (Özat 2019).

Esterleşme reaksiyonlarında ayrılan su ve metilakol, reaksiyon sıcaklığı olan 270°C'de ortamdan uzaklaştırılır. Bunlardan metilalkol yeniden tereftalik asit dimetilester yapımında kullanılabilir (Özat 2019).

2.8. Polyester liflerinin elde edilmesi

Kimyasal lif üretimi için pratikte önem kazanmış ve en çok kullanılan üç yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler:

-Eriyikten lif çekim yöntemi

-Kuru lif çekim yöntemi

-Yaş lif çekim yöntemidir (Kara 2011).

Polyester liflerinin lif çekimi, eriyikten lif çekimi yöntemine göre yapılmaktadır (Seventekin 2003).

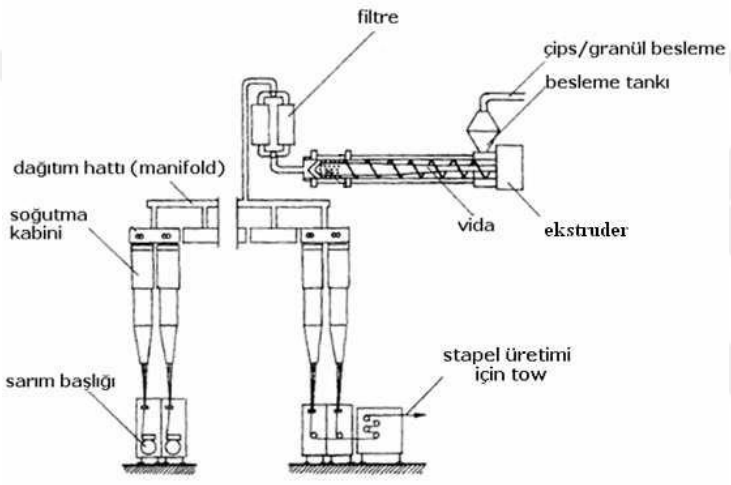
2.8.1. Eriyikten lif çekim yöntemi

Eriyikten lif çekim yöntemi, lif üretim yöntemleri arasında en basit tekniğe sahip olması ve en ekonomik şekilde lif üretimine imkan vermesi açısından günümüzde en yaygın olarak kullanılan lif üretim yöntemidir. Termoplastik özelliğe sahip olan polimerlerden bu sisteme göre lif üretilir.

Termoplastik polimerler ısıtıldıklarında yumuşayıp erirler ve şekillendirilebilir niteliğe kavuşurlar. Şekil verme işleminden sonra yapılan soğutma işlemi ile de kendilerine verilen şekli koruyarak tekrar katı duruma geçerler.

Şekil 2.9'daeriyikten lif çekim yöntemine göre üretim yapan bir tesis şematik olarak verilmiştir. Şekil 2.9 'da verilen tesis, katı haldeki polimerin beslendiği ekstrudere sahip bir lif çekim tesisidir. Eğer lif üretici firma polimer maddesini kendi üretiyorsa ve polimerizasyon üniteleri ile lif çekim üniteleri yan yana ise üretilen eriyik halindeki polimer doğrudan lif çekim ünitesine de beslenebilir. Aksi takdirde, katı granüller şeklinde olan polimer maddeyi eritip lif çekimine hazır hale getirmek için ekstruder denilen aparatlar ya da eski bir yöntem olan eritme ızgaraları kullanılır. Öncelikle katı polimer madde besleme tankına beslenir. Buradan lif çekim makinesinin ekstruderine iletilir ve bu bölümde eritilip basınçlandırılarak filtreye gönderilir. Filtre edilen polimer eriyiği manifoldlar aracılığı ile lif çekim makinesinde bulunan düze kısmına gönderilir.

Düze denilen aparatlar düze bloğu içerisinde yer alır. Düzelerden ince teller halinde fışkırtılan polimer madde, soğutma kabininde soğuyarak katılaşır ve filament formunu almış olur. Elde edilen filamentlerin birbirine yapışmaması ve statik elektriklenmenin olmaması için bir bitim yağı (spinfinish) uygulanır. Bitim yağı verildikten sonra filamentlerin iç yapısının gelişmesi ve inceliğinin ayarlanabilmesi için germe-çekme işlemleri yapılır. Germe-çekme işleminden sonra elde edilen lifler bobinlere sarılır. Germe çekme işlemleri yapılan lifler gerek duyulduğu takdirde kıvrım kazandırma ve kesme işlemlerinden de geçirilebilir. Bu yöntem kullanılarak polyester, poliamid, polipropilen, polietilen, asetat gibi lifler üretilebilmektedir (Kara 2011).



Şekil 2.9. Eriyikten lif çekim yöntemine göre geleneksel iplik üretim tesisi(Kara 2011).

2.9. Polyester Liflerinin Fiziksel Özellikleri

Enine kesitleri genellikle yuvarlaktır. Üst yüzeyleri pürüzsüz olup cam çubuğa benzer. Mikroskop altında renkleri, pigment içerdiğinden lekeli ve benekli görünürler.

Polyester liflerinin yoğunluğu, bazı yapay ve doğal liflerle kıyaslandığında oldukça yüksektir. Bu değer polimerdeki kristalin alanların oranı ile değişir. Kristalin bölge oranı fazla olan liflerde daha yüksek, az olan liflerde ise daha düşüktür. Polimerizasyon derecesi 115-140 arasındadır.

Liflerin gerilme ve ısınmaya karşı dayanıklılığı fazladır. Filamentlerin mukavemeti, 47-56 cN/tex'dir. Kristalin bölge oranının yüksekliği ve polar yapısından dolayı, nem çekme özelliği azdır. Su molekülleri ancak, bir moleküler film tabakası şeklinde lif yüzeyinde tutunabilirler. Oda sıcaklığında ve standart koşullarda en fazla %0.4 nem absorblamaktadır. Tamamen hidrofobik karakterde olması sebebiyle, ıslandığında dayanıklılıkta azalma görülmez. Çünkü kristal yapısı, su moleküllerinin etkisini önlemektedir. Lifin hidrofobik yapısı, onun yağlar ve yağlı kirlere karşı da ilgisini arttırır. Polyesterin ayrıca statik elektriklenme özelliği de olduğundan, havadaki yağlı kirleri çekmekte ve çok çabuk kirlenmektedir. Bu niteliği yıkamada problemler yaratır. Suda çözünmeyen yağlı kirlerin, hidrofobik yapıdaki polyester liflerinden uzaklaştırılması çok zordur. Bu tür kirlerin temizlenmesinde, hidrofobik çözücülerin kullanıldığı kuru temizleme ile daha fazla başarı sağlanır.

Polyesterin uzama oranı filamentlerde kuru halde %7-15, yaş halde ise %28-30'dur.

Termoplastik etkiler nedeniyle 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda büzülme gösterir. Bu nedenle kaynar yıkama ve ütülemede dikkatli davranılmalıdır. Ütüleme sıcaklığı 135-140°C olmalıdır. PET polyesterinin erime sıcaklığı 260°C civarındadır. Kaynar su veya su buharı etkisinde kaldığında belirli bir süre sonra ester bağlarında hidroliz olayı ve mukavemette bir miktar azalma ortaya çıkmaktadır. Termofiksaj sıcaklığı 180-220°C'dir.

Polyesterin sert bir tuşesi olup bükülme ve kıvrılmaya karşı direnç göstermektedir. Bu nedenle buruşmaya karşı da dayanıklıdır.

Polyester hem plastik hem de elastik özelliklere sahiptir. Çok fazla gerilme ve çekmeye karşı Van Der Waals kuvvetleri polimer sistemin kaymasını önlerken aşırı etkilenmelerde zayıf H-bağları kopmaktadır (Karahan ve Mangut 2011).

Çizelge 2.1. Polyester liflerinin fiziksel özellikleri (Karahan ve Mangut 2011).

ÖZELLİK	**AÇIKLAMA**
İncelik	Bütün sentetik liflerde incelik düze deliklerinin çapına ve uygulanan çekim işlemlerine bağlı olarak değişir.
Uzunluk	Kullanım yerine bağlı olarak kesikli halde ya da filament halinde üretilebilir. Burada lif uzunluğu kullanım yerine göre değişebilir. Makaslar veya bıçaklar yardımıyla ya da kopartma yöntemleriyle istenilen uzunluklarda lif elde edilebilir.
Mukavemet	İyi ve mükemmel derecededir. Polyester lifinde mukavemet 47-56 cN/tex arasında değişir. Yaş mukavemeti ile kuru mukavemeti arasında fazla fark yoktur.
Uzama yeteneği	Orta ve iyi derecededir. Üretim şekillerine göre çok değişken uzama yetenekleri vardır.
Nem alma kabiliyeti	Standart şartlarda %0,4 oranında nem içerir.
Sıcaklığın etkisi	Yumuşama ve yapışma sıcaklığı 230°C'dir.
Yoğunluk	1,39 gr/cm^3'tür.
Enine ve boyuna kesit görünüşü	Pürüzsüz, düz bir çubuğa benzeyen görünümü vardır. Enine kesiti çoğunlukla yuvarlaktır. Değişik kesitlerde de olabilir.
Parlaklık	Pigmentler yardımıyla matlaştırılmadılarsa parlaktır.
Renk	Beyaz renkli olarak üretilirler.
Yaylanma yeteneği	En yüksek rezilyans özelliği olan liftir. Bu da kullanım kolaylığı sağlar.
Piling (boncuklanma)	Bütün lifler içinde en çok nope sorunu olan liftir.
Statik elektriklenme	Nem içeriğinin düşük olması ve yapıda elektriği iletecek polar grupların aktif olmaması nedeniyle statik elektriklenme sorunu yaşanır.
Alev alma yeteneği	Yavaş yavaş yanar. Damlamalar olur.

2.10. Polyester Liflerinin Kimyasal Özellikleri

2.10.1. Asitlerin polyester liflerine etkisi

Polyester elyafı normal koşullar altında kuvvetli anorganik asitlere karşı bile büyük bir dayanıklılık göstermektedir Ancak, %30'u aşan konsantrasyonlarda ve yüksek sıcaklıklarda tümüyle parçalanabilmektedir. Sülfürik asitte olduğu gibi, asidin anyonu büyük ise elyaf içerisine nüfuz edemeyerek elyaf yüzeyini etkilemeye başlamaktadır. Anyon küçük ise elyaf içerisine nüfuz ederek, hidroklorik asit ve nitrik asit gibi daha seri ve daha fazla zarar vermektedir.

2.10.2. Bazların (alkalilerin) polyester liflerine etkisi

Polyester lifleri zayıf veya kuvvetli bazlarla ya da alkali tuzlarla normal sıcaklık ve konsantrasyonlarda zarar görmezler. %5'lik soda ise kaynama sıcaklığında polyestere zarar verir fakat çözmez (Göknil 2019).

2.10.3. Yükseltgen ve indirgen maddelerin polyester liflerine etkisi

Polyestersodyumklorit, hipoklorit, hidrojenperoksit gibi yükseltgen maddelere ve sodyumditionit, sodyumbisülfit gibi indirgen maddelere karşı yüksek bir dayanıma sahiptir (Karahan ve Mangut 2011).

2.10.4. Organik çözücülerin polyester liflerine etkisi

Polyester organik çözgenlerin büyük bir kısmına da oldukça dayanıklıdır. Benzen, perkloretilen, karbontetraklorür, trikloretilen gibi maddeler elyafı kolay kolay etkilemezlerken, o-diklorbenzen, tetrakloretan belirli koşullarda polyesteri tamamen çözmektedir. Bazı bileşiklerin sulu çözeltileri ise elyafı şişirici yönde etkilemekte, bu özellik elyafın boyanmasında önemli bir role sahip olmaktadır (Karahan ve Mangut 2011).

2.10.5. Suyun polyester liflerine etkisi

Polyester oldukça hidrofob bir özelliğe sahiptir. İçerdikleri nem %100 bağıl nemi olan bir ortamda bile %11'i geçemez. Normal koşullarda %0.4 higroskopik nem içerir. Polyester elyafı, sıkı elyaf yapısı özelliği ve hidrofobluğu ile sıcak ve soğuk sudan kolay etkilenmemektedir. Ancak, yüksek sıcaklıkta kaynar su ve su buharı uzun süre etki ettirildiğinde, süre ve sıcaklığa bağlı olarak ester bağlarının hidrolizi artar. 200°C'nin üzerinde 25-30 atü basınç altında tamamen depolimerize olarak, başlangıç monomeri olan tereftalik aside dönüşür (Karahan ve Mangut 2011).

2.10.6. Sıcaklığın polyester liflerine etkisi

Polyester yüksek sıcaklıklara dayanıklı bir elyaftır. Ancak 200°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda yüksek basınç altında uzun süre muamelede zarar görmektedir. 200°C'de üç gün bekletilen elyafta, başlangıç dayanımının %25'i mertebesinde kayıp görülür. Soğukta elyafın dayanımlarında düşme olmakla birlikte, başlangıç dayanımları pamuk, poliamid, poliakrinitril gibi elyaftan çok daha yüksek olduğu için, perde, güneşlik yapımında en ideal liftir (Karahan ve Mangut 2011).

Çizelge 2.2. Polyester liflerinin kimyasal özellikleri (Karahan ve Mangut 2011).

Kimyasal Etkenler	**Polyester Lifinin Kimyasal Özellikleri**
Boyama Şartları	Dispers boyarmaddeler ile boyanır.
Suyun Etkisi	Hidrofob bir liftir. Soğuk sudan etkilenmez. Kaynar sudan ve buhardan süreye bağlı olarak zarar görebilir.
Işık ve Atmosfer Şartları	Gün ışığına karşı dayanımları çok iyidir. Orlondan sonra güneşe en dayanıklı liftir.
Asitler	Leke çıkarmada kullanılan asitler dahil kuvvetli asitlerden bile kolay kolay etkilenmez. Ancak süre ve konsantrasyona bağlı olarak dayanımı azalır.

Çizelge 2.2. Polyester liflerinin kimyasal özellikleri (devam).

Alkaliler	Leke çıkarmada kullanılan bazlar lifi etkilemez. Zayıf alkali ortamlardan zarar görmez. Bazların lifi sabunlaştırma özelliğinden yararlanarak kostikleme prosesi geliştirilmiştir.
Organik Çözücüler	Kuru temizleme maddelerine karşı dayanımları oldukça iyidir.
Ağartma Maddeleri	Ağartma maddesi olarak sodyum klorit idealdir.
Küf ve Mantar	Küflere karşı dayanımları iyidir.

2.11. Polyester Liflerinin Kullanım Alanları

Polyester lifleri her türlü giysi üretiminde tek başına veya diğer liflerle karıştırılarak kullanılabilmektedir. Kolaylıkla tekstüre edilebilmesi, mukavemetli olması, çekmezlik ve buruşmazlık özellikleri lifin tercih edilmesini artırmaktadır. Ağır kumaşlardan ince kumaşlara kadar çok çeşitli kumaş üretilebilir. Perde, masa örtüsü gibi ev tekstil ürünlerinde, dikiş ipliği üretiminde, balık ağlarında, taşıma bantları, ütü masa kaplamaları gibi kumaşlarda da kullanılmaktadır. Kan damarları, yapay kalp bileşenleri gibi implantlarda kullanılır. Jeotekstil uygulamalarında, erozyon kontrolü ve yol yataklarında stabilizasyon için polyester kumaşlardan yararlanılmaktadır (Tural 2014).

2.12. PET Esaslı Malzemelerin Geri Dönüşümü

Geri dönüşüm çeşitli yöntemlerle üretim sürecine yeniden kazandırılan atıklar (şişe, ambalaj ve plastik) olarak tanımlanmıştır (Nohut ve ark 2018).Ortaya çıkan çevre kirliliği ve mevcut doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı değerlendirilebilir atıkların özellikle de PET ambalaj atıklarının geri kazanımını zorunlu kılmaktadır (Kılıç 2016). Bu nedenle, var olan doğal kaynakların tüketimini azaltmak, değerlendirilebilir nitelikli atıkları geri dönüştürmek sureti ile doğal kaynakların verimli olarak kullanılması gerekmektedir (Yılmaz 2020).

Polyester lifi, petrol ve türevlerinden elde edilen ve ülkemizde ve dünyada en çok kullanılan sentetik lif olarak karşımıza çıkmaktadır (Çaylı 2021). Dünyada açığa çıkan CO_2 salınımının büyük kısmı fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle mümkün olduğu kadar polyester üretiminde de verimliliğini sağlanması ve geri dönüşüm malzemelerin kullanılması çevresel açıdan büyük önem arz etmektedir (Telli 2016).

