

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI FİLAMENT İNCELİĞİ VE FİLAMENT KESİT FORMU
KULLANILARAK GERİ DÖNÜŞÜM PET POLİMERİNDEN (RPET)
POY VE TEKSTÜRE (DTY) POLYESTER İPLİKLERİN ELDESİ VE
ÖRME VE DOKUMA KUMAŞLARIN ÇEŞİTLİ PERFORMANS
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Gül KIRIŞ

**Danışman
Doç. Dr. Demet YILMAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2020**



© 2020 [Gül KIRIŞ]

TEZ ONAYI

Gül KIRIŞ tarafından hazırlanan " Farklı Filament İnceliği Ve Filament Kesit Formu Kullanılarak Geri Dönüşüm Pet Polimerinden (rPET) POY Ve Tekstüre (DTY) Polyester İpliklerin Eldesi Ve Örme Ve Dokuma Kumaşların Çeşitli Performans Özelliklerinin İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doc. Dr. Demet YILMAZ
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doc. Dr. Sennur ALAY
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Çağlar SİVRİ
Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Gül KIRIŞ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Spor Tekstilleri	1
1.2. Spor tekstillerinde kullanılan lifler	3
1.2.1. Doğal lifler	4
1.2.2. Sentetik lifler	5
1.3. Spor tekstillerinde lif kesitinin ve lif inceliğinin etkisi	9
1.4. Polyesterin geri dönüştürülmesi	12
2. KAYNAK ÖZETLERİ	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1. Materyal	25
3.1.1. PET ve rPET polimeri.....	25
3.1.2. Spin-finish ve kone yağı	26
3.2. Yöntem.....	27
3.2.1 Kısım oryante olmuş (POY) polyester ipliği eldesi	28
3.2.1.1. Yaş polimerin sevk edilmesi.....	29
3.2.1.2. Polimerin kristalize edilmesi	29
3.2.1.3. Polimerin Kurutulması	30
3.2.1.4. Kurumuş polimerin ekstrüderde eritilmesi	30
3.2.1.5. Filtreleme.....	31
3.2.1.6. Eriyik polimerin pompa ile düzelere iletilmesi	31
3.2.1.7. Eriyik polimerin düzeden geçişi ve kullanılan düze türleri	32
3.2.1.8. Sıcak eriyik polimerin soğuk hava ile soğutulması	34
3.2.1.9. Spin-finish yağı uygulanması	35
3.2.1.10. Germe-çekme işlemi	35
3.2.1.11. POY ipliğinin sarımı	36
3.2.2 Tekstüre işlemi	36
3.2.2.1. Çekim.....	37
3.2.2.2. POY ipliğinin ısıtılması ve birincil ısıtma	37
3.2.2.3. Friksiyon diskli tekstüre işlemi.....	38
3.2.2.4. İkinci ısıtma	38
3.2.2.5. Kone yağı uygulaması	38
3.2.3. Tekstüre İpliklerden Örme Kumaş Eldesi	39
3.2.4. Tekstüre İpliklerden Dokuma Kumaş Eldesi	40
3.3. Yapılan test ve analizler	41
3.3.1. Polimer viskozitesi.....	42
3.3.2. Nem oranı tayini	42
3.3.3. Erime noktası tayini	43
3.3.4. İplik numara tayini	43

3.3.5. İplik kesit analizi.....	44
3.3.6. İplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması	45
3.3.7. İplik düzgünsüzlüğü	46
3.3.8. Kaynama çekmesi analizi	46
3.3.9. Tekstüre ipliklerin kıvrım değerleri	48
3.3.10. POY ve tekstüre ipliklerinin yağ oranının analizi.....	49
3.3.11. Örme kumaş gramajı ve sıklığı	50
3.3.12. Örme kumaşların su buharı emicilik testi (Satra nem alma testi)	51
3.3.13. Örme kumaşların kuruma hızlarının tespit edilmesi.....	52
3.3.14. Kumaşların su emicilik ve kuruma hızı analizleri	55
3.3.15. Örme kumaşlarda boya analizi	57
3.3.16. Dokuma kumaşların gramaj tayini.....	60
3.3.17. Dokuma kumaşların kopma mukavemetinin tayini.....	60
3.3.18. Dokuma kumaşların yırtılma mukavemetinin tayini.....	61
3.3.19. Dikiş açılması ve dikiş kayma mukavemeti testi.....	61
3.3.20. Aşınma mukavemeti testi	61
3.3.21. Hava geçirgenliği tayini	62
3.4. Test sonuçlarının değerlendirilmesi	63
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	64
4.1. İplik Test Sonuçları	65
4.1.1. İplik kesit görüntüleri	65
4.1.2. İplik kopma mukavemeti.....	68
4.1.3. İplik kopma uzaması	72
4.1.4. İplik düzgünsüzlüğü	75
4.1.5. Kaynama sonrası çekme	76
4.1.6. Tekstüre ipliklerin kıvrım özellikleri.....	78
4.1.7. Spin-finish yağ ölçüm sonuçları.....	80
4.2. Örme Kumaşlara Ait Sonuçlar	82
4.2.1. Kumaş gramajı.....	82
4.2.2. Kumaş sıklığı	83
4.2.3. Su buharı emicilik sonuçları	84
4.2.4. Kumaşların kuruma davranışlarının incelenmesi	86
4.2.5. Kumaşların ıslanma test sonuçları	88
4.2.6. Kuruma davranışının değerlendirilmesi	89
4.2.7. Boyama sonrası renk analizi sonuçları	91
4.3. Dokuma Kumaşlara Ait Sonuçlar	93
4.3.1. Kumaş gramajı.....	93
4.3.2. Kumaş kopma mukavemeti	94
4.3.3. Kumaş kopma uzaması	96
4.3.4. Kumaş yırtılma mukavemeti.....	98
4.3.5. Kumaş dikiş kayma mukavemeti.....	99
4.3.6. Kumaş aşınma direnci	100
4.3.7. Kumaş hava geçirgenliği.....	101
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	104
KAYNAKLAR	116
ÖZGEÇMİŞ.....	122

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI FİLAMENT İNCELİĞİ VE FİLAMENT KESİT FORMU KULLANILARAK GERİ DÖNÜŞÜM PET POLİMERİNDEN (RPET) POY VE TEKSTÜRE (DTY) POLYESTER İPLİKLERİN ELDESİ VE ÖRME VE DOKUMA KUMAŞLARIN ÇEŞİTLİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Gül KIRIŞ

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Demet YILMAZ

Bu tez çalışmasında, PET ve geri dönüşüm PET (rPET) polimerinden yuvarlak, artı kesit ve farklı filament sayılarında POY ve tekstüre ipliklerin elde edilmesi ve ipliklerin fiziksel özellikleri yanında bu ipliklerden üretilmiş kumaşların su ve su buharı emiciliği ve kuruma davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Tez çalışmasında, yuvarlak ve artı düze kesit formları kullanılarak PET ve rPET polimerlerinden yumuşak çekim prensibine göre 75 denye 36, 48, 72 filament lif çekim işlemi yapılmıştır. Elde edilen yarı mamulden tekstüre ipliği üretilmiş ve tekstüre numunelerinden numune çorap örme makinasında örme kumaş üretimi ile dokuma kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. Hammadde, POY, tekstüre iplik, örme kumaş ve dokuma kumaş numunelerinin fiziksel özellikleri incelenmiştir.

Üretim denemeleri işletme ortamında gerçekleştirilmiş olup, endüstriyel kullanıma uygunluk açısından rPET polimerinden artı kesit POY ve tekstüre iplik çalışma koşulları ve üretilebilirliği gözlemlenmiştir. Lif üretiminde kullanılan polimerin kullanılmış plastik atıklarından elde edilen geri dönüşüm PET polimeri (rPET) olması nedeniyle üretim safhalarında yaşanabilecek olumsuzluklar gözlemlenmiş ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Elde edilen POY ve tekstüre iplik numunelerinin kesit analizi, filament inceliği, kopma mukavemeti, kopma uzaması, düzgünsüzlük, kıvrım analizi, kaynama çekmesi gibi fiziksel özellikleri gözlemlenmiş elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

Tekstrüre iplikleri aynı ortam ve makine şartlarında dokuma ve örme işlemlerine tabi tutulmuştur. Dokuma kumaşlarda kopma mukavemeti, kopma uzaması, yırtılma mukavemeti, dikiş açılması, sürtünme dayanımı, hava geçirgenliği, gibi fiziksel kumaş testleri yapılmıştır. Örme kumaşlarda çorap boyama testi, su emme, su buharı emicilik ve kuruma davranışları gözlemlenmiştir.

Yapılan test ve analizler sonucunda; filament sayısının artmasıyla filament inceliğinin de arttığı görülmüştür. Filament sayısının artmasıyla iplik düzgünsüzlüğünün de arttığı tespit edilmiştir. Artı kesitli rPET örme kumaşların yuvarlak kesitli rPET örme kumaşlara göre su ve su buharı emiciliklerinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kuruma hızlarına bakıldığında artı kesitli kumaşların kuruma hızlarının daha yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: rPET, plastik atıklar, PET, polyester lifi, lif kesit şekli, kuruma, emicilik, spor tekstilleri, çevre kirliliği, sürdürülebilirlik

2020, 122 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

PRODUCING POY AND TEXTURIZED YARN (DTY) FROM RECYCLED PET (RPET) POLIMER IN DIFFERENT FILAMENT FINENESS AND CROSSECTION AND INVESTIGATION OF VARIOUS PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF KNITTED AND WOVEN FABRICS

Gül KIRIŞ

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Demet YILMAZ

In this thesis, it is aimed to obtain round and plus shape crossection and different filament numbers of POY and texturised yarns from PET and recycle PET (rPET) polymer and to examine water and water vapor absorption and drying behavior of the fabrics produce from these yarns. In the thesis study, 75 denier 36, 48, 72 filament number fiber drawing processes were made using PET and rPET polymers according to the melt drawing principle by using round and plus crossection forms. Textured (DTY) yarns was produced from the semi-finished product (POY) obtained, and knitted fabric production and woven fabric were produced in the sample socks knitting machine from the textured samples. Physical properties of raw material, POY, texturised yarn, knitted fabric and woven fabric samples were examined.

Production trials were conducted in the operating environment, and the working conditions also manufacturability of the plus crossection rPET POY and rPET DTY were observed in terms of stability for industrial use. Since the polymer used in fiber production is a recycling PET polymer (rPET) obtained from the used plastic wastes, the problems that may occur during the production phases have been observed and evaluated.

Physical properties such as crossection analysis, fiber fineness, tensile strength, breaking elongation, unevenness, crimp analysis, shrinkage analysis of POY and DTY samples were evaluated.

DTY samples were subjected to weaving and knitting processes under the same environment and machine conditions. Physical fabric tests such as tensile strength, breaking elongation, tear strength, seam slippage, abrasion resistance, air permeability have been performed on woven fabrics. Sock dyeing test, water absorption, water vapor absorption and drying behaviors were observed in knitted fabrics.

As a result of the test and analysis; it has been observed that the filament fineness increases with the increasing number of filaments. It was found that yarn unevenness also increased with increasing filament count. It has been determined that rPET knitted fabrics with plus cross-section have higher water and water vapor absorbency compared to rPET knitted fabrics with round cross-section. When the drying speeds are examined, it is seen that the cross-section fabrics have higher drying speeds.

Keywords: rPET, plastic wastes, PET, polyester fiber, fiber cross-section, fabric drying, absorbency, sport textiles, environmental pollution, sustainability.

2020, 122 pages



TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım tüm zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan tez hazırlık sürecim boyunca maddi manevi her konuda tam destek olarak bu yolda en güzel şekilde rehberlik eden değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Demet YILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tezi jüri üyeri hocalarım, Sayın Doç. Dr. Sennur ALAY ve Dr. Çağlar SİVRİ'ye bana değerli vakitlerini ayırarak yönlendirici ve aydınlatıcı fikirleriyle katkıda bulundukları için teşekkür ederim.

Tezimin materyal ve metod aşamalarındaki desteklerinden dolayı ayrıca araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını eksik etmeyen ikinci yuvam olarak gördüğüm tüm Küçükçalık İplik A.Ş ailesine teşekkürü borç bilirim.

Bu güne ulaşmamda en büyük paya sahip olan, her zaman ileriye, aydınlığı gösteren, hayatımın her basamağında vazgeçmemem gerektiğini davranış ve yaşam tarzlarıyla hissettiren sevgili anneciğim Müzeyyen AYDIN ve gölgesinde olmaktan her daim gurur duyduğum sevgili babacığım Abdullah AYDIN'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan sevgili eşim, hayat arkadaşım Kamil KIRIŞ'a, her zaman anneleri olmaktan şeref duyduğum, neşeleriyle azmimi kabartan "iyi ki" dediğim sevgili evlatlarım Ahmet Bilal KIRIŞ ve Ali Eymen KIRIŞ'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Gül KIRIŞ
ISPARTA, 2020

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. 2011 yılına ait teknik tekstillerin küresel olarak dağılımı	1
Şekil 1.2. Coolmax lif yapısı.....	7
Şekil 1.3. Termolite lifi.....	8
Şekil 1.4. Supplex Lifi.....	9
Şekil 1.5. Sentetik liflere ait bazı kesit görüntüleri.....	11
Şekil 1.6. 2018 yılına ait global ölçekte atık oranları.....	13
Şekil 1.7. Geri dönüşüm lif (rPET) işlem basamakları.....	16
Şekil 3.1. Yaş rPET ve PET polimeri arasındaki ton farkı.....	26
Şekil 3.2. Ekstrüder ünitesi	31
Şekil 3.3. Eriyik polimerin pompalar yardımıyla düze ve soğutma kanalına iletilmesi.....	32
Şekil 3.4. Düze mikroskobu	33
Şekil 3.5. Yuvarlak (a) ve artı (b) kesitli düze görüntüsü	33
Şekil 3.6. Düze kalıbını oluşturan katmanlar	34
Şekil 3.7. Germe-çekme işleminde kullanılan godet slindirleri (a) ve yumuşatma işleminde kullanılan üst fırın (b)	37
Şekil 3.8. PU disk kombinasyonu.....	38
Şekil 3.9. Numune örme makinesi.....	39
Şekil 3.10. Dokuma tezgahı	40
Şekil 3.11. İplik çıkırığı.....	44
Şekil 3.12. Kesit mikroskopu.....	45
Şekil 3.13. Tekstüremeter ve ısıtıcı fırın.....	47
Şekil 3.14. Kumaş kesim aparatı	50
Şekil 3.15. Su buharı emicilik test düzeneği.....	52
Şekil 3.16. Boyama yapılmış çorap numuneleri.....	58
Şekil 3.17. CIE Lab değerleri.....	59
Şekil 3.18. Renk koordinatı	59
Şekil 3.19. Titan kumaş mukavemet test cihazı.....	60
Şekil 3.20. Martindale aşınma mukavemeti test cihazı.....	62
Şekil 4.1. PET ve rPET polimerinden elde edilen ipliklerin tekstüre işlemi öncesi (P1 ve P2) ve sonrası (T1 ve T2) kesit görüntüleri	66
Şekil 4.2. 36, 48 ve 72 adet filament sayısına sahip ipliklerin tekstüre işlemi öncesi (P2, P3 ve P4) ve sonrası (T2, T3 ve T4) kesit görüntüleri.....	67
Şekil 4.3. Yuvarlak ve artı kesit formuna sahip ipliklerin tekstüre işlemi öncesi (P3 ve P5) ve sonrası (T3 ve T5) kesit görüntüleri	68
Şekil 4.4. POY ve tekstüre ipliklerinin kopma mukavemeti sonuçları	69
Şekil 4.5. POY ve tekstüre ipliklerinin kopma uzaması sonuçları.....	73
Şekil 4.6. POY ipliklerin düzgünsüzlük sonuçları.....	75
Şekil 4.7. POY ve tekstüre iplik numunelerinin kaynama sonrası çekme sonuçları.....	76
Şekil 4.8. Tekstüre ipliklerinin kıvrım kısılması sonuçları	78
Şekil 4.9. Tekstüre ipliklerin kıvrım modülü sonuçları.....	79
Şekil 4.10. Tekstüre ipliklerin kıvrım kalıcılığı sonuçları.....	79
Şekil 4.11. POY (mavi) ve tekstüre (kırmızı) ipliklerin yağ analiz sonuçları	81
Şekil 4.12. Kumaş gramajı değerleri.....	83

Şekil 4.13. Kumaşların sıklık sonuçları	84
Şekil 4.14. Kumaşların su buharı emicilik test sonuçları	84
Şekil 4.15. Kumaşların su buharı emicilik testi sonrası zamana bağlı kuruma davranışları	86
Şekil 4.16. Kumaşların su buharı emicilik oranı ve kuruma hızları sonuçları	87
Şekil 4.17. Islanma testi sonrası kumaşların su alma kapasiteleri	88
Şekil 4.18. Kumaşların emicilik testi sonrası zamana bağlı kuruma davranışları	89
Şekil 4.19. Kumaşların su emicilik oranı ve kuruma hızları sonuçları	90
Şekil 4.20. Kumaş gramajı değerleri	94
Şekil 4.21. Çözümlü yönünde kumaş kopma mukavemeti sonuçları	95
Şekil 4.22. Çözümlü ve atkı yönünde kumaş kopma uzaması sonuçları	96
Şekil 4.23. Hava geçirgenliği sonuçları	102



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Lif kesit şekilleri ve life kazandırdığı özellikler	12
Çizelge 3.1. PET ve rPET polimeri fiziksel özellikleri	25
Çizelge 3.2. Spin-finish yağı özellikleri	26
Çizelge 3.3. Kone yağı özellikleri	26
Çizelge 3.4. Tez çalışmasında gerçekleştirilen üretim denemeleri	28
Çizelge 3.5. POY iplik numuneleri için makine ayarları	36
Çizelge 3.6. Tekstüre ipliklerine ait makine çalışma ayarları	39
Çizelge 3.7. Dokuma kumaş üretim parametreleri	40
Çizelge 3.8. Viskozite ölçüm sonuçları	42
Çizelge 3.9. PET ve rPET polimerlerine ait kurutma öncesi nem değerleri ..	43
Çizelge 3.10. PET ve rPET polimerlerine ait erime noktası değerleri	43
Çizelge 3.11. POY ve Tekstüre iplikleri numara tayin sonuçları	44
Çizelge 3.12. Kopma mukavemeti ve kopma uzaması test sonuçları	46
Çizelge 3.13. POY ipliklerinin düzgünsüzlük test analizleri	46
Çizelge 3.14. POY ve tekstüre ipliklerin kaynama çekmesi analizleri	47
Çizelge 3.15. Tekstüre İpliklerin Kıvrım değerleri	49
Çizelge 3.16. POY ve Tekstüre İpliklerin Yağ Oranları	50
Çizelge 3.17. Numune kumaşların gramaj ve sıklık değerleri	51
Çizelge 3.18. Kumaşların ortalama nem oranları	52
Çizelge 3.19. ÖK1 kumaşının duruma davranışı	53
Çizelge 3.20. ÖK2 kumaşının duruma davranışı	53
Çizelge 3.21. ÖK3 kumaşının duruma davranışı	54
Çizelge 3.22. ÖK4 kumaşının duruma davranışı	54
Çizelge 3.23. ÖK5 kumaşının duruma davranışı	55
Çizelge 3.24. Örme kumaş numunelerine ait kuruma süreleri	55
Çizelge 3.25. Kumaşların zamana bağlı nem miktarlarındaki değişim	56
Çizelge 3.26. Kumaş numunelerinin zamana bağlı % nem oranlarındaki değişim	57
Çizelge 3.27. Kumaşların kuruma hızı sonuçları	57
Çizelge 3.28. Dokuma kumaşların gramaj analizleri	60
Çizelge 3.29. Dokuma kumaşların dikiş açılması değerleri	61
Çizelge 3.30. Dokuma kumaşların aşınma dirençleri	62
Çizelge 3.31. Kumaşların hava geçirgenlik sonuçları	62
Çizelge 4.1. İpliklerin mukavemet özelliğine ait t-testi sonuçları	69
Çizelge 4.2. İpliklerin mukavemet özelliğine ait ANOVA LSD testi sonuçları	71
Çizelge 4.3. İpliklerin kopma uzaması özelliğine ait t-testi sonuçları	73
Çizelge 4.4. İpliklerin kopma uzaması özelliğine ait ANOVA LSD testi sonuçları	74
Çizelge 4.5. İpliklerin kaynama sonrası çekme değerlerine ait t-testi sonuçları	77
Çizelge 4.6. İpliklerin kaynama sonrası çekme değerlerine ait ANOVA LSD testi sonuçları	78
Çizelge 4.7. İpliklerin kıvrım özelliklerine ait t-testi sonuçları	80
Çizelge 4.8. İpliklerin kıvrım özelliklerine ait ANOVA LSD testi sonuçları ...	80

Çizelge 4.9. Kumaşların su buharı emicilik test sonuçlarına ait t-testi sonuçları	85
Çizelge 4.10. Kumaşların su buharı emicilik test sonuçlarına ait ANOVA LSD testi sonuçları.....	86
Çizelge 4.11. Örme kumaşlara ait CIE Lab değerleri.....	92
Çizelge 4.12. Kumaş kopma mukavemeti değerlerine (çözümlü yönünde) ait t-testi sonuçları.....	96
Çizelge 4.13. Kumaş kopma mukavemeti değerlerine (çözümlü yönünde) ait ANOVA LSD testi sonuçları	96
Çizelge 4.14. Kumaş kopma uzaması değerlerine ait t-testi sonuçları	97
Çizelge 4.15. Kumaş kopma uzaması değerlerine ait ANOVA LSD testi sonuçları.....	97
Çizelge 4.16. Dokuma kumaş numunelerine ait yırtılma mukavemeti sonuçları.....	98
Çizelge 4.17. Kumaşların yırtılma mukavemeti değerlerine ait t-testi sonuçları.....	99
Çizelge 4.18. Kumaşların yırtılma mukavemeti değerlerine ait ANOVA LSD testi sonuçları.....	99
Çizelge 4.19. Dokuma kumaş numunelerine ait dikiş kayma mukavemeti sonuçları.....	99
Çizelge 4.20. İlk üç iplik kopuşunun gözlemlendiği aşınma devirleri.....	101
Çizelge 4.21. Dokuma kumaşların hava geçirgenliği sonuçlarına ait t-testi sonuçları.....	103
Çizelge 4.22. Dokuma kumaşların hava geçirgenliği sonuçlarına ait ANOVA LSD testi sonuçları	103

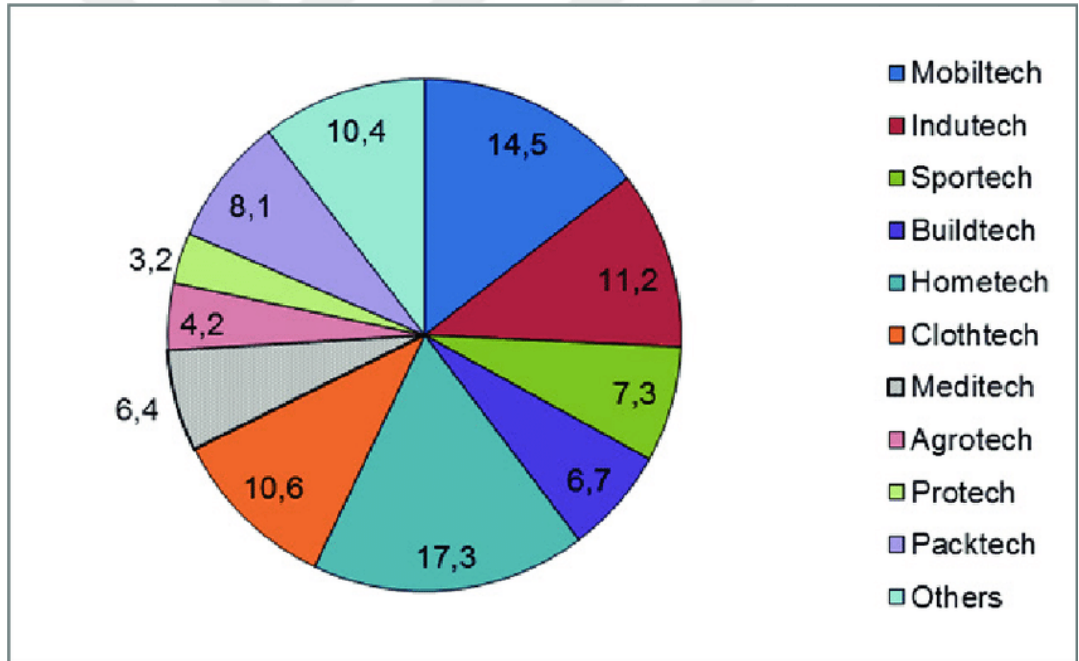
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

POY	Partially oriented yarn (kısmi çekim verilmiş iplik)
FDY	Fully drawn yarn (tam çekim uygulanmış iplik)
DTY	Draw tekstured yarn
Dn	Denye
F	Filament
rPET	Geri dönüşüm PET polimeri
PET	Polietilen tereftalat
°	Derece
C	Santigrat
Dpf	Denye/Filament sayısı
Ppm	Parts per million
WSA	Avrupa Sentetik Elyaflar Derneği
DSC	Diferansiyel taramalı kalorimetre
IV	İçsel viskozite
NMR	Nuclear Magnetic Resonance

1. GİRİŞ

1.1. Spor Tekstilleri

Estetik ve fiziksel görünüş özelliklerinin yanı sıra özellikle performans özelliklerinin ön plana çıktığı tekstil ürünlerine genel anlamda “teknik tekstiller” denilmektedir. Teknik tekstiller, katma değerleri yüksek tekstillerdir. Teknik tekstiller kullanıldıkları tekstil alanlarına göre performans ve görünüm özelliklerini geliştirerek hızla yayılmakta ve büyümektedir. Günümüzde birçok tekstil alanında başrol oynayan teknik tekstil ürünlerini; ev tekstilleri, inşaat tekstilleri, zirai tekstiller, medikal tekstiller, otomotiv tekstilleri, ambalaj tekstilleri, koruyucu tekstiller, ekolojik tekstiller, jeolojik tekstiller ve spor tekstilleri olarak sınıflandırmak mümkündür (Günaydın ve Kara, 2016).



Şekil 1.1. 2011 yılına ait teknik tekstillerin küresel olarak dağılımı (Car vd., 2018)

Spor, belli kural ve tekniklere uyularak yapılan eğlenmek veya yarışmak amacıyla da yapılabilen bedensel faaliyetlerin tümüne verilen addır. Genel anlamda sporun doğuşu insanlığın varoluşu ile başlamış, içinde bulunduğu toplumun kültürel yapısına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. İnsanoğlu, Koşarak, tırmanarak, ağır nesneleri kaldırarak, yüzerek spor amacıyla olmasa da varoluşundan

itibaren hem kendinin hem sevdiklerinin hayatını devam ettirebilmesi ve yaşam kalitesini arttırabilmek için var gücüyle mücadele etmektedir. Önceleri savaşlara hazırlanmak amacıyla yapılan bedensel faaliyetler, daha sonraki zamanlarda soyluların, burjuvaların gösteri amaçlı yaptıkları eğlenceli oyunlara dönüşmüştür. İlerleyen zamanlarda festivaller ve dini törenlerde de bu faaliyetler düzenlenerek aktiviteler daha meşhur bir hale getirilmiştir. Bu bağlamda M.Ö 776 yılında, din ve sporun bir arada olduğu ünlü spor etkinliği olan “Olimpiyat Oyunları” ortaya çıkmıştır. 18. ve 19. asırda spor uzmanlık alanlarına ayrılmıştır. Sanayi devriminden sonra ise bilimsel gelişmelerin de desteklenmesiyle sporcuların daha bilinçli ve en uygun şartlarda çalıştırılmasına başlanmıştır (Çal gücü Gazetesi, 2016).

Günümüzde geniş kitlelere hitap eden spor dalları olan basketbol ve voleybol 1890’lı yıllarda keşfedilmiş ve daha birçok spor dalına ait kitaplar oluşturulmaya başlanmıştır (Sarı, 2019). Spor bedensel faaliyetlerin yanı sıra etkileşim ve sosyalleşme aracı olarak da kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte spor da her geçen gün gelişimini devam ettirmektedir.

Teknoloji ve sanayinin gelişmesiyle birlikte daha fazla iş, daha az kas gücü ile yapılabilir hale gelmiştir. Buna paralel olarak vücut hareketliliği azalmış ve bu durum birçok bedensel ve ruhsal sorunu beraberinde getirmiştir. İnsanoğlunun, çağın getirdiği ataletin önüne geçme ve sağlıklı yaşam arzusu spor aktivitelerinin hızla artmasını ve yaşamımızın bir parçası haline gelmesini sağlamıştır. Birçok insan kent yaşamının bunaltıcı ortamından sıyrılarak çeşitli spor dallarına yönelmiş ve bu şekilde deşarj olma yolunu tercih eder hale gelmiştir.

Spor endüstrisi günümüzde sadece profesyonel sporcular için değil toplumun her kesiminden spora ilgi duyan tüm bireylere hizmet etmektedir. Her spor dalı ve aktivite alanı kendi içinde konfor ve korunma, esneklik gibi özel gereksinimlere sahiptir. Spor tekstilleri, aktivite alanlarının bu özel ihtiyaçlarına cevap verebilmek için doğmuştur. Spor aktivitelerinin yapıldığı sırada sporcuyu rahatsız edebilecek, performans düşüklüğüne neden olabilecek tüm etmenlerin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi amacına hizmet etmektedir.

Spor ürünlerinin ana elemanlarından birisi spor tekstilleridir. Genel olarak spor sahalarında kullanılan tüm tekstil ürünlerini kapsayan geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Spor ürünleri, temel olarak üç ana başlık altında toplanmaktadır (Sarı, 2019). Bunlar:

- Spor giysileri: Sporcunun hareket anında performans özelliklerini daha iyi hale getiren giyilebilir tekstil ürünleridir. Örnek olarak spor formaları, çoraplar, eldivenler, ayakkabılar ve antrenman giysileri verilebilir.
- Spor ekipmanları: Her bir spor alanı için kendine özgü özellikleri ve kuralları baz alınarak geliştirilen spor ürünleridir. Voleybol, basketbol, futbol topları, hokey, kriket, golf sopaları, badminton ve tenis raketleri gibi malzemeler örnek olarak gösterilebilir.
- Spor yardımcı ekipmanları: Spor yapılan alanlarda kullanılan fileler, yapay çimler, paraşüt ekipmanları, uyku tulumları, çadırlar, dağcılık ekipmanları ve yelken bezi gibi ürünleri içine almaktadır.

Sporda önceleri geleneksel tekstiller kullanılmaktaydı, bu nedenle sporcular birçok güçlükle karşılaşabiliyordu. Bunlardan bazıları; terleme, aktivite boyunca vücutta oluşan yoğun ısınma, kıyafetlerin çok gergin olması, kumaşların ekstra ağır olması, yüzücüler için kumaşların sıvı dayanımlı olmaması, rüzgara karşı dayanımlı kumaşların olmaması, hava sirkülasyonlu mukavemetli hafif ayakkabıların bulunmaması vb. Bu ihtiyaçlara bağlı olarak, birçok ülkede araştırma merkezleri ve önde gelen spor tekstileri üretici firmaları olan; Kanebo Ltd., Unitika Ltd., Du Pont, W. L. GORE, Toyboo Co. Ltd., Teijin ve Triangle araştırma ve geliştirme merkezi birçok araştırmalarda bulunmuşlardır (Uttam, 2013).

1.2. Spor tekstillerinde kullanılan lifler

Fonksiyonel spor tekstillerinde genel olarak, ısı ve nem dengesi, hızlı nem emme ve nem transferi kapasitesi, iyi hava ve su geçirgenliği, uzun süren nem hissinin önlenmesi, çabuk kuruma, ıslanma sonrası boyutsal stabilite, hafiflik, yumuşak tuşe, esneklik, özellikleri aranmaktadır (Uttam, 2013). Esasında tüm bu özelliklerden en az biri, genel olarak tekstil liflerinde bulunmaktadır. Ancak, spor

tekstilllerinde bu özelliklerden birkaç tanesinin aynı anda bulunması gerekebilmektedir. Bu bağlamda, tekstil lifleri ihtiyaçlara cevap verebildikleri durumlarda tek başlarına kullanılıyor olsalarda, performans özelliklerini geliştirebilmek, dayanıklılık, kullanım kolaylığı gibi konfor özellikleri katabilmek amacıyla çeşitli liflerin birbirleri ile karıştırılması, iplik/kumaşlara kimyasal bitim işlemlerinin uygulanması, lifin fiziksel görüntüsü ile oynanması, lif enine kesit görünümünün değiştirilmesi gibi uygulamalar yapılmaktadır. Böylece, aktif sporcuların ihtiyaçlarının karşılanması sağlanmaktadır.

1.2.1. Doğal lifler

Klasik ve teknik tekstil ürünlerinin üretilmesinde, doğal veya sentetik esaslı çeşitli tekstil lifleri kullanılmaktadır. Doğal lifler içerisinde yer alan pamuk lifi, tarihten bu yana kullanılan en eski liflerden biridir. Spor tekstillerinde, pamuk lifi genellikle serbest zaman kıyafetlerinde kullanılmaktadır. Lif özellikleri bakımından kesikli yapıya sahiptir. Doğal, ekolojik ve antistatik olması özellikleri kullanım alanının da geniş olmasını sağlamaktadır. Kesikli lif olmasından dolayı mukavemet özellikleri orta seviyededir. Selülozik lifler olmasından dolayı emicilikleri yüksektir ve yumuşak bir tuşeye sahiptir. Isıl iletkenlik özellikleri iyidir. Doğal olmalarının sağladığı avantajların yanı sıra spor tekstilleri açısından bakıldığında, bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Hidrofilik yapıda olduğundan su emme kapasiteleri yüksektir, ancak su uzaklaştırma konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu da, tene teması sonrası ıslaklık kaynaklı konforsuzluk hissinin oluşmasına neden olmaktadır. Sentetik liflerle karışım halinde kullanılması durumunda nefes alabilirlik özellikleri iyileştirilebilmektedir (Sarı, 2019).

Bir diğer doğal lif olan ipek lifi, hem doğal hem sonsuz filament yapısında bulunmaktadır. Lif yüzeyi pürüzsüz olduğundan dolayı ışığı kolaylıkla yansıtmaktadır. Spor tekstilleri açısından kullanım alanı oldukça dardır. İpek lifi kendi ağırlığının %30'u kadar nem emebildiği halde ıslaklık hissi vermemektedir. Hafif olması, ısıl izolasyon sağlaması ve yumuşak tuşesi sayesinde yün lifi ile karıştırılarak özel spor ürünlerinde kullanılabilir. (Sarı, 2019).

Yün lifi, ipek lifi gibi protein esaslı doğal liflerdendir. Yüzeyinde pullu yapılar mevcuttur. Kıvrımlı ve keçe benzeri yüzeyi sayesinde ısı izolasyon özellikleri oldukça iyidir. Bu da, yün lifini dış mekân sporları için tercih edilebilir hale getirmektedir. Günümüzde, spor ürünleri için düşük inceliğe sahip merinos yünleri gibi özel yün lifleri tercih edilmektedir. Yün lifleri, ağırlıklarının %35'i kadar sıvıyı emebilmekte ve kolaylıkla dış yüzeye taşıyabilmektedirler. Su itici ve antistatik özelliktedirler. Dış mekân sporlarında geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Advansa'nın ThermoCool markalı ürünün, merinos yünü ile olan karışımlarının (%50/50, %70/30) daha iyi termal konfor sağladığı görülmüştür (Venkatraman, 2016; Sarı, 2019).

Rejenere lifler, viskon, bambu, TENCEL®, lyocell gibi liflere verilen ortak addır. Genel olarak, pamuk lifinin bazı özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla pamuk ile karıştırılarak kullanılmaktadır. Rejenere lifler, hammadde olarak selüloz bazlı, üretim teknikleri olarak ise sentetik lif üretimine benzer üretim akışları olan liflerdir. Rejenere lifler sayesinde pamuğa ait sınırlı lif uzunluğu, mukavemet, incelik gibi özelliklerin geliştirilmesi sağlanmaktadır. Böylece filament formunda üretilebilen selülozik liflerin önü açılmıştır. Filament formda bulunan selülozik lifler, spor tekstillerinde geniş yer kaplamaktadır. Bu liflerin emicilik, ısı iletkenlik özellikleri iyi olmasına rağmen, yırtılma, aşınma mukavemetleri ve buruşma dirençleri sentetik liflere nazaran düşüktür (Sarı, 2019).

Genellikle selülozik kumaşların nem emdikten sonra ağırlaştıkları ve kurumaları için geçen zamanın uzun sürdüğü görülmektedir. Bu durum, kumaşın gerilmesine ve cilde yapışmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak, yoğun aktivitelelerden sonra kullanıcıda soğukluk hissi uyandırmaktadır. Lenzing firmasının geliştirdiği selüloz bazlı sentetik bir lif olan TENCEL®, spor giyimde nem yönetiminde çok güzel sonuçlar verdiği belirlenmiş olup, bu nednele günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Venkatraman, 2016).

1.2.2. Sentetik lifler

Önceleri Pamuk ve diğer doğal elyaflar tekstil giyiminde geniş yer kaplamaktaydı ancak 1970'lere gelindiğinde polyester, nylon, polipropilen, akrilik gibi sentetik

elyafların ön plana çıkmasıyla spor giyimde sentetik elyaflar tercih edilmeye başlanmıştır (Venkatraman, 2016).

Sentetik lifler içerisinde yer alan polyester lifinin, hafiflik, düşük üretim maliyeti, iyi boya haslıkları, kolay bakım özellikleri, nem itici (hidrofobik) doğası, birtakım kaplamalarla emiciliğin (hidrofilik) geliştirilebilmesi ve çabuk kuruma gibi özellikleri polyesterin spor tekstillerinde tercih edilmesinin başlıca nedenlerindendir. Polyester lifi doğal liflerle karıştırılarak nem alma özellikleri iyileştirilebilmektedir. Avrupa Sentetik Elyaflar Derneği (WSA), sentetik elyaflar arasında en yaygın kullanılan elyafların polyester olduğunu açıklamıştır (Venkatraman, 2016).

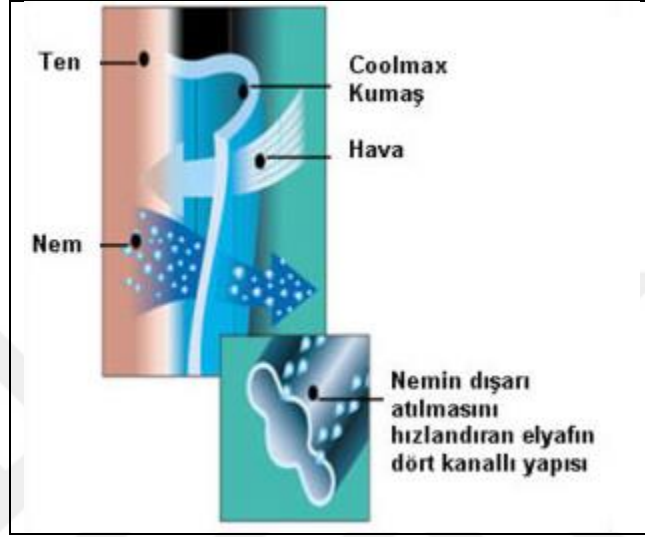
Elastan lifi sahip olduğu yüksek elastik özelliklerinden dolayı polyesterden sonra en çok tercih edilen sentetik liflerdendir. Elastan, elastik doğasından dolayı spor tekstillerinde kasları sıkı tutmaya, hareket esnasında vücudun formda olmasına ve kas ağrılarından kurtulmaya destek olmaktadır. Temel spor giysileri, yüzücü kıyafetleri, sıkılaştırıcı taytların çoğu elastan lifi kullanılarak yapılmaktadır (Venkatraman, 2016).

Karbon lifleri fiziksel dayanım, özel tokluk ve düşük ağırlık özellikleri sayesinde tenis, buz hokeyi, kayak malzemeleri, rüzgar sörfü ekipmanları, golf sopaları gibi birçok spor ekipmanlarında kullanılmaktadır (Öktem vd., 2007). Pamuk, karbon lifleri ve polimerlerin kombinasyonu ile oluşturulan kumaş yapılarının spor branşları için kullanımı en yaygın olarak tercih edilen durum olarak bilinmektedir (Akçalı, 2016).

Invista firması tarafından geliştirilen Lycra® lifi elastan lifinin geniş kullanım alanı bulmuş bir türevidir. Streç özelliği sayesinde, gelişmiş düzeyde atletik performans ve hareket özgürlüğü gibi konfor özellikleri sunmaktadır (Venkatraman, 2016).

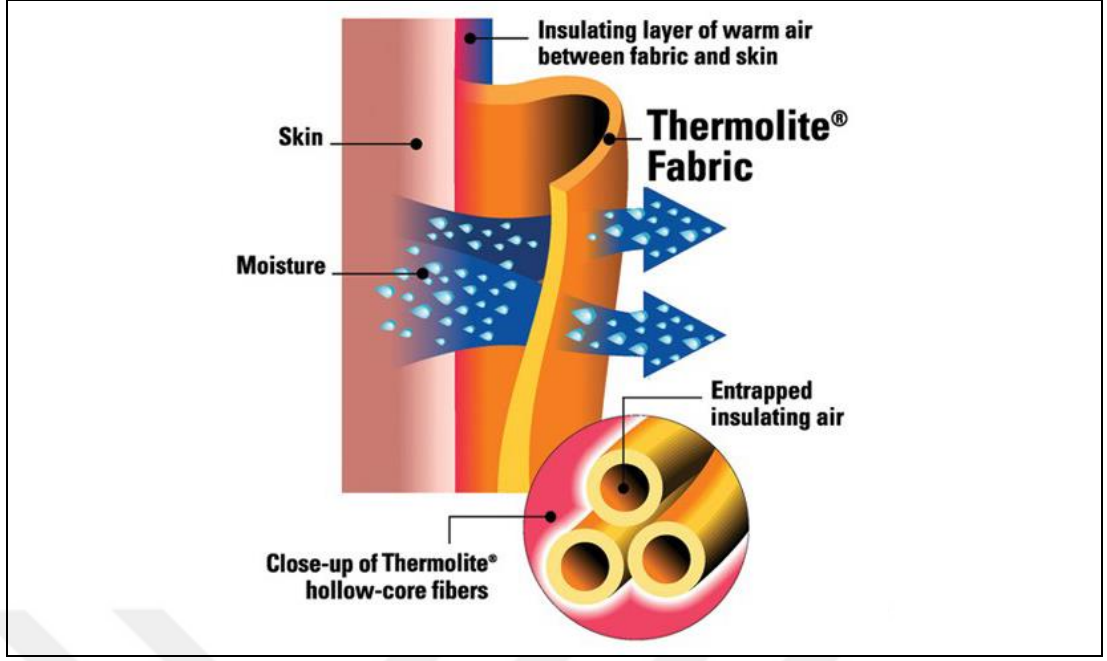
Coolmax lifi (Şekil 1.2), Invista (eski adıyla Du Pont Textiles and Interiors) tarafından geliştirilmiştir. Yuvarlak kesitten farklı olarak 4 veya 6 kanallı kesit

yapısına sahip liflerdir. Kılcal etki ile fitilleme etkisi oluşturmak için yüzey alanını yaklaşık olarak 20 % oranında arttırılmıştır (Wikipedia, 2019). Kanallı lif kesit yapısı sayesinde nemin vücuttan hızlıca atılmasını sağlayarak hızlı kurumaya yardımcı olmaktadır. Filamentler arasındaki geniş boşluklar, daha fazla nefes alabilirlik sağlamaktadır (Özkan, 2013).



Şekil 1.2. Coolmax lif yapısı

Termolite lifi (Şekil 1.3.) İnvista'nın ADVANSA tarafından lisans altında kullanılan ticari markasıdır. Kutup ayılarının kürklerinde bulunan ve içinde hava kesecikleri olan içi boş tüylerden esinlenerek üretilmiştir. İçi boş çekirdekli lif teknolojisi hafif kumaşlarda bile iyi ısı tutma özelliği göstermektedir. Geniş yüzey alanı sayesinde nemi hızlıca deriden kumaş yüzeyine aktararak hızlı buharlaşmayı sağlar. Koşu ve bisiklet sporu ile ilgilenen sporcularda bu teknolojinin kullanımı yaygındır (Akçalı, 2016; Özkan, 2013).



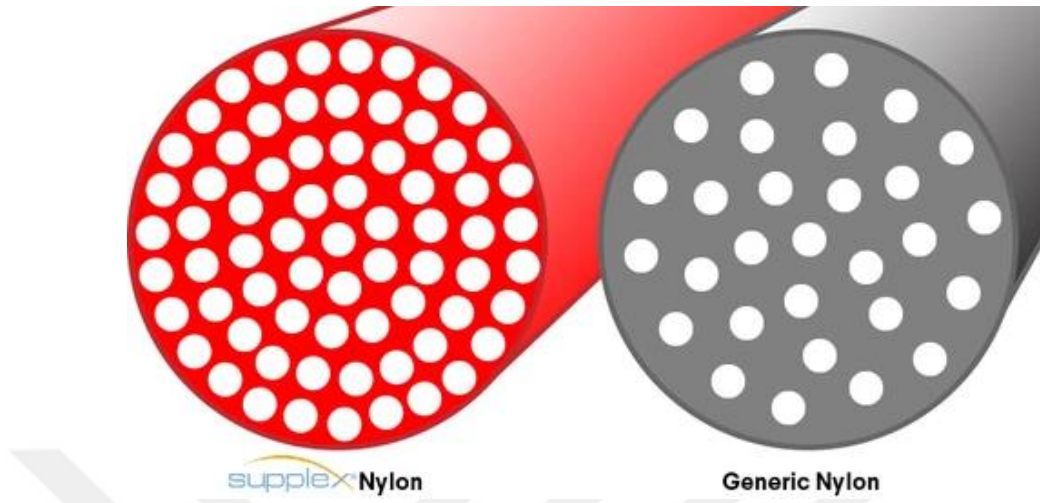
Şekil 1.3. Termolite lifi

Aktif olarak hareket edilen durumlarda terleme olayı gerçekleşmektedir. Nemin deride kalması halinde ya da giysiye geçip giysinin ıslanmasına neden olması durumunda üşüme hissi oluşmaktadır (Akçalı, 2016). Coolplus® lifi vücuttaki nemi düzenleyebilme özelliğine sahiptir ve nefes alabilen fonksiyonel bir polyester lifidir. Lif yüzeyinde bulunan mikro delikler sayesinde teri deri yüzeyinden hızlıca absorbe etmekte, daha geniş bir alana aktarma, yayma, geçirme, vb. işlemlerle dışarı atarak kumaşın hızlı kurumasını sağlamaktadır (Özkan, 2013).

Invista'nın ürünü olan bir diğer lif olan Tactel® elyafından yapılan giysiler, yumuşak, pürüzsüz, nefes alabilir ve hafiftirler. Tactel elyafı, diğer elyaflardan %20 daha hafiftir ve iki kat daha yumuşaktır. Pamuktan sekiz kat daha hızlı kuruma özelliğine sahiptirler. Parlaklığı ve yumuşaklığı ile daha çok örme kumaş formunda kullanılmaktadırlar (Özkan, 2013).

Supplex lifi (Şekil 1.4.), mikrofiber naylon lifleri kullanılarak yapılmaktadır. Konfor ve hareket özgürlüğü sağlamaktadır. Yumuşak tuşeli kumaşlar sağlar vücudun şeklini alarak hareket boyunca kasları desteklemeye yardımcı olur. Dış

yüzeye hızlı ter geçişi sayesinde ter hissinin önlenmesine yardımcı olur (fashionwear, 2020).



Şekil1.4. Supplex Lifi

1.3. Spor tekstillerinde lif kesitinin ve lif inceliğinin etkisi

Genel olarak filament iplik üreticilerinin lif üretiminde, daha fazla tercih ettikleri ipliklerden biri yuvarlak kesit filament ipliklerdir. Ancak filamentlerin kumaşa kattıkları özellikleri iyileştirmek ve sürekli gelişimin bir parçası olmak amacıyla yapılan araştırmalar neticesinde, farklı enine lif kesit formları geliştirilmiştir. Aynı şekilde filament sayıları ve iplik lineer yoğunlukları da değiştirilerek, son üründe aranan/aranacak performans özellikleri yakalanmaya çalışılmıştır. Bu özelliklerin değişmesiyle birlikte ipliğin kopma mukavemeti, kopma uzaması, aşınma direnci, hacimlilik gibi diğer özellikleri de değişmiştir. Bu nedenle, son ürün çeşitliliği de artmıştır (Özkan, 2008).

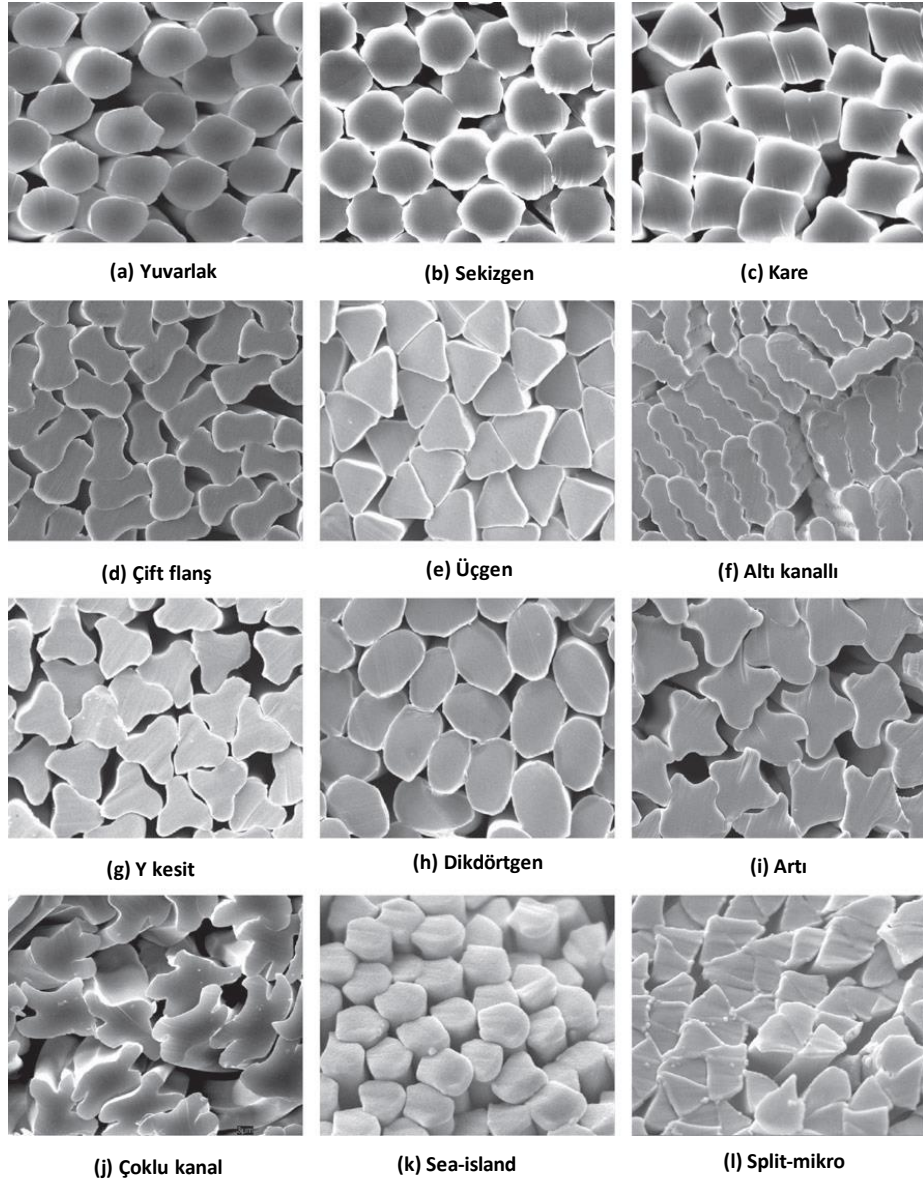
Her lif, farklı yüzey yapısına sahiptir. Doğal liflerde yüzey yapısı, lifin kendine özgü olarak değişmektedir. Yün lifi pullu, keten lifi kırık çizgili, pamuk lifi ise fasulye kesitli ve kıvrımlı yüzey yapısına sahiptir. Yapay liflerde ise kesit şekilleri üretim aşamasında kullanılan düze delik şekillerine göre değişkenlik göstermektedir. Düze delik şekli değiştirilerek yuvarlak, içi boş, üçgen, kanallı ve çeşitli karakteristik şekillerde kesitlerin elde edilmesi mümkündür. Lineer yoğunluk diğer adı ile incelik, tekstil lifleri ve iplikler için kullanılmaktadır. İncelik, kesit çapı (örneğin yün lifi için) veya birim uzunluktaki ağırlık ya da birim

ağırlıktaki uzunluk şeklinde olup, mikronmetre, mikroner denye, dtex ya da militex olarak ifade edilebilmektedir (Özkan, 2008).

Spor tekstillerinde aranan en önemli özellikler;

- Vücudu sarma veya streç olma,
- hafiflik,
- nem transferi,
- hızlı kuruma,
- iyi ısı transfer özellikleri şeklinde özetlenebilir. Liflerin kesit şekilleri ile nem alma, ısı transferi, tuşe vb. özellikleri yakından ilişkilidir.

Lif üzerindeki kapılar yani boşluklu yapı sayısı, kapılar boyutu ve dağılımı emicilik özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Kesit özelliği değiştirildiğinde, kumaş içerisinde hapsedilen hava miktarına bağlı olarak termal izolasyon özellikleri de değişebilmektedir. Lifler arasında oluşan kapılar boşlukların artması termal izolasyon özelliklerinin de artmasını sağlamaktadır. Yuvarlak bir kesite sahip lifin nem emme oranı, aynı kesit aynı özellikleri taşıyan bir life göre daha düşük olmaktadır (Behera ve Singh, 2014).

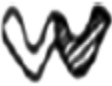


Şekil 1.5. Sentetik liflere ait bazı kesit görüntüleri (Behera ve Singh, 2014)

Lif kesit faktörü arttıkça lifin fitilleme kapasitesi de artmakta, hava ve su buharı geçirgenliği belli seviyelere kadar düşmektedir. Diğer taraftan lif çapının azalması da ile birim alandaki lif miktarı artmasını sağladığından hava ve su buharı geçirgenliğinin azalmasına neden olmaktadır (Das vd., 2007).

Bazı özel kesit şekilleri ve genel olarak life kazandırdığı özellikler Çizelge 1.1’de verilmektedir.

Çizelge 1.1. Lif kesit şekilleri ve life kazandırdığı özellikler (Babaarslan ve Hacıoğulları, 2013)

Kesit formu	Ticari adı	Üretici Firma	Temel Teknoloji	Ürün Özelliği
	Solo Sowaire®	Asahi Chemical Industries Ltd.	İçi boş üçgen, ince kalın görünüm	Yüksek kıvrılma dayanımı gösterir.
	Fontana®	Asahi Chemical Industries Ltd.	W kesit, doğal kıvrım	Yüksek hacim, kendinden kıvrımlı, kuru ve serinlik hissi verir.
	Soielise N®	Kanebo Ltd.	beş kanallı kesit	Hafif parlaklık, kuruluk hissi verir, nem emme özelliği gösterir.
	Vivan®	Kanebo Ltd.	U kesit, ince ve kalın görünüm	Hafif parlaklık, kuruluk hissi verir, kıvrılma dayanımı gösterir.
	Deforl®	Kuraray Ltd.	Düz kesit, doğal kıvrım	Yüksek hacim, yüksek kıvrılma dayanımı gösterir.
	MSC®	Unitika Ltd.	Ok kesit	Kuru ve serinlik hissi verir.
	Mixy®	Unitika Ltd.	Dağınık multi kesit	Kuruluk hissi verir. Doğal görünüm kazandırır. Yüksek kıvrılma dayanımı gösterir.

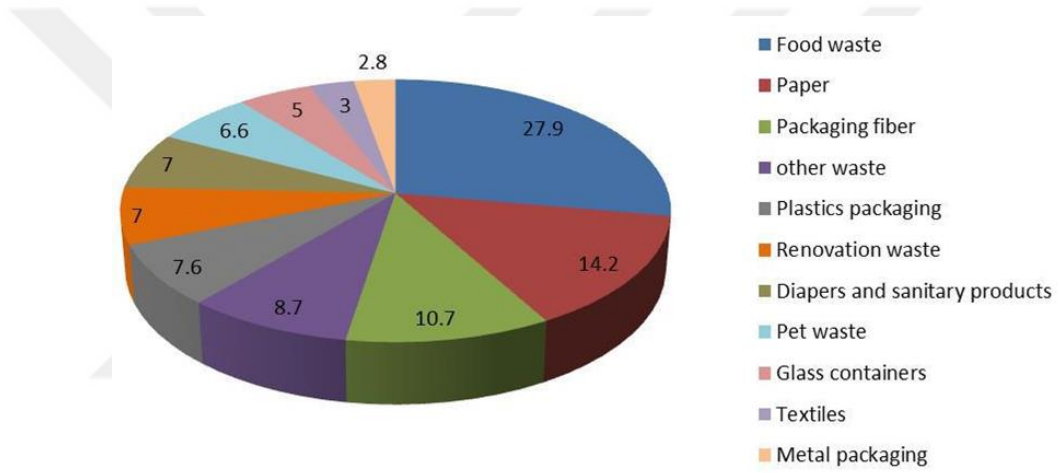
1.4. Polyesterin geri dönüştürülmesi

Günümüzde gerek sanayileşme gerekse yüksek tüketim ihtiyaçlarından kaynaklanan sebeplerden dolayı atık oranı giderek artmaktadır. Hammaddelerin sınırlı, ihtiyaç ve taleplerin ise sınırsız olduğu bir çağda yaşamaktayız. Öz kaynaklarımız talepleri karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Bunun yanı sıra tüketim oranlarındaki bu artış çevre kirliliğinin de baş mimarlarından biri durumundadır. Bu da geri dönüşümü zorunlu kılmaktadır.

Yapılan araştırmalar, dünyadaki mevcut çevre kirliliğinin %50'sinin son 35 yılda meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Diğer bir açıdan, hızlı nüfus artışı çevre

sorunlarına önemli bir kaynak teşkil etmektedir (Tayyar ve Üstün, 2009). Dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızla artan plastik tüketimi, geri dönüşüm ihtiyacını kaçınılmaz hale getirmiştir. Bu nedenle, var olan doğal kaynakların tüketimini azaltmak, değerlendirilebilir nitelikli atıkları geri dönüştürmek sureti ile doğal kaynakların verimli olarak kullanılması gerekmektedir (Telli, 2011).

ReportsnReports tarafından hazırlanan “Global Tekstil Atık Yönetimi Pazarı 2018” raporu’nda atık grupları ve oranları % olarak verilmektedir (Şekil 1.6). atıkların dağılımı incelendiğinde, PET atık miktarının toplam atık miktarının %6,6’sını oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 1.6. 2018 yılına ait global ölçekte atık oranları (%) (ReportsnReports, 2018)

2017 yılında resmi gazetede yayınlanan “Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği” 5. Madde a bendinde, “Doğal kaynakların korunması, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda üretimin sağlanması ve atık miktarının azaltılması amacıyla ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, üretimin kaçınılmaz olduğu durumlarda ise öncelikle yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi, geri kazanılması ve enerji kaynağı olarak kullanılması esastır” ibaresi yer almaktadır (Resmi Gazete, 2017).

PET, yüksek oranda geri dönüştürülebilir bir plastik reçine ve bir polyester biçimidir. Modifiye etilen glikol ve saflaştırılmış tereftalik asitin kombinasyonu ile oluşturulan bir polimerdir. PET, ilk olarak 1940’lı yıllarda Dupont tarafından

sentezlenmiştir. Mukavemetli, ısı kararlılığı yüksek, şeffaf ve tekrar kullanılabilir olması kullanım alanının da geniş olmasını sağlamıştır. Polietilen tereftalat (PET) polimer esaslı plastikler, çoğunlukla, su, içecek ve yağ şişelerinin ambalajlanmasında kullanılmaktadır. Hafif ve dayanıklı olması nedeniyle kullanım alanı giderek artmaktadır. Türkiye’de gelişmiş ülkelere göre daha az yüzdelerde de olsa, plastik kullanımında artış vardır. Örneğin; 1960 yılında kullanılan plastik kişi başına 0,6 kg iken 1977 yılında 5,25 kg, 1987 yılında 9,05 kg, 1989 yılında 9,65 kg, 1992 yılında 13,54 kg olarak gerçekleşmiştir (Sevencan, 2007). Günlük hayatta çok sık kullandığımız PET ürünler, kullanım sonrasında atılmakta ve atık meydana gelmektedir. PET atıklar, metal, cam, karton vb. malzemeler gibi “katı atık” olarak sınıflandırılmaktadır. Bu atıkların büyük bir oranı, düzenli depolama tesislerinde depolanırken, kalanı yakma, gömme, dereye dökme gibi yöntemlerle bertaraf edilmektedir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de toprağa gömülerek veya depolanarak uzaklaştırılmaya çalışılan PET atıklar, doğada çürümeden, çözünmeden çok uzun süre (3000 yıla kadar) kalabilmektedir.

Geri dönüştürülmüş polietilen tereftalat “rPET” olarak da bilinmektedir. rPET, dünyada en yaygın geri dönüştürülebilen plastiktir. PET Resin Derneği PETRA’ya göre, geri dönüşüm oranı 2012 yılında ABD’de yaklaşık %31 iken Avrupa Birliği’nde %52 olarak gerçekleşmiştir. rPET polimeri, halı, tişört, iç çamaşırı, bagaj döşeme, uyku tulumu, kışlık mont, kazak gibi tekstil ürünlerinde, atletik ayakkabılarda, elyaf dolgu yapılarında kullanılabilmektedir (thebalancesmb. 2020).

PET polimerinin geri dönüşümü global düzeyde birçok fayda sağlamaktadır.

- Çevre kirliliğine neden olan kaynakların azalmasıyla toprak, su ve hava kirliliği azalmaktadır.
- PET’in hammadde kaynağı olan ham petrol, gaz ve kömür gibi doğal kaynaklara olan ihtiyaç azalmakta ve doğal kaynaklar daha verimli kullanılmaktadır.
- Atıklar ülke ekonomisine kazandırılmaktadır.
- Hammadde ithal eden ülkelerin dışa bağımlılığı azalmaktadır.

- Diğer atık bertaraf yöntemlerine kıyasla daha az maliyetli olan geri dönüşüm yöntemi ile atıklar, daha ekonomik olarak değerlendirilmektedir (Ekolojist, 2018).

Dünyada geri kazanılmış PET'in, % 80-85 oranında polyester elyaf üretiminde kullanıldığı tahmin edilmektedir. Polyester elyafı, tekstil lifleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan liflerden biri durumundadır. Bu nedenle, polyester elyafı çok talep gören ve fiyatı çok yükselen bir metadır. Günümüzde gerek hammadde maliyetlerini düşürmek gerekse de çevreyi korumak amacıyla plastik atıklardan geri dönüşüm polyester elyafının (rPET) elde edilmesi konusunda ülkemizde ve dünyada ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemiz bir tekstil ülkesi olduğu için Adana, Gaziantep, Bursa, Uşak gibi şehirlerde geri dönüştürülmüş PET çapakta elyaf üretebilecek ciddi tesisler bulunmaktadır. Dünyada polyester üretim merkezi ise Çin'dir. Türkiye'de geri dönüşüm tesislerinin çoğu Çin'de bulunan tesislere PET çapak ihraç etmektedirler (Anabal, 2007).

rPET üretiminde; ilk olarak kırılmış plastik atık (PET) parçaları üzerlerindeki (yaklaşık %52'si atık PET) nemin giderilmesi için kırılmış PET parçaları kurutuculara verilmektedir. Kurutulmuş PET'ler, ekstrüzyon ünitesine iletilmektedir. Burada, yaklaşık 280 ile 300 °C'de eriyen PET çapaklar düzelerden geçirilerek sonsuz filament formunda lif elde edilmektedir. rPET filamentler, bir soğutma ünitesine verilmekte ve lifin katılaşması sağlanmaktadır. Filament halindeki elyaf demeti, statik elektriklenme özelliğinin azaltılması için bir yağ banyosundan geçirilmektedir. Daha sonra polimer zincirlerinin oryantasyonu için ön germe işlemine tabi tutulup, büyük kovalara doldurulmaktadır. Gerdirme makineleri arasında tekrar bir yağ banyosundan geçirilen elyaf, daha sonra bir buhar kazanına gönderilmektedir (Şekil 1.7) (Anabal, 2007).



Şekil 1.7. Geri dönüşüm lif (rPET) işlem basamakları

Geri dönüşümün öneminin artmasıyla birlikte birçok tekstil firması, geri dönüşümü desteklemekte ve rPET liflerinin kullanımı konusunda öncülük etmektedir. H&M firması, kıyafetlerin kullanıldıktan sonra çöp olmasını anlamsız bulmakta ve atıkların tekrar giyime kazandırılarak gelecek için sürdürülebilir moda anlayışını getirmeye çalışmaktadır. Adidas, 2012 yılında gönüllü olarak “geri al ve dönüştür” programı olan “Sürdürülebilir Ayak İzi (Sustainable Footprint)” programını başlatmıştır. 2016 yılında Kanada’da, 2017’de de Los Angeles gibi şehirlerde pilot uygulamalar başlatmıştır. Pazara sunum öncesi, fazla ürünü Almanya’da bulunan tesislerinde geri dönüştürerek tekrar kullanıldığını belirtmektedir. ZARA “Giymediğiniz kıyafetleri getirin ve onlara yeni bir hayat verin” sloganıyla geri dönüşüm akımına katılmıştır. 1990 yıllarının başında Nike, çevre üzerindeki etkisini azaltmak ve düzenli depolama alanlarına giden ayakkabı miktarlarını azaltmanın yollarını araştırmış ve “Reuse-A-Shoe” programını başlatmıştır. Böylece kullanılmış atletik ayakkabıları toplayarak, oyun sahalarının zemini için kullanılmasını sağlamış ve ayakkabıların malzemesi olan Nike Grind’e dönüştürmüştür. IKEA firması da, geri dönüşümü desteklemektedir. Kanada’da bulunan mağazalarında kullanılmış yatakları alıp, tekrar bileşenlere ayırarak ileride kullanılmak üzere yeniden tasarlanmasını sağlamaktadır. PUMA, deri, kauçuk, pamuk ve kuş tüyü gibi ana malzemelerin 2020 yılına kadar %50-90’nın sürdürülebilir kaynaklardan alınabilir hale getirilmesi hedefini koymuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Gerçekleştirilen tez çalışmasında, farklı filament sayısı ve kesit yapısındaki rPET polimerlerine ait POY (partially oriented yarn-kısmen oryante olmuş iplik) ve tekstüre iplikleri üretilmiştir. Daha sonra tekstüre ipliklerden örme ve dokuma kumaşlar elde edilmiş ve kumaşların çeşitli fiziksel özellikleri incelenmiştir. Spor tekstilleri açısından önem arz eden su buharı emiciliği, nem emicilik, kuruma davranışları davranışları hava geçirgenliği gibi bazı performans özellikleri analiz edilmiştir.

Tez çalışmasında bu çerçevede incelenen ve yol gösteren çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Lif kesit özelliklerinin ve lif inceliğinin etkisi üzerine yapılan çalışmalar;

Akıncı vd. (2018), çalışmalarında su iticilik bitim işlemi uygulanmış olan mikrofilament kumaşların geçirgenlik özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında 1/1 bezayağı ve 3/1 panama doku yapıları seçilmiştir. Çözümlü sıklığı değiştirilmemiş, farklı atkı sıklıkları uygulanmıştır. Filament inceliğinin etkilerini gözlemleyebilmek amacıyla atkı yönünde 110 dtex iplikte 1.14, 0.76, 0.57 ve 0.33 dtex filament incelikleri kullanılmıştır. Elde edilen kumaşlara, aynı şartlarda su iticilik bitim işlemi uygulanmış ve numunelerin su iticilik ve hava geçirgenliği özellikleri incelenmiştir. Yapılan testler sonucunda, atkı sıklığının ve filament inceliğinin artmasıyla birlikte hava geçirgenliğinin de azaldığı gözlemlenmiştir. Bezayağı doku tipinde, atkı sıklığı ve filament inceliğinin artmasıyla birlikte su geçirmezlik seviyesinin arttığı sonucuna varılmıştır.

Kaynak ve Babaarslan (2017), spor tekstillerinde örme kumaşların sağladığı konfor özelliklerinden yola çıkarak filament inceliğinin, mikrolif örgü kumaşların performans özelliklerini araştırmışlardır. Test numunesi olarak filament inceliği 3.05 dtex, 1.14 dtex, 0.76 dtex, 0.57 dtex ve 0.33 dtex olan 110 dtex polyester tekstüre iplikler yuvarlak örgü makinesinde örülmüştür. Daha sonra kumaşlara, patlatma mukavemeti, boncuklanma dayanımı, aşınma dayanımı ve açılma may dönmesi testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında; filament inceliğinin

azalmasıyla patlatma mukavemetinin yükseldiği gözlemlenmiştir. Filamentlerin incilmesi ile hava geçirgenliğinin de arttığı görülmüştür.

Akçalı (2016), spor tekstilleri üretiminde kullanılan farklı kumaş yapılarını incelediği çalışmada, her spor dalının kendi içinde ihtiyaç duyduğu performans özelliğinin farklı olmasından dolayı bu ürünlerde kullanılacak kumaşlar için koruma, güvenlik, konfor, esneklik, nem emme, hızlı kuruma, sıcak tutma gibi ayrı performans özelliklerine ihtiyaç duyduğuna değinmiş ve aranan performans özelliklerine cevap verebilen kumaş türlerini tanıtmıştır. Kumaştaki performans özelliklerinin artırılması için geliştirilmiş lif teknolojilerinden bahsetmiştir. Çok kanallı, içi boşluklu (hallow) ve multifilament yapıların ipliğe kattığı özelliklere değinmiştir. Ürün özelliklerinin araştırılması sonucunda farklı kumaş yapılarının spor tekstillerindeki rolü vurgulanmıştır.

Akgün (2015), polyester atkı ipliğinde filament inceliğinin kumaş pürüzlülüğüne etkisini incelediği çalışmada filament inceliği arttıkça kumaş yapısının daha kompakt bir hale gelmesi nedeniyle iplikler arasındaki gözeneklerin azaldığı ve böylece en yüksek ve en düşük pürüzlülük değeri arasındaki farkın azalması sonucu kumaş pürüzlülüğünün azaldığı belirlenmiştir.

Hussain vd. (2015), örme kumaşlardaki sıvı transfer özelliğini inceledikleri derleme çalışmada, filamentin gerçek kesit şeklinin çevre uzunluğunun aynı alana sahip dairesel kesitli bir filamentin çevresine oranı filament kesit şekli faktörü olarak tanımlanmıştır. Yüksek şekil faktörüne sahip filamentlerden üretilen kumaşların yüksek tek-yollu transfer kapasitesi ve absorpsiyon oranına sahip olduğu, çok kanallı kesit şekline sahip liflerden elde edilen örme kumaşların yatay ve dikey kılcal ıslanma kabiliyetini arttırdığı belirlenmiştir. Çok kanallı yapıya sahip Coolmax polyester liflerinin klasik dairesel kesitli polyester liflerine kıyasla %20 daha fazla kesit alanına sahip olduğu ve yüksek yüzey alanı nedeniyle klasik polyester liflerine kıyasla daha hızlı kuruma sağladığı belirtilmiştir. Isı-düzenleme özelliğine sahip Outlast viskon lifi ile Coolmax lifine ait örme kumaş yapıları ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada, Coolmax içerikli kumaşların yüksek kılcal ıslanma ve difüzyon kabiliyetinden kaynaklanan yüksek

termal direnç nedeniyle soğuk kavalor için daha uygun olduğu, Outlast lif içerikli kumaşların ise yüksek termal iletkenlik, hava ve su buharı geçirgenliği ve düşük termal direnç özellikleri nedeniyle sıcak hava koşulları için daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, Outlast lifinin iyi nem alma ancak yavaş kuruma özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir. Lifler arasındaki mikro boşlukların nem yönetim özelliğini geliştirdiği, bal peteği yapısına sahip mikro-gözenekli polyester lifinin nem alma ve kuruma özelliklerini iyileştirdiği, içi boş liflerden üretilen kumaşların konvansiyonel liflere kıyasla kapılar hareketi ve böylece nem transferini iyileştirdiği belirtilmiştir. Fibriler yapıya sahip Tencel liflerindeki, fibriller arasında mikroskopik kanallara sahip olduğu ve bu durumunda daha iyi nem alma ve transferini sağladığı, bu nedenle Tencel lifinin hidrofil nano-multifilament olarak adlandırılabilereği ifade edilmiştir.