PET, mukavemeti, termal stabilitesi, şeffaflığı ve hafifliği nedeniyle gıda, meşrubat, su, meyve suyu, fıstık ezmesi, kozmetik, yağ ve salata sosları ambalajlamada en çok kullanılan malzemedir. PET lifleri tekstil ürünlerinin çoğunda harmanlarda kullanıldığı için PET'in geri dönüşümü PET şişe atıklarından yapılmaktadır. Ortalama olarak, PET şişelerin toprakta bozulması 35- 45 yıl sürer. Bundan dolayı, PET şişeleri saklamak veya yakmak yerine, tekstil endüstrisinde kullanılabilecek hammaddelere dönüştürmek çevre kirliliğini azaltacak bir işlemdir (Nohut ve ark 2018).

Plastikler geri kazanılıp tekrar kullanıldığında;

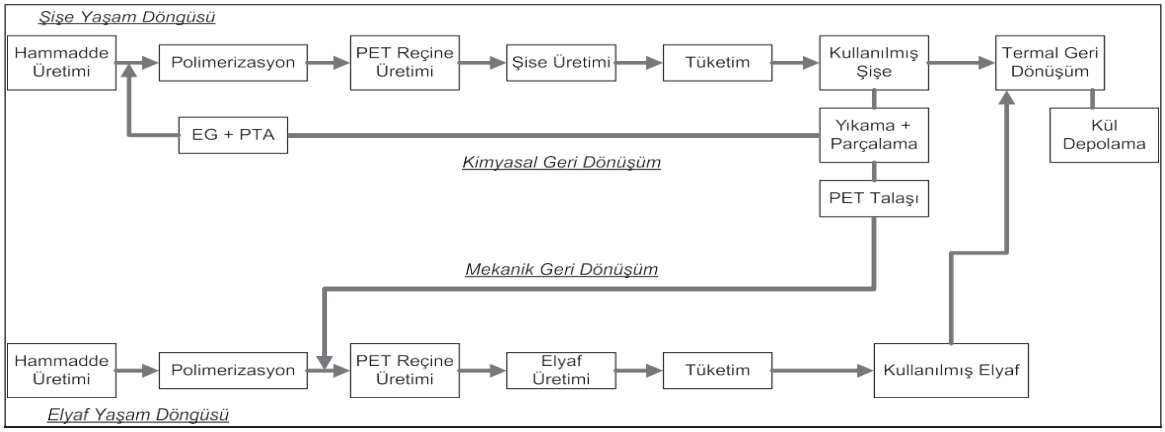
- Plastiklerin hammadde kaynakları korunur.

- Plastik üretiminde enerji tüketimi azalır.

- Depolama alanlarının ömrü uzar.

- Yeni iş alanları oluşur.

- Atıkların enerjiye dönüşümü artar (Bilgin 2014).

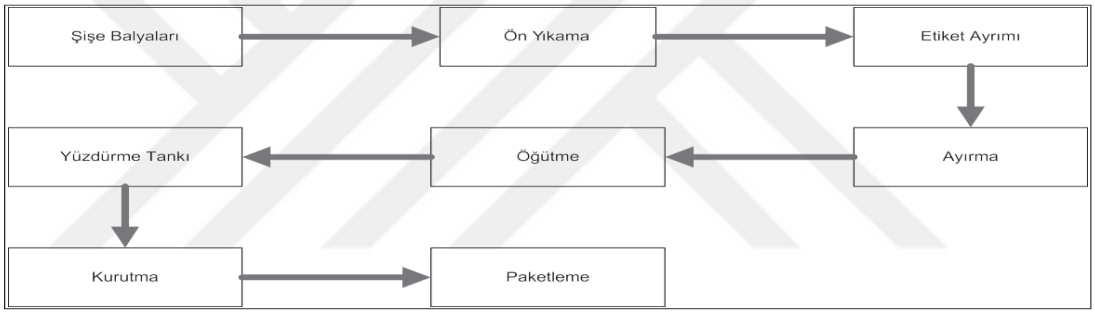


Şekil 2.10. Pet şişelerin geri kazanım döngüsü (Tayyar ve Üstün 2010).

Atık PET ‘lerin geri dönüşüm yöntemlerini kimyasal ve mekanik geri dönüşüm olarak iki başlık altında incelemek mümkündür (Zarrabi ve Ahrabi 2009).

2.12.1. Mekanik geri dönüşüm

Geri dönüşüm tesisinde malzemeler önce titreşimli elekten geçirilerek gevşek toprak, çamur gibi istenmeyen maddelerden temizlenmekte ve konveyör bant sonunda malzemeler elektromanyetik alandan geçirilerek çelik ve teneke malzemelerden ayrıştırılmaktadır. Konveyör bant sonuna yerleştirilen manyetik çubuklar ile de alüminyum malzemeler plastiklerden ayrılmaktadır. Daha sonra atık plastikler balyalanarak ayrıştırılacakları tesise yönlendirilmektedir(Telli 2011).



Şekil 2.11. Pet şişelerin fiziksel geri kazanımı (Tayyar ve Üstün 2010).

2.12.1.1. Ayrıştırma işlemi

Toplanan plastikler mümkün olduğunca saflıkta ve değişmeyen özelliklerde elde edilmek için ilk önce ayrıştırma işlemi ile atıklardan ayrıştırılırlar. PET şişelerin içerisinde başka bir plastiğin bulunmaması ve PET şişe renklerinin üretilecek mamule göre farklı olmaması buradaki en önemli iki husustur. Çünkü, uygulanan işlemler farklı başka bir plastiğe uygulandığında büyük sorunların oluşmasına neden olabilmektedir.

2.12.1.2. Yıkama-kırma işlemi

Sulu kırma makinesi yardımı ile kirli ürünler parçalanır ve yıkama hattına alınırlar. Atıklar üzerindeki çamur, toz v.b. kirler yıkama hattının ilk havuzunda yıkanarak temizlenmektedir. Yıkama işlemine paralel olarak kırma işlemide gerçekleşmektedir. PET sert bir malzeme olmasından dolayı bıçaklar çabuk deforme olurlar. Bu sebeple PET şişeler ön yıkama işleminden geçirilerek üzerlerindeki toz oranı azaltılmakta, kırma bıçaklarının ömrü de uzatılmaktadır.

2.12.1.3. Durulama ve kurutma işlemi

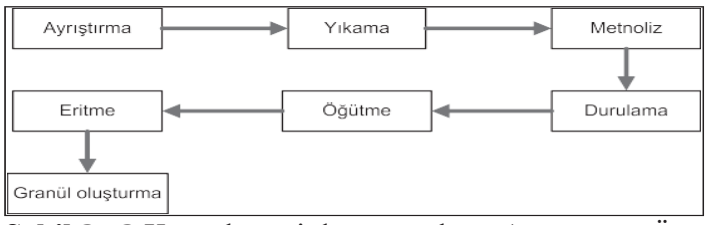
Parçalanmış plastikler kimyasallarla yapılan muameleden sonra bir durulama işlemine uğrayarak daha hijyenik hale getirilmektedir. PET üreticileri genellikle140-170 °C'de 3-7 saat arasında kurutma işlemleri uygulamaktadırlar. Genel işletme şartlarında PET parçacıklarında % 0,02'den fazla su miktarına izin verilmediğinden PET, 170 °C'de 6 saat kurutma işlemine tabi tutulmaktadır.

2.12.1.4. Kesim işlemi

Kesim işlemi oluşacak ürüne göre gerçekleştirilir ve sonunda PET talaşı olarak adlandırılan geri dönüştürülmüş malzeme elde edilir.

2.12.1.5. Komple geri dönüşüm hatları

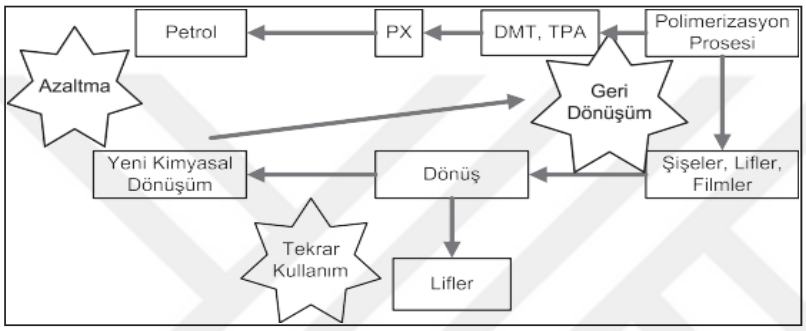
Kirli plastiğin su tanklarında veya tamburlu yıkama makinelerinde yıkanıp temizlenmesi, öğütülmesi, kurutulması, eritilerek granül halindeki plastik hammaddeye dönüştürülmesi için komple geri dönüşüm hatları kullanılmaktadır. Şekil 2.12'de komple geri dönüşüm hattında uygulanan işlem basamakları gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Komple geri dönüşüm hattı (Tayyar ve Üstün 2010).

2.12.2. Kimyasal geri dönüşüm

Şekil 2.13'te PET şişelerin kimyasal geri dönüşümünde uygulanan işlemler gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Kimyasal geri dönüşüm (Tayyar ve Üstün 2010).

2.12.2.1. Aminoliz

PET atıklarının farklı aminler kullanılarak depolimerize edilmesi yöntemidir. Elde edilen malzemeler özellikle üretan ve epoksi reçine sektöründe kullanılmaktadır. Fakat ticari uygulaması yaygın değildir.

2.12.2.2. Amonoliz

Susuz amonyak kullanılarak, çoğunlukla etilen glikol ortamında işlem meydana gelmektedir. Elde edilen diaminler farklı poliamidlerin eldesinde kullanılmaktadır.

2.12.2.3. Metnoliz

200 °C'de belir bir basınç altında PET, metanol ile işleme sokulmaktadır. Bu şekilde molekülün depolimerizasyonu gerçekleşir. Sonucunda dimetiltereftalat ve etilenglikol meydana gelir. Dimetil tereftalik destilasyon ve kristalizasyon ile saflaştırılır ve yeniden PET üretimi için kullanılabilir duruma getirilir.

2.12.2.4. Hidroliz

PET, su ve asit veya baz işlemleri vasıtasıyla hidrolize edilir. Böylece tereftalik asit ile etilen glikol elde edilir. Bunlar tekrar kullanımlarından önce saflaştırılmalıdırlar. Ticari hidroliz glikoliz ve metnolize göre fazla uygulama alanı bulamamıştır (Tayyar ve Üstün 2010).

2.12.2.5. Sabunlaştırma

PET, alkali ile hidrolize edilir. Ticari olarak şimdiye kadar iki sistem geliştirilmiştir. Bunlar Recopet (France) ve Unpet (USA). Recopet, PET flakelerin sabunlandığı ve filtre edildiği çok aşamalı bir prosestir. Boyalar tereftalik asit çökelmeden önce ekstrakte edilir. Ayrıca sodyum sülfat ile etilenglikol de ekstrakte edilir. Unpet'te ise etilen glikol ve disodyumtereftalat elde edilir (Tayyar ve Üstün 2010).

2.12.2.6. Piroliz

Oksijen yokluğunda ve yüksek sıcaklıklarda karışık akışlı termosetpolimerler bozuşturulur. Naftaya benzer hidrokarbon karışımları meydana gelir. Piroliz ticari olarak gelişmemiş bir yöntemdir.

2.12.3. Tekstil sektöründe geri dönüşüm PET

Tekstil ve hazır giyim sanayinde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için tekstillerin geri dönüştürülmesi verimli bir yöntemdir. Sürdürülebilirlik konusu önemini arttırdıkça, sektördeki tüm organizasyonlar tarafından geri dönüşümün geliştirilmesine yönelik

çalışmalara ağırlık verilmiştir. Böylece hazır giyim ve tekstil sanayinde geri dönüşüm girişimleri hızla artmıştır.

Bu noktada recycle polyester liflerinin çevresel olması, aynı zamanda diğer çevresel lif üretimlerindeki gibi (örneğin organik pamuk) ekstra maliyet yükü getirmediği için ucuz olması, tekstil ve hazır giyim sektöründe katma değer yaratacak uygulamalara zemin hazırlamaktadır. Verimli bir temizleme işlemiyle lif kalitesinin de öngörülebilecek bir kalite seviyesine ulaşması mümkündür (Telli ve ark 2012).

Levi's hazır giyim sektöründe sürdürülebilirliğe oldukça önem veren, bu konuda ilk faaliyete geçen firmadır. Levi's markasının üretmiş olduğu kot pantolonlar %29 oranında tüketici sonrası oluşan atıklardan geri dönüştürülmüş PET şişe içermektedir (Necef ve ark 2020).



Şekil 2.14. Levi's markasının Pet şişelerden ürettiği kot pantolon (Yücel ve Tiber 2018).

Bünyesinde Zara, Massimo Dutti, Bershka, Oysho gibi markaları bulunduran Inditex grup, sürdürülebilirlik adına birçok proje başlatmıştır. Inditex grubun 2025 yılı hedefleri arasında, ürünlerinde %100 oranında geri dönüşümlü pamuk, keten, polyester gibi hammaddeler ve yenilenebilir kaynaklar kullanmak vardır.



Şekil 2.15. Zara Sürdürülebilirlik Stratejisi 2019 (Necef ve ark 2020).

İsveç menşeli olan H&M firmasının sürdürülebilirlik ile ilgili birçok çalışması vardır. H&M firması 2030 yılına kadar tüm ürünlerinin geri dönüştürülmüş veya diğer sürdürülebilir kaynaklardan elde edilmiş materyallerden üretmeyi hedeflemektedir. Piyasaya sürdüğü "Doğa Dostu (Conscious)" koleksiyonu ile organik pamuk, Tensel ve geri dönüştürülmüş polyester gibi sürdürülebilir kaynaklardan elde edilmiş materyalleri en az %50 oranında kullanmıştır.

Markanın yönetim kurulu başkanı Karl-Johan Persson, 2014 yılındaki söyleşisinde "H&M de biz sürdürülebilir moda ve sürdürülebilirliği moda yapmak için kendimizle yarışıyoruz. İnsanların kişiliklerini yansıtma ve giydiklerinden gurur duymalarına yardımcı olmak istiyoruz" ifadeleriyle markasının sürdürülebilirlik konusundaki duyarlılığına ve uygulamalarına vurgu yapmıştır (Koca ve ark 2016).

Nike, 2010 FIFA Dünya Kupası için geri dönüştürülmüş plastik şişelerden ürettiği spor giysiler ile tüm dünyada sürdürülebilirlik anlamında önemli bir farkındalık yaratmıştır (Eser ve ark 2016).



Şekil 2.16. %100 geri dönüştürülmüş PET'ten üretilmiş olan NIKE formaları (Yücel ve Tiber 2018).

Adidas'ın 2012 Londra Olimpiyatları'ndaki iştirakı, dünyanın ilk gerçek sürdürülebilir Olimpiyat girişimi olarak bilinmektedir. Adidas, şimdiye kadarki en sürdürülebilir ayakkabı olarak Fluid Trainer'ı tanıtmıştır. Fluid Trainer'ın atık miktarı azaltılacak şekilde tasarlanmış olup, ayakkabının yüzlük bölümü %50 oranında, bazı diğer bölümleri ise %10 veya 20 oranında geri dönüştürülmüş materyal içermektedir (Eser ve ark 2016).

Geri dönüştürülmüş naylondan plaj giysisi üretimini ilk gerçekleştiren firma Esprit firmasıdır. Beachwear Collection 2012 ile piyasaya sundukları plaj giysilerinde, %70

oranında geri dönüştürülmüş naylon ve %30 oranında Lycra kullanmışlardır.2013 yılında sundukları Beachwear Collection ile geri dönüştürülmüş naylon oranını %82'ye yükseltmişlerdir. Esprit firmasının ürettiği giysilerin arasında, %100 geri dönüştürülmüş polyesterden üretilmiş giysiler de yer almaktadır.

Asics, geri dönüştürülmüş polyester ve bambu liflerini bir arada kullanarak bileksiz çoraplar üretmiştir.

Puma, "Bring Me Back" programı ile geri dönüşüm süreçlerinde önemli bir yer almaktadır. Puma; ayakkabı, giyim eşyası, aksesuar ve ev yalıtım malzemelerini içermekte olan InCycle sürdürülebilir koleksiyonunu, biyolojik olarak parçalanabilir polimerlerden, geri dönüştürülmüş polyesterden veya organik pamuktan üretmiştir.