Behera ve Singh (2014) tarafından yapılan çalışmada, farklı filament kesitine sahip (yuvarlak, sekizgen, kare, çift flanş, üç kanallı, altı kanallı, Y kesit, dikdörtgen, artı, multikesit, deniz-ada, mikro-yarıklı) 12 adet filament numunesi seçilmiştir. Filament kesitinin kumaşların transfer özelliklerinin üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, filament inceliği sabit tutulmuştur (1.7 denye). Tüm numuneler, aynı şartlar altında dokunmuştur. Elde edilen kumaşların hava geçirgenliği ve bağıl su buharı transferi özellikleri test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, filament kesit faktörünün kumaş içinde hapsolan hava miktarını etkilediği ve böylece termal izolasyonun da etkilendiği gözlemlenmiştir. Kesit faktörünün artmasıyla su buharı ve hava geçirgenliğinin azaldığı belirlenmiştir.

Babaarslan ve Hacıoğulları (2013), kesit zelliklerinin POY filament ipliklerinin üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, farklı kesit şekli ve inceliklerinin POY iplikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu bağlamda yuvarlak, 3 kanallı, dört kanallı, altı kanallı ve sekiz kanallı düze kesitleri ile iki farklı filament inceliği kullanılmıştır. Elde edilen POY ipliklerine kopma mukavemeti, kopma uzaması ve düzgünsüzlük testleri uygulanmıştır. Uygulanan testler sonucunda yuvarlak, dört kanallı ve sekiz kanallı POY ipliklerinin yüksek kopma uzaması ve kopma mukavemeti değerlerine sahip oldukları, ancak üç kanallı ve altı kanallı POY ipliklerinin kopma uzaması ve kopma mukavemeti değerlerinin diğer

numunelere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca iplik lineer yopunluğu arttıkça, mukavemet ve kopma uzaması değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

AL-ansary (2012), polyester atkı ipliğini oluşturan filament sayısının çeşitli dokuma kumaş özelliklerine etkisini incelediği çalışmasında iplik kesitindeki filament sayısı arttıkça kumaş kalınlığı, kopma mukavemeti, kopma uzaması ve kırılma düzmesi özelliklerinin arttığı, hava geçirgenliği, aşınma sonrası kütle kaybı ve yırtılma mukavemetinin azaldığı belirlenmiştir.

Dhamijia vd. (2011), çalışmalarında kesit, uzunluk incelik gibi farklı geometrik özelliklerdeki polyester liflerini %67/33 polyester/viskoz oranında karıştırarak eğirmişlerdir. Viskoz lifinin uzunlukları aynı tutulmuştur. Polyester lifi için yuvarlak, üç kanallı, oval ve dört kanallı kesitler kullanılmıştır. İplik çapı, yüzey büküm açısı varyasyonu ve düzgünsüzlük değerleri incelenmiştir. Yapılan analizler ışığında, filament kalınlığı arttıkça iplik çapının da artmakta olduğu gözlemlenmiştir. Üç kanallı kesite sahip ipliklerin yüzeylerinde yüksek sayıda boncuklanma gözlemlendiği halde, oval ve dört kanallı kesite sahip ipliklerde durum tam tersi olarak belirlenmiştir.

Sampath vd. (2011), filament inceliğinin, polyester örgü kumaşların konfor özelliklerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, farklı filament sayısına sahip (34, 48, 108, 144, 288) 150 denye polyester filament ipliklerinden elde edilen jarsey örgü kumaşlar kullanılmıştır. Elde edilen beş farklı numuneye 1:2 oranında ASPC (Amino Silicone polyether copolymer) ve hidrofilik polimer (HP) yönetimi apresi uygulanmıştır. Elde edilen numunelerin nem yönetim özelliklerinin spor tekstillerinde kullanım açısından uygunluğu analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda filament inceliği arttıkça ıslanma hızının da arttığı daha sonra azaldığı belirlenmiştir. 108 filament sayısına sahip ipliklerin en iyi ıslanma ve dikey nem iletim sonuçlarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Filament inceliği arttıkça nem transfer hızının da arttığı tespit edilmiştir. Mikrofiber kumaşlarda nem transfer hızı, mikrofiber olmayan kumaşlara göre daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

Fangueiro vd. (2010) fonksiyonel örme kumaşların ıslanma davranışı ve kuruma kapasitesini inceledikleri çalışmalarında, vücuda değen kısım için fonksiyonel liflerden (Viscose Outlast®, Coolmax®) elde edilmiş örme kumaşlar kullanılmıştır. Kumaşın dış kısmı, polyester ve polipropilen ile birleştirilmiştir. Elde edilen kumaşların, ıslanma ve kuruma özellikleri test edilmiştir. Fonksiyonel örgü kumaşlar, yatay ve dikey ıslanma testine tabi tutulmuşlardır. Test ortamı olarak $20\pm2^{\circ}\text{C}$ ve $\%65\pm3$ bağıl nem ortamı ile $33\pm2^{\circ}\text{C}$ ile test numunesinin vücuda değen kısmı için vücut sıcaklığı kullanılmıştır. Sonuç olarak, Viscose Outlast® lifinin en iyi ıslanma kapasitesine sahip olduğu, ancak kuruma eğiliminin daha düşük olduğu görülmüştür. Coolmax®'ın ise ıslanma ve kuruma davranışlarının yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Özkan ve Babaarslan (2010), iplik kesitindeki filament sayısının, filament ve tekstüre ipliklerin özellikleri üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, aynı numarada farklı filament sayısına sahip polyester filament iplikler ve bu ipliklerden üretilen tekstüre iplikleri kullanmışlardır. Elde edilen iplikler üzerinde mukavemet, düzgünsüzlük ve yağ miktarı testleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmalar sonucunda, aynı iplik numarasına sahip ipliklerde filament sayısının artmasıyla iplik düzgünsüzlüğünün de arttığı gözlemlenmiştir. POY ipliklerde artan filament sayısı ile birlikte mukavemet değerlerinin de arttığı belirlenmiştir.

Şenol ve Türker (2009), çalışmasında sabit su basıncı altında kalan polyester dokuma kumaşların su geçirgenliğine etki eden parametreleri incelemişlerdir. Çözümlü ipliği olarak lif kesiti altıgen ve yuvarlak kesit 75 denye PES iplikler kullanmışlardır. Atkı ipliği olarak yuvarlak kesit 75, 150 ve 300 denye iplikler kullanılmıştır. Torbalama yapmadan dokunabilen en yüksek atkı sıklığı değeri denenerek bulunmuştur. Birinci numune için bulunan atkı sıklığının $\%87,5$ 'i sıklık ile 2. numune, $\%75$ 'i sıklık ile ise 3. numuneler dokunarak hazırlanmıştır. Numune kumaşlar 40°C yıkanarak kurutulmuş ve sabit basınç altında 180 saniyede geçen suyun hız ve debisi ölçülmüştür. Elde edilen hız verileri atkı numarası, çözgü sıklığı, lif kesit yapısı, çözgü ve atkı gerilimi değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir. İncelemeler sonucunda geçirgenlik

sonucunu etkileyen parametrelerin atkı numarası, lif kesiti, çözgü sıklığı değerleri olduğu kanaatine varılmıştır. Lif kesiti altıgen olan ipliklerden dokunmuş olan kumaşların su geçirgenlikleri, yuvarlak kesit liflerden elde edilen ipliklerden dokunmuş olan kumaşlara göre %30 daha az olduğu görülmüştür.

Çimenlikaya (2008), farklı kesit formuna sahip besleme ipliklerden üretilen hava jeti ile tekstüre edilen ipliklerde yuvarlak kesit formuna sahip ipliklerde yuvarlak kesit formunun daha düşük iplik numara değişimi, kaynama sonrası çekme, daha yüksek iplik mukavemeti, kopma uzaması ve rijitlik, değerleri verdiği belirlenmiştir. Öte yandan, içi boş yuvarlak kesitli ipliklerin daha yüksek kılcal yükselme, ancak daha düşük iplik mukavemeti, kopma uzaması, boya alma ve rijitlik değerleri verdiği tespit edilmiştir. trilobal kesitli ipliklerin en düşük kaynama sonrası çekme ancak en yüksek boya alma değeri, octobal kesite sahip ipliklerden dokunan kumaşın kılcal yükselme ve rijitlik değerlerinin en fazla olduğu belirlenmiştir. Tekstüre işlemi sonrasında numara değerlerinde belirgin bir değişim olmadığı, yuvarlak, içi boş yuvarlak ve trilobal kesitlerin mukavemet değerlerinin birbirlerine yakın olduğu, değişim göstermediği tespit edilmiştir. Trilobal kesite sahip ipliklerin en yüksek kopma uzaması, tekstüre kararlılığı, boya alma değeri ve en düşük kaynama çekmesi, rijitlik, kılcal yükselme değeri verdiği, içi boş yuvarlak kesitli ipliklerin en düşük kopma uzaması, tekstüre kararlılığı ve en yüksek kaynama çekmesi, rijitlik, kılcal yükselme değeri verdiği belirlenmiştir. Boya alma değeri en düşük olan yuvarlak kesit ipliklerde tespit edilmiş olup, çalışmanın sonunda POY besleme ipliklerinden yuvarlak kesite sahip olan ipliklerin hava jeti tekstüre üretimi için en uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Bueno vd. (2004) çalışmalarında, kesikli polyester liflerin yuvarlak, elma dilimli oval, haç kesit, hekza-kanal olmak üzere 4 farklı enine kesit şeklinin kumaş yüzey özelliklerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada, liflerin şapel uzunluğu aynı olup, incelikleri farklı seçilmiş olup aynı koşullarda düz örme kumaşlar üretilmiştir. Kumaş sürtünme davranışı ve pürüzlülük-sürtünme ilişkisi incelenmiştir.

Geri dönüşüm polyester (rPET) ile ilgili çalışmalar;

Uyanık (2019), rPET ipliklerin kullanımında hangi iplik numarasının ve hangi karışım oranının daha uygun sonuçlar vereceğini gözlemlemek amacıyla yaptığı çalışmada, rPET, PET ve viskoz liflerinden farklı karışım oranları ile elde edilen Ne 10, Ne 20, Ne 30 ve Ne 40 iplik numarasına sahip toplam 24 çeşit iplik numunesi kullanılmıştır. İplik numuneleri üzerinde düzgünsüzlük, tüylenme, mukavemet, testleri uygulanmıştır. Yapılan testler sonucunda, kalın ipliklerden ince ipliklere doğru gidildikçe çap, boncuklanma ve mukavemet değerlerinin düştüğü, düzgünsüzlüğün arttığı gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda rPET liflerinin Ne 10, Ne 20 gibi kalın ipliklerde kullanımının daha uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

Qin vd. (2018), PET ve rPET polimerlerinden elde edilen liflerin performans özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, hammadde olarak 2 çeşit rPET ve 3 çeşit PET polimeri kullanmışlardır. Bu hammaddelerin eriyikten çekim işlemi esnasında sıcaklık ve basınç parametrelerini değiştirerek lif numuneleri elde etmişlerdir. Liflerin yüzey yumuşaklığı, çap ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Çalışmalar sonucunda plastik şişelerden geri dönüştürülmüş co-polimer PET ile saf homopolimer PET lifinin aynı özellikleri gösterdikleri gözlemlenmiştir.

Kostov vd. (2013), rPET lifleri ile PET ve rPET lif karışımlarının %18000-33000 oranında oryantasyonu, 3.5, 6.5 ek oryantasyon çekim oranı ve 363-413° K ısıfiksaj sıcaklığında elde edilmiş numunelerinin mukavemet, kopma uzaması ve lineer yoğunluk özellikleri incelenmiştir. Lineer yoğunluk değerinin düşmesiyle birlikte mukavemet değerlerinin düştüğü, kopma uzaması değerlerinin ise yükseldiği gözlemlenmiştir.

Lee vd. (2013), kullanılmış plastik şişelerden elde edilen rPET polimeri ile PET polimerini %20, 40 ve 70 oranlarında karıştırarak eriyikten çekim metodu ile filament üretimi gerçekleştirmişlerdir. PET filament liflerin rPET liflerle olan karışımı sonucu, termal degradasyon sıcaklığı (Td) ve erime sıcaklığının (Tm) yükseldiği, kristalizasyon sıcaklığı (Tc) ve kristalizasyon oranının düştüğü görülmüştür. Çalışma sonucunda, PET lifinin termal kararlılığının rPET'e göre

daha yüksek olduğu, ancak kristalizasyon oranının rPET lifine göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Abbasi vd. (2006), PET ve plastik şişelerden üretilmiş rPET polimerlerinden eriyikten çekim metoduyla 2500 ve 3000 m/dak hızlarla sürekli lif elde etmişlerdir. Kristallenme, mukavemet, kopma uzaması ve kaynama sonrası çekme özellikleri test edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda her iki çekim hızlarında rPET liflerinin kristallenme özelliklerinin saf PET liflerine göre yüksek olduğu görülmüştür. rPET liflerinin mukavemet değerlerinin daha yüksek ancak kopma uzaması değerlerinin PET liflerine göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Sarım hızının artmasıyla birlikte kristallenme, mukavemet, başlangıç modülü değerlerinin hem PET hem de rPET liflerinde artış gösterdiği sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, orijinal ve geri dönüşüm polietilen tereftalat (PET) polimerleri yanında çeşitli filament kesit şekilleri ve filament sayılarının iplik ve bu ipliklerden elde edilen dokuma ve örme kumaşların çeşitli performans ve konfor ile ilişkili özelliklere etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

3.1. Materyal

Bu bölümde kullanılan hammadde özellikleri açıklanmıştır.

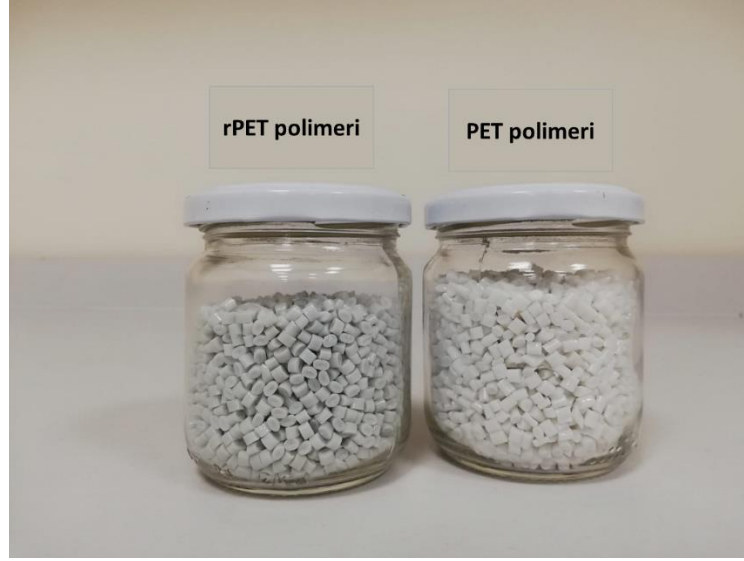
3.1.1. PET ve rPET polimeri

Bu tez çalışmasının birinci kısmında kullanılan 125 Dn 36 F yuvarlak kesit PET yarı mat POY ipliği eldesi için yarı mat PET polimeri kullanılmıştır. rPET polimeri kullanılarak elde edilen farklı kesit ve filament sayılarındaki ipliklerin üretimi için yarı mat rPET polimeri temin edilmiştir. Kullanılan polimerlerin özellikleri, Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. PET ve rPET polimeri fiziksel özellikleri

Chips Adı	Görünüm	Kül Testi (%)	İçsel viskozite-IV (dL/g)	Polimer Büyüklüğü (Chips/g)	Erime Noktası (°C)
PET	Yarı Mat	0,3	0,62	30	255
rPET	Yarı Mat	0,3	0,65	35	253

Kullanılan rPET polimeri yarı mat görünümde olup, bu formda PET polimerine kıyasla daha koyu renkte görünmektedir. rPET yarı mat ve PET yarı mat polimeri arasındaki görsel ton farkı Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yaş rPET ve PET polimeri arasındaki ton farkı

3.1.2. Spin-finish ve kone yağı

Bu tez çalışmasında, tüm ipliklerin POY üretimi aşamasında spin-finish yağı kullanılmıştır. Kullanılan spin-finish yağı özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Spin-finish yağı özellikleri

Kimyasal Ailesi	Silikon ve yağlayıcı karışımı
İçerik Madde	NA
	<5% 1,2-ethandiol
	<0.1% izopropil alkol

Çalışmada kullanılan tüm POY ipliklerinin tekstüre edilmeleri aşamasında kone yağı uygulanmıştır. Kone yağına ait özellikler, Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kone yağı özellikleri

Kimyasal Ailesi	Madde	Konsantrasyon
Sentetik Yağlar	İzotridesil alkol polioksietilen eter	<% 12
	Alcohols, C12-14ethoxylated	<% 20
	2,2 oksibisetanol	<% 6
	2-(2-butoksietoksi) etanol	<% 2

3.2. Yöntem

Bu tez çalışmasında, geri dönüşüm polyester (rPET) chipslerinden artı kesitli POY lif çekimi ve tekstüre edilmesi, elde edilen ipliklerden örülen kumaşların çeşitli performans özellikleri yanında konfor ile ilişkili özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında, yapılan üretim denemeleri Çizelge 3.4’de verilmiştir. Çalışma, kullanılan materyal ve yapılan üretimler açısından üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar:

- Çalışmanın birinci bölümünde aynı incelik, filament sayısı ve kesit formu kullanılarak orijinal PET ve geri dönüşüm rPET polimerlerinden iplikler üretilmiş (POY) ve tekstüre (DTY) edilmiştir. POY ve DTY ipliklerin bazı iplik ve bu ipliklere ait örme ve dokuma kumaş özellikleri karşılaştırılmış ve böylece polimer türünün söz konusu özelliklere etkisi incelenmiştir.
- Çalışmanın ikinci bölümünde, rPET polimeri kullanılarak aynı kesit formu ve iplik inceliği kullanılarak 36, 48 ve 72 olmak üzere üç farklı filament sayısına sahip iplikler (POY) üretilmiş ve tekstüre (DTY) edilmiştir. POY ve DTY ipliklerin bazı iplik ve bu ipliklere ait örme ve dokuma kumaş özellikleri incelenmiş ve böylece iplik inceliğinin iplik ve kumaş özelliklerine etkisi değerlendirilmiştir.
- Çalışmanın üçüncü bölümünde, rPET polimeri kullanılarak aynı incelik ve filament sayısı kullanılarak yuvarlak ve artı kesit formuna sahip POY iplikler üretilmiş ve tekstüre (DTY) edilmiştir. Bu bölümde, iki farklı kesit formunun iplik ve bu ipliklere ait örme ve dokuma kumaş özelliklerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

PET ve rPET polimerleri kullanılarak yapılan polyester iplik üretimleri ve tekstüre işlemleri işletmede gerçekleştirilmiş olup, gerçek üretim parametreleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.4. Tez çalışmasında gerçekleştirilen üretim denemeleri

No	Polimer	İncelik (Denye)	Filament Sayısı	Kesit Formu	Parlak / Mat	POY/ Tekstüre (DTY)	Numune kodu	
1	PET	125	36	Yuvarlak	Yarı mat	POY	P1	
		75	36	Yuvarlak		DTY	T1	
	rPET	125	36	Yuvarlak	Yarı mat	POY	P2	
		75	36	Yuvarlak		DTY	T2	
2	rPET	125	36	Yuvarlak	Yarı mat	POY	P2	
		75	36	Yuvarlak		DTY	T2	
		125	48	Yuvarlak	Yarı mat	POY	P3	
		75	48	Yuvarlak		DTY	T3	
		125	72	Yuvarlak	Yarı mat	POY	P4	
		75	72	Yuvarlak		DTY	T4	
3	rPET	125	48	Yuvarlak	Yarı mat	POY	P3	
		75	48	Yuvarlak		DTY	T3	
		125	48	Artı	Yarı mat	POY	P5	
		75	48	Artı		DTY	T5	

3.2.1. Kısmen oryante olmuş (POY) polyester ipliği eldesi

Bu tez çalışmasındaki POY iplik numunelerinin hazırlanmasında TMT firmasına ait POY üretim makineleri kullanılmıştır. Eriyikten veya yumuşak lif çekim prensibine göre POY iplik üretimi yapılmıştır.

POY üretim hattı; polimer kurutma, ekstrüder bölgesi, eriyik filtresi, pompa, düze, soğutma ve sarım üniteleri bileşenlerinden oluşmaktadır. POY üretim sisteminde üretim, yaş polimerin kurutulması işlemiyle başlamaktadır. Polimerin üzerinde bulunan nem, kurutma işlemiyle alınmaktadır. Ekstrüder ünitesinde polimer, ısıtıcılar yardımıyla eritilerek ekstrüder mili yardımıyla eriyik filtresine iletilmektedir. Kirliliklerden arındırılan ve eriyik halde bulunan polimer, pompalara sevk edilmektedir. Eriyik pompaları sayesinde polimer, düzelere istenen miktarda beslenebilmektedir. Düzeden çıkışta çekim almamış polimerler, filament formuna gelmektedir. Filament formundaki iplik, soğutma ünitesinde soğutularak çekim ünitesine gönderilmektedir. İki ya da daha fazla godet

silindirinden oluşan çekim bölümünde, iplik çekim işlemine tabi tutulmaktadır. Çekim işleminden çıkan iplik, kısmi yönlendirilmiş iplik anlamına gelen “POY iplik (partially oriented yarn)” olarak adlandırılmaktadır. Üretim hattında iplik üzerine fazla çekim uygulanmamakta olup, çekim oranı 1 civarındadır.

Bilindiği gibi germe çekme işlemi uygulanmamış POY filamentinde, amorf ve kristalin bölgeler bulunmaktadır. Life uygulanan çekim arttıkça, amorf bölge oranı azalmakta ve kristalin bölge oranı artmaktadır. POY ipliklerinin sarım hızları, ortalama 2500-4000 m/dak arasında değişmektedir. POY ipliklerinde, tamamen çekilmiş ipliklere (Fully Drawn Yarn, FDY) kıyasla daha fazla oranda amorf bölge bulunmaktadır.

3.2.1.1. Yaş polimerin sevk edilmesi

Çalışmanın birinci numunesi olan 125 Denye filament inceliği, 36 filament sayısı ve yuvarlak kesit formu sahip ve PET polimerinden elde edilen P1 numunesi için yarı mat PET polimeri lif çekiminde kullanılmıştır. Tez çalışmasında 125 Denye filament inceliği, 36-48-72 filament sayıları ve yuvarlak ve artı kesit formlarına sahip ve rPET polimerinden elde edilen üretilen P2, P3, P4 ve P5 numuneleri yarı mat rPET polimerinden elde edilmiştir. Lif çekimi öncesinde yapılan kurutma işlemi öncesinde, polimerlerin nem oranı nem ölçüm cihazı ile “Karl Fischer” metodu kullanılarak belirlenmiştir. Nem oranı, yaş PET polimeri için 1960 ppm ve rPET polimeri için 1450 ppm olarak tespit edilmiştir.

Cips formuna sahip PET ve rPET polimerleri sevk sistemi yardımıyla, cips silolarına iletilmektedir. Bu aşamada, polimer nem oranı yüksek olduğu için iplik çekimine uygun değildir.

3.2.1.2. Polimerin kristalize edilmesi

Yaş polimer chipsinin nem oranı 2000 ppm dolaylarında iken lif çekimi çok zor olduğundan, nem oranını düşürmek için kurutma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Ancak, polimer chipsinin direk kurutma ünitesine geçmesi cipste topaklanmaya neden olmaktadır. Bu nedenle, cips kristalizasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Kristalizatör içinde bulunan havalı polimer karıştırma ünitesi

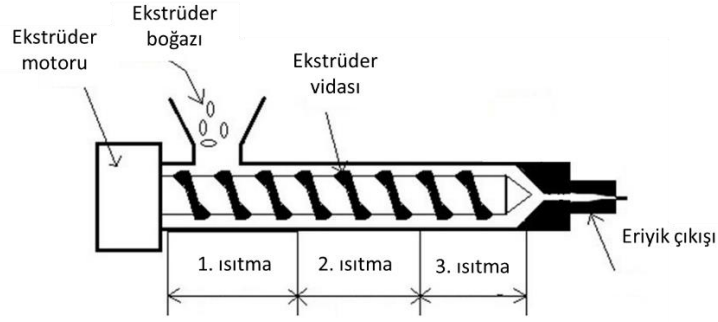
sayesinde polimere ısı uygulanırken, polimerin devamlı hareket halinde olması sağlanmaktadır. Böylece, polimerlerin birbirine yapışıp topaklanması engellenmektedir. Bir taraftan yaş chips silosundan polimer akışı devam ederken, diğer taraftan kristalize olmuş polimerler kurutma ünitesine doğru gönderilmektedir. Bu esnada, yaş chips içinde bulunan oligomerler elek altında kalarak toz siklonda toplanmaktadır ve üretim hattından uzaklaştırılmaktadır. Çalışacak polimer türüne göre kristalizatör sıcaklığı ayarlanmaktadır. Düşük sıcaklıklarda yapışma ve topaklanma, yüksek sıcaklıklarda ise sararma meydana gelebilmektedir.

3.2.1.3. Polimerin Kurutulması

Eriyikten veya yumuşak çekim işleminde PET ve rPET polimeri için istenen maksimum nem oranı 50 ppm'dir. PET ve rPET polimerinin nem oranının 50 ppm'i geçmemesi gerektiğinden, polimerler kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Kristalizasyon ile ön kurutma verilmiş olan polimer kurutma hattına alınır. Kristalize edilen polimer kurutma silolarında polimer nem oranı 50 ppm ve daha düşük mertebelere çekilene kadar bekletilir. Kurutma silosundan düzenli bir akış gerçekleşeceğinden dolayı nem miktarının sabit kalması için belli aralıklarla polimer numuneleri alınmakta ve uygun kurutma seviyesi belirlenmektedir.

3.2.1.4. Kurumuş polimerin ekstrüderde eritilmesi

Kurutma hattından iletilen polimer ekstrüdere iletilmektedir. Polimer, ekstrüder ünitesinde bulunan kademeli ısıtıcılar sayesinde eritilmekte ve ekstrüder ünitesi içinde dönmekte olan vida yardımıyla filtre bölgesine gönderilmektedir. Çalışmada kullanılan ekstruder hattında kademeli ısıtma sistemi bulunmaktadır. Her kademedede ısı miktarı arttırılarak polimerin kontrolü bir şekilde erimesi sağlanmaktadır. Tez çalışmasında P2, P3, P4, P5 numunelerinin hammaddesi olan rPET polimerinin kirlilik oranı Pet polimerine göre daha fazla olduğundan dolayı ekstruder ısıtıcı sıcaklıkları, P1 numunesinde kullanılan PET polimeri ekstruder sıcaklıklarına göre 2 derece arttırılmıştır. Şekil 3.2'de ekstrüder ünitesi gösterilmiştir.



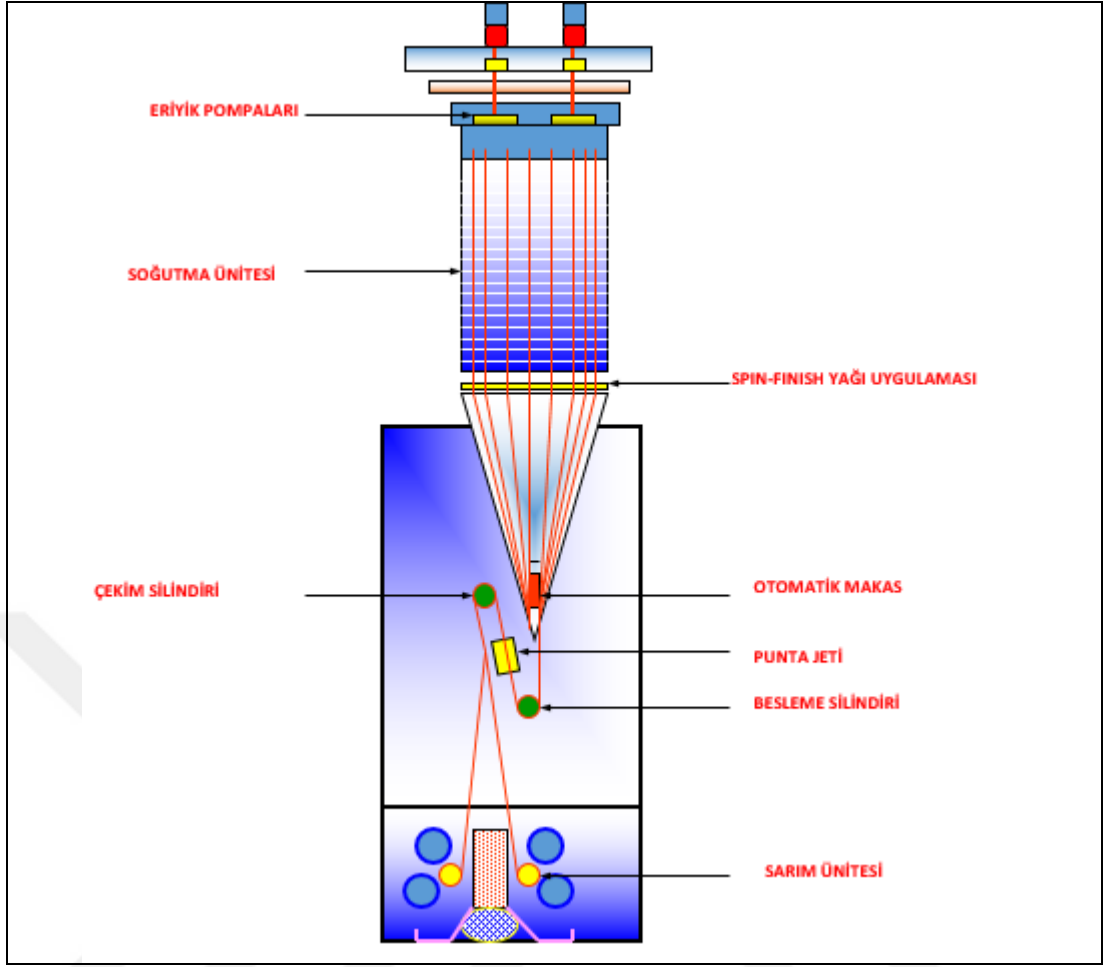
Şekil 3.2. Ekstrüder ünitesi

3.2.1.5. Filtreleme

Filtreleme işlemi polimer kirliliğini en aza indirmek ve üretim çalışma performansını arttırmak için en önemli etkenlerden biridir. Polimerdeki kirlilik oranı arttıkça filtreye uygulanan basınç da artmaktadır. Filtre basıncındaki artışlar ya da tıkanıklıklar üretim kalitesini düşürmektedir. O nedenle filtreleme işlemi uygulanmaktadır.

3.2.1.6. Eriyik polimerin pompa ile düzelere iletilmesi

Eriyik halde bulunan polimerin düze kalıplarına eşit oranda iletimi, eriyik pompaları ile sağlanmaktadır. Birim zamanda düzeden geçen eriyik miktarını arttırmak için eriyik pompasının devri arttırılmalıdır. İstenilen iplik inceliği (denye), eriyik pompa devri arttırılarak ya da azaltılarak ayarlanabilmektedir. Bu tez çalışmasında kullanılan POY üretim hattında, 2 adet pompa beslemesi bulunmaktadır. Şekil 3.3’de eriyik polimerin pompalar yardımıyla düze ve soğutma kanalına iletilmesi gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Eriyik polimerin pompalar yardımıyla düze ve soğutma kanalına iletilmesi

3.2.1.7. Eriyik polimerin düzeden geçişi ve kullanılan düze türleri

Bu tez çalışmasında, hazırlanan tüm iplik numuneleri için grid tipi düze kullanılmıştır. P1 ve P2 numuneleri için 36, P3 numunesi için 48 ve P4 numunesi için 72 delikli yuvarlak kesit, P5 numunesi için ise 48 delikli artı kesit formuna düzeler kullanılmıştır. Kullanılan tüm düzelerin delik çapları, görünümü ve deliklerde tıkanıklık olup olmadığı düze mikroskopu ile kontrol edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Düze mikroskobu

Düze mikroskobu ile düze delikleri tek tek kontrol edilmektedir. Tıkanıklık, çapak vb. durumlardan dolayı düze kesitinde oluşan deformasyonlar tespit edilir. Bu çalışmada, düze mikroskobu ile elde edilen düze delik görüntüleri Şekil 3.5’de verilmiştir.



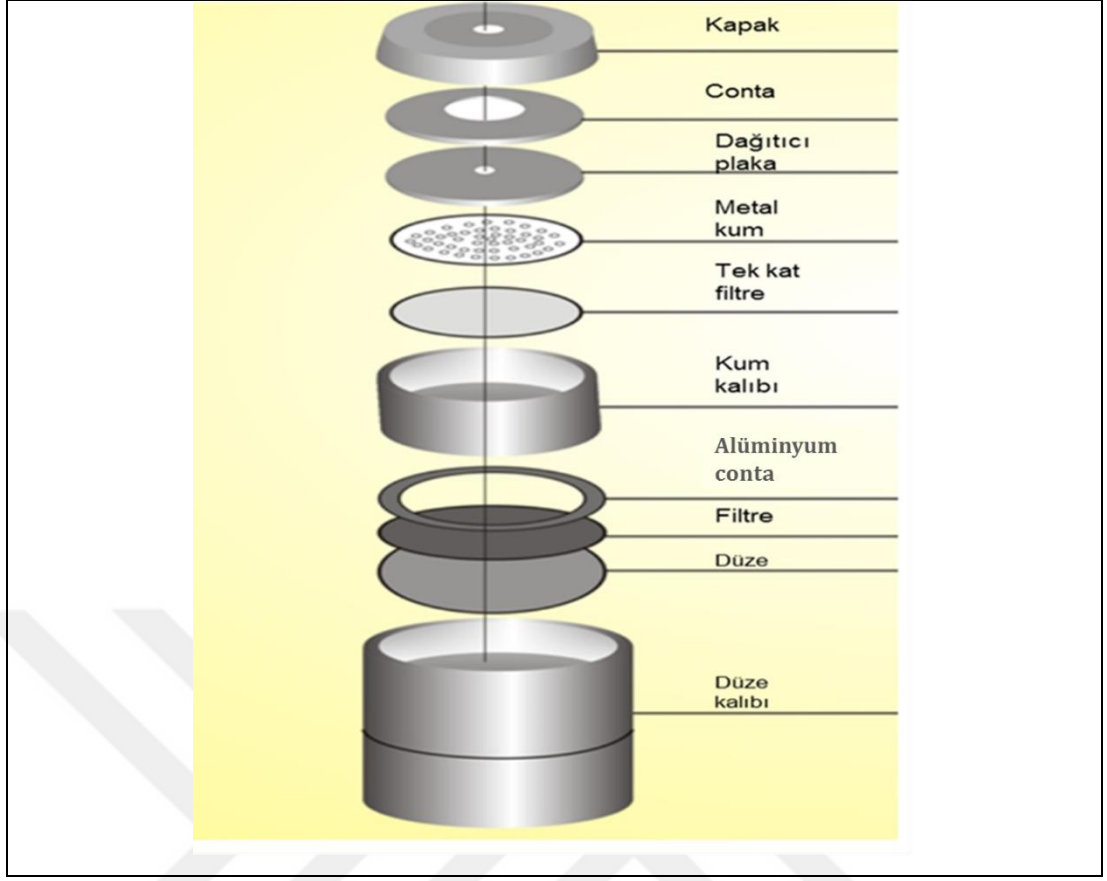
(a)



(b)

Şekil 3.5. Yuvarlak (a) ve artı (b) kesitli düze görüntüsü

Düzeler, yumuşak çekim sisteminde tek başlarına kullanılmamaktadır. Eriyik haldeki polimerin, düze deliklerinden homojen olarak akışını sağlamak amacıyla düzenin birçok yardımcı eleman ile birleşmesi gerekmektedir. Bu yardımcı elemanlar; filtreler, contalar ve düze kumu olarak da adlandırılan metal kum katmanı ile dağıtıcı plakalardan oluşmaktadır. Tüm katmanların bir araya gelmesiyle düze kalıbı oluşmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Düze kalıbını oluşturan başlıca katmanlar

Düze kumu veya diğer bir deyişle metal kum, eriyik halde bulunan polimerin tüm düze deliklerine eşit miktarda dağılmasına yardımcı olmaktadır. Düze kumu, düze ağzına uygulanan polimer basıncını dengelemede önemli rol oynamaktadır. Düze kalıbının içerisinde filtre katmanları bulunmaktadır. Filtre sayesinde düze deliklerinde tıkanmaya neden olabilecek kirlilik, katılaşma vb. olumsuzluklar bertaraf edilmektedir.