2.13. Geri Dönüştürülmüş Polyester İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Telli (2011) çalışmasında, %100 r-PET lifleri ile bunların pamuk ve polyester karışımlarından iplikler ve kumaşlar üretmiş, üretilen mamullerin özelliklerini incelemiştir. Test sonuçlarına göre, %100 r-PET ipliklerin klasik yöntemlerle üretilmiş %100 PES ipliklere göre daha düşük mukavemette fakat daha yüksek uzama değerlerine sahip olduğu görülmüştür. İplik düzgünsüzlüğü açısından test sonuçlarına bakıldığında, %100 r-PET iplikler %100 PES ipliklere göre daha kötü sonuçlar vermiştir. Kumaş özelliklerine bakıldığında ise, %100 r-PET ipliklerden üretilen örme kumaşların, patlama ve aşınma mukavemeti açısından %100 PES ipliklerden üretilen örme kumaşlardan daha düşük değerler verdiği görülmüştür. Sonuçlar, kumaşların tutum özellikleri açısından değerlendirildiğinde, %100 r-PET kumaşlar %100 PES'e göre daha sert bir tutum göstermiştir.

Kırış (2020) çalışmasında, üç farklı filaman sayısına sahip polyester lifleri ve iki farklı enine kesit formuna sahip geri dönüştürülmüş polyester polimeri endüstriyel ölçekte tekstüre edilmiştir. Geri dönüşüm polyester iplikler dokuma kumaş üretiminde atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Kumaşlara kopma dayanımı, yırtılma dayanımı, dikiş kayması, kopma uzaması, ağırlık, aşınma direnci ve hava geçirgenliği testleri uygulanarak performans özellikleri normal polyesterden üretilen dokuma kumaşlar ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, normal polyesterden üretilen dokuma kumaşlar ile geri dönüşüm polyesterden üretilen dokuma kumaşlar benzer özellikler göstermiştir.

Filaman sayısının artması, daha düşük kumaş kopma uzaması, dikiş mukavemeti, aşınma direnci ve hava geçirgenlik değerlerine yol açarken, daha yüksek yırtılma mukavemeti değerlerine neden olmuştur. Kumaş ağırlığı ve çekme özellikleri dışında filament kesitinin incelenen diğer kumaş özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür.

Telli ve ark. (2012) çalışmalarında, PET talaşlarının tekstil sektöründe kullanımını açıklayarak, Türkiye'deki PET talaş ve bu talaşlardan lif üreten işletmelerin durumu hakkında bilgi vermişlerdir. Ayrıca, Türkiye'de kurulu işletmeleri, bu alanda sahip oldukları teknolojik düzey bakımından, yurtdışındaki emsalleriyle karşılaştırma imkanları da olmuştur. Bu bağlamda çalışmada, geleceğe yönelik bu alanda yapılması gereken yenilikler ve izlenmesi gereken stratejiler üzerine tavsiyelerde bulunulmuştur.

Nohut ve ark. (2018) çalışmalarında, Ne 30/1 numarada farklı karışım oranlarına sahip (70/30% ve 50/50%) pamuk/r-PET ve viskon/r-PET iplikleri ring eğirme sistemiyle üretmiştir. Ayrıca, orijinal polyester lif karışımlı pamuk/PET ve viskon/PET iplikleri aynı üretim parametrelerinde üretilmiştir. Mukavemet, uzama, düzgünsüzlük, hata indeksi ve tüylülük analizleri gerçekleştirilerek sonuçlar %95 güven aralığında istatiksel olarak değerlendirilmiştir. ANOVA sonuçları incelendiğinde, lif tipinin iplik mukavemet, uzama, düzgünsüzlük, hata indeksi ve tüylülük özellikleri üzerindeki etkisinin istatiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Karışım oranının ise tüylülük dışında diğer tüm özellikler üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, orijinal PET lifinin bir alternatifi olarak düşünülen, doğal kaynakların korunması, atık miktarının azaltılması amacıyla PET şişelerin mekanik yöntemle geri dönüştürülmesi ile elde edilen r-PET lifinin, teknolojik gelişmeler ile birlikte özelliklerinin iyileştirilmesi ile üstünlüklerinin söz konusu olabileceği görülmüştür.

Zarrabi Ahrabi (2009) çalışmasında, mermer tozu ve PET atıkların doğaya salınması yerine değerlendirilmesinden ortaya çıkan çevresel faydaların yanında, atıkların ekonomik olarak değerlendirilmesini ve ulusal ekonomi için katkı sağlanmasını amaçlamıştır. Çalışmada, PET atıklardan elde edilen kırpıntı parçacıklar (flake) mermer tozu ile vidalı karıştırıcıda (ekstruder) homojen bir şekilde karıştırılarak üretilen kompozit malzemenin levha veya dolu malzemelerde kullanım olanakları araştırılmış ve

mermer tozu oranının ve mermer partikül boyutunun kompozit malzemenin mekanik, termal ve morfolojik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, mermer oranı arttıkça malzemenin yanmazlık özelliklerinde önemli bir gelişme olduğu gözlenmiştir. LOİ (limit oksijen ihtiyacı) değeri, saf PET içeren numunede 23.56 (% hacimce) iken ağırlıkça % 30, mermer tozu içeren numunede 33.23'e kadar artmıştır. Mermer tozu oranının ve partikül boyutunun artması ile üç nokta eğme mukavemeti azalmış fakat çekme mukavemeti değişmemiştir. Mermer oranı arttıkça, kompozit malzemenin shore A cinsinden sertlik değerleride artmıştır. En düşük sertlik değeri saf PET örneği için 17.2 iken, mermer oranının ağırlıkça %30 olduğu örnekte 29.6'ya kadar yükselmiştir. Kompozit malzemenin termal analizinde, mermer oranındaki ve tanecik boyutundaki değişimin, malzemenin erime ve bozunma sıcaklıklarını etkilemediği gözlenmiştir.

Telli (2016) çalışmasında, pamuk lifi (CO), iplik üretimi sırasında oluşan atıklardan geri dönüşüm pamuk lifi (r-CO) ve PET şişe atıklarından geri dönüştürülen lif (r-PET) kullanarak iplikler ve bu ipliklerden denim kumaşlar üretmiştir. Üretilen ipliklere kopma uzaması, kopma mukavemeti, düzgünsüzlük ve tüylülük gibi performans testleri uygulamıştır. Üretilen karışımsız iplikler, lif özelliklerine benzer sonuçlar göstermiştir. Karışımlarda ise farklı sonuçlar elde edilmiştir. Karışımlarda r-PET oranı arttıkça kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerinde artış, düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. Mamul hale gelen denim kumaşlara enzim ve taş yıkama işlemleri uygulanarak kumaşların gramaj, kopma mukavemeti/uzaması, yırtılma mukavemeti, yumuşaklık dereceleri ve hava geçirgenlik özellikleri test edilmiştir. Çalışmada kullanılan üç farklı lif çeşidinin kumaş özellikleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla bağıntı analizi kullanmıştır. Yıkama işlemleri ardından gruplar arasındaki farklar varyans analizi ile incelenmiştir. Numuneler arasında, r-CO lifinin kopma ve yırtılma mukavemetini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. r-PET lifinin ise, kopma mukavemetine, kopma uzamasına ve yırtılma mukavemetine olumlu yönde katkı sağladığı, yumuşaklığı olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

Tayyar ve Üstün (2009) çalışmalarında, PET geri dönüşümünü, bunu sağlayan makineleri ve geri dönüştürülmüş PET'lerin kullanım alanları ile yapılan araştırmaların sonuçlarını incelemişlerdir. Araştırmaların sonucuna göre, PET geri kazanımının en fazla kullanıldığı alanların, kompozit malzeme üretimi ve plastik endüstrisi olduğu görülmüştür.

Uyanık (2019), geri dönüşümlü polyester elyaf kullanımının hangi iplik numarası ve karışım oranlarında daha uygun olacağına dair bir çalışma yapmıştır. Bu amaçla, çalışmada kullanılmak üzere Ne10, Ne20, Ne30 ve Ne40 olmak üzere farklı iplik numaralarında ve karışım oranlarında hammadde olarak geri dönüştürülmüş polyester elyaf, ham polyester elyaf ve viskon elyaf içeren 24 adet iplik elde edilmiştir. Elde edilen ipliklere iplik çapı, yoğunluğu, şekil, düzgünsüzlük, tüylülük ve iplik çekme testleri uygulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, geri dönüşümlü polyester elyafın yeniden işlenmesi sırasında kirletici maddelerin neden olduğu fiziksel ve kimyasal bozulma nedeniyle özellikle ince ipliklerde iplik özellikleri üzerinde genellikle olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, geri dönüşüm polyester elyafın Ne 30 iplikler için %65'den daha düşük oranlarda kullanılması uygun görülürken, Ne 40 iplikler için %35'den daha düşük oranlarda kullanılması uygun bulunmuştur.

Baek ve ark. (2018) çalışmalarında, endüstriyel alanda kullanılan karbon ve PET liflerini farklı sıcaklıklarda termal olarak geri dönüştürerek mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmanın amacı, geri dönüştürülmüş PET ve geri dönüştürülmüş karbon lifleri kullanılarak yararlı kompozit ürünler üretebilmektir. Çalışmada, karbon liflerinin 400°C ısıl işleminde orijinal reçinenin olmadığı, 600C ve üzeri geri dönüşüm koşulunda aşırı hasar oluştuğu, 500°C geri dönüşüm koşulunda ise optimum mekanik özelliklere sahip geri dönüştürülmüş kompozit malzeme üretildiği görülmüştür. Geri dönüştürülmüş PET'in ısıyla şekillendirme koşulları incelendiğinde ise kompozit imalatı için en uygun koşulların 270°C - 5 dakika olduğu görülmüştür.

Choi ve ark. (2019) çalışmalarında, otomotiv ve iç mekanlarda kullanılmak üzere dokusuz kumaşlar üretmek amacıyla bir çekirdek ve kılıf tabakasından oluşan kimyasal olarak geri dönüştürülmüş polyester elyaf ve işlenmemiş polyester elyaf ile sertleştirme

sonucu bazı özelliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, geri dönüştürülmüş polyester dokusuz yüzey kumaşların yoğunluğu ve termal çekmesi, ısıyla sertleşme sıcaklığı ve süresinden bağımsız olarak, işlenmemiş polyester dokusuz yüzey kumaşlarınkinden daha yüksek, hava geçirgenliği ise daha düşük elde edilmiştir.Geri dönüştürülmüş polyesterden üretilen dokusuz yüzey kumaşların darbe dayanımı, işlenmemiş polyesterden üretilen dokusuz yüzey kumaşlardan daha yüksek bulunmuştur.

Çalışma sonuçlarına göre, kimyasal olarak geri dönüştürülmüş polyester dokusuz yüzey kumaşlar, işlenmemiş polyesterden üretilen dokusuz yüzey kumaşlara göre ısıya daha duyarlıdır. Bu nedenle geri dönüştürülmüş dokusuz yüzey kumaşların yoğunluğu ve gücü artmış ancak esneklik ve hava geçirgenliği ısıyla sertleştirme ile azalmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, %100 geri dönüşüm polyester ve klasik yöntemlerle elde edilmiş polyester atkı iplikleri kullanılarak farklı konstrüksiyonlarda üretilen dokuma kumaşların bazı performans özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu bölümde ise, çalışma kapsamında üretilen dokuma kumaş numuneleri ve yapılan laboratuvar testleri ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

3.1. Materyal

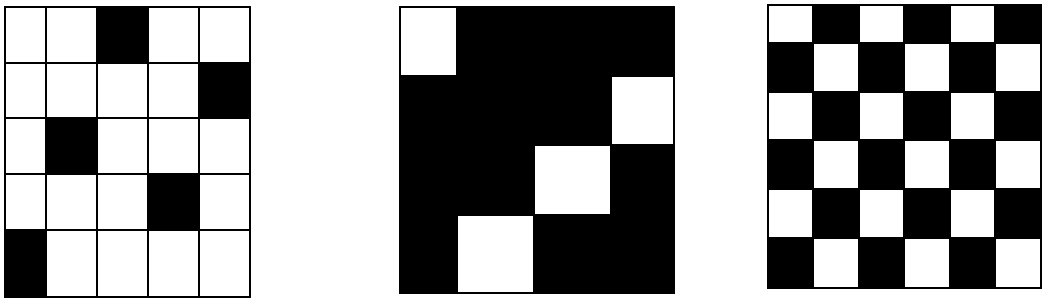
Bu tez çalışmasında, çözgüde %100 polyester, atkıda geri dönüşüm polyester ve klasik yöntemlerle üretilmiş polyester iplik kullanılarak farklı konstrüksiyonlarda dokuma kumaşlar üretilmiştir. Numune kumaşlarda 100 denye, 36 flaman , 450 tur/m bükümde tekstüre çözgü ipliği kullanılarak, çözgü sıklığı 60 tel/cm olarak sabit tutulmuştur. Atkı ipliği olarak 150 denye, 48 flaman ve 450 tur/m bükümde tekstüre geri dönüşüm polyester ve 150 denye, 48 flaman ve 450 tur/m bükümde tekstüre klasik yöntemlerle üretilmiş polyester olmak üzere iki farklı atkı ipliği kullanılmıştır. Kumaşlar 16 atkı/cm, 20 atkı/cm ve 24 atkı/cm atkı sıklıkları ile bezayağı, dimi (4/1) ve 5'li saten örgü yapılarında üretilmiştir. Çizelge 3.1'de numune dokuma kumaşların, çizelge 3.2'de ise kullanılan çözgü ve atkı ipliklerinin teknik özellikleri sunulmuştur. Çalışmada kullanılan örgüler ise şekil 3.1'de yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Numune dokuma kumaşların teknik özellikleri

Atkı ipliği	Atkı iplik numarası (denye)	Atkı sıklığı (atkı/cm)	Örgü tipi	Kumaş kalınlığı (mm)	Kumaş gramajı (g/ m²)
Klasik PET	150	16	Bezayağı	0,348	106,40
			Dimi	0,420	107,15
			Saten	0,492	106,64
		20	Bezayağı	0,320	115,65
			Dimi	0,390	115,24
			Saten	0,454	114,74
		24	Bezayağı	0,334	124,92
			Dimi	0,364	118,51
			Saten	0,454	122,29
Geri dönüşüm PET	150	16	Bezayağı	0,338	107,00
			Dimi	0,392	107,20
			Saten	0,450	106,60
		20	Bezayağı	0,310	115,70
			Dimi	0,378	115,30
			Saten	0,420	115,70
		24	Bezayağı	0,294	125,00
			Dimi	0,334	118,60
			Saten	0,390	124,90

Çizelge 3.2. Çözgü ve atkı ipliklerinin teknik özellikleri

İplik Türü	İplik Numarası (denye)	Flaman Sayısı	İplik Cinsi	İplik Mukavemeti (N)	İplik Uzama Değeri (%)	Büküm (tur/m)
Çözgü İpliği	100	36	Tekstüre	3,23	19,62	450
Geri Dönüşüm Polyester Atkı İpliği	150	48	Tekstüre	5,78	24,64	450
Polyester Atkı İpliği	150	48	Tekstüre	5,24	21,54	450



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan örgü tipleri

3.1.1.Üretim parametreleri

Çalışmada kullanılan kumaşlar, BYT Dokuma San. Tic. Ltd. Şti.'nde bulunan İtema marka armürlü dokuma makinesinde dokunmuştur. Saten örgülü kumaşların dokunmasında 10 çerçeve, bezayağı ve dimi örgülü kumaşların dokunmasında ise 8 çerçeve kullanılmıştır. Kumaşların üretildiği dokuma makinesi Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Numune dokuma kumaşların üretildiği armürlü dokuma makinesi

3.2.Yöntem

Çalışma kapsamında kullanılan deneysel kumaşlara fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla metrekare ağırlık (gramaj) ve kumaş kalınlığı ölçümleri yapılmıştır. Performans özelliklerinin belirlenmesi için kumaşlara boncuklanma, kopma mukavemeti, kopma uzaması, yırtılma dayanımı ve hava geçirgenliği testleri uygulanmıştır. Testler Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nün

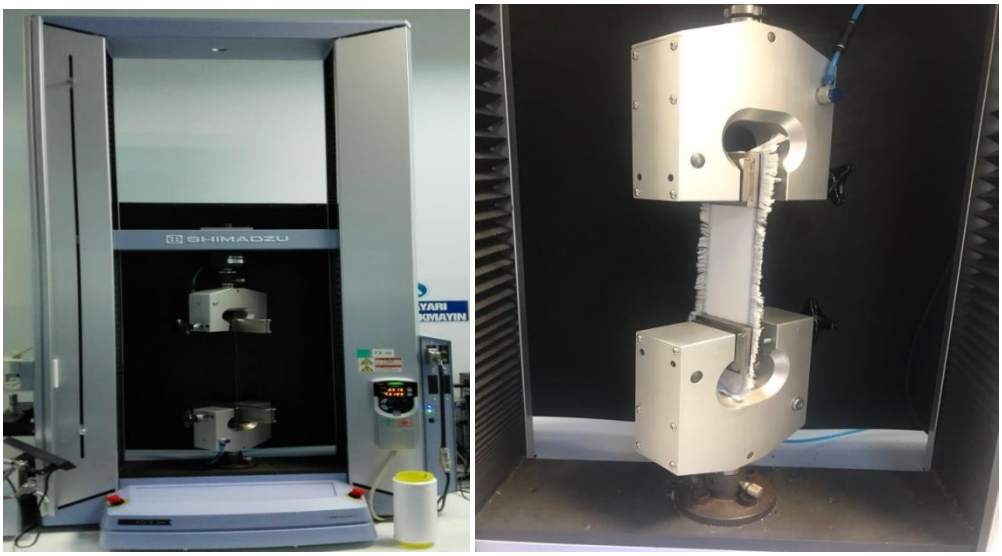
Fiziksel Analiz Laboratuvarında ve Rudolf-Duraner Kimyevi Maddeler Tic. San. A.Ş Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Test işlemleri yapılmadan önce deneysel kumaşlar 24 saat süreyle TS EN ISO 391'e göre standart atmosfer koşullarında (20 ºC±2 sıcaklık, %65±4 bağıl nem) kondüsyonlanmıştır.

3.2.1. Kopma mukavemeti ve kopma uzaması

Kopma mukavemeti ve kopma uzaması tayini belirtilen boyutlara sahip bir kumaş deney numunesinin sabit hızda kopuncaya kadar uzatılması sonucunda kaydedilmesi ilkesine dayanmaktadır.

Kopma mukavemeti testi, TS EN ISO 13934-1 no'lu ''Tekstil- Kumaşların gerilme özellikleri - Bölüm 1: En büyük kuvvetin ve en büyük kuvvet altında boyca uzamanın tayini-Şerit metodu'' standardı esas alınarak yapılmıştır. Laboratuvar şartlarında kondüsyonlanmış kumaştan 30 cm x 6 cm boyutlarında çözgü ve atkı yönlerinde 3'er adet numune hazırlanmıştır. Deney numune parçalarının her iki kenarından eni 50 mm olacak şekilde iplikler sökülmüştür. Kopma mukavemeti tayini Şekil 3.3'de gösterilen Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölüm laboratuvarında bulunan Universal Mukavemet Ölçüm Cihaz'ında yapılmıştır. Cihazın markası CRE tipi Shimadzu AG-X Plus'tır.

Deney esnasında cihazda çene mesafesi 200 mm, çene hızı 100 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Numunelerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri ekrandan okunarak aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır.



Şekil 3.3. Universal Mukavemet Ölçüm Cihazı

3.2.2. Gramaj tayini

Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarı'nda bulunan Mettler P300 marka hassas terazide TS 251 "Dokunmuş kumaşlar birim uzunluk ve birim alan kütlesinin tayini" test standardı esas alınarak gramaj tayini yapılmıştır. Test edilecek numune kumaşlar kondüsyonlandıktan sonra farklı bölgelerinden 3 adet 100 cm²'lik alan olacak şekilde Şekil 3.4'de gösterilen numune kesme aparatı yardımıyla kesilerek hassas terazide tartılmış ve ortalamaları alındıktan sonra kumaş gramajı gr/m² cinsinden hesaplanmıştır.



Şekil 3.4. Numune kesme aparatı

3.2.3. Kalınlık tayini

Kalınlık ölçümü testleri Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Laboratuvarı'nda bulunan Şekil 3.5'da gösterilen James Heal &Co.Ltd. marka , R&B Kumaş kalınlık test cihazı ile yapılmıştır. Kumaşlara cihazda 5g/cm² basınç uygulanarak ölçüm yapılmıştır. Baskı ayağı mili ile karşısındaki mil arasında kumaş dik bir şekilde tutulup bu iki ayağı sıkıştırmayı sağlayan cihaz üzerindeki döner kısım çevrilerek kumaş baskı ayakları arasında sıkıştırılmış ve cihazın ışıklı sinyal uyarısının olduğu yerde çevirme işlemi bitirilmiş, göstergedeki değer okunarak kalınlık değeri olarak kaydedilmiştir. Her bir numune kumaş için 5'er adet ölçüm yapılarak ortalamaları alınmıştır.

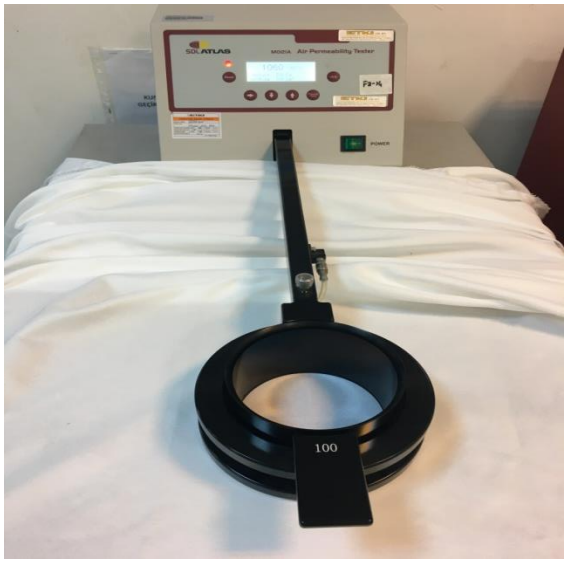


Şekil 3.5. Kumaş kalınlık test cihazı

3.2.4. Hava geçirgenliği

Kondüsyonlanan numune kumaşlara hava geçirgenliği ölçümleri, SDL Atlas Digital Air Permeability Tester (Model M 021A) cihazında TS 391 EN ISO 9237 standardına göre yapılmıştır. Seçilmiş test basıncı 100 Pa olup, test alanı 100 cm^2 'dir. Ölçümler l/m²/s cinsinden yapılmıştır. Her kumaş numunesi için beş adet ölçüm yapılarak sonuçlar cihaz ekranından okunmuştur ve ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak hava

geçirgenliği değeri hesaplanmıştır. Ekrandan okunan değerin yüksek olması, kumaşın hava geçirgenliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.6. Hava geçirgenliği test cihazı

3.2.5. Yırtılma mukavemeti

Kumaşlara yırtılma mukavemeti testi, SDL Atlas Elmendorf Cihazı ile TS EN ISO 13937-1 standardı esas alınarak balistik sarkaç metoduna göre yapılmıştır. Kumaş kenarından en az 15 cm içerden yırtılma mukavemeti numune şablonu ile aynı atkı ve çözgüyü içermeyecek şekilde üçer adet deney numunesi 7,5×10 cm boyutlarında hazırlanmıştır. Şablonun kısa kenarı kumaşın çözgü yönüne paralel yerleştirildiğinde numunenin atkı yırtılmasına, şablonun kısa kenarı atkı yönüne paralel yerleştirildiğinde ise çözgü yırtılmasına bakılmaktadır. Hazırlanan numuneler atkı ve çözgü yönlerinde teker teker, cihazın çeneleri arasına yerleştirilerek sıkıştırılmış ve cihazdaki bıçakla numuneye 20 mm boyunda bir kesik atılmıştır. Ağırlık birimi (Newton), numune kat sayısı gibi bilgiler girilerek, cihazın alt tablasının sağ ve solundaki iki siyah düğmeye birlikte basılı tutularak numunenin yırtılması sağlanmıştır. Test değeri dijital ekrandan okunmuştur.



Şekil 3.7. Dijital Elmendorf cihazı

3.2.6. Boncuklanma dayanımı

Boncuklanma ya da pilling, kumaş yüzeyindeki liflerin birbirine dolaşarak boncuk olarak adlandırılan küçük top şeklinde lif kümeleri oluşturmasıdır. Genellikle aşınmadan ve yıpranmadan dolayı lif uçlarının kumaş yüzeyine çıkması nedeniyle oluşur. Özellikle sürtünme sonucu materyalin sürtünmeye maruz kaldığı yerlerde gevşek lif uçları materyal yüzeyinde toplanır ve minik toplar haline gelirler. Bu şekilde oluşan boncuklanma kumaşa yıpranmış ve göze hoş gelmeyen bir görüntü verdiği için istenmeyen bir durumdur. Boncuklanma testi, Rudolf-Duraner Kimyevi Maddeler Tic. San. A.Ş Laboratuvarında bulunan Nu-Martindale Abrasion and Pilling Tester cihazında EN ISO 12945-2 standartlarında gerçekleştirilmiştir. Aşındırıcı olarak standart aşındırma kumaşı seçilmiştir. Numunelere 415g yük uygulanmıştır. Çalışma kapsamında üretilen numune dokuma kumaşların 5000 devir sonundaki görüntüsü iki gözlemci tarafından değerlendirilmiştir.



Şekil 3.8. Boncuklanma test cihazı

3.3. İstatistiksel Değerlendirme Yöntemi

Çalışma kapsamında, üretilen kumaşların ölçülen gramaj, kalınlık, kopma mukavemeti, kopma uzaması, boncuklanma dayanımı ve hava geçirgenliği verilerinin değerlendirilmesinde 2 faktörlü tamamen tesadüfi varyans analizi metodu kullanılmıştır. Varyans analizinin gerçekleştirilmesinde SPSS 13 istatistik programından faydalanılmıştır. Varyans analizi sonucunda elde edilen verilere ait F-istatistik (Fs) değerleri, I. tip hata $\alpha = 0.05$ için bulunan F-tablo (Ft) değerleri ile karşılaştırılmış ve buna göre faktörlerin önem durumları belirlenmiştir. Fs >Ft olduğu durumlarda yine SPSS 23 programı kullanılarak faktör seviyeleri arasında SNK (Student –Newman-Keuls) testi uygulanmıştır.

Ölçüm sonuçlarına ait verilerin değerlendirilmesinde kullanılan 2 faktörlü tamamen tesadüfi varyans analizinin matematiksel modeli ve hipotezler aşağıda sunulmuştur:

Matematiksel model:

$Yijkm = \mu + Ai + Bj + ABij + eij$

μ: Her iki faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (ortalama)

Ai : Örgünün etkisi

Bj : Atkı sıklığının etkisi

ABij : Örgü ve atkı sıklığı kesişiminin etkisi

eij : Gözlemde bulunan tesadüfi hata

Kullanılan H0 hipotezleri:

H01 : Örgünün ölçülen kumaş özellikleri üzerinde etkisi yoktur.

H02 : Atkı sıklığının ölçülen kumaş özellikleri üzerinde etkisi yoktur.

H03 : Atkı sıklığı ve örgü kesişiminin ölçülen kumaş özellikleri üzerinde etkisi yoktur.

Kullanılan HA hipotezleri:

HA1 : Örgünün ölçülen kumaş özellikleri üzerinde etkisi vardır.

HA2 : Atkı sıklığının ölçülen kumaş özellikleri üzerinde etkisi vardır.

HA3 : Örgü ve atkı sıklığı kesişiminin ölçülen kumaş özellikleri üzerinde etkisi vardır.

İki grubun ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı t testi kullanılarak incelenebilir. Bu tez çalışmasında da, klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlara ait ölçüm sonuçları ile geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlara ait ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasında bağımsız grup t testi uygulanmıştır. Bu testin gerçekleştirilmesinde de SPSS 13 istatistik programından faydalanılmıştır.

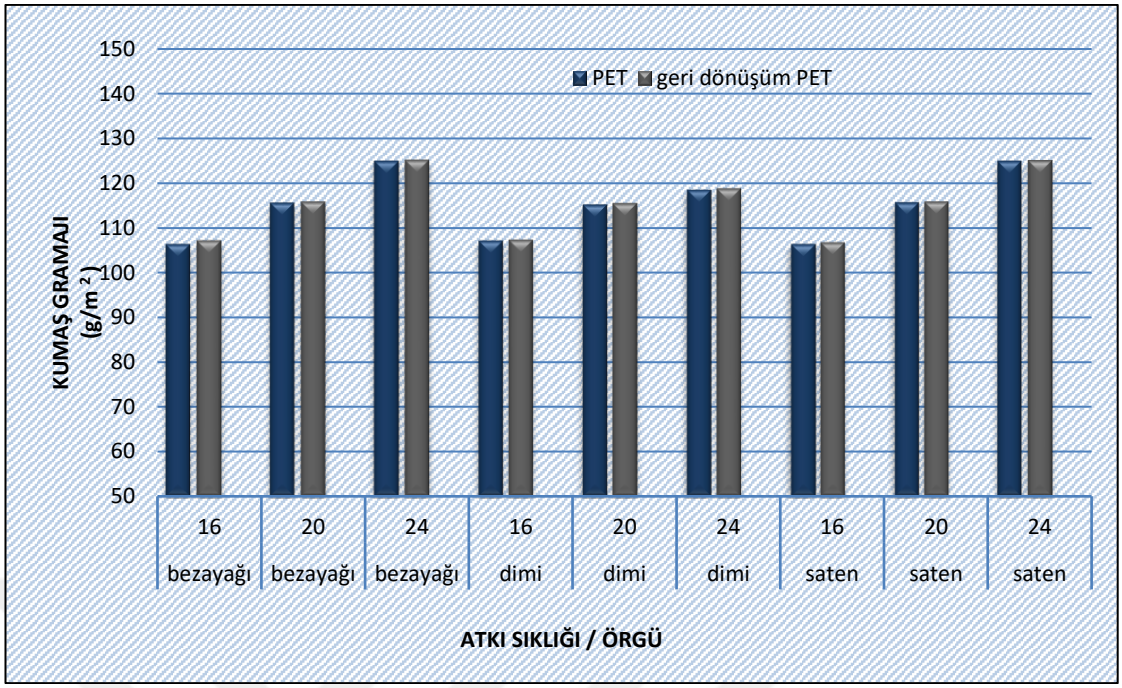
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Deneysel Kumaşlara Ait Gramaj Ölçüm Sonuçları

Çizelge 4.1'de deneysel kumaşlara ait gramaj ölçüm sonuçları sunulmuştur. Numunelere ait gramaj değerleri 106,4 g/m^2 – 125 g/m^2 arasında değişmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, beklendiği gibi atkı sıklığı arttıkça kumaş numunelerinin gramajı da artmaktadır. Şekil 4.1'de ise, ölçüm sonuçları grafik halinde sunulmuştur. Grafik incelendiğinde, klasik polyester atkı ile geri dönüşüm polyester atkı kullanılarak dokunan kumaşların gramajları arasında bir farklılık gözlenmemiştir. Ayrıca, kumaşlarda kullanılan örgü yapılarına göre sonuçlar değerlendirildiğinde, örgü değişiminin gramaj değerlerini değiştirmediği, ancak dimi örgü ile klasik ve geri dönüşüm polyester atkı iplikleri kullanılarak 24 atkı/cm atkı sıklığında dokunan iki kumaşın gramaj değerlerinin, aynı sıklıkta diğer örgülerle dokunan kumaşların gramajlarından daha düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1. Deneysel kumaşlara ait gramaj ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Gramaj (g/m^2)	Standart Sapma	%CV
B1	106,4	0,00	0,09
B2	115,6	0,00	0,00
B3	124,9	0,00	0,01
B4	107,0	0,00	0,40
B5	115,7	0,00	0,02
B6	125,0	0,00	0,08
D1	107,2	0,00	0,02
D2	115,2	0,00	0,00
D3	118,5	0,00	0,02
D4	107,2	0,00	0,01
D5	115,3	0,00	0,01
D6	118,6	0,00	0,02
S1	106,4	0,00	0,00
S2	115,7	0,00	0,02
S3	124,9	0,00	0,01
S4	106,6	0,00	0,03
S5	115,7	0,00	0,01
S6	124,9	0,00	0,01