Düze basıncını, kullanılan düzenin delik şekli de etkilemektedir. Örneğin bu tez çalışmasında, sıralı üretimi yapılan 48 delikli, artı kesite sahip P5 numunesi için düze basıncı 12,4MPa iken 48 delikli, yuvarlak kesit P3 numunesinde düze basıncı 7,5MPa'a düştüğü gözlemlenmiştir.

3.2.1.8. Sıcak eriyik polimerin soğuk hava ile soğutulması

Bu aşamada, düzeden çıkmış olan sıcak filamentin soğuyarak katılaşması sağlanmaktadır. Soğutma işlemi, ipliğin düzgünlük, mukavemet ve kopma uzaması özellikleri üzerine etkilidir. Tez çalışmasında, direk soğutma sistemi

kullanılmıştır. Bu sistemde soğuk hava akışı, soğutma kabininin arka duvarında bulunan hava kanallarından geçerek sağlanmaktadır. Bu tez çalışmasında üretilen tüm iplikler için hava akış hızı 40 m/s'dir.

3.2.1.9. Spin-finish Yağı Uygulanması

POY ipliği üretim basamakları boyunca filament, klavuz, godet silindiri gibi birçok yüzeye temas etmektedir. Tüm bu temas sürelerinde de sürtünmeye maruz kalmakta ve üzerinde statik yük oluşmaktadır. Bu nedenle sürtünmeden kaynaklanan filament kopmaları nedeniyle üretim performansı ve üretim kalitesi düşmektedir. Sürtünme katsayısının düşürülmesi ve statik yükün azaltılması amacıyla ipliğe spin-finish yağı uygulanmaktadır. Spin-finish yağı, filament ipliklere antistatik özelliğin yanısıra bakteri öldürücü ve korozyon önleyici maddelerin takviye edilmesiyle antibakteriyel özellikte kazandırmaktadır. Bu çalışmada, POY ipliği için üretilmiş spin-finish yağı kullanılmıştır. Üretilen POY ipliği üzerindeki yağ oranı %0,4 olarak ayarlanmıştır. Spin-finish uygulaması, yağ pompaları ile sağlanmaktadır. Yağ pompası, her pozisyona eşit oranda yağ beslemektedir. Yağ pompası tarafından soğutma kabini önündeki yağ klavuzlarının kanalına kadar yağ iletimi sağlanmaktadır. Klavuzdan iplik geçişi esnasında spin-finish yağı ipliğe ulaşmaktadır.

3.2.1.10. Germe-çekme işlemi

Germe-çekme işlemi öncesi elde edilen filament, içinde bulunan yoğun amorf bölgeler nedeniyle ikincil işlemlerde kullanılmaya uygun değildir. Germe- çekme işlemi, birbiriyle aynı yönde dönen ve godet adı verilen iki silindir arasında yapılmaktadır. İkinci silindirin birinci silindirden hızlı dönmesi ile çekim gerçekleşmektedir. Çekim oranının artmasıyla birlikte iplik yapısındaki amorf bölge oranı azalmakta ve kristalin bölge oranı artmaktadır. Tamamen çekilmiş iplik (Fully Drawn Yarn, FDY) üretimlerinde çekim oranı fazlayken, POY üretimlerinde çekim oranı 1'e yakındır. POY iplikler tekstüre işleminin birinci basamağını oluşturdıklarından ve tekstüre işlemi sırasında da çekim işlemine maruz kalacağından dolayı çekim oranı 1'e yakın tutulmuştur. FDY üretimlerinde sıcak godetlerle çalışılırken, POY iplik üretiminde çekim işlemi verilmediğinden soğuk godet silindirleri kullanılmaktadır.

3.2.1.11. POY ipliğinin sarımı

Nihai ürün, masura üzerine sarılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan POY hattında her kanalda 12 adet bobin sarım pozisyonu bulunmaktadır. POY çekim hattında uygulanan makine ayarları, Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. POY iplik numuneleri için makine ayarları

Makine parametreleri	Numune türü				
	P1	P2	P3	P4	P5
Ekstrüder 1. bölge sıcaklığı (°C)	274	275	275	275	275
Ekstrüder 2. bölge sıcaklığı (°C)	279	280	280	280	280
Ekstrüder 3. Bölge sıcaklığı (°C)	284	286	286	286	286
Ekstrüder 4. Bölge sıcaklığı (°C)	285	287	287	287	287
Sarım hızı (m/dak)	3200	3200	2900	2900	2900
Godet 1 hızı (m/dak)	3239	3239	2937	2937	2937
Godet 2 hızı (m/dak)	3251	3251	2947	2947	2947
Pompa hızı (devir/dak)	14,3	14,3	13	13	13

3.2.2. Tekstüre işlemi

Sentetik liflerin ısı işlem ve mekanik yöntemler kullanılarak hacimlendirilmesi ve doğal liflere benzetilmesi işlemine tekstüre denilmektedir. Tekstüre işlemi, düz ve pürüzsüz olan sentetik liflerin kıvrımlı bir hale dönüşmesini ve böylece doğal mat bir görünüm, hacimlilik, örtücülük, esneklik, yumuşaklık, şekil alabilme gibi özellikler kazanmasını sağlamaktadır. Tekstüre işlemi, bilindiği gibi termo-mekanik, mekanik ve diğer olmak üzere 3 farklı yöntem ile yapılmaktadır. Özellikle ısı ile şekil verilebilen termoplastik polimerlerde, termo-mekanik tekstüre yöntemi kullanılmaktadır. Termo-mekanik tekstüre yönteminde, belirli sıcaklık değerine ısıtılan iplikler yalancı büküm esasına dayanan sürtünme diskli silindirler, yığma kutusu, dişli çark veya bıçak sırtı gibi yöntemlerle tekstüre edilmektedir. Özellikle esneklik özelliğinin istendiği durumlarda termo-mekanik tekstüre yöntemi tercih edilmekte olup, tekstüre işlemi sonrasında uygulanan mekanik etkiye bağlı olarak helisel, zig-zag, krinkıl gibi forma sahip olmaktadır.

Bu tez çalışmasında da, lif çekimi sonrasında elde edilen POY iplikleri termo-mekanik tekstüre yöntemleri içerisinde yer alan sürtünme (friksiyon) diskli

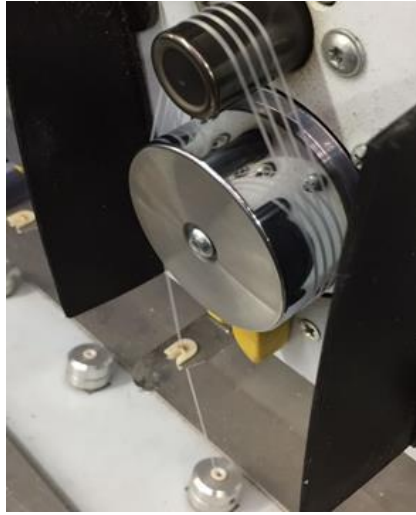
tekstüre yöntemi ile tekstüre işlemine tabi tutulmuştur. Tekstüre işlemi için Barmag Firmasına ait friksiyon diskli tekstüre makineleri kullanılmıştır. Tekstüre işlemi sonrasında elde edilen iplikler T kodu ile gösterilmiş ve T1, T2, T3, T4 ve T5 olarak adlandırılmıştır. Tekstüre işlemi sırasında uygulanan işlem basamakları aşağıda açıklanmıştır.

3.2.2.1. Çekim

POY eldesinde olduğu gibi tekstüre işleminde de en önemli basamaklardan biri çekim ünitesidir. POY ipliğinin çekim işlemi tekstüre sonrası tamamlanmış olur. Bu çalışmada istenen optimum uzama değerlerine ulaşabilmek için godetlerde çekim uygulanmıştır. GR1(a) ve Üst fırın (b) ve ünitesi Şekil 3.7’de gösterilmiştir.

3.2.2.2. POY ipliğinin ısıtılması ve birincil ısıtma (T1)

Çekim işlemi sonrası iplik ısıtma fırınından ve daha sonra soğutma plakasından geçer. Böylece daha kolay tekstüre yapılabilir. Birinci ısıtma üst fırınlarda gerçekleşir. Isıtma sonrası filamentler üzerindeki hareketlilik artacağından dolayı bu hareketliliği düşürmek için soğutma plakası uygulaması yapılmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 3.7. Germe-çekme işleminde kullanılan godet slindirleri (a) ve yumuşatma işleminde kullanılan üst fırın (b)

3.2.2. 3. Friksiyon diskli tekstüre işlemi

Isıtma işlemi sonrasında filament ipliklere şekil verebilmek amacıyla friksiyon diskler ile büküm verilmekte ve mekanik işlem yapılmaktadır. Mekanik etkinin sağlanabilmesi amacıyla çeşitli sayılarda friksiyon diskler kullanılmaktadır. Diskler, bir mil üzerine yerleştirilmektedir. Günümüzde yaygın olarak üç mil kullanılmaktadır. Şekil 3.8’de görüldüğü gibi, friksiyon disk ünitesi, üç mil üzerine sıralı bir şekilde yerleşik halde bulunan friksiyon disklerinden oluşmaktadır. Friksiyon disklerin alt kısmında çıkış diskleri, üst kısmında ise giriş diski bulunmaktadır. Friksiyon diskler, seramik ya da poliüretan malzemeden yapılmaktadır. Tez çalışmasında, poliüretan (PU) esaslı diskler kullanılmış olup, disk yerleşimi 1-5-1 kombinasyonundan oluşmaktadır.



Şekil 3.8. PU disk kombinasyonu

3.2.2.4. İkinci ısıtma (T2)

Tekstüre işlemi tamamlandıktan sonra ipliğe, ikinci fırında tekstüre formunun stabil kalması amacıyla fikseleme işlemi uygulanmaktadır.

3.2.2.5. Kone yağı uygulaması

İplik yağlama ünitesinden geçirilerek, iplik üzerine kone yağı uygulaması yapılmaktadır. Bu çalışmada, sentetik özellikte kone yağı kullanılmıştır. Yağlama ünitesi, tüm hatta uygulanan bir kanal içinden geçen kone yağı ve her pozisyon başında bulunan yağ dişlilerinden oluşmaktadır. Yağlama dişlisinin dönme

hareketi ile üzerinden geçen ipliğe yağın nüfus etmesi sağlanmaktadır. Nihai üründe olması istenen yağ oranına göre yağlama dişlisinin hızı (dev/dak) değiştirilebilmektedir. Tekstüre işlemi tamamlanmış ürün, daha sonra sarım ünitesine gönderilmektedir.

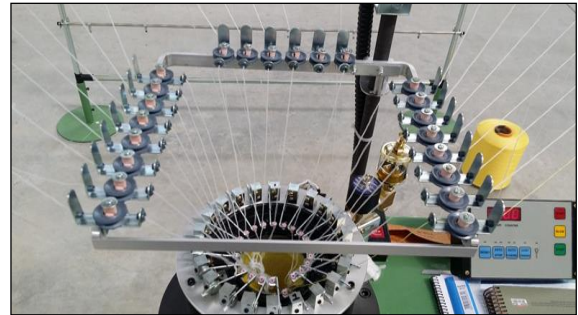
T1, T2, T3, T4 ve T5 numuneleri aynı hat üzerinde üretilmiş olup, numunelere ait makine parametreleri Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Tekstüre ipliklerine ait makine çalışma ayarları

Tekstüre Numuneleri İçin Makine Çalışma Ayarları					
Makine Parametreleri	T1	T2	T3	T4	T5
Üretim hızı (mt/dk)	650	600	600	600	600
Çekim	1,73	1,71	1,67	1,71	1,67
Disk hızı mt/dk	1170	1100	1070	1100	1070
T1 sıcaklığı (°C)	180	140	175	140	175
T2 sıcaklığı (°C)	160	130	150	130	150
Yağ devri (devir/dk)	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00

3.2.3. Tekstüre İpliklerden Örme Kumaş Eldesi

Bu çalışmada tekstüre edilen tüm iplik numunelerinden (T1, T2, T3, T4 ve T5) Yung Tai firmasına ait yuvarlak numune çorap örme makinasında süprem kumaş üretimi yapılmıştır (Şekil 3.9). İğne adedi 260 olup makine inceliği 24 fayndır.



Şekil 3.9. Numune örme makinesi

3.2.4. Tekstüre ipliklerden dokuma kumaş eldesi

Bu çalışmada, tekstüre edilen tüm iplik numunelerinden (T1, T2, T3, T4 ve T5) saten dokuma kumaş üretimi yapılmıştır. Dokuma türü olarak 3 atlamalı 5'li saten kullanılmıştır. Dokuma kumaş üretiminde, rapierli dokuma tezgahı kullanılmış, aynı atkı ve çözgü sıklığında kumaş numuneleri elde edilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Dokuma tezgahı

Dokuma işlemi sırasında tüm numuneler için çözgü ipliği olarak, 30 denye 12 filament FDY yarım at 1000 (Z) PET ipliği kullanılmıştır. Dokuma kumaş üretimine ait parametreler Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Dokuma kumaş üretim parametreleri

Dokuma Numuneleri İçin Makine Çalışma Ayarları	
Makine Parametreleri	Parametre değerleri
Makine devri (rpm)	278
Atkı sıklığı (adet/cm)	50
Çözgü sıklığı (adet/cm)	60
Dokuma tipi	5'li saten
Atkı ipliği	T1, T2, T3, T4, T5
Çözgü ipliği	Dn 30/12, FDY yarım at PET yuvarlak kesit 1000 Z

3.3. Yapılan Test ve Analizler

Bu bölümde, PET ve RPET polimerlerinden elde edilen iplikler ile ipliklerden örülen kumaşların çeşitli özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan test ve analizler özetlenmektedir.

(i) Polimer testleri

- Viskozite
- Nem tayini
- Erime noktası tayini

(ii) İplik testleri

- İplik numara analizi
- Kesit görüntülerinin incelenmesi
- İplik mukavemeti ve kopma uzaması
- İplik düzgünsüzlüğü
- Kaynama çekmesi analizi
- Tekstüre ipliklerinin kıvrım analizi
- Yağ analizi

(iii) Örme kumaş testleri

- Kumaş gramajı ve sıklığı
- Su buharı emicilik testi
- Kuruma hızı tayini
- Boyama sonrası renk analizi

(iv) Dokuma kumaş testleri

- Kumaş gramajı tayini
- Kumaş kopma mukavemeti
- Kumaş kopma uzaması
- Kumaş yırtılma mukavemeti
- Dikiş kayması
- Aşınma direnci
- Hava geçirgenliği

3.3.1. Polimer viskozitesi

Bu çalışmada kullanılan polimerlerin içsel viskozite (IV) değerlerini ölçmek amacıyla viskozimetre kullanılmıştır. Cihaz, “kapiler akış metodu” ile ölçüm yapmaktadır.

Viskozite ölçümünde, 0,125 g polimer numunesinin, 25 ml stok çözeltisinde (fenol + 1 2 diklorobenzen) çözünmesi sağlanmaktadır. Cihazın numune girişi kısmına önce stok çözeltisi konularak, knömatik olarak IV hesaplanmaktadır. Daha sonra stok çözeltisinde çözünmüş olan numunenin relative viskozitesine bakılmaktadır. Knömatik ve relative viskozite arasındaki farktan, numunenin viskozitesi hesaplanmaktadır. Hesaplamalar cihaz tarafından otomatik olarak yapılmaktadır. Tez çalışmasında, PET ve rPET polimerlerinin viskozite ölçümleri yapılmış ve geri dönüşüm PET (rPET) polimerinin orijinal PET polimerinden daha yüksek viskozite değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. İçsel viskozite (IV) ölçüm sonuçları

	PET polimeri	rPET polimeri
İçsel viskozite (dL/g)	0,62	0,65

3.3.2. Nem oranı tayini

Bu çalışmada, kullanılan polimerlerin nem oranını belirlemek amacıyla polimer nem ölçüm cihazı kullanılmıştır. Nem tayini işlemi, cihazın fırınında gerçekleştirilmektedir. Fırının içerisinde bulunan numune çarkına, numuneleri içeren şişeler yerleştirilmektedir.

Bu çalışmada, iplik üretimi öncesinde olduğu gibi üretim sırasında da belirli aralıklarla numune alınıp nem oranı ölçümleri yapılmıştır. Çalışılan polimerlerin, kurutma öncesi nem oranları Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9. PET ve rPET polimerlerine ait nem değerleri

PET polimeri	rPET polimeri
1960 ppm	1450 ppm

3.3.3. Erime noktası tayini

Bu tez çalışmasında, iplik üretiminde kullanılan PET ve rPET polimerlerinin erime noktalarını belirlemek amacıyla Stuart cihazı kullanılmıştır. Cihaz, dijital bir ekran ve aşağı yukarı hareket ettirilebilen bir kafadan oluşmaktadır. Kafa üzerinde üç tane yan yana numune ölçüm gözü bulunmaktadır. Ufak parçalar haline getirilen cips numuneleri, ölçüm tüplerine yaklaşık 1 cm yüksekliğinde konulmaktadır. Cam çubuk şeklindeki erime noktası ölçüm tüpleri, bu gözlere yerleştirilerek ölçüm yapılmaktadır. Kafanın ön kısmında ise büyüteçli mercek sayesinde numunenin erime adımları gözlenerek takip edilebilmektedir. Çizelge 3.10'da, kullanılan polimerlerin erime noktası değerleri verilmektedir.

Çizelge 3.10. PET ve rPET polimerlerine ait erime noktası değerleri

PET polimeri	rPET polimeri
255°C	253°C

3.3.4. İplik numara tayini

Tez çalışmasında üretilen POY ve tekstüre olmuş DTY ipliklerin numara ölçümleri, TS 244 EN ISO 2060 test standardına göre iplik çıkışı ile gerçekleştirilmiştir. İplik, cihazda 90 tur sardırılmış ve karışmaması için fiyonk şeklinde bağlanmıştır. Her fiyonk, hassas terazide tartılmış ve iplik numarası belirlenmiştir (Şekil 3.11). POY ve tekstüre ipliklerine ait iplik numara ölçüm değerleri, Çizelge 3.11'de verilmiştir.



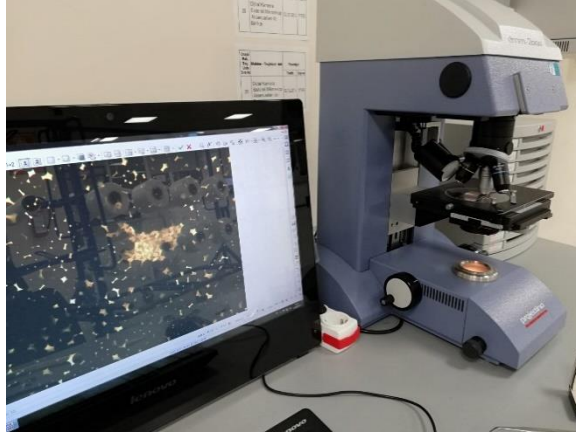
Şekil 3.11. İplik çıkırığı

Çizelge 3.11. POY ve Tekstüre iplikleri numara tayin sonuçları

Numune No	Filament sayısı	Görünüm	Kesit	İplik Numarası
P1	36	yarı mat	yuvarlak	125
P2	36	yarı mat	yuvarlak	124
P3	48	yarı mat	yuvarlak	119
P4	72	yarı mat	yuvarlak	119
P5	48	yarı mat	artı	119
T1	36	yarı mat	yuvarlak	76
T2	36	yarı mat	yuvarlak	77
T3	48	yarı mat	yuvarlak	75
T4	72	yarı mat	yuvarlak	74
T5	48	yarı mat	artı	75

3.3.5. İplik kesit analizi

İplik numunelerinin filament kesit şekli, boyutu ve sayısını tespit etmek için iplik kesitleri Projectina firmasına ait kesit mikroskobu ile incelenmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Kesit mikroskobu

İplik kesitinin incelenmesi için kesit şablonunda numuneler hazırlanmıştır. Numuneler ekru olduğu için görüntü alabilmek amacıyla siyah numune ipliklerinden çileler hazırlanmıştır. İncelenecek iplikler, siyah numunelerin arasına yerleştirilmiştir. Tamamlanan çile numune şablonu içinden geçirilerek, kesici bir aletle pürüzsüz bir şekilde kesilmiş ve mikroskoba yerleştirilmiştir.

3.3.6. İplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması

İpliklerin kopma anındaki mukavemet ve kopma uzaması özelliklerini incelemek amacıyla TexTechno mukavemet ölçüm cihazı kullanılmıştır. POY ve tekstüre ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması testleri, DIN EN ISO 2062 standartına göre yapılmıştır. Cihazın iki adet çenesi bulunmakta olup, çeneler arasındaki mesafe POY ve tekstüre iplikler için iplikler için 100 cm'dir. Her numune için 5 adet numune test edilmiştir.

İplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması test sonuçları, Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Kopma mukavemeti ve kopma uzaması test sonuçları

Numune	Kopma mukavemeti		Kopma uzaması	
	g/denye	CV	%	CV
P1	2,66	5,50	134,03	2,87
P2	2,79	5,03	124,98	4,00
P3	2,67	2,72	135,02	1,42
P4	2,81	1,64	135,82	1,69
P5	2,43	2,26	114,91	1,88
T1	4,63	2,11	26,04	8,53
T2	4,48	2,43	23,93	6,84
T3	4,11	2,43	25,52	5,07
T4	4,00	2,45	25,00	5,04
T5	3,84	1,23	18,68	3,10

3.3.7. İplik düzgünsüzlüğü

İplik düzgünsüzlüğü, üretimde iplik kalitesini etkileyen en önemli iplik özelliklerinden biridir. İplikte oluşan düzgünsüzlükler; ipliğin mukavemetinin düşmesine, ince-kalın yerlerin oluşmasına ve boyamada abraj hatalarına neden olmaktadır. Tez çalışmasında, POY ipliklerin iplik düzgünsüzlüğü TexTechno firmasına ait düzgünsüzlük cihazı ile test edilmiştir. Her numune için TS 2394 standartına göre, 300 metre iplik test edilmiştir. İplik düzgünsüzlüğü test sonuçları, Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.13. POY ipliklerinin düzgünsüzlük test analizleri

Numune	U (%)	CV (%)	CV Half Inert
P1	1,03	1,29	0,95
P2	0,66	0,83	0,53
P3	0,78	0,98	0,65
P4	0,94	1,18	0,73
P5	1,12	1,40	1,15

3.3.8. Kaynama çekmesi analizi

Tez çalışmasında üretilen ipliklerin, kaynama çekmesi veya kaynama sonrası çekme özelliklerini değerlendirmek amacıyla DIN EN 14621 HOT AIR test standardı esas alınarak tekstüremeter ve ısıtıcı fırın kullanılarak iplikler test edilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Tekstüremeter (solda) ve ısıtıcı fırın (sağda)

Texturmeter aparatında beş adet iplik askısı mevcut olup, beş adet bobin test edilebilmektedir. İplik numuneleri ölçüm aparatına sırasıyla asılmaakta ve ipliklerin ucuna kancalar takılmaktadır. Bu kancalara da 500 gramlık ağırlık takılarak ipliklerin ilk boyları ölçülüp, iplik numuneleri texturmeter aparatından alınıp sırayla tek tek 190 °C'deki ısıtıcı fırına yerleştirilmektedir. 15 dakika bekletildikten sonra iplikler tekrar texturmeter aparatına sırasıyla asılmakta ve 30 dakika soğumaya bırakılmaktadır. İpliklere tekrar 500 g'lık ağırlık asılarak, iplik uzunlukları ölçülmektedir. İpliklerin ilk (L1) ve son uzunlukları (L2) dikkate alınarak kaynama çekmesi değeri belirlenmektedir. Bu tez çalışmasında, her numune için beşer test yapılmıştır. Çizelge 3.14'de, ipliklerin kaynama çekme analiz sonuçları verilmektedir.

$$\text{Kaynama – Çekme (\%)} = \frac{(L1-L2)}{(L1)}$$

Çizelge 3.14. POY ve tekstüre ipliklerin kaynama çekmesi analizleri

Numuneler	P1	P2	P3	P4	P5	T1	T2	T3	T4	T5
Kaynama çekmesi (%)	69,8	62,4	65,3	64,3	60,7	7,1	9,8	6,3	9,7	6,8

3.3.9. Tekstüre ipliklerin kıvrım değerleri

Tekstüre işlemi sonrasında, POY iplikleri kıvrımlı bir yapıya sahip olmaktadır. Tekstüre işleminin bir göstergesi olan kıvrımlılığın belirlenmesi için kıvrılma dalgalarının sayısı ve boyutu tarif edilmektedir. Kıvrım değerlerinin tespitinde, tez çalışmasında DIN 53 840 test standardı kullanılmıştır. Her iplik için beşer numune alınmıştır.

Kıvrım kısalması (%): Çekilmiş ipliğin boyu ile (Lg) kıvrıcıklandıktan sonra (Lz) boyu arasındaki farkın, çekilmiş ipliğin (Lg) boyuna oranı kıvrım kısalması değerini vermektedir.

$$\text{Kıvrım kısalması (\%)} = \frac{L_g - L_z}{L_g} * 100$$

Kıvrım modülü (%): Çekilmiş ipliğin (Lg) boyu ile belirli bir çekme yükü (25 gr) ile çekilen ipliğin boyu(Lf) arasındaki farkın, çekilmiş ipliğin(Lg) boyuna oranıdır.

$$\text{Kıvrım modülü (\%)} = \frac{L_g - L_f}{L_g} * 100$$

Kıvrım kalıcılığı (%): Çekilmiş ipliğin (Lg) boyu ile belirli bir çekme yükü (2.5 gr) ile çekilen ipliğin boyu (Lb) arasındaki farkın, çekilmiş ipliğin boyu (Lg) ile kıvrıcıklandırıldıktan sonraki boyu (Lz) arasındaki farka oranıdır.

$$\text{Kıvrım kalıcılığı (\%)} = \frac{L_g - L_b}{L_g - L_z} * 100$$

İplik sarım sayısı belirlenerek, numuneler iplik çıkışıında sarılmaktadır. Etüvün iplik ızgarasına takılmaktadır.

$$\text{Sarım sayısı} = \frac{2272,7}{2 * \text{denye}}$$

DIN 53 840 test standardına göre 120°C’de önceden ısınan etüve iplik ızgarası yerleştirilerek, 10 dakika bekletilmektedir. Süre tamamlandıktan sonra iplikler, sırayla Texturmeter aparatına asılmakta ve yarım saat soğumaya bırakılmaktadır. İpliklerin ucuna kancalar takılmaktadır. Bu kancalarda 500 g’lık ağırlık takılarak, Lg uzunlukları not edilmektedir. İplikler uçlarında takılı olan 2,5 g’lık kancalarda 10 dakika bekletilmektedir. Süre tamamlandıktan sonra o haldeki Lz uzunlukları ölçülerek, not edilmektedir. İpliklerin ucundaki kancalara 25 g’lık kanca takılarak, Lf uzunlukları ölçülerek not edilmektedir. En son ölçüm olarak 2500 g’lık ağırlık ipliklere takılarak, 10 saniye bekletildikten sonra ağırlık çıkartılmaktadır. Bu şekilde, iplikler 10 dakika bekletilmekte ve 10 dakika sonunda Lb uzunlukları ölçülerek not edilmektedir. Kıvrım formüllerine göre hesaplama yapılmaktadır. Tekstüre ipliklerinin kıvrım değerleri, Çizelge 3.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.15. Tekstüre İpliklerin Kıvrım değerleri

Numune No	Kıvrım Kısalması (%)	Kıvrım Modülü (%)	Kıvrım Kalıcılığı (%)
T1	32,7	17,4	74,1
T2	31,4	17,2	62
T3	33,7	18	70,3
T4	32,5	16	60,8
T5	34,6	16,3	68,6

3.3.10. POY ve tekstüre ipliklerinin yağ oranının analizi

Bu çalışmada, POY ve tekstüre ipliklerinin yağ oranının analiz edilmesi için NMR yağ tayin cihazı kullanılmıştır

Spin-finish yağı; preparasyon yağı, bitim yağı gibi isimler altında tanımlanan yağ, sentetik liflerin üretimlerinden hemen sonra liflerin yüzeylerine verilerek, iplik yüzeyinin kaplandığı ve life anti-statik özelliklerin kazandırıldığı bir yağdır. Yağ miktarının yetersiz veya aşırı olması durumunda ipliklerin performansı olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle, spin-finish yağı uygulaması sonrasında ipliklerdeki yağ miktarı kontrol edilmektedir. Yağ ölçüm cihazı, ipliklerde bulunan bu yağ oranını tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Cihaz, yağdan kaynaklı olarak ve “Nuclear Magnetic Resonance” (NMR) olarak adlandırılan bir

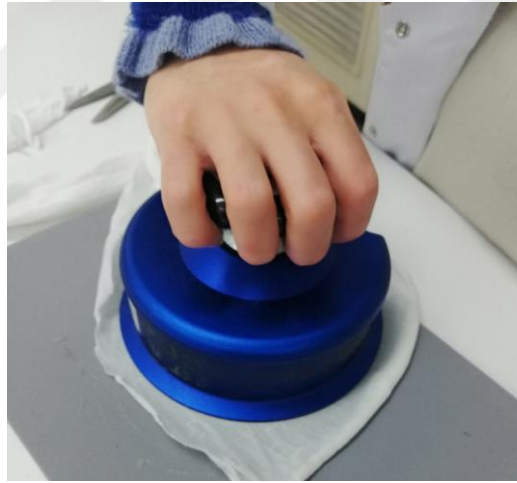
sinyal oluşturmakta ve sinyal numune ağırlığı ile normalize edilmektedir. Sonrasında yağ miktarı (% w/w), uygun kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu test çalışmasında, Bruker metot kullanılmıştır. Çizelge 3.16’da POY ve tekstüre ipliklerinin yağ oranları verilmektedir.

Çizelge 3.16. POY ve Tekstüre İpliklerin Yağ Oranları

Numuneler	P1	P2	P3	P4	P5	T1	T2	T3	T4	T5
Yağ Oranı (%)	0,40	0,41	0,42	0,4	0,42	1,3	1,1	1,3	1,8	1,8

3.3.11. Örme kumaş gramajı ve sıklığı

Bir metrekaire kumaşın, gram cinsinden ağırlığına o kumaşın metrekaire ağırlığı denilmektedir. Bu çalışmada kumaş kesim aparatı ile 100 cm²’lik numuneler alınmış ve hassas terazi ile tartılıp kumaş gramajı belirlenmiştir (Şekil 3.25). Her numune için 5’er ölçüm yapılarak, ortalamaları alınmıştır.



Şekil 3.14. Kumaş kesim aparatı

Gramajı tespit edildikten sonra kumaşlar, çok gergin veya serbest durumda bırakılmadan düz bir masa üzerinde açılarak kumaş merceği kullanılarak 1 cm’lik aralıkta kumaş üzerindeki may ve çubuk sayıları sayılarak kumaş sıklığı belirlenmiştir. İlmek sıklık ve kumaş gramaj değerleri, Çizelge 3.17’de verilmiştir.

Çizelge 3.17. Numune kumaşların gramaj ve sıklık değerleri

Numune No	Kumaş gramajı (g/m ²)	Çubuk sayısı (ilmek/cm)	May sayısı (ilmek/cm)
ÖK1	55	17	14
ÖK2	53	16	12
ÖK3	60	15	13
ÖK4	47	16	12
ÖK5	50	13	12

3.3.12. Örme kumaşların su buharı emicilik testi (Satra nem alma testi)

Çalışma kapsamında hazırlanan çorap numunelerinin nem alma özelliklerini ölçmek amacıyla, Satra STD 478 standardına göre test düzeneği ve 4*4 cm'lik 10'ar adet numune hazırlanmıştır. Numuneler laboratuvar ortamında 24 saat kondisyonlanmaları için bekletilmiştir. 190 ml'lik kavanoz içine 75 ml saf su konulmuştur. Kavanozun iç kısmına ince tel filtre yerleştirilerek, suya değmeyecek bir seviyede sabitlenmiştir. Hazırlanan test numuneleri, önce hassas terazide tartılarak kuru ağırlıkları not edilmiştir. Daha sonra numuneler bu tellerin üzerine her kavanozda birer numune olacak şekilde yerleştirilmiştir. Su buharının dışarı çıkmasını engellemek için kavanozların kapağı sıkıca kapatılarak, hava almayacak şekilde sarılmıştır. Numuneler, kavanoz içinde bulunan suyun buharlaşması ile ne kadar su buharı emebileceklerinin tespiti için 24 saat boyunca kavanozların içinde bekletilmiştir. 24 saat sonra kavanoz kapakları teker teker açılarak, numuneler hassas terazide teker teker tartılmıştır. Testten sonraki ağırlıkları not edilmiştir. İlk ve son ağırlık değerlerinden yola çıkarak ihtiva ettikleri nem oranı hesaplanmıştır. Şekil 3.15'de Satra nem alma testi için hazırlanan test düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Su buharı emicilik test düzeneği

Ölçümler sonucunda, su buharı emicilik değerleri şu şekilde hesaplanmıştır.

$$\frac{(\text{yaş ağırlık} - \text{kuru ağırlık}) * 100}{\text{kuru ağırlık}} = \text{nem oranı}\%$$

Satra nem testi öncesi ve sonrası, ortalama ağırlık değerleri ve test sonrası ihtiva ettikleri ortalama nem oranları Çizelge 3.18’de verilmektedir.