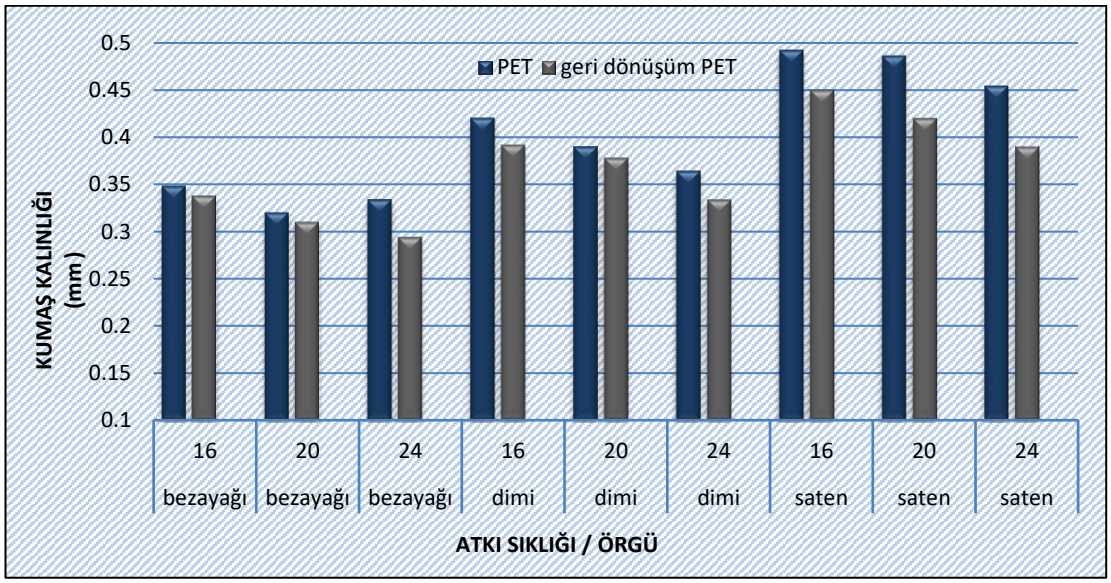
Şekil 4.1. Deneysel kumaşlara ait gramaj değerleri

4.2. Deneysel Kumaşlara Ait Kalınlık Ölçüm Sonuçları

Çizelge 4.2'de deneysel kumaşlara ait kalınlık ölçüm sonuçları sunulmuştur. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların kalınlıkları 0,320 mm – 0,492 mm arasında değişirken, geri dönüşüm polyester atkı iplikleri ile dokuna kumaşların kalınlıkları 0,294 mm – 0,450 mm arasında değişmektedir. Şekil 4.2'de ise, numune kumaşlara ait kalınlık değerleri grafik olarak gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde, bezayağı örgü ile 24 atkı/cm atkı sıklığında dokunan numuneler haricinde, atkı sıklığı arttıkça kumaş kalınlığının düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca, en yüksek kumaş kalınlığına saten örgü ile dokunan kumaşlar sahip olup bu kumaşları sırasıyla dimi ve bezayağı örgü ile dokunan kumaşlar takip etmiştir. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak dokunan kumaşların kalınlıklarının, klasik polyester atkı ipliği kullanılarak dokunan kumaşların kalınlıklarından daha düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.2. Deneysel kumaşlara ait kalınlık ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Kalınlık (mm)	Standart Sapma	%CV
B1	0,34	0,00	2,40
B2	0,32	0,00	2,21
B3	0,33	0,01	4,01
B4	0,33	0,01	3,85
B5	0,31	0,00	2,28
B6	0,29	0,00	3,04
D1	0,42	0,00	1,68
D2	0,39	0,00	1,81
D3	0,36	0,00	1,50
D4	0,39	0,00	2,13
D5	0,37	0,01	3,92
D6	0,33	0,00	2,67
S1	0,49	0,00	0,90
S2	0,48	0,01	2,34
S3	0,45	0,01	2,51
S4	0,45	0,01	2,72
S5	0,42	0,01	2,38
S6	0,39	0,00	1,81



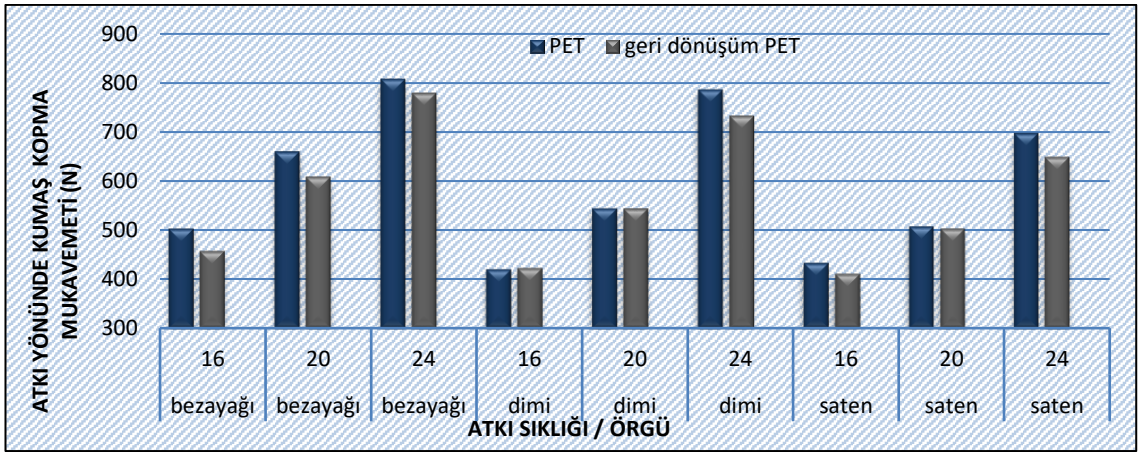
Şekil 4.2. Deneysel kumaşlara ait kalınlık değerleri

4.3. Deneysel Kumaşlara Ait Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

Deneysel kumaşlara ait çözgü ve atkı yönünde kopma mukavemeti test sonuçları tablo halinde Çizelge 4.3'te sunulmuştur. Ayrıca, numune kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde kumaş kopma mukavemeti değerleri grafik halinde Şekil 4.3 ve Şekil 4.4.'te gösterilmiştir.

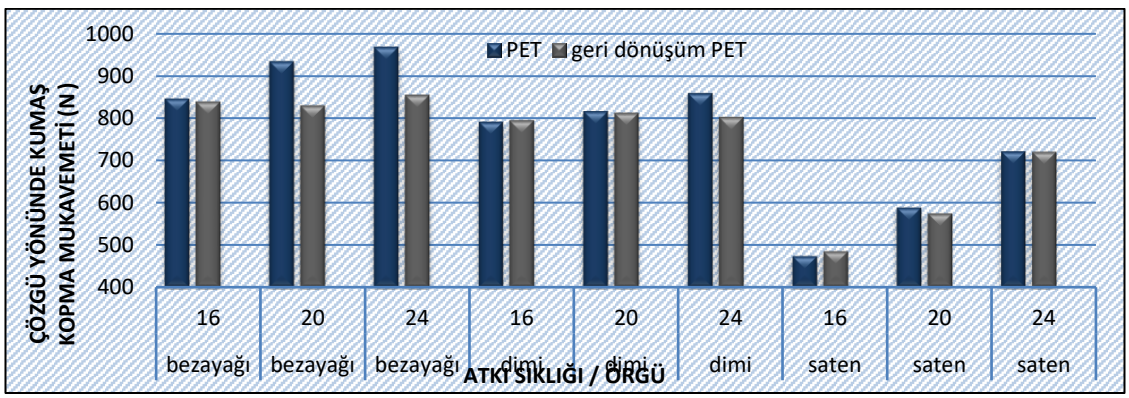
Çizelge 4.3. Deneysel kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde kopma mukavemeti test sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı Yönünde Kopma Mukavemeti (N)	Standart Sapma %CV	Çözgü Yönünde Kopma Mukavemeti (N)	Standart Sapma %CV
B1	473,88	54,40	835,99	20,26
		11,48		2,42
B2	659,86	5,83	883,00	91,60
		0,88		10,37
B3	806,77	1,60	962,78	12,88
		0,19		1,33
B4	457,97	11,97	826,93	21,47
		2,61		2,59
B5	609,14	6,60	829,85	4,03
		1,08		0,48
B6	778,66	5,78	844,39	21,32
		0,74		2,52
D1	457,80	64,24	778,65	24,61
		14,03		3,16
D2	562,08	30,58	832,42	25,70
		5,44		3,08
D3	785,31	10,55	860,22	4,37
		1,34		0,50
D4	433,22	18,42	795,28	9,02
		4,25		1,13
D5	554,75	17,69	812,13	6,66
		0,82		0,82
D6	732,45	6,45	810,37	15,15
		1,87		1,87
S1	443,22	17,29	483,93	19,94
		4,12		4,12
S2	499,53	15,45	575,52	24,96
		3,09		4,33
S3	696,96	3,94	723,38	8,27
		0,56		1,14
S4	411,12	6,55	475,90	19,55
		1,59		4,10
S5	503,39	6,32	564,01	20,07
		1,25		3,55
S6	665,46	28,65	710,87	17,86
		4,30		2,51



Şekil 4.3. Deneysel kumaşlara ait atkı yönünde kopma mukavemeti değerleri

Şekil 4.3'e göre, klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların mukavemet değerleri 420.82 - 806.77 N arasında değişirken, geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların mukavemet değerleri 411.12 - 778.66 N arasında değişmektedir. Ayrıca, klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı yönünde kopma mukavemeti geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı yönündeki kopma mukavemetinden daha yüksektir. Bütün kumaşların atkı yönünde kopma mukavemetleri incelendiğinde, bezayağı ve dimi örgü ile dokunan kumaşların saten örgüyle dokunan kumaşlara göre mukavemetlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Saten örgü yapısındaki uzun atlamalar nedeniyle ipliklerin birbirine tutunamayıp kopmaya meyilli olması beklenen bir durumdur. Bezayağı ve dimi karşılaştırıldığında ise, bezayağı örgü yapısındaki daha fazla bağlantı sayısı ipliklerin daha çok birbirine tutunmasına neden olarak bu örgüyle dokunan kumaşların kopmaya daha dirençli olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, bütün kumaşlarda atkı sıklığı arttıkça atkı yönündeki kopma mukavemeti de artmıştır.



Şekil 4.4. Deneysel kumaşlara ait çözgü yönünde kopma mukavemeti değerleri

Deneysel kumaşlara ait çözgü yönünde kopma mukavemeti ölçüm sonuçları Şekil 4.4'te sunulmuştur. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların mukavemet değerleri 474.65 - 969.76 N arasında değişirken, geri dönüşüm polyester atkı iplikleri ile dokunan kumaşların mukavemet değerleri 485.77 - 855.26 N arasında değişmektedir. Ayrıca, klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemetleri geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemetlerinden daha yüksektir. Bütün kumaşlarda en yüksek mukavemeti, bezayağı örgü ile dokunan kumaşlar gösterirken en düşük mukavemeti saten örgü ile dokunan kumaşlar göstermiştir. Bütün kumaşlarda atkı sıklığı arttıkça çözgü yönündeki kopma mukavemeti de artmıştır. Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı iplikleriyle dokunan kumaşlar arasında çözgü yönünde en yüksek mukavemet farkı, bezayağı örgü ile daha yüksek atkı sıklıklarında dokunan kumaşlarda gözlenmiştir. İki farklı atkı ipliği ile dokunan kumaşlar arasında en az mukavemet farkının ortaya çıktığı kumaşlar ise saten örgü ile dokunan kumaşlar olmuştur.

4.4. Deneysel Kumaşlara Ait Kopma Uzaması Test Sonuçları

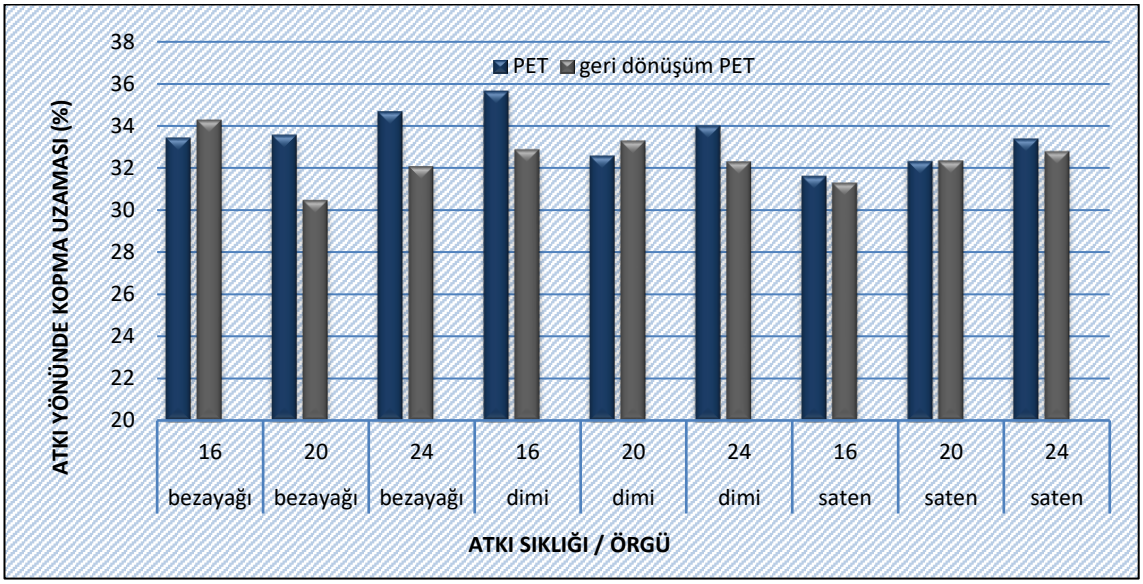
Bu bölümde, deneysel kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması test sonuçları Çizelge 4.4'te tablo halinde, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da ise grafikler halinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Deneysel kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması test sonuçları

Kumaş kodu	Atkı yönünde kopma uzaması (%)	Standart sapma	Çözgü yönünde kopma uzaması (%)	Standart sapma
		%CV		%CV
B1	34,22	1,41	29,94	0,11
		4,14		0,37
B2	33,54	0,31	32,74	0,39
		0,95		1,19
B3	33,84	1,41	33,75	0,28
		4,17		0,84
B4	32,81	2,57	32,12	0,92
		7,84		2,86
B5	29,78	1,15	31,75	0,46
		3,86		1,44
B6	31,43	1,07	31,80	0,21
		3,40		0,67

Çizelge 4.4. Deneysel kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması test sonuçları (devam).

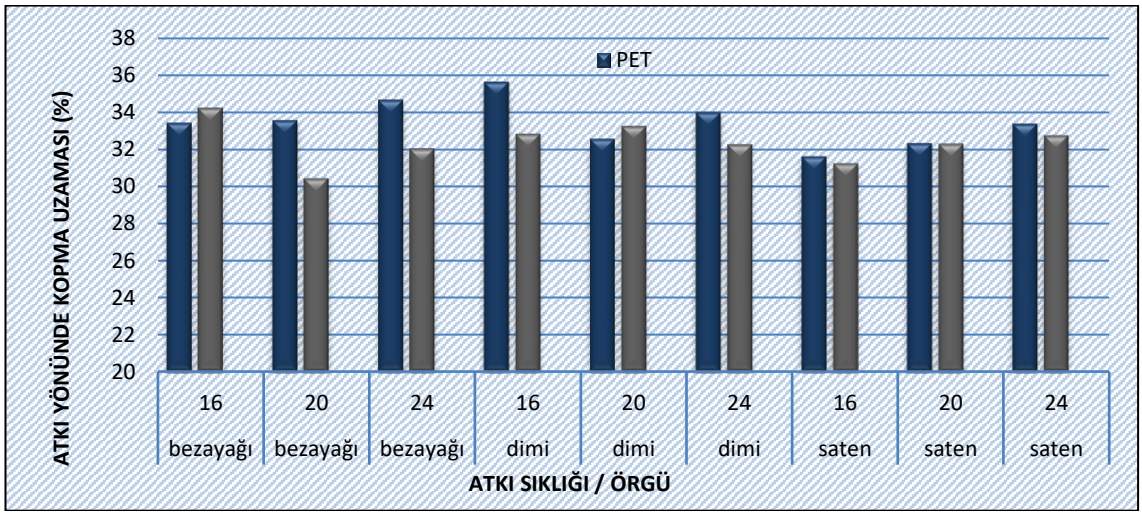
D1	35,62	0,40	31,73	0,64
		1,13		2,03
D2	32,88	0,58	33,71	0,73
		1,76		2,17
D3	33,97	0,27	33,01	0,40
		0,81		1,23
D4	32,84	0,44	31,93	0,92
		1,35		2,90
D5	32,43	1,53	32,71	0,06
		4,71		0,19
D6	32,65	0,67	33,89	0,47
		2,08		1,40
S1	31,74	0,41	33,24	0,36
		1,31		1,10
S2	32,30	0,33	33,51	0,54
		1,02		1,62
S3	33,20	0,40	33,51	0,54
		1,21		1,62
S4	31,52	0,46	32,86	0,97
		1,47		2,95
S5	32,26	1,92	34,69	0,94
		6,15		2,72
S6	33,15	0,71	34,44	0,74
		2,15		2,17



Şekil 4.5. Deneysel kumaşlara ait atkı yönünde kopma uzaması değerleri

Şekil 4.5'e göre, klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı yönünde kopma uzaması değerleri %31.59 – %35.63 arasında değişirken, geri dönüşüm polyester atkı iplikleri ile dokunan kumaşların kopma uzaması değerleri %30.44 – 34.23 arasında değişmektedir. Deneysel kumaşlara ait atkı yönündeki kopma uzaması değerlerinin, genellikle klasik PET atkı iplikleriyle dokunan kumaşlarda daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Hem klasik hem de geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile saten örgü ile dokunan kumaşların atkı yönünde kopma uzamaları arasındaki farkın diğer kumaşlara göre daha az olduğu görülmüştür.