Çizelge3.18. Kumaşların ortalama nem oranları

Kumaş ağırlıkları (mg)	ÖK1	ÖK2	ÖK3	ÖK4	ÖK5
Kuru ağırlık (mg)	99	91	101	90,5	76,4
Yaş ağırlık (mg)	104	94	108	98,7	94,9
Nem oranı (%)	5,2	3,4	7,46	9,06	24,21

3.3.13. Örme kumaşların kuruma hızlarının tespit edilmesi

Satra nem alma testinden sonra numunelerin kuruma davranışlarını gözlemlemek amacıyla 1’er dakika arayla hassas terazide tartılarak, ağırlık değişimleri not edilmiştir. Numunelerin gramajları düşük olduğundan dolayı numuneler mg ağırlığında bulunmaktadır. Ölçüm sırasında yaş ve kuru ağırlık farkı $\pm 0,3$ mg olan numuneler, kuru ağırlığa ulaşmış kabul edilmiştir. Her test numunesi için 10’ar test yapılmıştır. Kurutma işlemi $\pm 23^{\circ}\text{C}$ ortam sıcaklığında

gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.19-3.24’de ÖK1, ÖK2, ÖK3, ÖK4 ve ÖK5 kumaş numunelerine ait kuruma süreleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.19. ÖK1 kumaşının duruma davranışı

Kumaş ağırlığı (mg)	ÖK1.1	ÖK1.2	ÖK1.3	ÖK1.4	KÖ1.5	ÖK1.6	ÖK1.7	ÖK1.8	ÖK1.9	ÖK1.10
Kuru ağırlık	98,1	92,7	95,7	103,0	99,1	100,1	102,7	100,8	95,5	97,5
Yaş ağırlık	99,1	97,8	107,1	109,7	103,2	103,8	107,4	109,1	98,3	100,9
1 dk sonra	98,1	93,2	102,7	105,7	101,7	102,1	106,2	108,3	97,1	99,1
2 dk sonra		92,7	100,5	103,0	99,9	101,5	104,2	107,6	96,3	98,8
3 dk sonra			96,1		99,1	100,1	103,9	105,2	95,5	97,5
4 dk sonra			95,7				102,7	104,5		
5 dk sonra								102,1		
6 dk sonra								101,0		
7 dk sonra								100,8		

Çizelge 3.20. ÖK2 kumaşının duruma davranışı

Kumaş ağırlıkları (mg)	ÖK2.1	ÖK2.2	ÖK2.3	ÖK2.4	ÖK2.5	ÖK2.6	ÖK2.7	ÖK2.8	ÖK2.9	ÖK2.10
Kuru ağırlık	93,1	91,9	86,1	91,5	93,5	91,0	92,3	91,9	89,5	91,2
Yaş ağırlık	94,9	94,8	91,0	93,8	95,1	92,9	95,3	96,8	95,1	93,5
1 dk sonra	93,8	92,9	87,6	92,6	94,2	92,1	94,9	95,9	94,1	92,1
2 dk sonra	93,1	92,6	87,0	91,5	93,5	91,0	94,1	95,0	93,6	91,2
3 dk sonra		92,2	86,1				93,5	94,1	92,9	
4 dk sonra		92,1					92,8	93,5	91,5	
5 dk sonra		91,9					92,3	92,5	90,5	
6 dk sonra								91,9	89,5	
7 dk sonra										

Çizelge 3.21. ÖK3 kumaşının duruma davranışı

Kumaş ağırlıkları (mg)	ÖK3.1	ÖK3.2	ÖK3.3	ÖK3.4	ÖK3.5	ÖK3.6	ÖK3.7	ÖK3.8	ÖK3.9	ÖK3.10
Kuru ağırlık	96,7	103,9	102,2	102,3	95,0	100,0	102,7	105,2	99,5	97,0
Yaş ağırlık	110,9	106,7	114,5	106,1	100,0	105,7	110,3	110,5	107,2	108,4
1 dk sonra	108,1	105,4	109,7	102,9	99,0	102,5	109,2	108,2	105,2	106,9
2 dk sonra	104,5	104,3	103,6	102,3	97,5	100,0	107,5	107,1	104,3	104,2
3 dk sonra	102,3	103,9	102,9		96,3		106,9	105,9	102,9	103,5
4 dk sonra	98,1		102,2		95,0		105,1	105,2	100,8	100,1
5 dk sonra	97,6						103,1		100,0	99,2
6 dk sonra	96,7						102,7		99,5	98,8
7 dk sonra										97,0

Çizelge 3.22. ÖK4 kumaşının duruma davranışı

Kumaş ağırlıkları (mg)	ÖK4.1	ÖK4.2	ÖK4.3	ÖK4.4	ÖK4.5	ÖK4.6	ÖK4.7	ÖK4.8	ÖK4.9	ÖK4.10
Kuru ağırlık	89,5	90,1	98,5	87,1	90,2	88,5	89,6	91,2	91,5	89,2
Yaş ağırlık	107,2	95,7	103,7	91,1	96,7	98,2	100,0	102,4	95,7	96,1
1 dk sonra	102,6	92,1	100,4	89,2	95,8	97,5	99,1	100,1	94,1	95,1
2 dk sonra	100,0	90,7	98,9	87,1	94,1	95,4	98,2	99,2	92,3	94,3
3 dk sonra	98,3	90,4	98,5		93,1	94,9	97,6	98,1	91,5	92,0
4 dk sonra	97,0	90,1			91,2	93,4	96,1	96,8		91,2
5 dk sonra	96,4				90,5	92,9	93,5	95,4		90,1
6 dk sonra	95,4				90,2	91,1	92,8	93,9		89,2
7 dk sonra	93,2					90,7	91,0	93,0		
8 dk sonra	92,9					89,1	90,3	92,5		
9 dk sonra	92,3					88,5	89,6	91,7		
10 dk sonra	91,0							91,2		
11 dk sonra	89,8									
12 dk sonra	89,5									

Çizelge 3.23. ÖK5 kumaşının duruma davranışı

Kumaş ağırlıkları (mg)	ÖK5.1	ÖK5.2	ÖK5.3	ÖK5.4	ÖK5.5	ÖK5.6	ÖK5.7	ÖK5.8	ÖK5.9	ÖK5.10
Kuru ağırlık	77,1	82,0	79,3	69,0	78,2	77,6	77,1	68,5	79,1	76,2
Yaş ağırlık	96,9	110,5	103,5	87,5	92,0	93,5	90,8	85,6	90,4	98,6
1 dk sonra	92,5	108,2	100,9	83,7	90,4	92,6	89,1	83,7	88,6	96,6
2 dk sonra	89,8	105,4	98,7	82,2	88,5	90,4	87,4	80,2	86,2	95,1
3 dk sonra	87,5	100,2	95,5	80,0	85,9	89,2	85,3	78,5	83,1	93,5
4 dk sonra	85,5	97,5	92,5	77,6	83,1	87,4	83,9	75,4	82,4	92,0
5 dk sonra	83,6	95,3	90,9	75,5	81,9	87,0	80,8	73,9	80,9	90,4
6 dk sonra	81,9	92,8	87,7	74,3	80,3	85,3	79,0	72,0	79,1	88,1
7 dk sonra	80,8	90,8	85,7	73,2	79,6	84,1	78,5	70,8		87,1
8 dk sonra	79,2	88,7	84,9	71,7	78,2	82,7	77,1	68,9		85,5
9 dk sonra	77,2	87,0	83	70,9		81,1		68,5		83,1
10 dk sonra	78,1	86,5	81,5	70,0		80,0				81,9
11 dk sonra	77,1	84,7	80,9	69,0		78,9				79,9
12 dk sonra		83,3	79,3			77,6				78,7
13 dk sonra		82,0								76,2

Çizelge 3.24. Örme kumaş numunelerine ait kuruma süreleri

	ÖK1	ÖK2	ÖK3	ÖK4	ÖK5
Süre (dk)	1-7	2-6	2-7	2-12	6-13

3.3.14. Kumaşların su emicilik ve kuruma hızı analizleri

Bu tez çalışmasında kullanılan kumaşların su emme kapasiteleri ve kuruma hızlarının analiz edilmesinde, Fourt vd. (1951) tarafından yapılan çalışma esas alınmıştır. Analiz için kumaş numuneleri, 8*16 cm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra bir kapta saf su hazırlanarak, numuneler bu kaplara daldırılmış ve yarım saat kadar su içinde bekletilmiştir. Su yüzeyinde hava kabarcığının kalmamasına dikkat edilmiştir. Numuneler bir cımbız yardımıyla kaplardan çıkarılarak, üzerinde bulunan fazla sudan kaynaklanan damlamalar kesilene kadar bekletilmiştir. Daha sonra numuneler, kuruma kâğıdına konulmuş ve her iki yüzü birer dakika kuruma kâğıdında bekletilmiştir. Üzerindeki fazla suyu alınmış numuneler, hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları kaydedilmiştir. Kuru ve yaş ağırlık değerleri dikkate alınarak su emicilik oranı belirlenmiştir. Kuruma

hızının analiz edilebilmesi için yaş haldeki numuneler standart atmosfer şartlarında, kurutma tellerine asılarak, 5'er dakika arayla tartılmış ve ağırlık değişimleri not edilmiştir. Kumaşların kuruma davranışlarını ifade eden, zamana bağlı nem miktarlarındaki değişim Çizelge 3.25'de verilmiştir.

Çizelge 3.25. Kumaşların zamana bağlı nem miktarlarındaki değişim

Kumaş ağırlığı (mg)	ÖK1	ÖK2	ÖK3	ÖK4	ÖK5
KURU (mg)	931	799	872	751	708
ISLAK (mg)	6319	5511	6512	6098	5772
5 dk sonra	5895	5123	6218	5158	5045
10 dk sonra	5214	4752	5856	4852	4716
15 dk sonra	4910	4521	5448	4447	4243
20 dk sonra	4565	3916	5126	3908	3819
25 dk sonra	3910	3418	4456	3257	3120
30 dk sonra	3511	3024	3629	2851	2697
35 dk sonra	3240	2574	3374	2415	2287
40 dk sonra	2817	2365	2946	2010	1819
45 dk sonra	2563	2040	2435	1683	1616
50 dk sonra	2041	1824	2378	1245	1236
55 dk sonra	1815	1328	1864	954	947
60 dk sonra	1632	1182	1532	856	708
65 dk sonra	1458	911	1235	751	
70 dk sonra	1213	846	1034		
75 dk sonra	983	799	872		
80 dk sonra	931				

Elde edilen sonuçlardan, kumaşların üzerlerindeki su emme oranları belirlenmiştir. Çizelge 3.26'da kumaşların zamana bağlı olarak nem oranlarındaki değişim verilmektedir.

$$\frac{(\text{yaş ağırlık} - \text{kuru ağırlık}) * 100}{\text{kuru ağırlık}} = \text{Su emme oranı}\%$$

Çizelge 3.26. Kumaş numunelerinin zamana bağlı % nem oranlarındaki değişim

Ölçüm sıklığı	ÖK1	ÖK2	ÖK3	ÖK4	ÖK5
0 dk	579	590	646	712	687
5 dk sonra	534	541	613	587	612
10 dk sonra	460	495	571	547	566
15 dk sonra	428	466	525	493	499
20 dk sonra	391	390	488	421	439
25 dk sonra	320	328	411	334	340
30 dk sonra	277	278	316	280	281
35 dk sonra	248	222	287	222	223
40 dk sonra	203	196	238	168	157
45 dk sonra	175	155	179	124	128
50 dk sonra	119	128	173	66	75
55 dk sonra	95	66	114	27	33
60 dk sonra	75	48	76	14	0
65 dk sonra	57	14	42	0	
70 dk sonra	30	6	19		
75 dk sonra	6	0	0		
80 dk sonra	0				

Kumaşların kuruma sürelerinden faydalanarak kuruma hızları hesaplanmıştır. Kuruma hızları Çizelge 3.27’de verilmiştir.

$$\text{Kuruma hızı} = \frac{\text{Nem miktarı (mg)}}{\text{Kuruma süresi (dak)}}$$

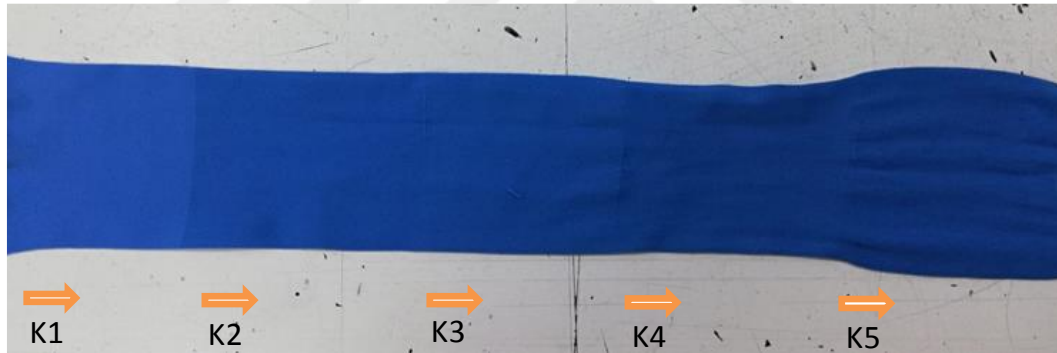
Çizelge 3.27. Kumaşların kuruma hızı sonuçları

	ÖK1	ÖK2	ÖK3	ÖK4	ÖK5
Ağırlık değişimi (mg/dk)	67	62	75	82	81

3.3.15. Örme kumaşlarda boya Analizi

Bu tez çalışmasında, elde edilen tekstüre ipliklerden örme kumaş üretimi yapıldıktan sonra iplikler arasında renk farkının olup olmadığının belirlenmesi amacıyla kumaşlar boyama işlemine tabi tutulmuştur. Boyama öncesinde, örülen kumaşlar kumaş kontrol testine tabi tutulmuştur. Daha sonra, numune kumaşlar ATAÇ firmasına ait numune boyama makineleri ile boyanmıştır. Makinenin su alma kapasitesi 30 litre olup, çorabın bir ucu haspelin üzerinden makinanın ana

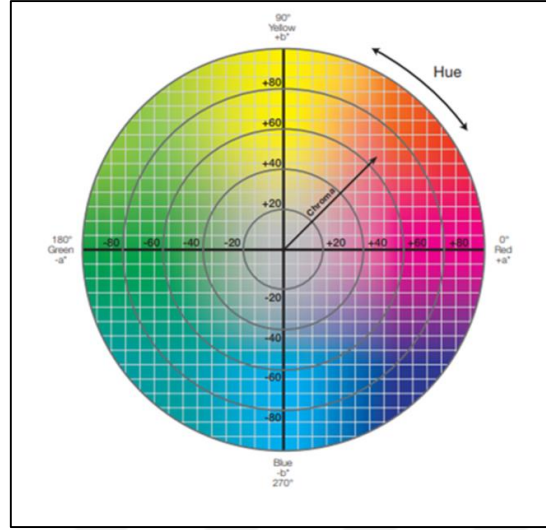
kazanına doğru çıkan suya kaptırılarak yavaşça yüklenmeye başlanmaktadır. Çorabın bir kısmı yüklendikten sonra, ucu kıvrık demir yardımıyla ana kazandan yukarı doğru çekilmektedir. Çorap tamamen yüklendikten sonra iki ucu birbirine dikilmektedir. Haspel döndürülmekte ve makinanın kapağı kapatılmaktadır. Hazırlanan boya ilave kabına eklenmekte ve daha sonra boya kazana dozajlanmaktadır. Makine sıcaklığı 30 dakikada 100 °C'ye ulaşmakta ve 15 dakika boyunca 100 °C'de sabit kalmaktadır. Sonra sıcaklık makine soğutma işlemi ile 70 °C'ye düşerek, ana kazandaki suyunu boşaltmaktadır. Makine tekrar temiz su olarak durulama işlemi yapmaktadır. Durulama işlemi tamamlanınca boyama işlemi tamamlanmaktadır. Bu tez çalışmasında elde edilmiş tekstüre iplikler sıralı olarak örülmüş ve aynı anda boyanmıştır. Boyama sonrasında, boya alım oranları ve çorap üzerinde oluşan açıklık-koyuluk ya da lot farklarından dolayı ortaya çıkan ton farklılıkları tespit edilmiştir. Boyanmış kumaş numuneleri, Şekil 3.16'da görülmektedir.



Şekil 3.16. Boyama yapılmış çorap numuneleri

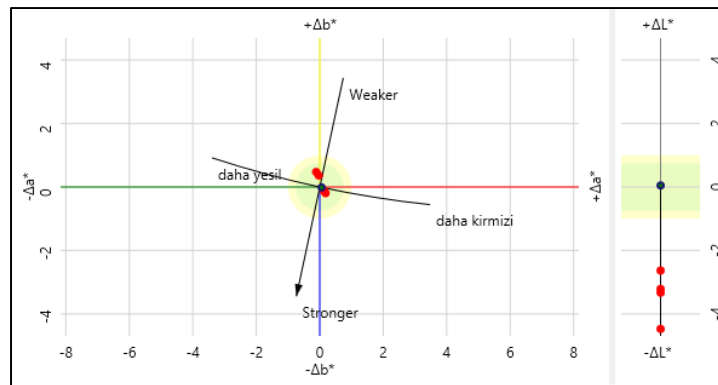
Kumaşların renk analizlerinin tespit edilmesinde spektrofotometre test cihazı kullanılmıştır. Ölçüme başlamadan önce ÖK1 kumaşı referans olarak kabul edilmiş ve diğer kumaşların renk analizleri ÖK1 kumaşına göre değerlendirilmiştir. Bu bağlamda önce standart renk numunesi, daha sonra tüm numuneler tek tek ölçülmüştür. Standart renk numunesi cihazın gözü ile siyah plaka arasına yerleştirilmiştir. Gözün bağlı olduğu siyah metal çekilerek rengin tam olarak gözün önüne denk geldiği kontrol edilmiştir. Test sonunda elde edilen ölçümler not edilmiştir.

L^* , a^* ve b^* değerleri, renklerin temsil edildiği koordinat sisteminin öğeleridir. İnsan gözünün algılayabildiği tüm renkleri tanımlamaktadır.



Şekil 3.17. CIE Lab değerleri

L^* değeri, açıklık/koyuluk koordinatını göstermektedir. 0 iken siyahı, 100 iken beyazı göstermektedir (Şekil 3.17-3.18). a^* değeri, kırmızı/yeşil koordinatıdır. $+a^*$ değeri kırmızıyı, $-a^*$ değeri ise yeşili belirtmektedir. b^* değeri, sarı/mavi koordinatını göstermektedir. $+b^*$ değeri sarıyı, $-b^*$ değeri ise koordinat üzerinde maviyi temsil etmektedir. DE değeri, renk farkını ifade etmektedir. $DE < 1$ ise renk farkı kabul sınırı içinde sayılmaktadır. $DE > 1$ ise renk farkı, fazla demektir. DE değerinin büyümesi durumunda, karşılaştırılan renkler arasındaki görsel fark da artmaktadır.



Şekil 3.18. Renk koordinatı

3.3.16. Dokuma kumaşların gramaj tayini

Kumaş kesim aparatı ile 5'er numune alınmış ve örme kumaşlarda yapıldığı gibi hassas terazi ile tartılıp ortalama kumaş gramajı belirlenmiştir (Çizelge 3.28).

Çizelge 3.28. Dokuma kumaşların gramaj analizleri

Kumaş adı	Kumaş gramajı (g/m ²)
DK1	69
DK2	69
DK3	68
DK4	67
DK5	69

3.3.17. Dokuma kumaşların kopma mukavemeti tayini

Bu tez çalışmasında dokuma kumaşların kopma mukavemeti ve kopma uzamasını analiz etmek amacıyla EN ISO 13934-1 test standardına göre şerit (strip) metodu kullanılmıştır. Kopma mukavemeti ve kopma uzaması analizleri için Titan-Universal Strength Tester test cihazı (Şekil 3.19) kullanılmıştır. Test aralığı 200 mm dir. Uzatma oranı 100 mm/dak, test boyunca uygulanan maksimum kuvvet 600 N'dur. Numuneler, atkı ve çözgü numunesi olmak üzere iki türde hazırlanmıştır. Atkı yönüne paralel hazırlanan numuneler atkı, çözgü yönüne paralel hazırlanan numuneler ise çözgü numunesi olarak adlandırılmıştır. Her kumaş için aynı hizada olmamak suretiyle, 60*300 mm boyutlarında 3'er test numunesi kullanılmıştır.



Şekil 3.19. Titan kumaş mukavemet test cihazı

3.3.18. Kumaşların yırtılma mukavemeti tayini

Dokuma kumaşların yırtılma mukavemeti testleri için EN ISO 13937-2 test standardına göre “tek dil” metodu kullanılmıştır. Yırtılma mukavemeti analizleri için Titan-Universal Strength Tester test cihazından faydalanılmıştır. Uzatma oranı 100 mm/dak, test boyunca uygulanan maksimum kuvvet 600 N’dur. Numuneler, atkı ve çözgü yönünde hazırlanmıştır. Uzun kenarı atkı yönüne paralel hazırlanan numuneler atkı numunesi, çözgü yönüne paralel hazırlanan numuneler ise çözgü numunesi olarak adlandırılmıştır. Her kumaş için, aynı hızda olmamak suretiyle, 50*200 mm boyutlarında 3’er test numunesi alınmıştır. Bu numunelerin kısa kenarının tam ortasından iç kısma doğru 100 mm’lik bir çizgi çizilmiş ve kesilmiştir. Numuneler tutucu çenelere yerleştirilmiştir.

3.3.19. Dikiş açılması veya dikiş kayma mukavemeti testi

Bu tez çalışmasında dokuma kumaşların dikiş açılması veya dikiş kayma mukavemeti özellikleri, EN ISO 13936-2 (60 N) standardına göre yapılmıştır. Testte, Titan-Universal Strength Tester test cihazı kullanılmıştır. Test numuneleri 100*200 ebatlarında kesilmiştir. Kesilen numuneler, uzun kenarın tam ortasından ikiye katlanmış ve daha sonra kat yerinin 20 mm içinden dikilmiş ve dikiş yerinden 12 mm içerden kesilmiştir. Elde edilen numune, çene aralığı 100 mm olarak ayarlanan çenelere gerdirmeden yerleştirilmiştir. 60 N yük altında 50 m/dak test hızında, belirlenen yük altındaki dikiş açılması “cm” cinsinden not edilmiştir (Çizelge3.29).

Çizelge 3.29. Dokuma kumaşların dikiş açılması değerleri

	D1	D2	D3	D4	D5
Çözgünün atkı üzerinden kayması (cm)	2	2	3	2	2
Atkının çözgü üzerinden kayması (cm)	4,5	5	4	6	4

3.3.20. Aşınma mukavemeti testi

Tez çalışması kapsamında dokuma kumaşların aşınma mukavemetini ölçmek amacıyla Martindale aşınma test cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.20). Test çalışması EN ISO 12947-2 standardına göre yapılmıştır. Numune tutuculara numune ve 3,8 mm çaplı poliüretan sünger yerleştirilmekte ve konik ara parça üzerine

konularak numune tutucu sabitlenmektedir. Numune tutucuların üzerine 9 kpa ağırlık yerleştirilmektedir. Testte, numunelerde 3 adet iplik kopuşu olana kadar aşınma devir sayısı kontrol edilmekte ve 3 kopuştan sonra test bitirilmektedir. Dokunmuş kumaş numunelerine ait aşınma direnci sonuçları, Çizelge 3.30'da verilmiştir.



Şekil 3.20. Martindale aşınma mukavemeti test cihazı

Çizelge 3.30. Dokuma kumaşların aşınma dirençleri

3 kopuş oluşumu (devir)	DK1	DK2	DK3	DK4	DK5
	32000	50000	28000	15000	10000

3.3.21. Hava geçirgenliği tayini

Dokuma kumaşların hava geçirgenlikleri, TS 391 EN ISO 9237 standardı esas alınarak FX 3300 model hava geçirgenliği tayin cihazında gerçekleştirilmiştir. Her numune için 10'ar test yapılmış ve ortalama değerleri hesaplanmıştır. Dokuma kumaş numunelerine ait hava geçirgenlik sonuçları, Çizelge 3.31'de verilmiştir.

Çizelge 3.31. Kumaşların hava geçirgenlik sonuçları

Ort. değer ($l/m^2/s$)	DK1	DK2	DK3	DK4	DK5
	244,7	230,5	207,5	169,2	158,4

3.4. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sonuçların analizinde; üretilen iplikler ile ipliklere ait kumaşların sonuçları grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olup olmadığını araştırmak amacıyla, SPSS 16.0 istatistik programı ile ikili karşılaştırma için t-testi, l karşılaştırma için ise Tek-Yönlü (One-Way) ANOVA LSD metodu kullanılarak analiz edilmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, geri dönüşüm PET polimeri kullanılarak farklı filament sayısı ve kesit formu kullanılarak POY halinde iplikler üretilmiş ve tekstüre işleminden geçirilmiştir. Elde edilen ipliklerin çeşitli fiziksel özellikleri incelenmiş ve sonuçlar aynı koşullarda PET polimerinden üretilen ipliklerle karşılaştırılmıştır. Böylece, geri dönüşüm PET polimerinden farklı kesit formu ve filament sayısında iplik üretim durumunun değerlendirilmesi yanında geri dönüşüm bir malzemenin iplik özelliklerinde ne tür farklılıklara neden olduğu da değerlendirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında, ipliklerden elde edilen kumaşların performans ve konfor ile ilişkili özelliklerinin belirlenebilmesi için örme ve dokuma kumaş üretimleri yapılmıştır. Örme kumaşlar boyanmış ve boyama sonrası kumaş görünümü yanında özellikle geri dönüşüm PET polimerinin spor tekstillerinde kullanabilirliğinin değerlendirilmesi açısından su emiciliği, su buharı geçirgenliği ve kuruma hızı gibi kumaş konforu ile ilişkili özelliklerin incelenmesi sağlanmıştır. Dokuma kumaşların kumaş kopma, yırtılma ve dikiş kayma mukavemeti, kopma uzaması, aşınma direnci, ve hava geçirgenliği gibi kumaş performansı ile ilişkili özellikleri araştırılmıştır.

Kullanılan polimer türü, filament sayısı ve kesit formu açısından farklı olan POY halindeki iplikler P1, P2, P3, P4 ve P5, POY ipliklerin tekstüre edilmesi sonucunda elde edilen iplikler T1, T2, T3, T4 ve T5 olarak isimlendirilmiştir. Tekstüre ipliklerden elde edilen örme kumaşlar ÖK1, ÖK2, ÖK3, ÖK4 ve ÖK5 ve dokuma kumaşlar DK1, DK2, DK3, DK4 ve DK5 olarak adlandırılmıştır.

Çalışmada elde edilen sonuçlar, yapılan üretim denemeleri açısından üç bölüm altında değerlendirilmiştir. Bunlar;

(i) Polimer türünün etkisini incelemek amacıyla, aynı iplik inceliği (125 denye POY ve 75 denye DTY), filament sayısı (36 adet) ve kesit formu (yuvarlak) kullanılarak PET ve rPET polimerlerinden üretilen POY (P1 ve P2) ve tekstüre

(T1 ve T2) iplikler ile örme kumaşlar (ÖK1 ve ÖK2) ve dokuma kumaşlar (DK1 ve DK2),

(ii) Filament sayısının etkisini incelemek amacıyla, rPET polimerinden aynı iplik inceliği (125 denye POY ve 75 denye DTY) ve kesit formu (yuvarlak) kullanılarak üretilen 36, 48 ve 72 adet filament sayısına sahip POY (P2, P3 ve P4) ve tekstüre (T2, T3 ve T4) iplikler ile örme kumaşlar (ÖK2, ÖK3 ve ÖK4) ve dokuma kumaşlar (DK2, DK3 ve DK4),

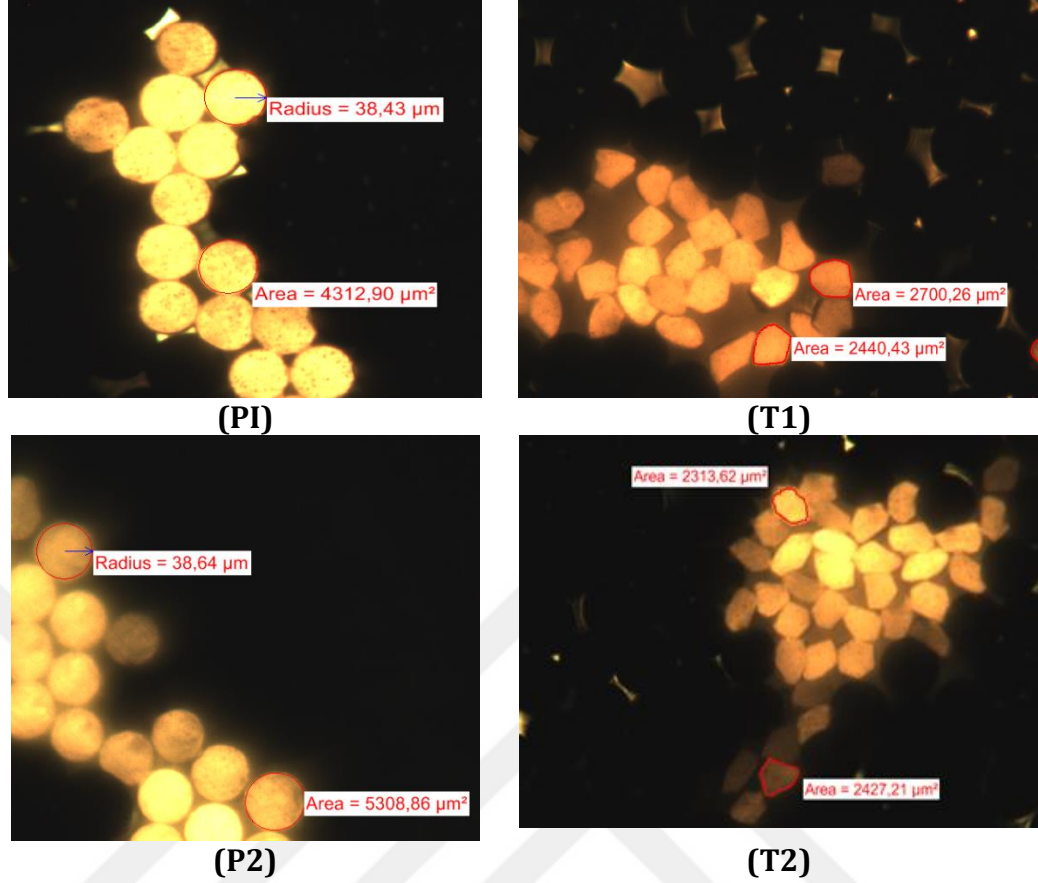
(iii) İplik kesit formunun etkisini incelemek amacıyla, rPET polimerinden aynı iplik inceliği (125 denye POY ve 75 denye DTY) ve filament sayısı (48 adet) kullanılarak yuvarlak ve artı olmak üzere iki farklı kesit formunda üretilen POY (P3 ve P5) ve tekstüre (T3ve T5) iplikler ile örme kumaşlar (ÖK3 ve ÖK5) ve ve dokuma kumaşlar (DK3 ve DK5)'dir.

4.1. İplik Test Sonuçları

Tez çalışması kapsamında, PET ve rPET polimerinden eriyikten lif çekimi yöntemi ile üretilen POY iplikleri ile bu ipliklerin termomekanik tesktüre yöntemlerinden biri olan sürtünme (friksiyon) diskli tekstüre yöntemi tekstüre edilmesi ile elde edilen DTY ipliklerin çeşitli iplik özelliklerine ait sonuçlar bu bölümde incelenmiştir.

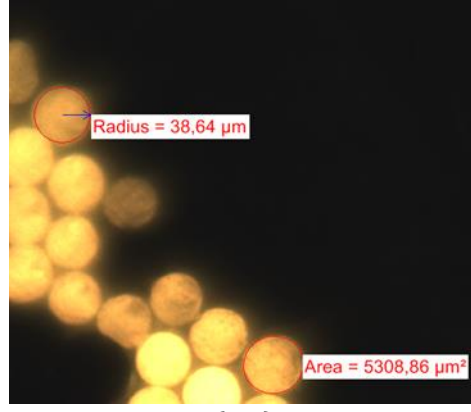
4.1.1. İplik kesit görüntüleri

Tez çalışmasında farklı polimer türü, filament sayısı ve kesit formu kullanılarak üretilen ipliklerin tekstüre işlemi öncesi (POY) ve sonrası (DTY) ipliklerin kesit görüntüleri alınmış olup, görüntüler Şekil 4.1-4.3'de verilmiştir. Aynı iplik inceliği (125 denye POY ve 75 denye DTY), filament sayısı (36 adet) ve kesit formu (yuvarlak) kullanılarak PET ve rPET polimerlerinden üretilen ipliklerin kesit yapıları incelendiğinde, PET ve rPET ipliklerinin benzer kesit görüntüsüne sahip olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.1). Tekstüre işlemi sonrası, yuvarlak kesitten oval kesite doğru bir yönelme olduğu görülmektedir.

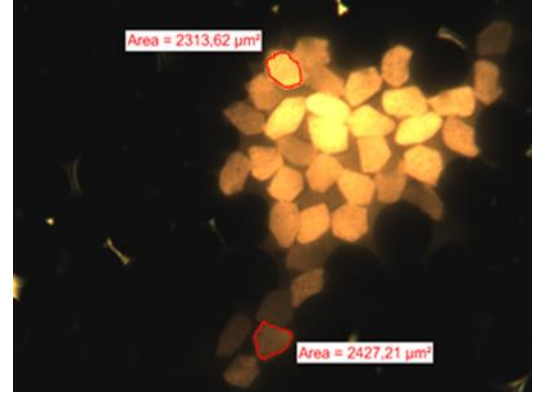


Şekil 4.1. PET ve rPET polimerinden elde edilen ipliklerin tekstüre işlemi öncesi (P1 ve P2) ve sonrası (T1 ve T2) kesit görüntüleri

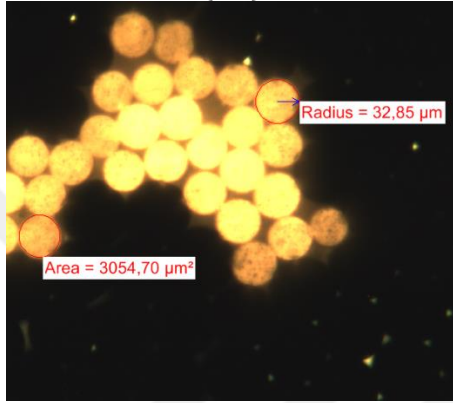
Tez çalışması kapsamında, filament sayısının çeşitli iplik ve kumaş özelliklerine etkisini değerlendirmek amacıyla rPET polimeri kullanılarak aynı iplik inceliği (125 denye POY ve 75 denye DTY) ve kesit formu (yuvarlak) kullanılarak 36, 48 ve 72 adet filament sayısına sahip iplikler üretilmiş ve tekstüre işleminden geçirilmiştir. Şekil 4.2’de verilen iplik kesit yapıları incelendiğinde, filament sayısı arttıkça filament inceliğinin de arttığı ve P2 ve T2 numunelerinden P4 ve T4 numunelerine gidildikçe, filamentlerin incelendiği belirlenmiştir. POY kesitlerindeki yuvarlak görüntü net olarak görünmesine rağmen, tekstüre edildikten sonra ısı ile form yumuşayıp friksiyon diskleri tarafından da deforme olduğundan dolayı kesit görüntüleri oval hale gelmiş olup, yuvarlak görüntünün kaybolduğu gözlenmektedir. POY ipliklerine nazaran tekstüre ipliklerinde meydana gelen mat görünümün, kesit yapılarındaki bu deformasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir.



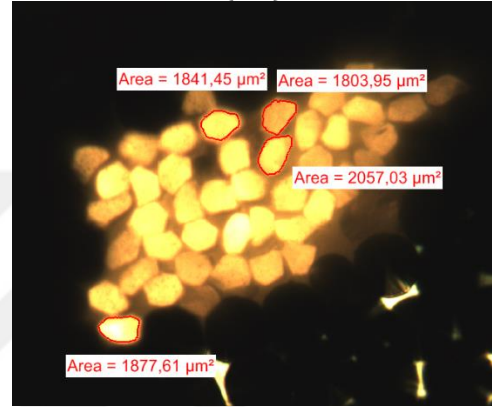
(P2)



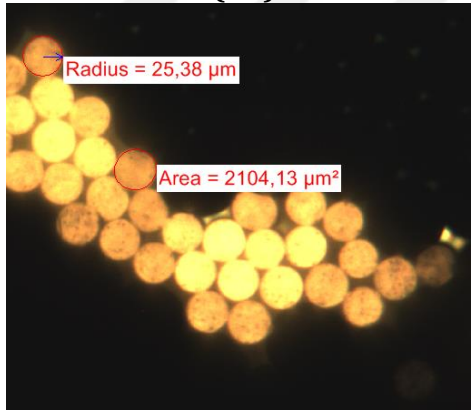
(T2)



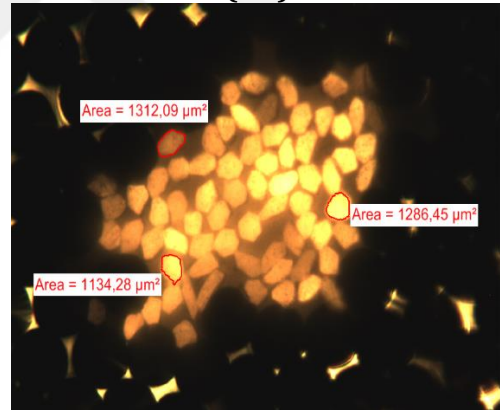
(P3)



(T3)



(P4)

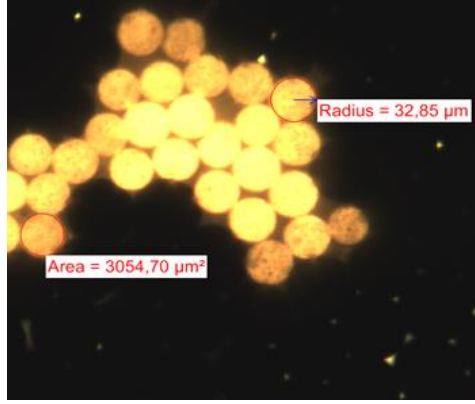


(T4)

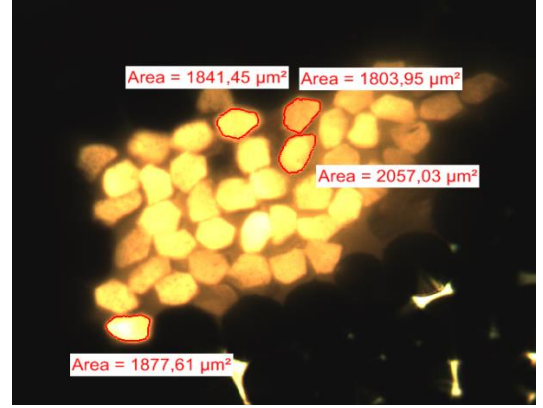
Şekil 4.2. 36, 48 ve 72 adet filament sayısına sahip ipliklerin tekstüre işlemi öncesi (P2, P3 ve P4) ve sonrası (T2, T3 ve T4) kesit görüntüleri

İplik kesit formunun çeşitli iplik ve kumaş özelliklerine etkisini değerlendirmek amacıyla rPET polimeri kullanılarak aynı iplik inceliği (125 denye POY ve 75 denye DTY) ve filament sayısı (48 adet) kullanılarak yuvarlak ve artı olmak üzere iki farklı kesit formunda iplikler üretilmiş ve tekstüre işleminden geçirilmiştir. Şekil 4.3'de verilen iplik kesit yapıları incelendiğinde, ipliklerin aynı DPF

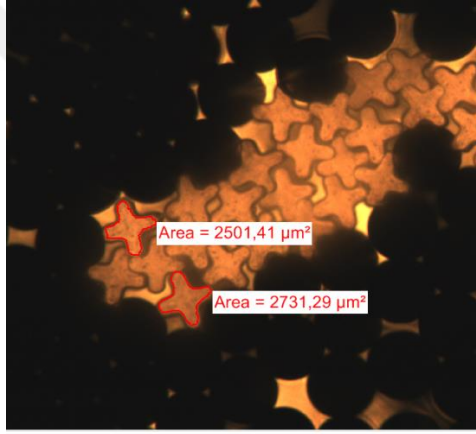
(denye/filament sayısı) oranına sahip olmalarına rağmen artı kesitli P5 ve T5 numunelerinin daha ince görünümünde olduğu gözlenmektedir.