Deneysel kumaşlara ait çözgü yönünde kopma uzaması değerleri Şekil 4.6'da sunulmuştur. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların çözgü yönünde kopma uzaması değerleri %29.94 – %33.81 arasında değişirken, geri dönüşüm polyester atkı iplikleri ile dokunan kumaşların kopma uzaması değerleri %31.40 – 34.87 arasında değişmektedir. Elde edilen verilerden, genel olarak, geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların çözgü yönünde daha yüksek kopma uzaması değeri gösterdiği gözlenmiştir. Ayrıca, klasik polyester ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda, atkı sıklığı arttıkça çözgü yönünde kopma uzamasının da arttığı görülmüştür. Geri dönüşüm PET atkı iplikleriyle dimi ve saten örgü kullanılarak 24 atkı/cm atkı sıklığında dokunan kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamasının, klasik PET atkı iplikleriyle elde edilen kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamasından daha yüksek olduğu bulunmuştur.



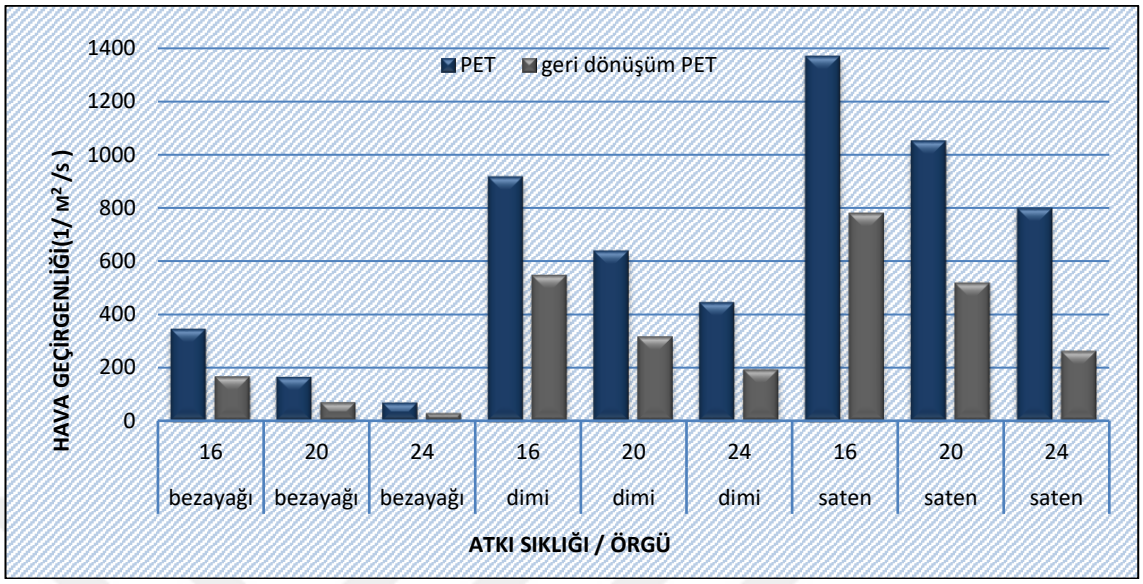
Şekil 4.6. Deneysel kumaşlara ait çözgü yönünde kopma uzaması değerleri

4.5. Deneysel Kumaşlara Ait Hava Geçirgenliği Test Sonuçları

Bu bölümde, deneysel kumaşlara ait hava geçirgenliği test sonuçları çizelge 4.5'te tablo halinde, şekil 4.7'de ise grafik halinde sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Deneysel kumaşlara ait hava geçirgenliği test sonuçları

Kumaş kodu	Hava geçirgenliği (l/ m²/s)	Standart sapma	%CV
B1	344,00	8,57	2,49
B2	163,20	3,42	2,09
B3	67,44	0,83	1,23
B4	166,40	3,91	2,35
B5	68,84	1,08	1,58
B6	27,74	0,92	3,32
D1	916,00	24,01	2,62
D2	637,80	4,81	0,75
D3	440,20	7,91	1,79
D4	547,20	2,86	0,52
D5	316,60	1,14	0,36
D6	192,40	5,12	2,66
S1	1368,00	16,43	1,20
S2	1050,00	14,14	1,34
S3	797,40	11,30	1,41
S4	780,00	20,40	2,61
S5	518,40	6,84	1,32
S6	262,40	11,58	4,41



Şekil 4.7. Deneysel kumaşlara ait hava geçirgenliği değerleri

Şekil 4.7'ye göre, klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların hava geçirgenliği değerleri 67,44- 1368 l/m²/s arasında değişmektedir. Bu kumaşlar arasında hava geçirgenliği değeri en yüksek olan kumaşlar, saten örgü kullanılarak dokunan kumaşlardır. Beklendiği gibi, atkı sıklığı arttıkça kumaşların hava geçirgenliği değerleri azalmaktadır.

Şekil 4.7'de sunulan grafik incelendiğinde, geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların hava geçirgenliği değerleri 27,74- 780 l/m²/s arasında değişmektedir. Bu kumaşlar arasında da, hava geçirgenliği değeri en yüksek olan kumaşlar, saten örgü kullanılarak dokunan kumaşlardır. Yine, atkı sıklığı arttıkça kumaşların hava geçirgenliği değerleri azalmaktadır.

Bütün kumaşlar değerlendirildiğinde, geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin, klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların hava geçirgenliği değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Bütün kumaşların kalınlık ve gramaj değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların kalınlık değerlerinin klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların kalınlık değerlerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir. Her iki iplik grubu için elde edilen gramaj değerleri ise birbirine yakındır. Bu durumda, geri dönüşüm polyester atkı iplikleri ile elde edilen kumaşların yoğunluk değerleri, klasik

polyester atkı iplikleri ile elde edilen kumaşların yoğunluk değerlerinden daha yüksek olacaktır. Daha fazla kumaş yoğunluğu, birim hacimde daha fazla lif/iplik miktarını ifade etmektedir. Birim hacimde daha fazla lif/iplik miktarı, kumaşın gözenekliliğini azaltarak geri dönüşüm polyester atkı iplikleri ile dokunmuş kumaşların hava geçirgenliklerinin azalmasına neden olmuş olabilir.

4.6. Deneysel Kumaşlara Ait Boncuklanma Dayanımı Test Sonuçları

Bu bölümde, deneysel kumaşlara ait boncuklanma dayanımı test sonuçları Çizelge 4.6'da tablo halinde sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, kumaşların boncuklanma derecesi 5'tir. Dolayısıyla, bütün kumaşlarda boncuklanma gerçekleşmemiştir.

Çizelge 4.6. Deneysel kumaşlara ait boncuklanma test sonuçları

Kumaş Kodu	Boncuklanma Derecesi
B1	5
B2	5
B3	5
B4	5
B5	5
B6	5
D1	5
D2	5
D3	5
D4	5
D5	5
D6	5
S1	5
S2	5
S3	5
S4	5
S5	5
S6	5

4.7. Deneysel Kumaşlara Ait Yırtılma Dayanımı Test Sonuçları

Bu bölümde, deneysel kumaşlara ait yırtılma dayanımı test sonuçları çizelge 4.7'de tablo halinde verilmiştir. Elde edilen verilere göre, test esnasında bütün numunelerde yırtılma gerçekleşmemiştir.

Çizelge 4.7. Deneysel kumaşlara ait yırtılma dayanımı test sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı Yönünde Yırtılma Dayanımı (N)	Çözgü Yönünde Yırtılma Dayanımı (N)
B1	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
B2	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
B3	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
B4	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
B5	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
B6	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
D1	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
D2	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
D3	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
D4	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
D5	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
D6	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
S1	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
S2	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
S3	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
S4	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
S5	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı
S6	Ölçüm sonucu alınamadı	Ölçüm sonucu alınamadı

4.8. Sonuçların İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

4.8.1. Gramaj Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Deneysel çalışmada kullanılan örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların gramaj değerlerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçları EK 1 ve EK 2'de sunulmuştur. EK 1'de sunulan ANOVA tablosu incelendiğinde, klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların gramajlarına atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.8'de gösterilen SNK test sonuçları ise, örgüdeki değişimin kumaşların gramaj değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını göstermektedir. Çizelgeye göre, bezayağı ve saten kumaşların gramajları arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Dimi örgü ile dokunan kumaşların gramajları ise saten ve bezayağı örgü ile dokunan kumaşların gramajlarından daha düşük olup aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

Çizelge 4.8. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün kumaş gramajına etkisi için uygulanan SNK testi

		Veri alt kümesi	
örgü	N	1	2
dimi	9	113,65722	
saten	9		115,69278
bezayağı	9		115,78000

Çizelge 4.9'da klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda,atkı sıklığındaki değişimin kumaşların gramaj değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını göstermektedir. Çizelgeye göre, 16, 20 ve 24 atkı/cm atkı sıklığında dokunan kumaşların gramaj değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. Atkı sıklığı arttıkça kumaş gramaji da artmaktadır.

Çizelge 4.9. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının kumaş gramajına etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
16	9	106,6500		
20	9		115,5133	
24	9			122,7833

EK 2'de sunulan ANOVA tablosu incelendiğinde, geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların gramajlarına atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.10'da gösterilen SNK test sonuçları ise, örgüdeki değişimin kumaşların gramaj değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını göstermektedir.

Çizelge 4.10. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün kumaş gramajına etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
Dimi	9	113,6811		
Saten	9		115,7289	
Bezayağı	9			115,9033

Çizelge 4.11'de gösterilen SNK test sonuçları ise, atkı sıklığındaki değişimin kumaşların gramaj değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını, her bir atkı sıklık değerinin etkisinin farklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.11. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının kumaş gramajına etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
16,00	9	106,9144		
20,00	9		115,5611	
24,00	9			122,8378

Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak üretilen deneysel kumaşlara ait gramaj ölçüm sonuçları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını test etmek amacıyla uygulanan bağımsız örneklem t-testi sonuçları EK 3'te sunulmuştur. EK 3'te yer alan verilere göre, her iki grup atkı ipliği ile dokunan kumaşların gramaj değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

4.8.2. Kalınlık Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Deneysel çalışmada kullanılan örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların kalınlık değerlerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçları EK 1 ve EK 2'de sunulmuştur. EK 1'de sunulan ANOVA tablosu incelendiğinde, klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların kalınlıklarına atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.12'de gösterilen SNK test sonuçları ise, örgüdeki değişimin kumaşların kalınlık değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını, her bir örgünün etkisinin farklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.13'te sunulan sonuçlara göre, en düşük kalınlık değerleri 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlarda gözlenirken, sırasıyla 20 atkı/cm ve 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşların kalınlık değerleri bu kumaşların kalınlık değerlerinden daha yüksektir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının kumaş kalınlığı üzerindeki etkisi farklıdır.

Çizelge 4.12. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün kumaş kalınlığına etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi		
		1		
Bezayağı	9	,3340		
Dimi	9		,3913	
Saten	9			,4773

Çizelge 4.13. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının kumaş kalınlığına etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı Sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
24,00	9	,3840		
20,00	9		,3987	
16,00	9			,4200

EK 2'de sunulan ANOVA tablosu incelendiğinde, geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların kalınlıklarına atkı sıklığının, örgünün etkisinin olduğu ancak bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olmadığı görülmüştür. Çizelge 4.14'te gösterilen SNK test sonuçları ise, örgüdeki değişimin kumaşların kalınlık değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını, her bir örgünün etkisinin farklı olduğunu göstermektedir. En düşük kalınlık değerlerine bezayağı örgü ile ulaşılırken en yüksek kalınlık değerlerine saten örgü ile ulaşılmıştır.

Çizelge 4.15'te sunulan sonuçlara göre, en düşük kalınlık değerleri 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlarda gözlenirken, sırasıyla 20 atkı/cm ve 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşların kalınlık değerleri bu kumaşların kalınlık değerlerinden daha yüksektir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının kumaş kalınlığı üzerindeki etkisi farklıdır.

Çizelge 4.14. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün kumaş kalınlığına etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
bezayağı	9	,3140		
dimi	9		,3680	
saten	9			,4200

Çizelge 4.15. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının kumaş kalınlığına etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
24,00	9	,3393		
20,00	9		,3693	
16,00	9			,3933

Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak üretilen deneysel kumaşlara ait kalınlık ölçüm sonuçları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını test etmek amacıyla uygulanan bağımsız örneklem t-testi sonuçları EK 3'te sunulmuştur. EK 3'te yer alan verilere göre, her iki grup atkı ipliği ile dokunan kumaşların kalınlık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur.

4.8.3. Kopma Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların atkı ve çözgü yönünde mukavemeti değerlerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçları EK 1'de sunulmuştur. EK 1'de sunulan ANOVA tablosu incelendiğinde, klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı ve çözgü yönünde kopma mukavemetlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.16'da gösterilen SNK test sonuçları ise, örgüdeki değişimin kumaşların atkı yönündeki kopma mukavemeti değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını, her bir

örgünün etkisinin farklı olduğunu göstermektedir. Atkı yönünde en düşük mukavemet değerlerine saten örgü ile dokunan kumaşlar sahipken, en yüksek mukavemet değerlerine bezayağı örgü ile dokunan kumaşlar sahiptir. Çizelge 4.17'de sunulan sonuçlara göre, en düşük atkı yönünde mukavemet değerlerini 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar gösterirken, bu kumaşları sırasıyla 20 atkı/cm ve 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar takip etmiştir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının atkı yönünde kumaş kopma mukavemeti üzerindeki etkisi farklıdır.

Çizelge 4.16. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün atkı yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
Saten	9	546,2570		
Dimi	9		583,5289	
Bezayağı	9			656,7762

Çizelge 4.17. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının atkı yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
16,00	9	452,7551		
20,00	9		570,7904	
24,00	9			763,0166

Çizelge 4.18'da gösterilen SNK test sonuçları, örgüdeki değişimin kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını, her bir örgünün etkisinin farklı olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.19'da sunulan sonuçlara göre, en düşük çözgü yönünde mukavemet değerlerini 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar gösterirken, bu kumaşları sırasıyla 20 atkı/cm ve 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar takip etmiştir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının çözgü yönünde kumaş kopma mukavemeti üzerindeki etkisi farklıdır.

Çizelge 4.18. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün çözgü yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
saten	9	595,9637		
dimi	9		823,6783	
bezayağı	9			917,6487

Çizelge 4.19. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının çözgü yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
16,00	9	705,0228		
20,00	9		781,1429	
24,00	9			851,1250

Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların atkı ve çözgü yönünde kopma mukavemeti değerlerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçları EK 2'de sunulmuştur. EK 2'de sunulan ANOVA tablosu incelendiğinde, geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı ve çözgü yönünde kopma mukavemetlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.20'de gösterilen SNK test sonuçları ise, örgüdeki değişimin kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını, her bir örgünün etkisinin farklı olduğunu göstermektedir. Çözgü yönünde en düşük mukavemet değerlerine saten örgü ile dokunan kumaşlar sahipken, en yüksek mukavemet değerlerine bezayağı örgü ile dokunan kumaşlar sahiptir. Çizelge 4.21'de sunulan sonuçlara göre, en düşük çözgü yönünde mukavemet değerlerini 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar gösterirken, bu kumaşları sırasıyla 20 atkı/cm ve 24atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar takip etmiştir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının çözgü yönünde kumaş kopma mukavemeti üzerindeki etkisi farklıdır.

Çizelge 4.20. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün çözgü yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
Saten	9	521,1921		
Dimi	9		566,8154	
Bezayağı	9			615,2637

Çizelge 4.21. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının çözgü yönünde kopma mukavemetine etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
16,00	9	706,7388		
20,00	9		738,9756	
24,00	9			792,9262

Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak üretilen deneysel kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde kopma mukavemeti ölçüm sonuçları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını görebilmek için EK 3'te sunulan tablo incelendiğinde, her iki grup atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

4.8.4. Kopma Uzaması Test Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması değerlerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre (EK 1), klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.22'de gösterilen SNK test sonuçları ise, örgüdeki değişimin kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim

yarattığını ancak, bezayağı ve dimi kumaşlara ait değerlerin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığını göstermektedir. Atkı yönünde en düşük kopma uzaması değerine sahip saten örgü ile dokunan kumaşlar ise bezayağı ve dimi kumaşlardan istatistiksel olarak farklıdır. Çizelge 4.23'de sunulan sonuçlara göre, en düşük atkı yönünde kopma uzaması değerlerini 20 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar gösterirken, bu kumaşları sırasıyla 16 atkı/cm ve 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar takip etmiştir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının atkı yönünde kumaş kopma mukavemeti üzerindeki etkisi farklıdır.

Çizelge 4.22. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün atkı yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi	
		1	2
saten	9	32,4212	
bezayağı	9		33,8722
dimi	9		34,0540

Çizelge 4.23. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının atkı yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
20,00	9	32,8023		
16,00	9		33,5451	
24,00	9			34,0000

Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması değerlerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre (EK 2), geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.24'te sunulan SNK test sonuçları ise, örgüdeki değişimin kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı

bir değişim yarattığını ancak, bezayağı ve saten kumaşlara ait değerlerin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığını göstermektedir. Atkı yönünde en yüksek kopma uzaması değerine sahip dimi örgü ile dokunan kumaşlar ise bezayağı ve saten kumaşlardan istatistiksel olarak farklıdır. Çizelge 4.25'de sunulan sonuçlara göre, en düşük atkı yönünde kopma uzaması değerlerini 20 atkı/cm ve 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar gösterirken bu kumaşların değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir.16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar ise daha yüksek atkı yönünde kopma uzaması değerine sahip olup 20 atkı/cm ve 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlardan istatistiksel olarak farklıdır.

Çizelge 4.24. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün atkı yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi	
		1	2
Saten	9	32,1064	
Bezayağı	9	32,2406	
Dimi	9		32,7924

Çizelge 4.25. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının atkı yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi	
		1	2
20,00	9	32,0053	
24,00	9	32,3546	
16,00	9		32,7796

Çizelge 4.26'da sunulan SNK test sonuçları, örgüdeki değişimin kumaşların çözgü yönündeki kopma uzaması değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını ve her bir örgünün etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.27'de sunulan sonuçlara göre, en düşük çözgü yönünde kopma uzaması değerlerini 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar gösterirken bu kumaşları sırasıyla 20 atkı/cm ve 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar takip

etmiştir. Üç farklı atkı sıklığının da çözgü yönünde kopma uzaması değerlerine etkisi istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.26. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün çözgü yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
bezayağı	9	31,9909		
Dimi	9		32,7630	
Saten	9			33,8231

Çizelge 4.27. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının çözgü yönünde kopma uzamasına etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
16,00	9	32,1241		
20,00	9		32,8372	
24,00	9			33,6157

Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak üretilen deneysel kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması ölçüm sonuçları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını görebilmek için uygulanan bağımsız t- testi incelendiğinde (EK 3), her iki grup atkı ipliği ile dokunan kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken, atkı yönündeki kopma uzamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

4.8.5. Hava Geçirgenliği Test Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların hava geçirgenliği değerlerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre (EK 1), klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların hava geçirgenliği değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin

kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.28'de gösterilen SNK test sonuçları ise, örgüdeki değişimin kumaşların hava geçirgenliği değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını ve her bir örgünün etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.29'da sunulan sonuçlara göre, en düşük hava geçirgenliği değerlerini 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar gösterirken, bu kumaşları sırasıyla 20 atkı/cm ve 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar takip etmiştir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının hava geçirgenliği değerleri üzerindeki etkisi farklıdır.

Çizelge 4.28. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün hava geçirgenliğine etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
Bezayağı	9	191,5467		
Dimi	9		664,6667	
Saten	9			1071,8000

Çizelge 4.29. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının hava geçirgenliğine etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
24,00	9	435,0133		
20,00	9		617,0000	
16,00	9			876,0000

Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların hava geçirgenliği değerlerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre (EK 2), geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların hava geçirgenliği değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.30'da sunulan SNK test sonuçları, örgüdeki değişimin kumaşların hava geçirgenliği değerleri üzerinde

istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını ve her bir örgünün etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.31'de sunulan sonuçlara göre, en düşük hava geçirgenliği değerlerini 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar gösterirken, bu kumaşları sırasıyla 20 atkı/cm ve 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar takip etmiştir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının hava geçirgenliği değerleri üzerindeki etkisi birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.30. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün hava geçirgenliğine etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
bezayağı	9	87,6600		
Dimi	9		352,0667	
Saten	9			520,2667

Çizelge 4.31. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının hava geçirgenliğine etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi		
		1	2	3
24,00	9	160,8467		
20,00	9		301,2800	
16,00	9			497,8667

Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak üretilen deneysel kumaşlara ait hava geçirgenliği ölçüm sonuçları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını görebilmek için EK 3'te sunulan tablo incelendiğinde, her iki grup atkı ipliği ile dokunan kumaşların hava geçirgenliği değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

4.8.6. Boncuklanma Dayanımı Test Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların boncuklanma dayanımı değerlerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre (EK 1), klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların boncuklanma dayanımı değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olmadığı görülmüştür. Çizelge 4.32'de gösterilen SNK test sonuçları da, örgüdeki değişimin kumaşların boncuklanma dayanımı değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yaratmadığını ve her bir örgünün etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığını göstermektedir. Çizelge 4.33'te sunulan sonuçlara göre, atkı sıklığındaki değişimin kumaşların boncuklanma dayanımı değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yaratmadığı ve her bir atkı sıklığının etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.32. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün boncuklanma dayanımına etkisi için uygulanan SNK testi

		Veri alt kümesi
Örgü	N	1
Saten	9	4,7778
Bezayağı	9	5,0000
Dimi	9	5,0000

Çizelge 4.33. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının boncuklanma dayanımına etkisi için uygulanan SNK testi

		Veri alt kümesi
Atkı sıklığı	N	1
16,00	9	4,8889
20,00	9	4,8889
24,00	9	5,0000

Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların boncuklanma dayanımı değerlerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre (EK 2), geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların boncuklanma dayanımı değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olmadığı görülmüştür. Çizelge 4.34'te gösterilen SNK test sonuçları da, örgüdeki değişimin kumaşların boncuklanma dayanımı değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yaratmadığını ve her bir örgünün etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığını göstermektedir. Çizelge 4.35'te sunulan sonuçlara göre, atkı sıklığındaki değişimin kumaşların boncuklanma dayanımı değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yaratmadığı ve her bir atkı sıklığının etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.34. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda örgünün boncuklanma dayanımına etkisi için uygulanan SNK testi

Örgü	N	Veri alt kümesi 1
Saten	9	4,7778
bezayağı	9	5,0000
Dimi	9	5,0000

Çizelge 4.35. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda atkı sıklığının boncuklanma dayanımına etkisi için uygulanan SNK testi

Atkı sıklığı	N	Veri alt kümesi 1
16,00	9	4,8889
20,00	9	4,8889
24,00	9	5,0000

Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak üretilen deneysel kumaşlara ait boncuklanma dayanımı ölçüm sonuçları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını görebilmek için uygulanan bağımsız t- testi incelendiğinde (EK 3), her iki grup atkı ipliği ile dokunan kumaşların boncuklanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

5. SONUÇ

Plastiklerin geri dönüşüm teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, fiyat ve ekolojik avantajlar nedeniyle, tekstil endüstrisi için yeni bir hammadde kaynağının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu hammadde kaynağı Amerika Plastik Konseyi çalışmaları sonucunda geri dönüşüm için en uygun malzeme olan PET şişelerden elde edilen PET polimerlerdir. Bu çalışma kapsamında, r-PET liflerinden ve klasik PET liflerinden üretilen atkı iplikleri kullanılarak elde edilen dokuma kumaşların kopma mukavemeti ve kopma uzaması, hava geçirgenliği, boncuklanma ve yırtılma dayanımı özellikleri karşılaştırılmıştır. Deneysel kumaşların üretiminde, çözgü ipliği cinsi, numarası ve sıklığı değiştirilmemiştir. Hem geri dönüşüm PET hem de klasik PET atkı iplikleri kullanılarak, üç farklı atkı sıklığıyla (16, 20, 24 atkı/cm) ve üç farklı örgü yapısında (bezayağı, dimi ve saten) toplam 18 adet dokuma kumaş üretilmiştir.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda,örgü ve atkı sıklığındaki değişimin kumaşların gramaj değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığı görülmüştür. 16, 20 ve 24 atkı/cm atkı sıklığında dokunan kumaşların gramaj değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.
- Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların gramajlarına atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür.

  Her iki grup atkı ipliği ile dokunan kumaşların gramaj değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.
- Deneysel çalışmada kullanılan örgü tipinin ve atkı sıklığının deneysel kumaşların kalınlık değerlerine etkilerini incelendiğinde, en düşük kalınlık değerleri 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlarda gözlenirken, sırasıyla 20 atkı/cm ve 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşların kalınlık değerleri bu kumaşların kalınlık değerlerinden daha yüksektir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının kumaş kalınlığı üzerindeki etkisi farklıdır.

- Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların kalınlıklarına atkı sıklığının, örgünün etkisinin olduğu ancak bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olmadığı görülmüştür. Örgüde ki değişimin kumaşların kalınlık değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığı, her bir örgünün etkisinin farklı olduğu görülmüştür. En düşük kalınlık değerlerine bezayağı örgü ile ulaşılırken en yüksek kalınlık değerlerine saten örgü ile ulaşılmıştır. En düşük kalınlık değerleri 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlarda gözlenirken, sırasıyla 20 atkı/cm ve 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşların kalınlık değerleri bu kumaşların kalınlık değerlerinden daha yüksektir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının kumaş kalınlığı üzerindeki etkisi farklıdır.

- Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak üretilen deneysel kumaşlara ait kalınlık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur.

- Klasik PET atkı iplikleriyle dokunan kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemetinin geri dönüşüm PET atkı iplikleriyle dokunan kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemetinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Aynı şekilde, klasik PET atkı iplikleriyle dokunan kumaşların atkı yönündeki kopma mukavemeti de geri dönüşüm PET atkı iplikleriyle dokunan kumaşların atkı yönündeki kopma mukavemetinden daha yüksek bulunmuştur. Her iki atkı ipliğiyle dokunan kumaşlarda, en yüksek çözgü yönünde kopma mukavemetine sahip kumaşlar bezayağı örgü ile dokunan kumaşlar olmuştur.

- Yapılan istatistiksel değerlendirme, klasik PET atkı iplikleriyle dokunan kumaşlarda, örgüdeki değişimin kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını, her bir örgünün etkisinin farklı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının çözgü yönünde kumaş kopma mukavemeti üzerindeki etkisi farklıdır.

- Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı ve çözgü yönünde kopma mukavemetlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin

kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Ayrıca, örgüdeki değişimin kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığı, her bir örgünün etkisinin farklı olduğu gözlenmiştir.

- Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı iplikleriyle dokunan kumaşlar arasında çözgü yönünde mukavemet farkı en çok bezayağı örgü ile daha yüksek atkı sıklıklarıyla dokunan kumaşlarda gözlenmiştir. İki farklı atkı ipliği ile dokunan kumaşlar arasında en az mukavemet farkının ortaya çıktığı kumaşlar ise saten örgü ile dokunan kumaşlar olmuştur. Bu sonuç, geri dönüşüm ipliklerle kumaş üretiminde kumaşın konstrüksiyonunun da önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.
- Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Örgüdeki değişimin kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığı ancak, bezayağı ve dimi kumaşlara ait değerlerin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının atkı yönünde kumaş kopma uzaması üzerindeki etkisi farklıdır.
- Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Örgüdeki değişimin kumaşların atkı yönündeki kopma uzaması değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığı ancak, bezayağı ve saten kumaşlara ait değerlerin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı bulunmuştur. Atkı yönünde en yüksek kopma uzaması değerine sahip dimi örgü ile dokunan kumaşlar ise bezayağı ve saten kumaşlardan istatistiksel olarak farklıdır.
- Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak üretilen deneysel kumaşlara ait atkı ve çözgü yönünde kopma uzaması ölçüm sonuçları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını görebilmek için uygulanan bağımsız t-testi incelendiğinde, her iki grup atkı ipliği ile dokunan kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık

bulunmazken, atkı yönündeki kopma uzamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

- Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların hava geçirgenliği değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Örgüdeki değişimin kumaşların hava geçirgenliği değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını ve her bir örgünün etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Sonuçlara göre, en düşük hava geçirgenliği değerlerini 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar gösterirken, bu kumaşları sırasıyla 20 atkı/cm ve 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar takip etmiştir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının hava geçirgenliği değerleri üzerindeki etkisi farklıdır.

- Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların hava geçirgenliği değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olduğu görülmüştür. Test sonuçları, örgüdeki değişimin kumaşların hava geçirgenliği değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yarattığını ve her bir örgünün etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Sonuçlara göre, en düşük hava geçirgenliği değerlerini 24 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar gösterirken, bu kumaşları sırasıyla 20 atkı/cm ve 16 atkı/cm atkı sıklığıyla dokunan kumaşlar takip etmiştir. Ayrıca, her bir atkı sıklığının hava geçirgenliği değerleri üzerindeki etkisi birbirinden farklıdır.

- Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak üretilen deneysel kumaşlara ait hava geçirgenliği değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

- Klasik polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların boncuklanma dayanımı değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olmadığı görülmüştür. Örgüdeki değişimin kumaşların boncuklanma dayanımı değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yaratmadığını ve her bir

örgünün etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı görülmüştür. Sonuçlara göre, atkı sıklığındaki değişimin kumaşların boncuklanma dayanımı değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişim yaratmadığı ve her bir atkı sıklığının etkisinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı görülmüştür.

- Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşların boncuklanma dayanımı değerlerine atkı sıklığının, örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin etkisinin olmadığı görülmüştür.

- Klasik ve geri dönüşüm polyester atkı ipliği kullanılarak üretilen deneysel boncuklanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

KAYNAKLAR

Ak, F.N. (2006). Belirli Dokuma Konstrüksiyonlarının Kumaş Performans Özelliklerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi,* Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü,Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Aslan, S. ve Kaplan, S. (2017). Filtrasyon tekstilleri: kullanılan hammaddeler, üretim yöntemleri ve kullanım alanları. *Tekstil ve Mühendis,* 79/17.

Baek, Y.M., Shin, P.S., Kim, J.H., Park, H.S., Kwon, D.J., DeVries, K.L., Park, J.M., (2018). Investigation of Interfacial and Mechanical Properties of Various Thermally Recycled Carbon Fibers/Recycled PET Composites. *Fibers and Polymers*, Vol.19, No.8, 1767-1775.

Başer**,** G. (2004). *Dokuma Tekniği ve Sanatı*. İzmir: Punto Yayıncılık.

Bozdoğan, F. ve Başer, G. (1990). Türkiye'de üretilen PET-polyester liflerinin bazı önemli fiziksel özellikleri. *Tekstil ve Makine*, 4/1990.

Can, Y. ve Kırtay E. (2007).pamuklu bezayağı kumaşların yırtılma mukavemetlerine etki eden iplik özellikleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,* 7(2).

Choi, Y.J., Kim, I., Kim, S.H., (2019). Effect of heat-setting on the physical properties of chemically recycled polyester nonwoven fabrics. *Textile Research Journal, 89(4).*

Çaylı, G. (2021). Geri dönüşüm kumaşlardan mamul konfeksiyon ürünlerinin üretim ve kullanım özelliklerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.

Çelik, E. (2018). Polipropilen liflerinin dokuma kumaş yapılarındaki fiziksel performansının incelenmesi.*Yüksek Lisans Tezi,* Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kayseri.

Demir, Ö. (2016). Luxıcool elyafı kullanımının kumaş konfor özelliklerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi,* Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.

Demiral, S. ve Tayyar, A.E. (2018). Çok Katlı Dokuma Kumaşlar. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi,* 39-54 2018(2).

Dönmez, E.T. (2017). Geri dönüşümü yapılmayan tekstil atıklarının kullanılarak elektromanyetik kalkanlama, ısı izolasyonu ve ses yalıtımı sağlayan yüzeylerin eldesi. *Doktora Tezi,* Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Anabilim Dalı, Uşak.

Eser, B., Çelik, P., Çay, A., Akgümüş, D. (2016). Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları. *Tekstil ve Mühendis,* 23: 101, 43-60.