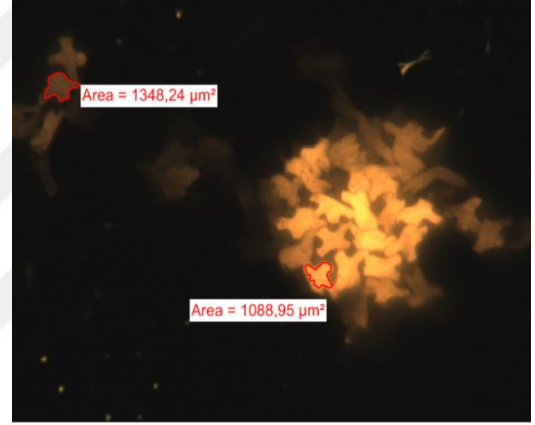
(P3)



(T3)



(P5)

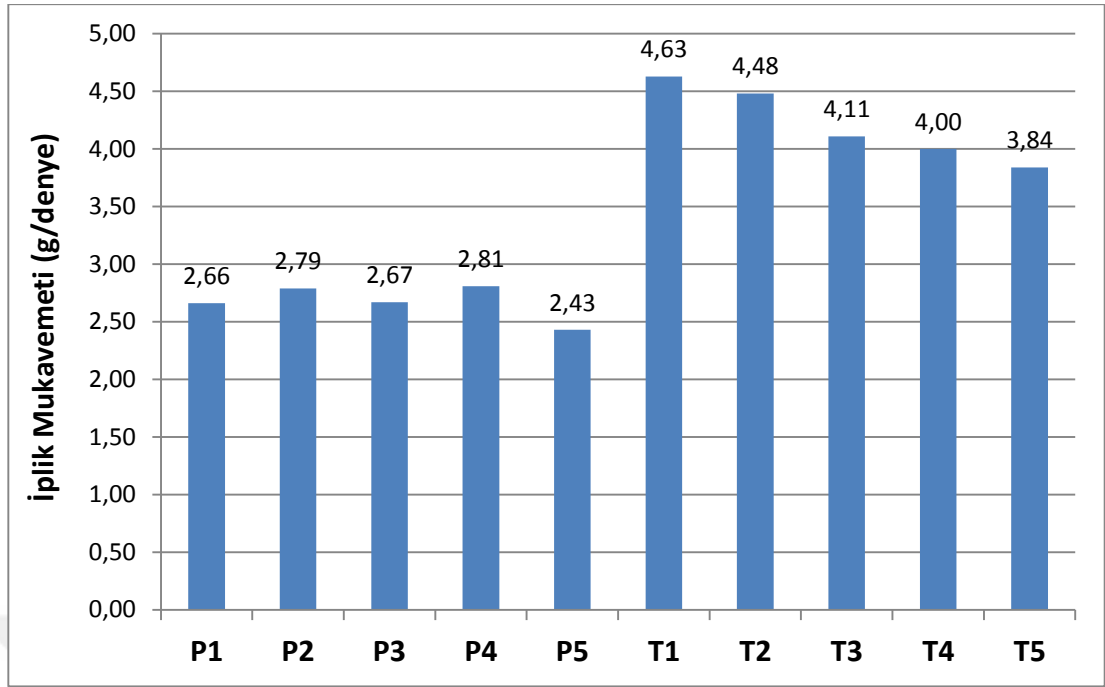


(T5)

Şekil 4.3. Yuvarlak ve artı kesit formuna sahip ipliklerin tekstüre işlemi öncesi (P3 ve P5) ve sonrası (T3 ve T5) kesit görüntüleri

4.1.2. İplik kopma mukavemeti

İpliklerin belli bir yük altında kopmaya karşı gösterdikleri dirence kopma mukavemeti denilmektedir. Tekstüre işlemi öncesi (POY) ve sonrası ipliklerin kopma mukavemeti sonuçları Şekil 4.4’de ve ANOVA istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.1-4.2’de verilmiştir



Şekil 4.4. POY ve tekstüre ipliklerin kopma mukavemeti sonuçları

Tekstüre işlemi öncesi (POY) ve sonrasına ait ipliklerin kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde, tekstüre olmuş tüm ipliklerin mukavemet değerlerinin POY numunelerine kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Buna etken olarak, tekstüre işlemi ile ipliğe çekim uygulanması ve ikinci fırında fikseleme işlemi yapılarak boyutsal stabilitenin kazandırılmış olması gösterilebilir. Literatürde, çeşitli araştırmacılar çekim arttıkça molekül oryantasyonunun artması ile birlikte iplik mukavemetinin arttığını belirtmişlerdir (Gupta vd., 1978; Ghosh ve Wolhar, 1981; Pal vd., 1996; Hearle vd., 2001). Bu tez çalışmasında da benzer bulgular elde edilmiş ve tekstüre işleminde yapılan çekim ile birlikte iplik mukavemeti değerlerinde artış gözlenmiştir.

Çizelge 4.1. İpliklerin mukavemet özelliğine ait t-testi sonuçları

Önem	POY	DTY
Polimer türü	0.936	0.769
Kesit formu	0.083	0.486

Polimer tipinin ipliklerin kopma mukavemeti üzerine etkisi değerlendirildiğinde, POY ipliklerde rPET polimerinden elde edilen P2 ipliğinin PET polimerinden elde edilen P1 numunesine kıyasla önemli düzeyde olmasa da daha yüksek kopma mukavemetine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Literatürde, Abbasi vd., (2006) çalışmasında, kristallenmenin rPET liflerinde PET liflerine kıyasla daha hızlı gerçekleştiği ve böylece daha yüksek mukavemet değerlerinin elde edildiği tespit edilmiştir. Öte yandan, Koo vd., (2013) çalışmalarında, lif çekiminde kullanılan rPET polimerindeki etiket, kapak gibi kirlilikler ile söz konusu kirliliklerin geri dönüşüm sırasında içsel viskoziteyi düşürmesinden dolayı rPET ipliklerinin orijinal PET ipliklerine kıyasla daha düşük mekanik özelliklere sahip olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle, lif çekimi sırasında molekül ağırlığındaki değişim ve olası bozunma reaksiyonlarının bir işaret olduğunu ve bu nedenle IV değerlerinin incelenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Çalışmalarında, IV değerleri ile iplik mukavemeti değerleri arasında ilişki olduğu ve IV değerlerindeki kayıp arttıkça iplik mukavemeti değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. He vd., (2014) PET ve rPET liflerinin çeşitli özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, rPET liflerinin PET liflerinden daha yüksek lif mukavemetine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumu, moleküller arası güçlü bağlar ve bu nedenle yüksek kristalite değerleri ile açıklamışlardır. Qin vd., (2018) çalışmalarında, iki farklı proses sıcaklığı ve çıkış hızında PET ve rPET iplikler üretmişler ve belirli şartlarda üretilen rPET ipliklerin orijinal PET iplikler gibi yüksek iplik mukavemeti değerlerine sahip olabileceğini göstermişlerdir. Bu tez çalışmasında da, PET ve rPET liflerinin çekiminde kullanılan polimerlere ait IV değerleri incelendiğinde rPET polimerine ait IV değerinin yüksek olduğu belirlenmiş olup, bu durumun yüksek molekül oryantasyonu ve önemli düzeyde olmasa da daha yüksek iplik mukavemeti değerlerine sebep olduğu düşünülmektedir. Ancak, tekstüre işlemi sonrasında rPET polimerinden elde edilen ipliklerin mukavemet değerlerinde bir miktar kayıp meydana geldiği ve T2 ipliğinin T1 ipliğine kıyasla daha düşük iplik mukavemeti değerleri verdiği belirlenmiştir. Ancak, tekstüre işlemi öncesinde olduğu gibi mukavemet değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Dolayısıyla, polimer türünün iplik kopma

mukavemetine önemli düzeyde etkisi olmadığı ve bu durumun özellikle tekstüre işlem şartları ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Filament sayısının etkisi konusunda, filament sayısı arttıkça iplik geçiş yollarında klavuzlara temas alanının artması ile birlikte iplikler daha fazla sürtünmeye maruz kalmaktadır. Tez çalışması kapsamında farklı filament sayılarında üretilen P2, P3 ve P4 numunelerine ait sonuçlar incelendiğinde, POY ipliklerde filament sayısı ile kopma mukavemeti arasında belirgin bir ilişki görülememiştir. Ancak, tekstüre işlemi sonrasında filament sayısının artışıyla birlikte kopma mukavemetinin de düştüğü görülmektedir. Özellikle, T2 ile diğer ipliklerin (T3 ve T4) değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2.). Özkan (2008) tarafından yapılan çalışmada, filament sayısının tekstüre iplik mukavemet özellikleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu ve filament sayısı 34'den 100'e çıkartıldığında iplik mukavemet değerinin azaldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla, tez çalışmasında filament sayısının etkisi konusunda elde edilen bulgular literatürle uyumludur. Filament sayısının artışı ile birlikte iplik kesitindeki filamentlerin incilmesi ve lif mukavemetinin azalması bu durumun olası bir nedeni olarak düşünülmektedir.

Çizelge 4.2. İpliklerin mukavemet özelliğine ait ANOVA LSD testi sonuçları

İplik türü		POY	İplik türü		DTY
P2	P3	0.041*	T2	T3	0.000*
	P4	0.732		T4	0.000*
P3	P4	0.021*	T3	T4	0.101

* : 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır.

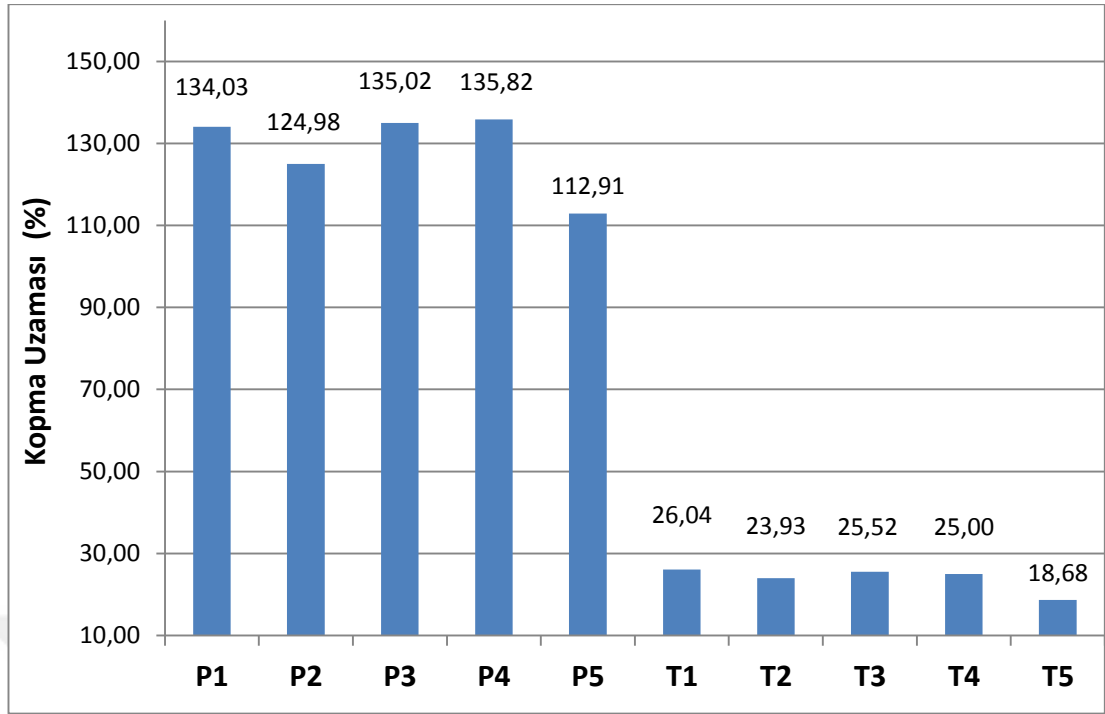
Filament kesit formunun ipliklerin kopma mukavemetine etkileri incelendiğinde, P3 ve T3 numunelerinin (48 filament, yuvarlak kesit) kopma mukavemetinin P5 ve T5 numunelerine (48 filament, artı kesit) kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Filament sayısı aynı olmasına rağmen artı kesit formunda mukavemet değerlerinin düşmesine neden olarak, P5 ve T5 numunelerinin dört kanallı yapısından dolayı her filamentin dörde bölünmüş olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ancak, tekstüre öncesi ve sonrası her iki tür ipliğin mukavemet değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir

(Çizelge 4.1). Literatürde, Çimenlikaya (2008) farklı kesit şeklinde sahip ipliklerin tekstüre işlemi öncesi ve sonrası bazı özelliklerini karşılaştırdığı çalışmasında, benzer şekilde yuvarlak kesit formuna sahip ipliklerin trilobal, içi boş yuvarlak gibi kesit formlarına kıyasla daha yüksek iplik mukavemeti değerlerini verdiği belirlemiştir. Dhamija vd., (2011) çalışmalarında, lif kesit şeklinin polyester iplik mukavemetine etki ettiğini ve aynı incelik ve uzunluğa sahip liflerde dairesel ve trilobal kesite sahip liflerin farklı mukavemet değerlerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Babaarslan ve Hacıoğulları (2013) lif kesit şeklinin POY polyester ipliklerin iplik özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, 5 farklı kesit şekline sahip ipliklerde özellikle dairesel kesit şeklinin çok kanallı kesit şekline kıyasla daha yüksek mukavemet ve kopma uzaması değerleri verdiği ve çok kanallı kesitte kopmaya karşı ipliğin daha az direnç gösterdiğini belirlemişlerdir. Dolayısıyla, bu çalışmada da literatürdekine benzer bulgular elde edilmiştir.

4.1.3. İplik kopma uzaması

Tekstüre işlemi öncesi POY ve tekstüre işlemi sonrası ipliklere ait kopma uzaması sonuçları, Şekil 4.5’de ve ANOVA istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.3-4.4’de verilmiştir.

İpliklerin kopma uzaması değerleri karşılaştırıldığında, tekstüre işlemi öncesi POY ipliklerin daha yüksek kopma uzaması değerlerine sahip olduğu ve tekstüre işlemi sonrası kopma uzaması değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Özellikle, tekstüre işleminde yapılan çekim ile moleküller arasındaki oryantasyonun artması ile kopma uzaması değerlerinin azaldığı düşünülmektedir.



Şekil 4.5. POY ve tekstüre ipliklerin kopma uzaması sonuçları

Çizelge 4.3. İpliklerin kopma uzaması özelliğine ait t-testi sonuçları

Önem	POY	DTY
Polimer türü	0.813	0.289
Kesit formu	0.676	0.092

Polimer tipinin etkisi değerlendirildiğinde, rPET polimerinden elde edilen P2 ve T2 ipliklerinin orijinal PET polimerinden elde edilen P1 ve T1 ipliklerine kıyasla daha düşük kopma uzaması değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Literatürde, Koo vd., (2013) benzer şekilde rPET ipliklerinin PET ipliklerine kıyasla daha düşük kopma uzaması değerleri verdiğini belirlemişlerdir. Ancak, tez çalışmasında üretilen tekstüre öncesi ve sonrası her iki polimerden elde edilen ipliklerin kopma uzaması değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı ve P1 ve P2 ile T1 ve T2 ipliklerinin benzer kopma uzamasına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Filament sayısındaki artışın ipliklerin kopma uzaması üzerine etkisi incelendiğinde, filament sayısı arttıkça (P2, P3 ve P4 ile T2, T3 ve T4 numuneleri) filament inceliğinin artması ile birlikte kopma uzaması değerlerinin arttığı tespit

edilmiştir. Söz konusu bulgu, Babaarslan ve Hacıoğulları (2013) (POY ipliklerde) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur. Özellikle, tekstüre işlemi öncesi P2 ipliği ile P3 ve P4 iplikleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu, P3 ve P4 ipliklerinin ise benzer kopma uzaması değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, tekstüre işlemi sonrası her üç ipliğin kopma uzaması değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, tekstüre işlemi sonrasında filament sayısının kopma uzaması değerleri üzerine etkisi önemsiz hale gelmiştir (Çizelge 4.4). Tekstüre işlemi sırasında uygulanan çekim ile ipliklerde gerçekleşen molekül oryantasyonu ile ipliklerin kopma uzaması değerleri arasındaki farkın önemsiz hale geldiği düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. İpliklerin kopma uzaması özelliğine ait ANOVA LSD testi sonuçları

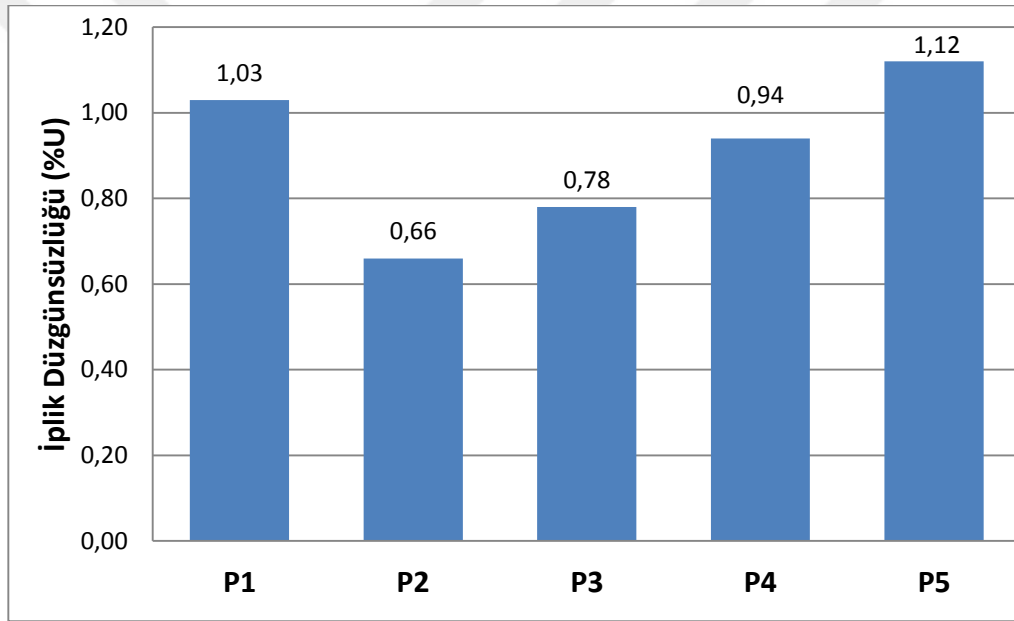
İplik türü		POY	İplik türü		DTY
P2	P3	0.003*	T2	T3	0.100
	P4	0.000*		T4	0.254
P3	P4	0.266	T3	T4	0.571

* : 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır.

Kesit formu daireselleştikçe (P3 ve P5 ile T3 ve T5 numuneleri), genel olarak kopma uzaması değerlerinin önemli düzeyde olmasa da arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Özellikle filament kesit formunun etkisi konusundaki bulgular, Babaarslan ve Hacıoğulları (2013) (POY ipliklerde) ve Özkan (2008) (tekstüre ipliklerde) çalışmaları ile uyumluluk göstermektedir. Artı kesit ipliklerin kesit görüntüleri incelendiğinde, dört kanallı ve köşeli yapılar olduğu görülmektedir. İplik kesitinin bu özelliği nedeniyle filamentlerin birbirine daha az tutundukları ve bu nedenle kopma anındaki uzamanın da düşük olabileceği düşünülmektedir. Literatürde de, lif kesit şeklinin multifilament ipliklerde her bir lifin mukavemetini ve filamentler arasındaki etkileşimi etkilediği ve çok kanallı yapının kopmaya karşı direnci düşürdüğü belirtilmiştir (Varshney vd., 2011; Babaarslan ve Hacıoğulları, 2013).

4.1.4. İplik düzgünsüzlüğü

Düzgünsüzlük testi sadece POY numuneleri için uygulanmıştır. İkincil işlemlerde ipliğin kullanılabilir olması iplik düzgünsüzlüğü ile yakından ilişkilidir. İplik üzerindeki ince ve kalın yerlerin çok fazla olması ya da düzensiz aralıklarla geliyor olması, eğirme işlemi sonrası dokuma, örme gibi çeşitli ikincil sırasında iplik üzerinde kopuş ve üretim kaybı gibi problemlere neden olmaktadır. Genel olarak POY ipliklerin düzgünsüzlük değerlerinin 1'e yakın ya da düşük olması beklenmektedir. Hazırlanan POY numuneleri genel anlamda tekstüre edilebilir numunelerdir. Tez çalışmasında üretilen ipliklerin düzgünsüzlük test sonuçları Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. POY ipliklerin düzgünsüzlük sonuçları

Sonuçlar incelendiğinde, rPET polimerinden elde edilen P2 ipliğinin orijinal PET polimerinden elde edilen P1 ipliğine kıyasla daha düşük iplik düzgünsüzlüğüne sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, rPET polimerine ait POY iplik numunesinin daha düzgün olduğu anlamına gelmektedir.

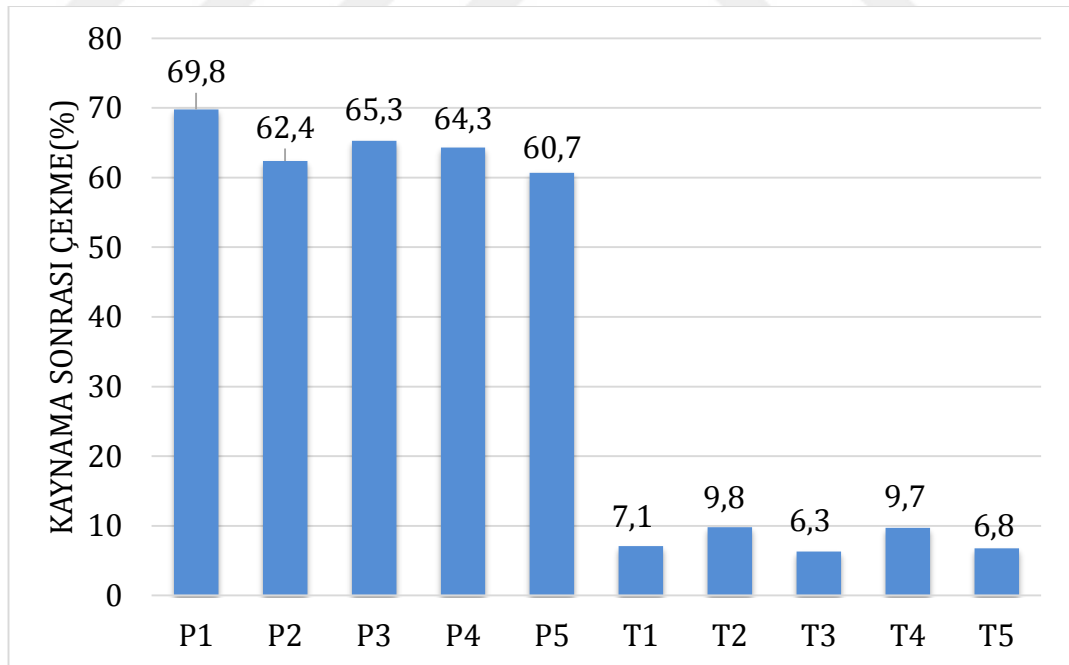
Filament inceliğinin etkisi açısından sonuçlar değerlendirildiğinde, filament sayısı arttıkça P2, P3 ve P4 iplik numunelerinde iplik düzgünsüzlüğünün de arttığı görülmüştür. Filament kesit özelliklerinin etkisi konusunda ise artı kesit

formuna sahip P5 iplik numunesinin yuvarlak kesit formuna sahip P3 iplik numunesine kıyasla daha yüksek iplik düzgünsüzlüğüne sahip olduğu belirlenmiştir. Literatürde, Babaarslan ve Hacıoğulları (2013) çalışmalarında iplik kalınlaştıkça ve dairesel kesit formunda ipliklerin birbiri ile daha iyi tutunma özellikleri sergilemesi nedeniyle daha iyi düzgünsüzlük değerlerinin elde edildiği belirlenmiştir.

4.1.5. Kaynama Sonrası Çekme

Tekstüre işlemi öncesi POY ve tekstüre işlemi sonrası ipliklere ait kaynama sonrası çekme sonuçları, Şekil 4.7’de ve ANOVA istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.5-4.6’da verilmiştir.

Tekstüre işlemi öncesi (POY) ve sonrasına ait ipliklerin kaynama sonrası çekme değerleri incelendiğinde, tekstüre olmuş tüm ipliklerin daha düşük çekme değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, tekstüre işlemi sonrasında daha stabil bir iplik yapısı elde edilmektedir.



Şekil 4.7. POY ve tekstüre iplik numunelerinin kaynama sonrası çekme sonuçları

Çizelge 4.5. İpliklerin kaynama sonrası çekme değerlerine ait t-testi sonuçları

Önem	POY	DTY
Polimer türü	0.098	0.987
Kesit formu	0.252	0.034*

* : 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır.

Polimer tipi, filament sayısı ve filament kesit formunun etkisi çekme değerlerine etkisi değerlendirildiğinde, tekstüre işlemi öncesi ve sonrası ipliklere ait sonuçların birbiriyle tamamen örtüşmediği belirlenmiştir. Tekstüre işlemi öncesinde rPET polimerinden elde edilen P2 ipliğinin orjinal PET polimerinden elde edilen P1 ipliğinden önemli düzeyde olmasa da daha düşük çekme değerleri verdiği, ancak tekstüre işlemi sonrasında ise tam tersi bir durumun meydana geldiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). rPET polimerinden elde edilen T2 ipliğinin PET polimerinden elde edilen T1 ipliğinden daha yüksek çekme değerleri verdiği gözlenmiştir.

Filament sayısının etkisi konusunda tekstüre işlemi öncesinde genel olarak, filament sayısı arttıkça (P2, P3 ve P4) kaynama sonrası çekme değerleri artma eğilimi göstermektedir. İpliklerin çekme değerleri arasındaki fark, istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Tekstüre işlemi sonrasında ise net bir eğilimin olmadığı belirlenmiştir. Özellikle T2 ve T4 ipliklerinin T3 ipliğine kıyasla önemli derecede yüksek çekme değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, filament sayısı ipliklerin kaynama sonrası çekme değerleri üzerinde önemli derecede etkilidir. Kesit formu daireselleştikçe POY ipliklerde (P3 ve P5) çekme değerlerinin önemli derecede olmasa da arttığı, ancak tekstüre işlemi sonrasında yuvarlak kesit formunun önemli derecede daha düşük çekme değerleri verdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Bu bulgudan yola çıkarak, filament kesit formunun özellikle tekstüre işlemi sonrasında kaynama sonrası çekme değerleri üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

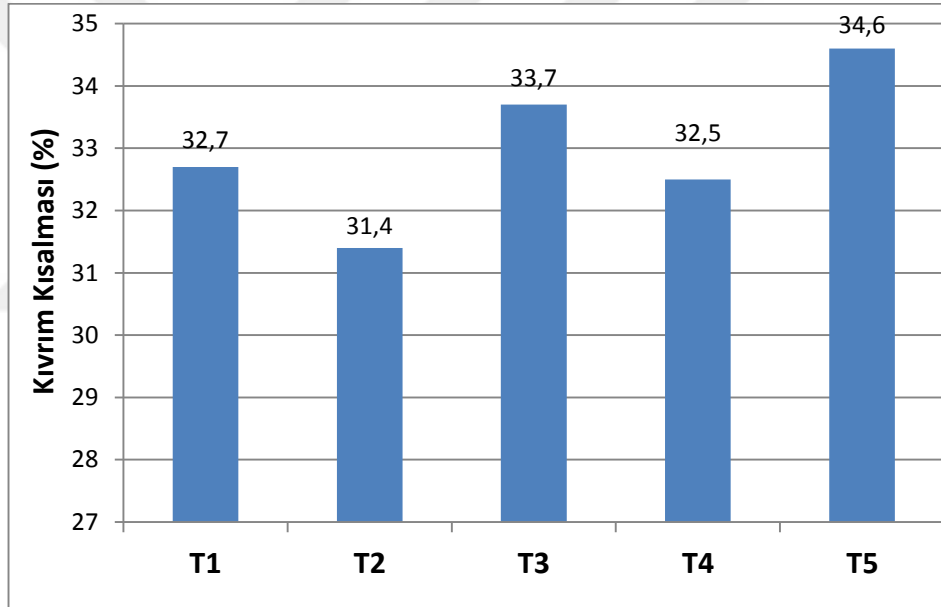
Çizelge 4.6. İpliklerin kaynama sonrası çekme değerlerine ait ANOVA LSD testi sonuçları

İplik türü		POY	İplik türü		DTY
P2	P3	0.000*	T2	T3	0.000*
	P4	0.000*		T4	0.616
P3	P4	0.040*	T3	T4	0.000*

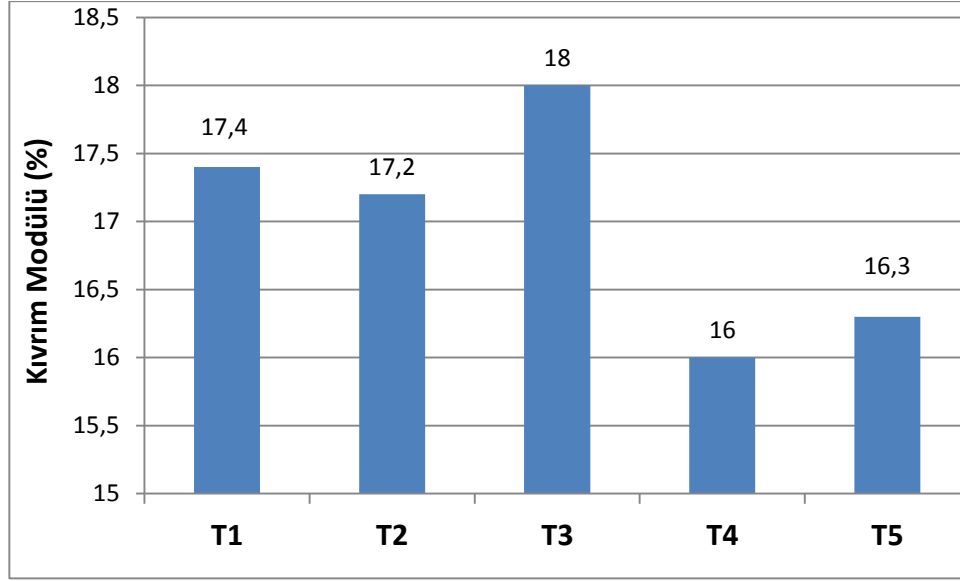
* : 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır.

4.1.6. Tekstüre ipliklerin kıvrım özellikleri

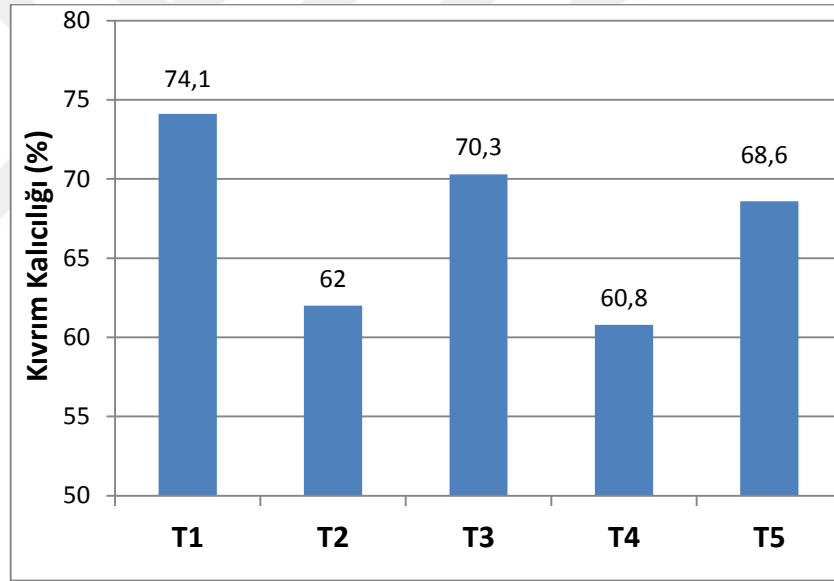
İpliklerin kıvrım kısılması, kıvrım modülü ve kıvrım kalıcılığı özellikleri incelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.8-4.10'da ve ANOVA istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.7-4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Tekstüre ipliklerinin kıvrım kısılması sonuçları



Şekil 4.9. Tekstüre ipliklerin kıvrım modülü sonuçları



Şekil 4.10. Tekstüre ipliklerin kıvrım kalıcılığı sonuçları

Kıvrım kısılması, modülü ve kalıcılığı sonuçları incelendiğinde, rPET polimerinden elde edilen ipliklerin (T2) PET polimerinden elde edilen (T1) ipliklerden daha düşük değerler verdiği belirlenmiştir. Ancak, ipliklerin kıvrım özelliklerine ait değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Dolayısıyla, her iki polimerin kıvrım özellikleri açısından benzer değerler verdiği ve kıvrım özellikleri üzerinde önemli bir etkiye neden olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Filament sayısının etkisi değerlendirildiğinde, filament sayısı belirli bir değere kadar arttırıldığında (36'dan 48'e) her üç kılma, modül ve kalıcılık değerlerinin arttığı, ancak belirli değerin üzerindeki filament sayısında (48'den 72'ye) her üç değerin azaldığı belirlenmiştir. Özellikle, en yüksek filament sayısına sahip ipliklerin (T4) en düşük filament sayısına sahip T2 ipliğinden daha düşük modül ve kalıcılık değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak, ipliklerin kıvrım kılması ve modül değerleri arasındaki farkın önemli düzeyde olmadığı, her üç ipliğin benzer özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, kıvrım kalıcılığı konusunda T2 ve T4 ipliklerinin benzer değerlere sahip olduğu ve 48 filament sayısına sahip T3 ipliğine kıyasla daha düşük kalıcılık değerleri verdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Öte yandan, yuvarlak kesit formuna sahip ipliklerin (T3) artı kesit formuna kıyasla (T5) önemli derecede olmasa da daha düşük kılma ve dolayısıyla daha yüksek modül ve kalıcılık değerleri değerler verdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. İpliklerin kıvrım özelliklerine ait t-testi sonuçları

Önem	Kıvrım kılması	Kıvrım modülü	Kıvrım kalıcılığı
Polimer türü	0.095	0.357	0.676
Kesit formu	0.556	0.612	0.553

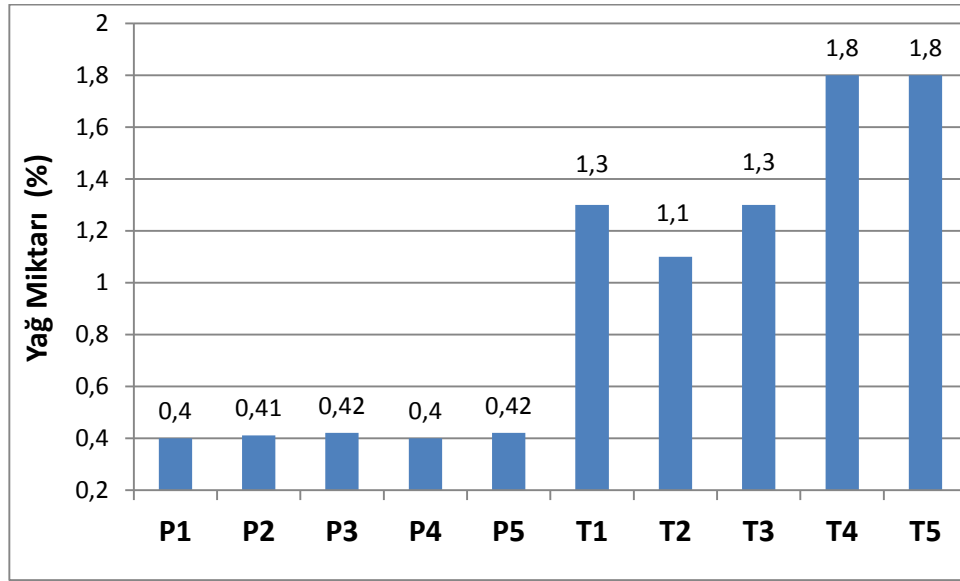
Çizelge 4.8. İpliklerin kıvrım özelliklerine ait ANOVA LSD testi sonuçları

İplik türü		Kıvrım kılması	Kıvrım modülü	Kıvrım kalıcılığı
T2	T3	0.102	0.426	0.007*
	T4	0.386	0.252	0.645
T3	T4	0.402	0.065	0.003*

* : 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır.

4.1.7. Spin-finish yağ ölçüm sonuçları

Gerek POY gerekse tekstüre üretim çalışmaları sırasında, iplik üzerine uygulanan yağ oranı değiştirilmemiştir. Ancak, elde edilen ipliklerin yağ oranlarında farklılıklar gözlemlenmiştir. Şekil 4.11'de verilen sonuçlar incelendiğinde, tekstüre işlemi sonrasında ipliklerdeki yağ miktarının tekstüre işlemi öncesine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.11. POY ve tekstüre ipliklerin yağ analiz sonuçları

POY iplik numunelerinin yağ oranlarına bakıldığında, yağ oranlarındaki değişimin ihmal edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir. Polimer türü, filament inceliğinin ve kesit formunun, belirgin ölçüde yağ oranında değişime neden olmadığı belirlenmiştir.

Ancak, tekstüre işlemi sonrasında tüm ipliklerin aynı yağ oranı değerine sahip olmadığı gözlenmiştir. Polimer türü açısından rPET polimerinden elde edilen T2 ipliğinin PET polimerinden elde edilen T1 ipliğinden daha fazla yağ içerdiği görülmektedir. Aynı iplik inceliğine sahip ipliklerde, filament inceliği arttıkça iplik içinde oluşan kapiler boşluklar artmaktadır. Bu görüşten yola çıkarak, filament inceliği arttıkça yağ alım oranının da artması beklenmektedir. Tekstüre ipliklerin spin-finish yağ alım özellikleri incelendiğinde, bu düşüncenin desteklendiği görülmektedir. Filament kesit formunun spin-finish yağ alımına etkisi değerlendirildiğinde, filament sayısının etkisinde olduğu gibi kapiler boşlukların artmasına neden olan tüm kesit formlarının yağ alımlarında iyileşmeye neden olması beklenmektedir. Aynı şartlarda POY ve tekstüre edilmiş ve aynı yağ beslemesi yapılmış olan T3 ve T5 numunelerinin yağ alım oranları incelendiğinde, T5 numunesinin ihtiva ettiği yağ oranının T3 numunesinden daha

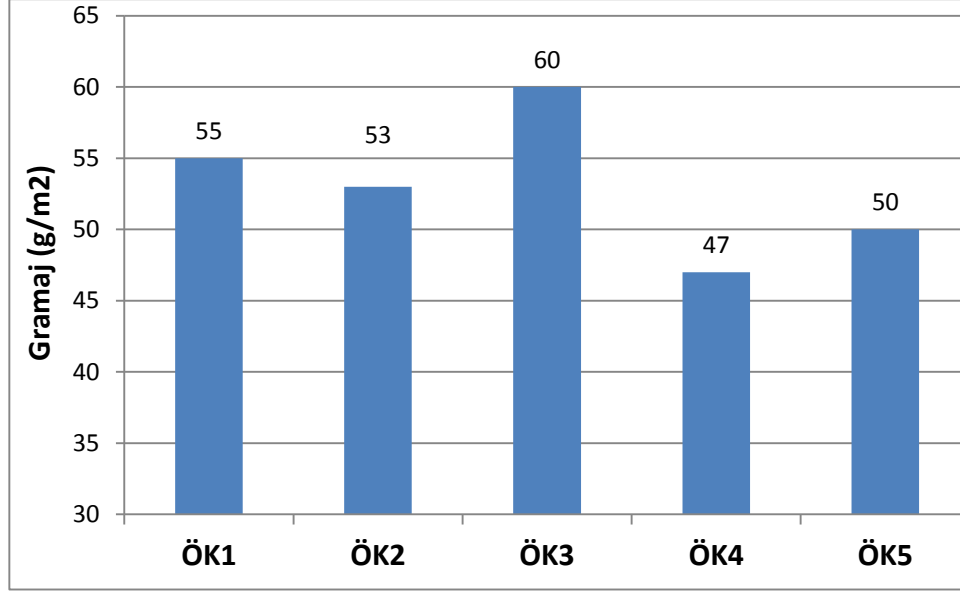
fazla olduğu görülmektedir. Buradan yola çıkarak, filament kesit yüzey alanı arttıkça, yağ emiliminin de arttığı sonucuna ulaşılmaktadır.

4.2. Örme Kumaşlara Ait Sonuçlar

Günümüzde, dünyada her geçen gün spora olan ilgi ve spor yapan birey sayısında meydana gelen artış tüm sektörlerde olduğu gibi tekstil sektörünün de spor endüstrisine olan ilgisini arttırmıştır. Spor ayakkabıları, sporcu kıyafetleri ve spor ekipmanlarından oluşan spor tekstilleri, spor branşlarının ihtiyaç ve isteklerini karşılayacak özelliklere sahip şekilde üretilmektedirler (Akçalı, 2016). Spor tekstillerinden beklenen özellikler; farklı hava şartlarına uyum, ısı yalıtımı, su geçirmezlik, konfor, UV koruma, esneklik, yüksek dayanım, hava geçirgenliği, kendi kendini temizleme, antistatik özellik, hijyen ve antibakteriyellik, kir iticilik, güç tutuşurluk, opaklık ve kolay kuruma olarak çeşitlenmektedir (Uttam, 2013). Spor tekstili ürünlerinde beklenen üstün özelliklerin tek bir lif yapısı ile elde edilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle istenilen özelliklere sahip lif türü veya türlerinin kumaş içerisinde uygun şartlarda birleştirilmesi olarak göze çarpmaktadır. Spor tekstil ürünlerinde dokuma kumaş yapılarının kullanımı söz konusu olsa da, daha yüksek elastikiyet özelliğine sahip olmaları nedeniyle örme kumaş yapıları daha çok tercih edilmektedir (Buhler ve Iyer, 1988). Bu nedenle, tez çalışmasında da farklı filament sayısı ve kesit formlarında üretilen ve tekstüre edilen poliester ipliklerden örme kumaşlar elde edilmiş ve spor tekstillerinde kullanımları açısından kumaş konforu ile ilişkili özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar, bu bölümde analiz edilmiştir.

4.2.1. Kumaş gramajı

Tez çalışması kapsamında, tekstüre olmuş iplikler numune örme makinasında örülmüş ve kumaşların gramaj değerleri incelenmiştir. Şekil 4.12’de verilen sonuçlar incelendiğinde, tüm numuneler aynı örgü makinesinde örülmüş olmasına rağmen, gramaj değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir.

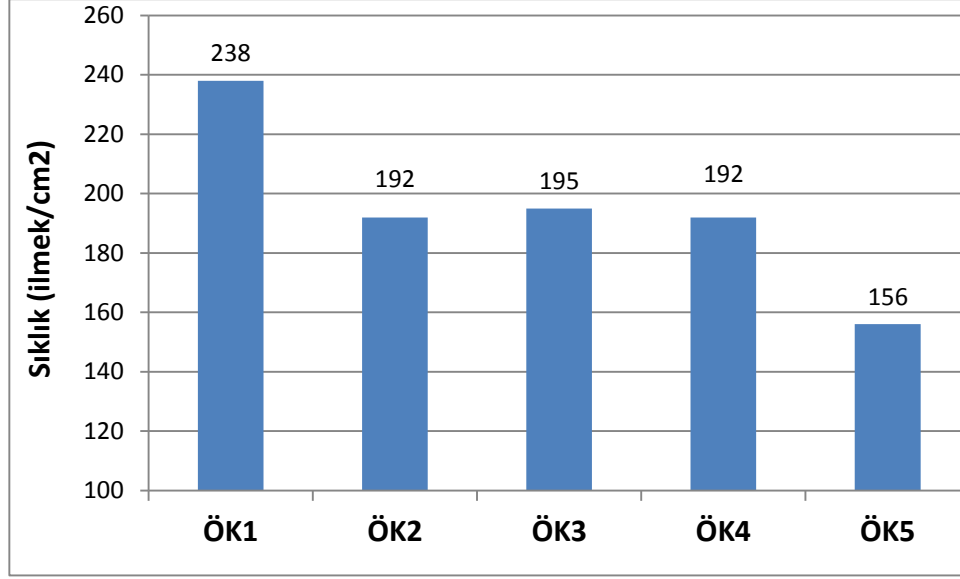


Şekil 4.12. Kumaş gramajı değerleri

ÖK1 ve ÖK2 kumaşlarına ait sonuçlar değerlendirildiğinde, polimer farklılığının kumaş gramajı üzerinde çok fazla etkili olmadığı görülmüştür. Filament sayıları farklı ÖK2, ÖK3 ve ÖK4 numunelerinin gramaj değerleri incelendiğinde, filament sayısındaki artış ile birlikte net bir eğilim gözlenmemekte birlikte en yüksek filament sayısında üretilen ÖK4 kumaşının ÖK2 ve ÖK3 kumaşlarına kıyasla daha düşük gramaj değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Filament kesit şeklinin kumaş gramajı üzerindeki etkisi incelendiğinde, artı kesit formu ile üretilmiş olan ÖK5 numunesinin, yuvarlak kesit formu ile üretilmiş ÖK3 numunesinden daha düşük kumaş gramajına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

4.2.2. Kumaş sıklığı

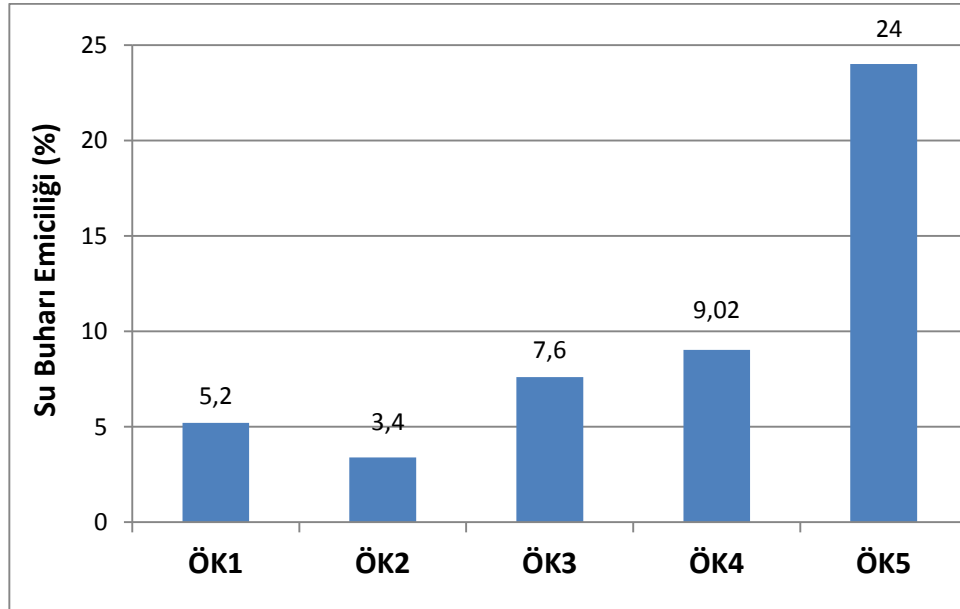
Tez çalışmasında üretilen örme kumaşların çubuk ve may sayıları incelenmiş ve rPET polimerinden elde edilen ipliklere ait ÖK2 kumaşının hem çubuk hem may ve bu nedenle kumaş sıklığının PET polimerinden elde edilen ipliklere ait ÖK1 kumaşından düşük olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, filament sayısındaki artışın etkileri araştırıldığında ÖK2, ÖK3 ve ÖK4 kumaşları arasında belirgin bir fark olmadığı gözlenmiştir. Kesit formunun etkileri incelendiğinde, artı kesit formuna sahip ipliklerden örülen ÖK5 numunesinin hem çubuk hem may ve bu nedenle kumaş sıklığının yuvarlak kesitli ipliklerden elde edilen numunelere kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Kumaşların sıklık sonuçları

4.2.3. Su buharı emicilik sonuçları

“Satra STD 478” test standardına göre yapılan su buharı emicilik testi sonuçları Şekil 4.14’de ve ANOVA istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.9-4.10’da verilmektedir.



Şekil 4.14. Kumaşların su buharı emicilik test sonuçları

Polimer özelliklerinin kumaşların su buharı emme kapasitesine etkisi incelendiğinde, PET polimerinden elde edilen ÖK1 numunesinin rPET polimerlerinden elde edilen ÖK2 numunesine kıyasla istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmasa da daha fazla su buharı emdiği gözlenmektedir (Çizelge 4.9). Filament inceliğinin kumaşların su buharı emme kapasitesine etkisi değerlendirildiğinde, aynı iplik inceliğine sahip ipliklerde filament sayısı arttıkça, toplam iplik yüzey alanı da artmaktadır. Böylece, birim kumaş alanında su buharı ile temas edecek yüzey alanı da artmaktadır. ÖK2 (36 filament), ÖK3(48 filament) ve ÖK4 (72 filament) kumaşlarında, filament sayısı arttıkça su buharı emme kapasitesinin de arttığı gözlemlenmiş ve ÖK4 kumaşının en yüksek ve ÖK2 kumaşının en düşük su emme kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, yüksek filament sayısına sahip ÖK3 ve ÖK4 kumaşları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde değil iken, her iki kumaşın düşük filament sayısına sahip ÖK2 kumaşına kıyasla önemli derecede yüksek su buharı geçirgenliğine sahip olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.10). Dolayısıyla, filament sayısı su buharı geçirgenliği üzerinde önemli derecede etkiye sahiptir. Filament kesit formunun etkisi konusunda, ÖK5 (artı kesit) numunesinin su buharı emme kapasitesinin ÖK3 (yuvarlak kesit) numunesine göre 3 kat fazla olduğu tespit edilmiştir. Artı kesit formuna sahip ÖK5 kumaşının su buharı emme kapasitesinin çalışmada kullanılan yuvarlak kesitli tüm kumaş numunelerinden oldukça fazla olduğu belirlenmiştir. Dairesel olmayan liflerin yüksek su buharı geçirgenliği bulgusu, Varshney vd., (2010) tarafından yapılan çalışma ile de uyumludur.

Çizelge 4.9. Kumaşların su buharı emicilik test sonuçlarına ait t-testi sonuçları

Kumaş parametresi	Önem
Polimer türü	0.204
Kesit formu	0.036*

* : 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır.

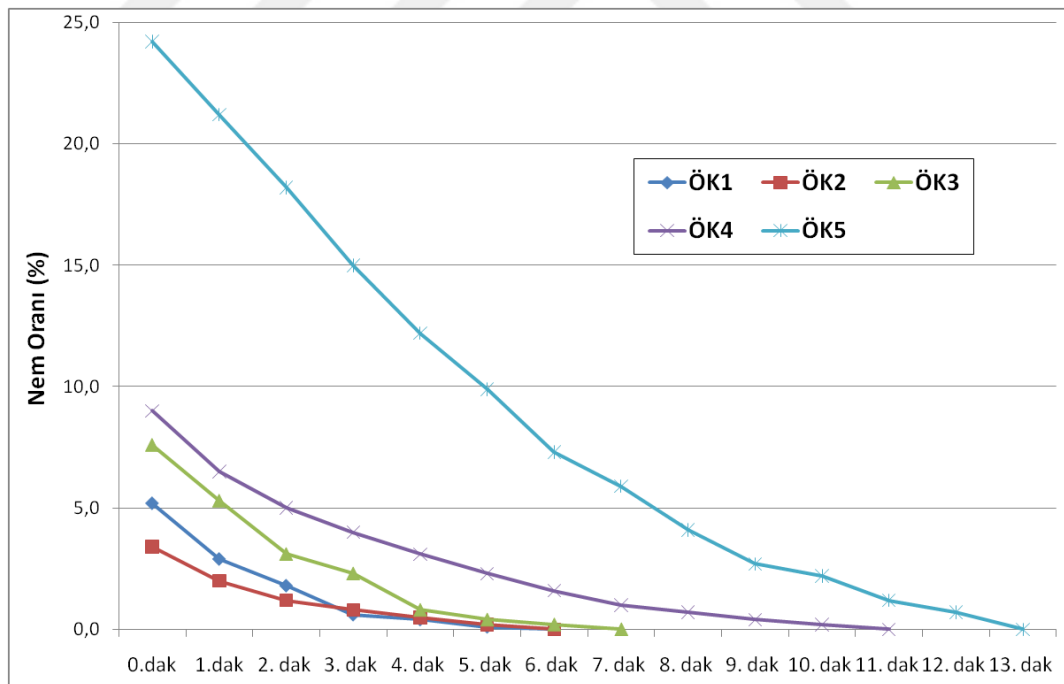
Çizelge 4.10. Kumaşların su buharı emicilik test sonuçlarına ait ANOVA LSD testi sonuçları

İplik türü		Önem
ÖK2	ÖK3	0.019*
	ÖK4	0.002*
ÖK3	ÖK4	0.397

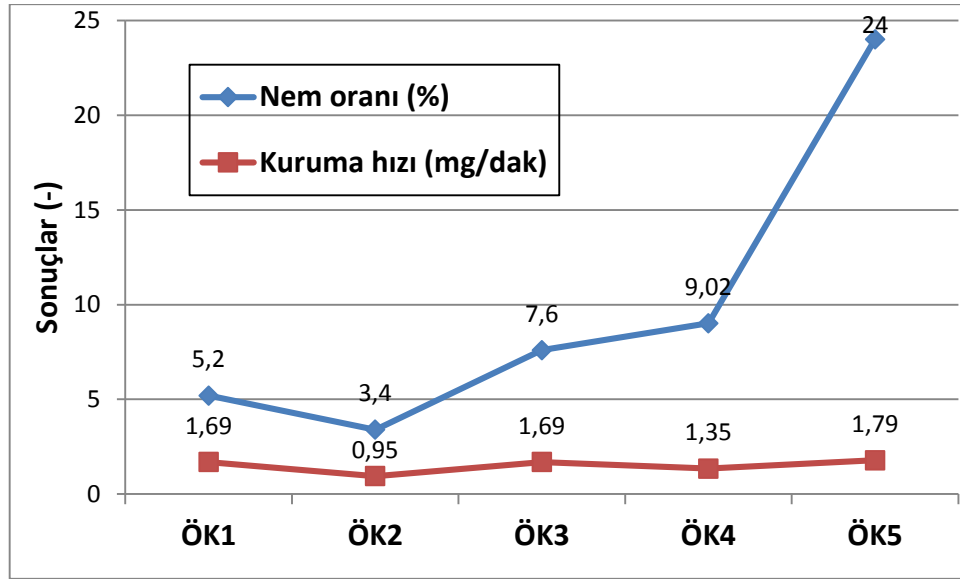
* : 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır.

4.2.4. Kumaşların kuruma davranışlarının incelenmesi

Kumaş numuneleri su buharına maruz bırakılmak için bekletildikleri 24 saatik test süresi sonrasında hemen tartılarak yaş ağırlıkları kaydedilmiş ve hemen sonrasında birer dakika ara ile ölçümleri yapılarak, kuruma süreleri gözlemlenmiştir. Şekil 4.15’de, kumaş numunelerinin su buharı emme testi sonrasındaki zamana bağlı nem oranlarındaki düşüş değerleri verilmiştir. Şekil 4.16’da kumaşların, su buharı emme testi sonrası absorbe ettikleri nem oranı ve kuruma hızları sonuçları birlikte değerlendirilmiştir.



Şekil 4.15. Kumaşların su buharı emicilik testi sonrası zamana bağlı kuruma davranışları



Şekil 4.16. Kumaşların su buharı emicilik oranı ve kuruma hızları sonuçları

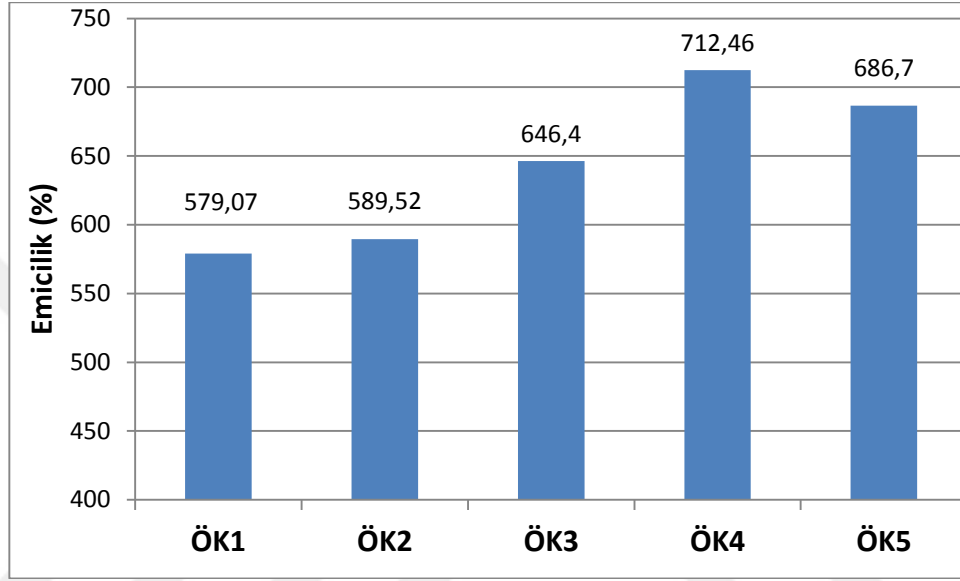
Polimer özelliklerinin kumaşların kuruma davranışına etkisi incelendiğinde, her iki polimerden elde edilen kumaşların 6. dakikanın sonunda kurudukları ve benzer kuruma davranışı gösterdikleri gözlenmiştir. Ancak, PET polimerinden elde edilen ÖK1 kumaşının gerek aldığı nem oranı gerekse de kuruma hızının, rPET polimerinden elde edilen ÖK2 kumaşından daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Filament inceliğinin etkisi değerlendirildiğinde, ÖK2 (36 filament), ÖK3 (48 filament) ve ÖK4 (72 filament) kumaşlarında filament sayısı arttıkça absorbe edilen su buharı oranı ile birlikte kuruma hızının artması beklenmektedir. Ancak ÖK2'den ÖK3'e gidildikçe kuruma hızı artmış olsa da, ÖK4 kumaşının kuruma hızının bir miktar düştüğü görülmektedir.

Aynı incelik ve filament sayısı ile üretilmiş olan ÖK3 (yuvarlak kesit) ve ÖK5 (artı kesit) numuneleri incelendiğinde, ÖK5 numunesinin su buharı emme kapasitesinin ÖK3 numunesine göre 3 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Kumaşların kuruma hızları karşılaştırıldığında ise artı kesit formuna sahip ÖK5 numunesinin kuruma hızının ÖK3 numunesinden bir miktar daha fazla olduğu görülmektedir.

4.2.5. Kumaşların ıslanma test sonuçları

Tez çalışmasında, örme kumaşların su emme kapasiteleri ve kuruma hızlarının analiz edilmesi için Fourt vd. (1951) tarafından yapılan bir çalışma da esas alınmıştır. Hazırlanan numuneler yarım saat kadar su içinde bekletilmiş ve yaşı ve kuru ağırlıklar esas alınarak absorbe edilen su miktarı belirlenmiştir. Kumaşlara ait sonuçlar, Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Islanma testi sonrası kumaşların su alma kapasiteleri

Polimer özelliklerinin kumaşların emicilik davranışına etkisi incelendiğinde, rPET polimerinden elde edilen ÖK2 kumaşının PET polimerinden elde edilen ÖK1 kumaşından bir miktar daha fazla nem aldığı görülmektedir.

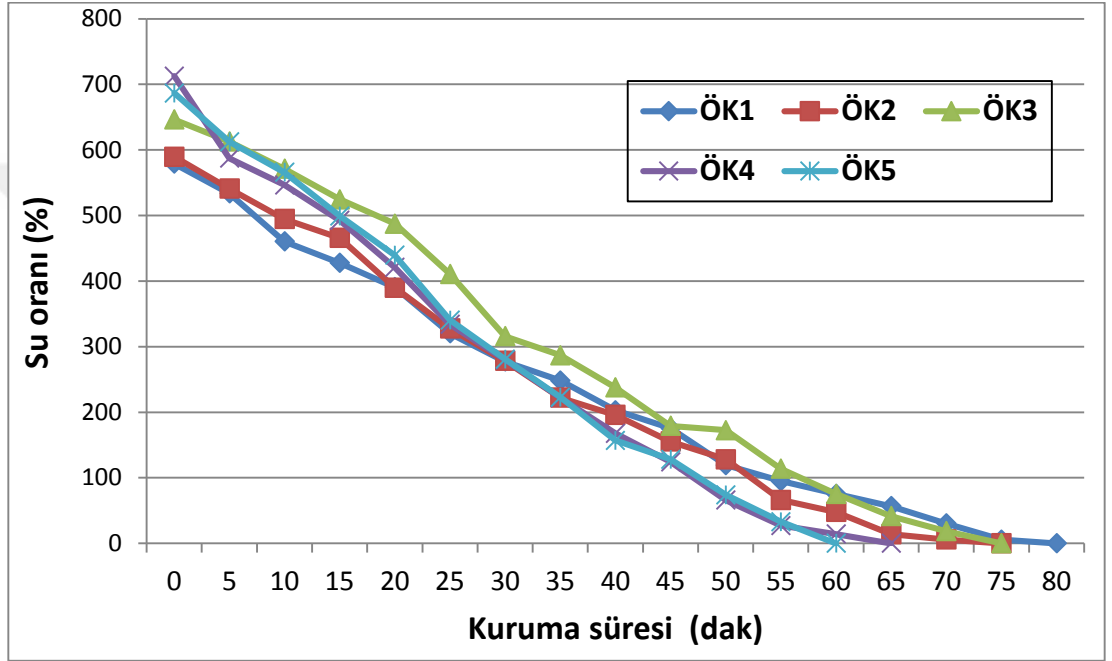
Filament inceliğinin etkisi değerlendirildiğinde, ÖK2 (36 filament), ÖK3 (48 filament) ve ÖK4 (72 filament) kumaşlarında filament sayısı arttıkça su buharı emicilikde olduğu gibi su absorbe etme değerlerinin arttığı görülmektedir. Su absorpsiyonundaki artış, literatürde lif incelidikçe iplik yapısının daha sıkı hale gelmesi ve böylece kapılar boşlukların çaplarının küçülmesi ve kapılar akışın artması ile açıklanmıştır (Varshney vd., 2010).

Aynı incelik ve filament sayısı ile üretilmiş olan ÖK3 (yuvarlak kesit) ve ÖK5 (artı kesit) numuneleri incelendiğinde, ÖK5 numunesinin su buharında doluğu gibi su

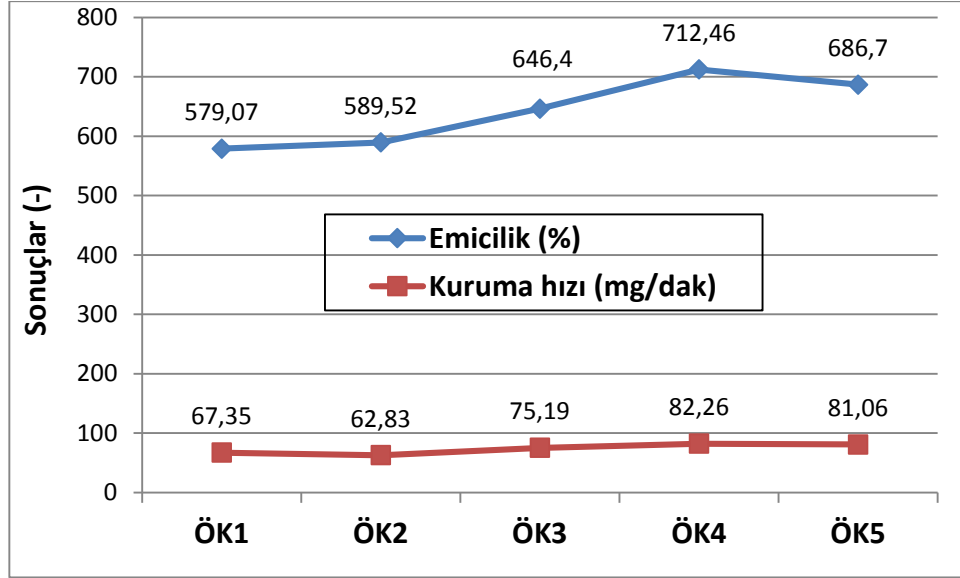
emme kapasitesinin ÖK3 numunesinden daha fazla olduğu görülmektedir. Literatürde, yuvarlak kesite kıyasla kanallı kesit formunun sıvı transferini kolaylaştırdığı ve hızlandığı belirtilmiştir (Varshney vd., 2010).

4.2.6. Kuruma davranışının değerlendirilmesi

Emicilik testi sonrası kumaşların içerdikleri su oranlarının zamana bağlı değişimi, Şekil 4.18’de ve kuruma hızları Şekil 4.19’da verilmektedir.



Şekil 4.18. Kumaşların emicilik testi sonrası zamana bağlı kuruma davranışları



Şekil 4.19. Kumaşların su emicilik oranı ve kuruma hızları sonuçları

Polimer özelliklerinin kumaşların kuruma davranışına etkisi incelendiğinde, PET polimerinden elde edilen ÖK1 kumaşının yaklaşık olarak 80 dakika, rPET polimerinden elde edilen ÖK2 kumaşının ise 75 dakika sonunda kuruduğu belirlenmiştir (Şekil 4.18). Zamana bağlı ağırlık değişimi açısından ÖK1 kumaşının daha hızlı kuruduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.19). Bu sonuç, su buharı emiciliği testi sonrasında da belirlenen kuruma davranışına benzer bir eğilimdir. Ancak, rPET polimerinden elde edilen ÖK2 kumaşının daha fazla su absorbe ettiği belirlenmiş ve bu nedenle kuruma hızının da daha düşük olduğu düşünülmektedir.

Filament inceliğinin kumaşların kuruma davranışına etkisi değerlendirildiğinde, ÖK2 (36 filament), ÖK3 (48 filament) ve ÖK4 (72 filament) kumaşlarında filament sayısı arttıkça su emiciliği ile birlikte kuruma hızının arttığı görülmektedir. İnce filamentlerin yüksek kuruma hızı davranışı, su buharı emiciliği sonrasına ait kuruma davranışı ile benzerlik göstermektedir.

Aynı incelik ve filament sayısı ile üretilmiş olan ÖK3 (yuvarlak kesit) ve ÖK5 (artı kesit) numuneleri incelendiğinde, ÖK5 numunesinin kuruma hızının ÖK3 numunesinden fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuç, su buharı emiciliği sonrasına ait kuruma davranışı ile uyumluluk göstermektedir. Su buharı emiciliği

sonuçlarından farklı olarak en yüksek emicilik en yüksek filament sayısına sahip ÖK4 kumaşında tespit edilmiştir.

4.2.7. Boyama sonrası renk analizi sonuçları

Bu tez çalışmasında, elde edilen tekstüre iplikler, kendi içlerinde oluşabilecek düzensiz kristalin ve amorf bölge dağılımdan kaynaklanan çizgisel renk farklılıklarının tespit edilmesi ve iplik türlerinin boya alımlarının analiz edilmesi amacıyla boyama işlemine tabi tutulmuştur

Boyanan kumaşlarda, numunelerin kendi içinde ince, kalın bölge, koyuluk, açıklık, çizgisel bozukluk görülmemiştir. İplik düzgünsüzlüğü sonuçlarında da ipliklerin %U değerlerinin 0.66-1,1 arasında değiştiği, belirgin bir fark olmadığı belirlenmiştir. Ancak, boyama işlemi sonrasında kumaş numunelerine ait görünümün farklı olduğu gözlemlenmiştir.

Kumaşların renk analizlerinin tespit edilmesinde spektrofotometre test cihazı kullanılmıştır. Ölçüme başlamadan önce ÖK1 kumaşı referans olarak kabul edilmiş ve diğer kumaşların renk analizleri ÖK1 kumaşına göre değerlendirilmiştir. Bu bağlamda önce standart renk numunesi, daha sonra tüm numuneler tek tek ölçülmüştür.

Tez çalışmasında, farklı polimer türü, filament sayısı ve filament kesit formu farklı ipliklerden örülen ve boyanan kumaşların renk analizleri sonrası elde edilen sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Örme kumaşlara ait CIE Lab değerleri

Numune	Işık	L*	a*	b*	DL	Da	Db	DE	DL açıklama
ÖK1	D65 10	52,24	-6,94	-32,33					
ÖK1	A 10	48,28	-15,76	-38,46					
ÖK1	F11 10	48,83	-6,34	-38,64					
ÖK2	D65 10	49,03	-6,82	-32,45	-3,22	0,12	-0,12	3,22	daha koyu
ÖK2	A 10	45,01	-15,87	-38,71	-3,27	-0,11	-0,25	3,28	daha koyu
ÖK2	F11 10	45,56	-6,22	-38,82	-3,27	0,12	-0,18	3,28	daha koyu
ÖK3	D65 10	49,61	-7,06	-31,86	-2,63	-0,12	0,48	2,68	daha koyu
ÖK3	A 10	45,65	-15,85	-38,03	-2,63	-0,09	0,43	2,66	daha koyu
ÖK3	F11 10	46,21	-6,47	-38,09	-2,62	-0,13	0,54	2,68	daha koyu
ÖK4	D65 10	48,91	-6,98	-31,97	-3,33	-3	0,37	3,35	daha koyu
ÖK4	A 10	44,94	-15,88	-38,15	-3,34	-0,12	0,31	3,36	daha koyu
ÖK4	F11 10	45,5	-6,42	-38,24	-3,33	-0,09	0,39	3,36	daha koyu
ÖK5	D65 10	47,77	-6,76	-32,52	-4,48	0,18	-0,19	4,48	daha koyu
ÖK5	A 10	43,72	-15,96	-38,81	-4,56	-0,2	-0,35	4,57	daha koyu
ÖK5	F11 10	44,28	-6,18	-38,93	-4,55	0,15	-0,29	4,57	daha koyu

Kumaşların boya alımında en önemli faktörlerden biri mekanik oryantasyondur. Oryantasyonun artmasıyla lif üzerindeki amorf bölgeler azalarak kristalin bölgeler artmaktadır. Buna bağlı olarak, boyarmadde alımı düşmektedir. Yüksek çekime bağlı olarak makromolekül oryantasyonunun artması ile boyarmadde alım oranı düşeceğinden kumaşta açıklık, oryantasyonun azalması ile boyarmadde alımındaki artma ile koyuluk görünmesine neden olacaktır.