Göknil, N. (2019). Farklı iplik özelliklerine sahip poliester kumaşların hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa.

Kadem, F.D. ve Ergen, A. (2011). Farklı membranlı laminasyonlu kumaşların mukavemetlerinin araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 26(2), ss. 1-8.

Kadem, F.D. ve Oğulata, R.T. (2009).boyalı ipliklerden üretilen farklı konstrüksiyonlardaki pamuklu kumaşlarda kumaş yırtılma mukavemetinin regresyon analizi. *Tekstil ve Konfeksiyon,* 2/2009.

Kadem, F.D. ve Oğulata, R.T. (2014).İpliği Boyalı Pamuklu Kumaşlarda Kumaş Konstrüksiyonunun Boncuklanma ve Aşınmaya Etkisinin Araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 29(1), ss 89-97.

Kadem, F.D. ve 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.

Kalaycı, E., Avinç, O., Yavaş, A. (2016). Yüksek performanslı polietilen (hppe) lifleri. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 1: 13-34.

Kara, Ş. (2011). Farklı enine kesit şekillerinde üretilen kimyasal liflerin yapısal davranışları ve kullanım özelliklerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Anabilim Dalı, İzmir.

Karahan, N. ve Mangut, M. 2011. *Tekstil Lifleri.* Bursa: Ekin Yayınevi.

Kılıç, H. (2016). Nanopartikül takviyeli geri dönüşüm pet (rpet) polimeri esaslı cips ve lif formuna sahip nanokompozit üretimi ve karakterizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi,* Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isparta.

Kırış, G. (2020). Farklı filament inceliği ve filament kesit formu kullanılarak geri dönüşüm pet polimerinden (rpet) poy ve tekstüre (dty) polyester ipliklerin eldesi ve örme ve dokuma kumaşların çeşitli performans özelliklerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isparta.

Koca, E., Öz, C., Yıldırım Artaç, B. (2016). Hazır Giyim Sektöründe Sürdürülebilirliğin Yöneticiler Açısından Değerlendirilmesi. *Tekstil ve Mühendis,* 23: 103, 220-230.

Kocaman, C. (2014).Ambalaj atıklarının geri kazanımı ve bursa örneği. *Yüksek Lisans Tezi,* Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Aksaray.

Kurtça, E. (2001). Atkı ipliği özellikleri, sıklık ve örgü tipinin kumaş mekanik özellikleri üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi,* İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Marmaralı, A., Dönmez Kretzschmar, S., Özdil, N., Gülsevin Oğlakcıoğlu, N. (2006).Giysilerde ısıl konforu etkileyen parametreler. *Tekstil ve Konfeksiyon,* 4/2006.

Necef, Ö., Tama, D., Boz, S. (2020). Moda Endüstrisinde Uygulanan Sürdürülebilirlik Stratejilerine Örnekler. *TJFMD,* 2 (4): 67-78.

Nohut, S., Sarıoğlu, E., Yayla, O., Kaynak, İ., Vuruşkan, D. (2018).Ring Eğirme Yöntemi ile Üretilen Geri Dönüşüm Polyester (r-PET) Karışımlı İpliklerin Karakterizasyonu. *3rd International Mediterranean Science and Engineering Congress,* Çukurova University, Congress Center, pp 971-975.

Oğultürk, G. (2008). Dokuma kumaşlarda su iticilik ve buruşmazlık özelliklerinin tek adımda iyileştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Okur, A. (1995). Pamuklu Dokuma Kumaşların Eğilme Dirençleri ve Dökümlülük Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. *Tekstil ve Mühendis,* 9(47-48).

Öner, E. (2008). Dokuma kumaşların konfor özellikleri üzerine bir araştırma. *Yüksek Lisans Tezi,* Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.

Özat, F.A. (2019). Polyester tekstüre ipliklerde filament kesit şeklinin ve tekstüre işlem parametrelerinin iplik ve kumaş özelliklerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi,* Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa.

Özdil, N. ve Özçelik, G. (2006).Kumaşlarda yırtılma mukavemeti test yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma. *Tekstil ve Konfeksiyon* 3/2006.

Sarıduman, S. (2005). Endüstriyel olarak üretilmekte olan çeşitli atkı fitilli kadife kumaş özellikleri üzerine bir inceleme. *Yüksek Lisans Tezi,* Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü,Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Saville, B P. (1999).*Physical testing of textiles.*Washington: Woodhead Publishing Ltd.

Seventekin, N. (2003). *Kimyasal Lifler.*İzmir: Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma, Uygulama Merkezi Yayını.

Sungur, E.G. (2020). Dokuma kumaşların yapısal ve mekanik özellikleri ile dökümlülüğü arasındaki ilişkinin incelenmesi.*Yüksek Lisans Tezi,* Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa.

Tayyar, A.E. ve Üstün, S. (2010). Geri Kazanılmış Pet'in Kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16/1, ss 53-62.

Telli, A. (2011). Pet şişe geri dönüşüm pes ile klasik pes liflerinden üretilen iplik ve kumaş özelliklerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma. *Yüksek Lisans Tezi,* Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.

Telli, A. (2016). Geri dönüşüm pamuk, r-pet ve karışımlarının denim kumaş üretiminde kullanılması. *Doktora Tezi,* Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.

Telli, A., Özdil, N., Babaarslan, O. (2012). PET Şişe Atıklarının Tekstil Endüstrisinde Değerlendirilmesi ve Sürdürülebilirliğe Katkısı. *Tekstil ve Mühendis,* 19: 86, 49-55.

Tok, O. (2011). Farklı Pet İpliklerle Oluşturulan Otomotiv Döşemelik Kumaşların Mukavemet Aşınma Dayanımı ve Işık Haslığı Açısından İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa

Tufaner, F.(2019). Geri Dönüşebilir Atıkların Toplanması Konusunda Yapılan Bilgilendirme Çalışmalarının Toplama Verimine Katkısının Araştırılması, İklim Değişikliği ve Çevre, 4, (1) 33–40.

Tural, R. (2014). İletken bikomponent iplik üretimi. *Yüksek Lisans Tezi,* Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa.

Türkoğlu, Y. (2010). Metal tel içerikli kompozit ipliklerden örülen süprem kumaşların elektromanyetik ekranlama ve konfor özelliklerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kayseri.

Uyanık, S.(2019). A study on the suitability of which yarn number to use for recycle polyester fiber, *The Journal of The Textile Institute*, 110:7, 1012-1031, DOI: 10.1080/00405000.2018.1550889

Yakartepe, Z. ve Yakartepe, M. (1998). *Genel Tekstil*. İstanbul: T.K.A.M. Genel Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi.

Yavaşçaoğlu, A. (2018).Akrilik karışımlı ipliklerden dokunmuş kumaş özelliklerinin araştırılması. *Doktora Tezi,* Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa.

Yıldız, G. (2019). Protein, pamuk, viskon ve polyester esaslı örme kumaş özelliklerinin karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi,* Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa.

Yücel, S. ve Tiber, B. (2018). Hazır Giyim Endüstrisinde Sürdürülebilir Moda. *Tekstil ve Mühendis,* 25: 112, 370-380.

Zarrabi Ahrabi, A. (2009). Pet atıkları kullanılarak kompozit malzeme üretiminin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi,* Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara.

Anonim, (1999).TS EN 12127. Tekstil-Kumaşlar-Küçük numuneler kullanarak birim alan başına kütlenin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim, (2008).TS EN ISO 139. Tekstil-Şartlandırma ve deney için standart ortamlar. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
Anonim (2002). TS EN ISO 13934-1. Tekstil- Kumaşların gerilme özellikleri- Bölüm 1:En büyük kuvvetin ve en büyük kuvvet altında boyca uzamanın tayini- Şerit metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
Anonim (1991). TS 251 Dokunmuş Kumaşlar – Birim uzunluk ve birim alan kütlesinin tayini.

EKLER

Sayfa

EK 1. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunmuş kumaşlarda örgünün, atkı sıklığının ve kesişimlerinin kumaşın gramajına, kalınlığına, çözgü ve atkı yönünde kopma mukavemetine vekopma uzamasına, hava geçirgenliğine ve boncuklanma dayanımına etkisi ANOVA test sonuçları…….85

EK 2. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunmuş kumaşlarda örgünün, atkı sıklığının ve kesişimlerinin kumaşın gramajına, kalınlığına, çözgü ve atkı yönünde kopma mukavemetine ve kopma uzamasına, hava geçirgenliğine veboncuklanma dayanımına etkisi ANOVA test sonuçları……..87

EK 3. Bağımsız örneklem t-testi sonuçları……89

EK 1. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunmuş kumaşlarda örgünün, atkı sıklığının ve kesişimlerinin kumaşın gramajına, kalınlığına, çözgü ve atkı yönünde kopma mukavemetine vekopma uzamasına, hava geçirgenliğine ve boncuklanma dayanımına etkisi ANOVA test sonuçları

Kaynak	Değişken	Kareler toplamı	df	Ortalama Kare	F	Anlamlılık
Örgü	**Çözgü kopma muk.**	492496,897	2	246248,448	5469,900	,000
	Atkı kopma muk.	56906,592	2	28453,296	478,481	,000
	Çözgü kopma uzaması	8,784	2	4,392	42,831	,000
	Atkı kopma uzaması	14,413	2	7,207	95,089	,000
	Hava geçirgenliği	3493338,049	2	1746669,025	11565,755	,000
	Boncuklanma	,296	2	,148	2,000	,164
	Kalınlık	,094	2	,047	516,632	,000
	Gramaj	24,563	2	12,282	8635,523	,000
Atkı sıklığı	**Çözgü kopma muk.**	96112,880	2	48056,440	1067,474	,000
	Atkı kopma muk.	441436,145	2	220718,072	3711,675	,000
	Çözgü kopma uzaması	19,022	2	9,511	92,753	,000
	Atkı kopma uzaması	6,579	2	3,290	43,405	,000
	Hava geçirgenliği	884008,161	2	442004,081	2926,777	,000
	Boncuklanma	,074	2	,037	,500	,615
	Kalınlık	,006	2	,003	32,529	,000
	Gramaj	1175,088	2	587,544	413116,898	,000
Örgü * Atkı sıklığı	**Çözgü kopma muk.**	27648,992	4	6912,248	153,541	,000
	Atkı kopma muk.	13037,510	4	3259,377	54,811	,000
	Çözgü kopma uzaması	10,455	4	2,614	25,489	,000
	Atkı kopma uzaması	15,156	4	3,789	49,996	,000
	Hava geçirgenliği	67677,650	4	16919,413	112,034	,000
	Boncuklanma	,148	4	,037	,500	,736
	Kalınlık	,002	4	,001	6,875	,002
	Gramaj	59,074	4	14,769	10384,125	,000
Hata	**Çözgü kopma muk.**	810,339	18	45,019		
	Atkı kopma muk.	1070,386	18	59,466		
	Çözgü kopma uzaması	1,846	18	,103		
	Atkı kopma uzaması	1,364	18	,076		
	Hava geçirgenliği	2718,374	18	151,021		
	Boncuklanma	1,333	18	,074		
	Kalınlık	,002	18	9,067E-5		
	Gramaj	,026	18	,001		

EK 1. Klasik polyester atkı ipliği ile dokunmuş kumaşlarda örgünün, atkı sıklığının ve kesişimlerinin kumaşın gramajına, kalınlığına, çözgü ve atkı yönünde kopma mukavemetine ve kopma uzamasına, hava geçirgenliğine ve boncuklanma dayanımına etkisi ANOVA test sonuçları (devam)

Toplam	**Çözgü kopma muk.**	17005852,088	27			
	Atkı kopma muk.	10087863,163	27			
	Çözgü kopma uzaması	28961,906	27			
	Atkı kopma uzaması	30246,342	27			
	Hava geçirgenliği	15599448,474	27			
	Boncuklanma	657,000	27			
	Kalınlık	4,443	27			
	Gramaj	358223,360	27			

EK 2. Geri dönüşüm polyester atkı ipliği ile dokunmuş kumaşlarda örgünün, atkı sıklığının ve kesişimlerinin kumaşın gramajına, kalınlığına, çözgü ve atkı yönünde kopma mukavemetine ve kopma uzamasına, hava geçirgenliğine ve boncuklanma dayanımına etkisi ANOVA test sonuçları

Kaynak	Değişken	Kareler toplamı	df	Ortalama kare	F	Anlamlılık
Atkı sıklığı	**Çözgü kopma muk.**	34134,480	2	17067,240	320,223	,000
	Atkı kopma muk.	379622,233	2	189811,117	4138,420	,000
	Çözgü kopma uzaması	10,018	2	5,009	84,082	,000
	Atkı kopma uzaması	2,706	2	1,353	7,663	,004
	Hava geçirgenliği	515850,957	2	257925,479	15642,845	,000
	Boncuklanma	,074	2	,037	,500	,615
	Kalınlık	,013	2	,007	69,592	,000
	Gramaj	1143,802	2	571,901	25099,682	,000
Örgü	**Çözgü kopma muk.**	320121,997	2	160060,998	3003,133	,000
	Atkı kopma muk.	39834,576	2	19917,288	434,253	,000
	Çözgü kopma uzaması	15,231	2	7,616	127,839	,000
	Atkı kopma uzaması	2,379	2	1,190	6,738	,007
	Hava geçirgenliği	856051,960	2	428025,980	25959,219	,000
	Boncuklanma	,296	2	,148	2,000	,164
	Kalınlık	,051	2	,025	267,085	,000
	Gramaj	27,486	2	13,743	603,161	,000
Örgü * Atkı sıklığı	**Çözgü kopma muk.**	51658,183	4	12914,546	242,308	,000
	Atkı kopma muk.	6644,399	4	1661,100	36,217	,000
	Çözgü kopma uzaması	14,448	4	3,612	60,633	,000
	Atkı kopma uzaması	24,109	4	6,027	34,135	,000
	Hava geçirgenliği	110948,162	4	27737,041	1682,215	,000
	Boncuklanma	,148	4	,037	,500	,736
	Kalınlık	,001	4	,000	1,838	,166
	Gramaj	55,213	4	13,803	605,802	,000

Hata	**Çözgü kopma muk.**	959,364	18	53,298		
	Atkı kopma muk.	825,581	18	45,866		
	Çözgü kopma uzaması	1,072	18	,060		
	Atkı kopma uzaması	3,178	18	,177		
	Hava geçirgenliği	296,791	18	16,488		
	Boncuklanma	1,333	18	,074		
	Kalınlık	,002	18	9,467E-5		
	Gramaj	,410	18	,023		
Toplam	**Çözgü kopma muk.**	15441408,634	27			
	Atkı kopma muk.	9130324,790	27			
	Çözgü kopma uzaması	29193,044	27			
	Atkı kopma uzaması	28340,588	27			
	Hava geçirgenliği	4247909,471	27			
	Boncuklanma	657,000	27			
	Kalınlık	3,709	27			
	Gramaj	358950,806	27			

EK 3. Bağımsız örneklem t-testi sonuçları

		Levene'ninVaryansların Eşitliği Testi		Ortalamaların eşitliği t-testi						
									%95 Güven aralığındaki fark	
		F	Anlamlılık	t	Serbestlik derecesi	Anlamlılık (2-kuyruk)	Ortalama farkı	Std. sapma fark	Düşük	Yüksek
Çözgü yönünde kopma mukavemeti	Varyanslar eşit kabul edildiğinde	,859	,358	,861	52	,393	32,883370	38,191733	-43,753948	109,520689
	Varyanslar farklı kabul edildiğinde			,861	49,897	,393	32,883370	38,191733	-43,830893	109,597634
Atkı yönünde kopma mukavemeti	Varyanslar eşit kabul edildiğinde	,905	,346	,759	52	,451	27,763648	36,580657	-45,640811	101,168107
	Varyanslar farklı kabul edildiğinde			,759	51,573	,451	27,763648	36,580657	-45,655296	101,182592
Çözgü yönünde Kopma uzaması	Varyanslar eşit kabul edildiğinde	,368	,547	-,383	52	,703	-,130148	,339423	-,811249	,550953
	Varyanslar farklı kabul edildiğinde			-,383	51,997	,703	-,130148	,339423	-,811250	,550954
Atkı yönünde Kopma uzaması	Varyanslar eşit kabul edildiğinde	,214	,646	3,389	52	,001	1,069333	,315519	,436199	1,702468
	Varyanslar farklı kabul edildiğinde			3,389	51,720	,001	1,069333	,315519	,436117	1,702550
Boncuklanma dayanımı	Varyanslar eşit kabul edildiğinde	,000	1,000	,000	52	1,000	,000000	,072636	-,145754	,145754
	Varyanslar farklı kabul edildiğinde			,000	52,000	1,000	,000000	,072636	-,145754	,145754