Hammaddenin etkisine bakıldığında tüm rPET polimerinden elde edilen ÖK2 numunelerinin PET polimerinden elde edilen ÖK1 numunesine nazaran daha yüksek DE değeri ve bu nedenle daha koyu boyanma özelliği kazandığı gözlemlenmiştir. Boyama öncesinde rPET polimerinin yaş iken PET polimeri ile arasındaki mevcut ton farkından dolayı, boyalı kumaşta da koyuluk açısından ton farkının gözlemlenebileceği söylenebilir.

Filament inceliğinin boyanma özelliklerine etkisi incelendiğinde belirgin bir sonuç alınamamıştır. ÖK2 kumaşından ÖK4 kumaşına doğru koyuluk artmış olsa da, ÖK3 kumaşında $DE < 1$ olmak kaydıyla renk tonunda açıklık oluşmuştur.

Bunun nedeni olarak, T3 ipliğinin tekstüre birinci fırın ve ikinci fırın sıcaklıklarının T2 ve T4 ipliklerine nazaran daha yüksek olması gösterilebilir.

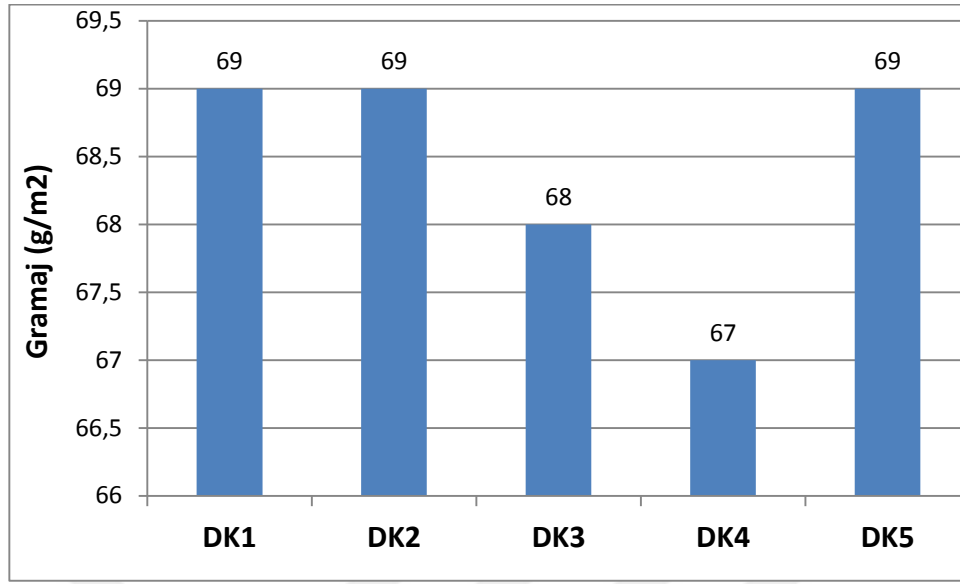
Filament kesit özelliklerinin boyanma özelliklerine etkisi incelendiğinde, artı filament kesitine sahip ÖK5 kumaşının aynı çekim ve sıcaklıklara tabi tutulmuş olan yuvarlak filament kesitine sahip ÖK3 kumaşına nazaran boya alımının daha iyi olduğu görülmektedir. Ayrıca ÖK5 kumaşı yuvarlak filament kesite sahip tüm kumaşlardan $DE > 1$ olmak kaydıyla daha yüksek koyuluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Yuvarlak kesite sahip lifler daha fazla yansıma yapacağından ışığı absorbe etme oranları daha düşüktür. Aynı şekilde artı kesit liflerde daha düzgünsüz bir yüzey özelliği bulunduğundan, ışığı absorbe etme oranı yüksek olduğundan daha koyu görünmektedir denilebilir.

4.3. Dokuma Kumaşlara Ait Sonuçlar

Tez çalışması kapsamında, farklı filament sayısı ve kesit formlarında üretilen ve tekstüre edilen poliester ipliklerden örme kumaşlar yanında dokuma kumaşlarda elde edilmiş ve çeşitli tekstil ürünlerinde kullanımları açısından kumaş performans ile ilişkili özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar, bu bölümde analiz edilmiş ve DK kodu ile gösterilmiştir. Ancak, kopma ve yırtılma mukavemeti gibi kumaş çözgü ve atkı yönünde yapılan testlere ait sonuçların ifade edilmesinde çözgü yönü için “KÇ” ve atkı yönü için “KA” ifadesi kullanılmıştır.

4.3.1. Kumaş gramajı

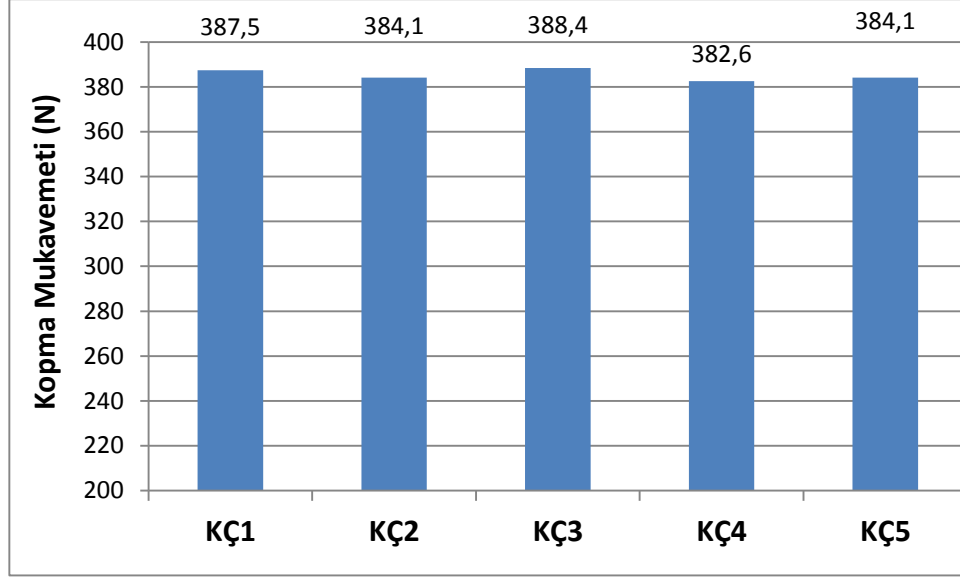
Tez çalışması kapsamında, tekstüre olmuş ipliklerden elde edilen dokuma kumaşların gramaj değerleri incelenmiştir. Şekil 4.20’de verilen sonuçlar incelendiğinde, polimer farklılığının kumaş gramajı (DK1 ve DK2) üzerinde çok fazla etkili olmadığı görülmüştür. Filament sayıları farklı DK2, DK3 ve DK4 numunelerinin gramaj değerleri incelendiğinde, filament sayısındaki artış ile birlikte örme kumaşlarda olduğu gibi dokuma kumaşlarda da kumaş gramajının azaldığı ve en yüksek filament sayısında en düşük gramaj değerinin elde edildiği belirlenmiştir. Filament kesit şeklinin kumaş gramajı üzerindeki etkisi incelendiğinde, kesit farklılığının kumaş gramajı üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.20. Kumaş gramajı değerleri

4.3.2. Kumaş kopma mukavemeti

Farklı polimer türü, filament sayısı ve kesit formunun kumaşların mekanik özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla, dokuma kumaşların kopma mukavemeti çözgü ve atkı yönünde test edilmiştir. Özellikle atkı yönünde tüm kumaşların 600 N'ın üzerinde kopma mukavemeti değerlerine sahip olduğu ve tüm kumaşların benzer davranış sergilediği belirlenmiştir. Çözgü yönünde kumaşların kopma mukavemeti değerlerinin farklı olduğu belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 21'de ve ANOVA istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.12-4.13'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Çözümlü yönünde kumaş kopma mukavemeti sonuçları

Polimer özelliklerinin kumaşların kopma mukavemetine etkisi incelendiğinde, PET ve rPET polimerlerinden elde edilen KÇ1 ve KÇ2 kumaşların benzer kopma mukavemeti değerlerine sahip olduğu ve polimer türünün kumaş kopma mukavemeti üzerine bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Benzer durum filament sayısı ve filament kesit formunun etkisinde de söz konusu olup, farklı filament sayısına sahip KÇ2 (36 filament), KÇ3 (48 filament) ve KÇ4 (72 filament) kumaşları ile KÇ3 (yuvarlak kesit) ve KÇ5 (artı kesit) numunelerinin yaklaşık olarak aynı kopma mukavemeti değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.12-4.13). Tez çalışmasında incelenen polimer türü, filament sayısı ve kesit formunun POY ve tekstüre ipliklerin iplik mukavemetine etkisi konusunda farklılıklar tespit edilmiş olmasına karşın, dokuma kumaş formunda söz konusu farklılığın ortadan kalktığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, benzer kumaş kopma mukavemeti sonuçları yanında kumaşların gramaj değerlerinin benzer olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Kumaş kopma mukavemeti değerlerine (çözü yönünde) ait t-testi sonuçları

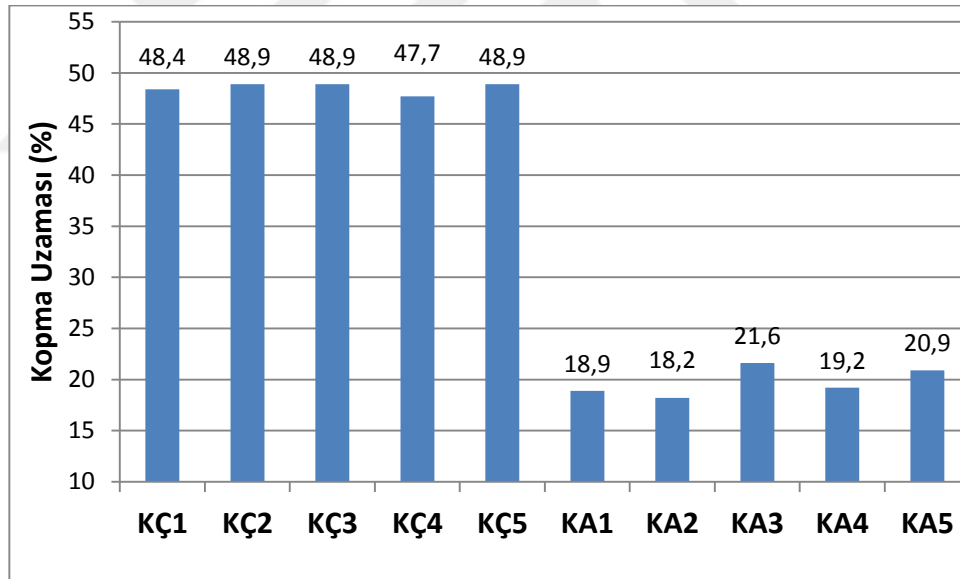
Kumaş parametresi	Önem
Polimer türü	0.105
Kesit formu	0.237

Çizelge 4.13. Kumaş kopma mukavemeti değerlerine (çözü yönünde) ait ANOVA LSD testi sonuçları

Kumaş türü	Önem
KÇ2	KÇ3 0.176
	KÇ4 0.631
KÇ3	KÇ4 0.088

4.3.3. Kumaş kopma uzaması

Dokuma kumaşların kopma uzaması sonuçları, Şekil 4.22’de ve ANOVA istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.14-4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.22. Çözü ve atkı yönünde kumaş kopma uzaması sonuçları

Polimer tipinin etkisi değerlendirildiğinde, rPET polimerinden elde edilen ipliklere ait dokuma kumaşların çözü (KÇ1 ve KÇ2) ve atkı (KA1 ve KA2) yönünde benzer kopma uzaması değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.14).

Filament sayısındaki artışın kumaşların kopma uzaması üzerine etkisi incelendiğinde, çözgü (KÇ2, KÇ3 ve KÇ4) ve atkı (KA2, KA3 ve KA4) yönünde farklı eğilimlerin olduğu belirlenmiştir. Filament sayısı arttıkça çözgü yönünde kopma uzamasının azaldığı, atkı yönünde ise filament sayısına göre eğilimlerin değiştiği gözlenmiştir. Atkı yönünde, belirli bir filament sayısına kadar kopma uzaması artarken (36 filamentten 48'e), söz konusu değerin üzerindeki filament sayısında (48'den 72'ye) uzama değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Çözgü yönünde her üç ipliğe ait kumaşların kopma uzaması değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde bulunmazken, atkı yönünde her üç ipliğe ait kumaşların uzama değerleri arasındaki fark önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 15). 48 filament sayısında en yüksek, 36 filament sayısında en düşük uzama değerleri elde edilmiştir.

Kesit formu daireselleştikçe çözgü yönünde yuvarlak (KÇ3) ve artı kesit (KÇ5) formuna sahip kumaşların benzer değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Atkı yönünde, yuvarlak formun (KÇ3) artı kesit kesite (KÇ5) kıyasla daha yüksek kopma uzaması değerleri verdiği tespit edilmiştir. Söz konusu durum, iplik kopma uzaması değerlerinde de gözlenmiştir.

Çizelge 4.14. Kumaş kopma uzaması değerlerine ait t-testi sonuçları

Kumaş parametresi	Önem	
	Çözgü yönü	Atkı yönü
Polimer türü	0.159	0.288
Kesit formu	0.989	0.288

Çizelge 4.15. Kumaş kopma uzaması değerlerine ait ANOVA LSD testi sonuçları

Kumaş türü		Önem	Kumaş türü		Önem
KÇ2	KÇ3	10.000	KA2	KA3	0.000*
	KÇ4	0.283		KA4	0.017*
KÇ3	KÇ4	0.283	KA3	KA4	0.000*

* : 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır.

4.3.4. Kumaş yırtılma mukavemeti

Dokuma kumaşların yırtılma mukavemeti, atkı ve çözgü yönünde test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.16'da verilmiştir. Ortalama yırtılma mukavemeti sonuçlarına ait ANOVA istatistiksel analiz sonuçları ise Çizelge 4.17-4.18'de sunulmuştur.

Çizelge 4.16. Dokuma kumaş numunelerine ait yırtılma mukavemeti sonuçları

Kumaş türü	Çözgü yönü		Atkı yönü	
	Maks. değer (N)	Ort. değer (N)	Maks. değer (N)	Ort. değer (N)
DK1	30.54	25.50	49.94	49.94
DK2	31.16	26.79	46.46	39.88
DK3	30.07	25.09	49.16	42.15
DK4	29.78	25.49	52.60	41.17
DK5	30.45	26.33	30.82	27.12

Polimer tipinin kumaşların yırtılma mukavemeti üzerine etkisi incelendiğinde, atkı ve çözgü yönüne ait yırtılma mukavemeti sonuçlarının (DK1 ve DK2) farklı eğilim gösterdiği belirlenmiştir. Polimeri tipinin etkisi değerlendirildiğinde, çözgü yönünde rPET (DK2), atkı yönünde ise PET polimerinden elde edilen kumaşların (DK1) daha yüksek mukavemet değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak, çözgü ve atkı yönüne ait yırtılma mukavemeti değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.17) ve polimer türünün yırtılma mukavemeti üzerinde belirgin bir etkisinin bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Öte yandan, filament sayısı arttıkça kumaşların (DK2, DK3 ve DK4) çözgü yönünde yırtılma mukavemeti az da olsa azalırken, atkı yönünde genel olarak değerlerin arttığı tespit edilmiştir. Özellikle, çözgü yönünde her üç ipliğe ait kumaşların yırtılma mukavemeti değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan da önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Ancak, atkı yönünde en düşük filament sayısına sahip DK2 kumaşının diğer iki kumaşa kıyasla önemli derecede düşük yırtılma mukavemetine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.18).

Kesit formu daireselleştikçe, çözgü yönünde yuvarlak (DK3) ve artı kesit (DK5) formuna sahip kumaşların benzer değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Atkı

yönünde, yuvarlak formun artı kesit kesite kıyasla önemli düzeyde olmasa da daha yüksek yırtılma mukavemeti değerleri verdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Kumaşların yırtılma mukavemeti değerlerine ait t-testi sonuçları

Kumaş parametresi	Önem	
	Çözü yönu	Atkı yönu
Polimer türü	0.604	0.569
Kesit formu	0.401	0.116

Çizelge 4.18. Kumaşların yırtılma mukavemeti değerlerine ait ANOVA LSD testi sonuçları

Kumaş türü		Önem	Kumaş türü		Önem
KÇ2	KÇ3	0.064	KA2	KA3	0.027*
	KÇ4	0.135		KA4	0.148
KÇ3	KÇ4	0.611	KA3	KA 4	0.254

* : 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır.

4.3.5. Kumaş dikiş kayma mukavemeti

Dokuma kumaşların dikiş kayma mukavemeti, atkı ve çözgü yönünde test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.19'da verilmiştir. Dikiş kayma mukavemeti, kayma uzunluğu olarak verilmiş olup, kayma uzunluğu arttıkça dikiş kayma mukavemeti azalmaktadır.

Çizelge 4.19. Dokuma kumaş numunelerine ait dikiş kayma mukavemeti sonuçları

Kayma mesafesi (cm)	DK1	DK2	DK3	DK4	DK5
Çözgü yönünde	2	2	3	2	2
Atkı yönünde	4,5	5	4	6	4

Kayma uzunluğu sonuçları incelendiğinde, genel olarak çözgü yönüne ait değerlerin benzer olduğu, tez çalışmasında incelenen polimer tipi, filament sayısı ve kesit formunun belirgin bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Atkı yönüne ait sonuçlar değerlendirildiğinde, rPET (DK2) polimerinden elde edilen ipliklere ait kumaşların kayma uzunluğunun bir miktar daha yüksek ve bu nedenle dikiş

kayma mukavemetinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, filament sayısı arttıkça kumaşların (DK2, DK3 ve DK4) kayma uzunluğu değerleri arasında net bir eğilimin olmadığı, en yüksek kayma uzunluğu ve dolayısıyla en düşük kayma mukavemetinin en yüksek filament sayısına sahip ipliklere ait DK4 (72 filament), en yüksek kayma mukavemetinin 48 filamente sahip DK3 kumaşında belirlenmiştir.

Kesit formunun etkisi konusunda atkı yönünde kayma uzunluğu değerlerinin aynı olduğu tespit edilmiştir. Çözüğü yönünde ise yuvarlak (DK3) kesit formuna sahip kumaşların daha yüksek kayma uzunluğu ve dolayısıyla kayma mukavemetinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

4.3.6. Kumaş aşınma direnci

Dokuma kumaşların aşınma direnci özelliklerinin belirlenmesi amacıyla her bir kumaş türünden 2 adet numune testte tabi tutulmuş ve 1., 2. ve 3. İplik kopuşlarının gözleendiği aşınma devir sayıları belirlenmiştir. Bilindiği gibi, kopuşun gözleendiği, aşınma devir sayısı arttıkça aşınma direnci artmaktadır. Çizelge 4.20’de verilen sonuçlar incelendiğinde, rPET polimerinden elde edilen DK2 kodlu kumaşlarda iplik kopuşu 40.000 ve üzeri devirlerde gözlenirken, PET polimerinden elde edilen DK1 kumaşlarında 25.000-32.000 devir sayıları arasında iplik kopuşunun gerçekleştiği gözlenmiştir.

Farklı filament sayısına sahip kumaşlardaki durum incelendiğinde, filament sayısı arttıkça filamentlerin incelişmesi nedeniyle iplik kopuşların daha düşük devir sayılarında meydana geldiği ve aşınmaya karşı direncin azaldığı belirlenmiştir. İplik kopuşları, en düşük filament sayısına sahip DK2 kumaşında 40.000 ve üzeri devirlerde gerçekleşirken, en yüksek filament sayısına sahip DK4 kumaşında 12.000-15.000 devirlerinde meydana geldiği gözlenmiştir.

Öte yandan, kesit formunun aşınma direncine etkisi konusunda ise yuvarlak kesit formuna sahip DK3 kumaşında 22.000-28.000, artı kesit formuna sahip DK5 kumaşında ise 8.000-10.000 aşınma devirlerinde ilk üç iplik kopuşu gözlenirken, yuvarlak kesit formunun artı kesite kıyasla aşınmaya karşı daha dirençli olduğu

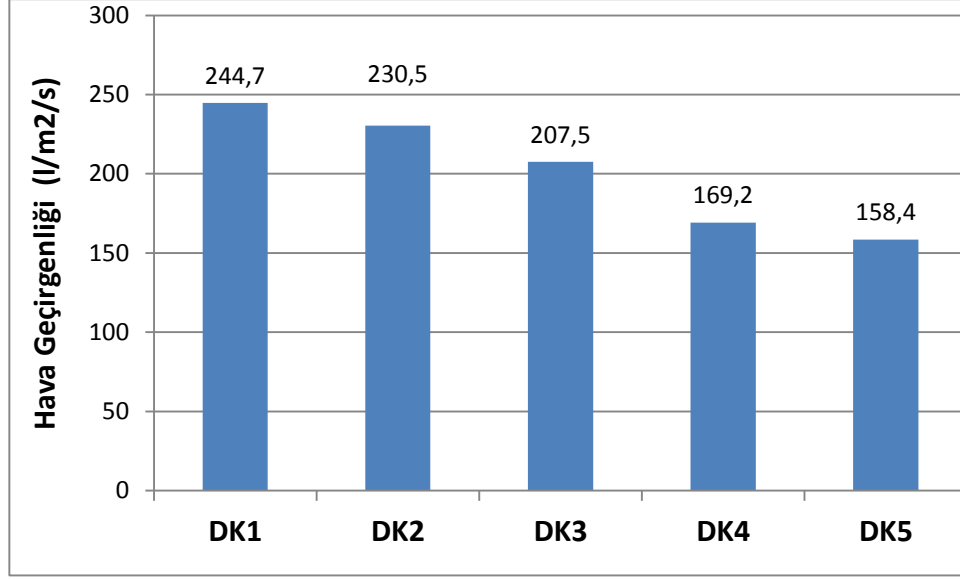
sonucuna ulaşılmıştır. Artı kesit formunun daha fazla yüzey alanına sahip olması nedeniyle sürtünmenin arttığı ve bu durumun aşınmaya karşı direnci düşürdüğü düşünülmektedir. Polimer türü, filament sayısı ve kesit formunun dokuma kumaşların aşınma direnci üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. İlk üç iplik kopuşunun gözleendiği aşınma devirleri

	8000	10000	12000	14000	15000	22000	25000	28000	30000	32000	40000	45000	50000
DK1 (1)	-	-	-	-	-	-	1	2	-	3	-	-	-
DK1 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2			
DK2 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3
DK2 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3
DK3 (1)	-	-	-	-	-	1	2	3	-	-	-	-	-
DK3 (2)	-	-	-	-	-		1	3	-	-	-	-	-
DK4 (1)			1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-
DK4 (2)	-	-		2	3	-	-	-	-	-	-	-	-
DK5 (1)	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DK5 (2)	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.3.7. Kumaş hava geçirgenliği

Dokuma kumaşların hava geçirgenliği sonuçları Şekil 4.23’de ve ANOVA istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.21-4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.23. Hava geçirgenliği sonuçları

Polimer özelliklerinin kumaşların hava geçirgenliğine etkisi incelendiğinde, PET polimerinden elde edilen DK1 numunesinin rPET polimerlerinden elde edilen DK2 numunesine kıyasla önemli derecede olmasa da daha fazla hava geçirgenliği değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.21). Bu sonuç, su buharı geçirgenliği ile uyumluluk göstermektedir.

Filament inceliğinin kumaşların hava geçirgenliğine etkisi değerlendirildiğinde, aynı iplik inceliğine sahip ipliklerde filament sayısı arttıkça, hava geçirgenliği değerleri de azalma eğilimi göstermektedir. DK2 kumaşının en yüksek ve DK4 kumaşının en düşük hava geçirgenliği değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, her üç kumaşın hava geçirgenliği değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.22).

Filament kesit formunun etkisi konusunda, DK3 (yuvarlak kesit) numunesinin hava geçirgenliğinin DK5 (artı kesit) numunesine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ancak, bu farkın istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Dokuma kumaşların hava geçirgenliği sonuçlarına ait t-testi sonuçları

Kumaş parametresi	Önem
Polimer türü	0.805
Kesit formu	0.198

Çizelge 4.22. Dokuma kumaşların hava geçirgenliği sonuçlarına ait ANOVA LSD testi sonuçları

İplik türü		Önem
DK2	DK3	0.000*
	DK4	0.000*
DK3	DK4	0.000*

* : 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında, plastik atıkların değerlendirilebilmesi ve yeni kullanım alanları oluşturulmasına katkı sağlamak amacıyla geri dönüşüm PET (rPET) chipslerinden yuvarlak ve artı kesitli lif çekimi yapılarak, elde edilen ipliklerin fiziksel özellikleri gözlemlenmiş ve bu ipliklerden elde edilen örme ve dokuma kumaşların fiziksel özellikleri yanında kuruma davranışının araştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde aynı incelik, filament sayısı ve kesit formu kullanılarak orijinal PET ve geri dönüşüm rPET polimerlerinden iplikler üretilmiş (POY) ve tekstüre (DTY) edilmiştir. POY ve DTY ipliklerin ve bu ipliklerden üretilen örme ve dokuma kumaşların bazı fiziksel özellikleri karşılaştırılmış ve böylece polimer türünün söz konusu özelliklere etkisi incelenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde, rPET polimeri kullanılarak aynı kesit formu ve iplik inceliği kullanılarak 36, 48 ve 72 olmak üzere üç farklı filament sayısına sahip iplikler (POY) üretilmiş ve tekstüre (DTY) edilmiştir. POY ve DTY ipliklerin ve bu ipliklerden üretilen örme ve dokuma kumaşların bazı fiziksel özellikleri karşılaştırılmış ve böylece iplik inceliğinin iplik ve kumaş özelliklerine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde, rPET polimeri kullanılarak aynı incelik ve filament sayısı kullanılarak yuvarlak ve artı kesit formuna sahip iplikler (POY) üretilmiş ve tekstüre (DTY) edilmiştir. POY ve DTY ipliklerin ve bu ipliklerden üretilen örme ve dokuma kumaşların bazı fiziksel özellikleri karşılaştırılmış ve farklı kesit formunun iplik ve kumaş özelliklerine etkisi incelenmiştir. PET ve rPET polimerleri kullanılarak yapılan polyester iplik üretimleri ve tekstüre işlemleri işletmede gerçekleştirilmiş olup, gerçek üretim parametreleri kullanılmıştır.

Yapılan test ve incelemeler sonucunda ;

Üretim çalışmaları sırasında rPET polimeri ile POY eldesi aşamasında rPET polimerinin viskozitesinin daha yüksek olması nedeniyle akışın rahat olabilmesi için ekstrüder sıcaklıklarının arttırılması gerekmiştir. PET polimeri ile 2° C daha düşük sıcaklıklarda çalışılabilmektedir. Filtre basınçları kirlilik nedeniyle artış

gösterdiğinden daha geniş gözenek yapısına sahip filtrelerle çalışılması gerekmiştir. PET için düze hazırlık sırasında kullanılan düze elemanlarından olan metal kum oranı ve düze filtre tipi değiştirilerek rPET çekimi sırasında oluşabilecek yüksek düze basıncı engellenebilir. rPET yuvarlak kesitli POY çekimi ve artı kesit POY çekimi karşılaştırıldığında artı kesit POY çekimi sırasında düze basınçlarının arttığı görülmüştür. Düze kesit görüntüsü incelendiğinde buna sebep olarak dört kanallı yapı nedeniyle filament inceliği aynı olsa dahi daha ince yapıda bir filament davranışı gösterdiği düşünülebilir.

İplik kesit görüntüleri incelendiğinde aynı lineer yoğunluğa sahip ipliklerin filament sayılarının artmasıyla T2 ipliğinden T4 ipliğine doğru gidildikçe filament inceliğinin de arttığı tespit edilmiştir. Tekstüre edilmiş ipliklerde çekimle birlikte elde edilen ipliklerin kesit alanlarının azaldığı ve görünümünün daha yuvarlak kesitten oval kesit görünümüne döndüğü görülmüştür.

Tekstrüre ipliklerin kopma mukavemetlerinin POY ipliklerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Literatürde iplik oryantasyonun artmasıyla birlikte kristalin alanların artması buna bağlı olarak da mukavemet değerlerinin yükseldiği belirtilmiştir. (Gupta vd., 1978; Ghosh ve Wolhar, 1981; Pal vd., 1996; Hearle vd., 2001). Polimer tipinin kopma mukavemeti üzerine etkisine bakıldığında rPET polimerinden elde edilen P2 ipliğinin PET polimerinden elde edilen P1 ipliğine göre istatistiksel açıdan çok önemli olmasa da daha yüksek mukavemet değerine sahip olduğu görülmüştür. Koo vd., (2013) çalışmalarında, IV değerlerindeki düşüşün kopma mukavemetinin de düşmesine neden olduğunu belirtmiştir. Tez çalışmasında kullanılan polimerlerin IV değerlerine bakıldığında rPET polimerinin IV değerinin PET polimerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. P2 kumaşında mukavemetin daha yüksek olmasının nedeni IV değerinin daha yüksek olmasından kaynaklanıyor denilebilir. Tekstüre işlemi sonrası tam tersi olarak T1 ipliğinin kopma mukavemeti değerlerinin istatistiksel açıdan çok önemli olmasa da T2 ipliğinden yüksek olduğu görülmüştür.

Tekstüre ve POY ipliklerinin kopma uzaması değerleri incelendiğinde Tekstüre ipliklerinin POY ipliklerine göre daha düşük kopma uzaması değerlerine sahip

oldukları sonucuna varılmıştır. Literatürde, Babaarslan vd., (2019) çekimdeki artışın kopma uzamasını azalttığını belirtmiştir. Bu çalışmada bulunan sonuçlar da bu görüşü destekler niteliktedir. Tekstüre işleminde yapılan çekim ile moleküller arasındaki oryantasyonun artması ile kopma uzaması değerlerinin azaldığı düşünülmektedir. Polimer tipinin etkisi değerlendirildiğinde, rPET polimerinden elde edilen P2 ve T2 ipliklerinin orijinal PET polimerinden elde edilen P1 ve T1 ipliklerine kıyasla daha düşük kopma uzaması değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Literatürde, Koo vd., (2013) benzer şekilde rPET ipliklerinin PET ipliklerine kıyasla daha düşük kopma uzaması değerleri verdiğini belirlemişlerdir. Filament sayısındaki artışın ipliklerin kopma uzaması üzerine etkisine bakıldığında, filament sayısı arttıkça (P2, P3 ve P4 ile T2, T3 ve T4 numuneleri) filament inceliğinin artması ile birlikte kopma uzaması değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Söz konusu bulgu, Babaarslan ve Hacıoğulları (2013) (POY ipliklerde) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur. Özellikle, tekstüre işlemi öncesi P2 ipliği ile P3 ve P4 iplikleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu, P3 ve P4 ipliklerinin ise benzer kopma uzaması değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, tekstüre işlemi sonrası her üç ipliğin kopma uzaması değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Kesit formunun etkisi incelendiğinde, kesit daireselleştikçe (P3 ve P5 ile T3 ve T5 numuneleri), genel olarak kopma uzaması değerlerinin önemli düzeyde olmasa da arttığı belirlenmiştir. Filament kesit formunun etkisi konusundaki bulgular, Babaarslan ve Hacıoğulları (2013) (POY ipliklerde) ve Özkan (2008) (tekstüre ipliklerde) çalışmaları ile uyumluluk göstermektedir. Artı kesit gibi çok kanallı yapılarda kopmaya karşı direncin düştüğü belirtilmiştir. (Varshney vd., 2011; Babaarslan ve Hacıoğulları, 2013).

POY numuneleri üzerinde uygulanan düzgünsüzlük test sonuçları incelendiğinde tüm numunelerin %1'e yakın düzgünsüzlükte oldukları görülmektedir. rPET polimerinden elde edilen P2 ipliğinin, PET polimerinden elde edilen P1 ipliğine kıyasla daha düşük iplik düzgünsüzlüğüne sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, rPET polimerine ait POY iplik numunesinin daha düzgün olduğu anlamına gelmektedir.

Filament inceliğinin etkisi değerlendirildiğinde, filament sayısı arttıkça P2, P3 ve P4 iplik numunelerinde iplik düzgünsüzlüğünün de arttığı görülmüştür. Benzer şekilde Özkan ve Babaarslan (2010), aynı iplik numarasına sahip ipliklerde filament sayısının artmasıyla iplik düzgünsüzlüğünün de arttığını gözlemlemiştir. Filament kesit özelliklerinin etkisi konusunda ise artı kesit formuna sahip P5 iplik numunesinin yuvarlak kesit formuna sahip P3 iplik numunesine kıyasla daha yüksek iplik düzgünsüzlüğüne sahip olduğu belirlenmiştir. Literatürde, Babaarslan ve Hacıoğulları (2013) çalışmalarında iplik kalınlaştıkça ve dairesel kesit formunda ipliklerin birbiri ile daha iyi tutunma özellikleri sergilemesi nedeniyle daha iyi düzgünsüzlük değerlerinin elde edildiği belirlenmiştir.

Kaynama çekmesi sonuçları değerlendirildiğinde, tekstüre işlemi sırasında ipliğe çekim ve ısı işlem uygulanması ile kristalin bölge oranı arttığından kaynama çekmesi oranlarının düştüğü görülmüştür. Tekstüre işlemi öncesinde rPET polimerinden elde edilen P2 ipliğinin orjinal PET polimerinden elde edilen P1 ipliğinden önemli düzeyde olmasa da daha düşük çekme değerleri verdiği, ancak tekstüre işlemi sonrasında ise tam tersi bir durumun meydana geldiği tespit edilmiştir. Filament sayısının etkisi konusunda tekstüre işlemi öncesinde genel olarak, filament sayısı arttıkça (P2, P3 ve P4) kaynama sonrası çekme değerleri artma eğilimi göstermektedir. İpliklerin çekme değerleri arasındaki fark, istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Tekstüre işlemi sonrasında ise net bir eğilimin olmadığı belirlenmiştir. T2 ve T4 ipliklerinin T3 ipliğine kıyasla önemli derecede yüksek çekme değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, filament sayısı ipliklerin kaynama sonrası çekme değerleri üzerinde önemli derecede etkilidir. Kesit formu daireselleştikçe POY ipliklerde (P3 ve P5) çekme değerlerinin önemli derecede olmasa da arttığı, ancak tekstüre işlemi sonrasında yuvarlak kesit formunun önemli derecede daha düşük çekme değerleri verdiği belirlenmiştir. Bu bulgudan yola çıkarak, filament kesit formunun özellikle tekstüre işlemi sonrasında kaynama sonrası çekme değerleri üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Kıvrım kısılması, modülü ve kalıcılığı sonuçları incelendiğinde, rPET polimerinden elde edilen ipliklerin (T2) PET polimerinden elde edilen (T1)

ipliklerden daha düşük değerler verdiği belirlenmiştir. Ancak, ipliklerin kıvrım özelliklerine ait değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında çalışma koşulları nedeniyle T1 numunesinin fırın sıcaklıkları (T1 üst, T2 alt fırın), T2 numunesine göre daha yüksek tutulmuştur. Kıvrım değerlerinin T2 numunesine göre daha yüksek gelmesinin nedeni olarak fırın sıcaklıklarının daha yüksek olması gösterilebilir. Buna benzer olarak Tehran vd., (2011), yaptıkları çalışmada tekstüre işlemi sırasında uygulanan birinci ve ikinci fırın sıcaklıklarının kıvrım değerleri üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada birinci ve ikinci fırın sıcaklıklarının artmasıyla kıvrım kalıcılığı, kıvrım modülü ve kıvrım kısalması değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir. Filament sayısının etkisi değerlendirildiğinde, filament sayısı belirli bir değere kadar arttırıldığında (36'dan 48'e) her üç kısalma, modül ve kalıcılık değerlerinin arttığı, ancak belirli değerin üzerindeki filament sayısında (48'den 72'ye) her üç değerin azaldığı belirlenmiştir. Özellikle, en yüksek filament sayısına sahip ipliklerin (T4) en düşük filament sayısına sahip T2 ipliğinden daha düşük modül ve kalıcılık değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak, ipliklerin kıvrım kısalması ve modül değerleri arasındaki farkın önemli düzeyde olmadığı, her üç ipliğin benzer özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, kıvrım kalıcılığı konusunda T2 ve T4 ipliklerinin benzer değerlere sahip olduğu ve 48 filament sayısına sahip T3 ipliğine kıyasla daha düşük kalıcılık değerleri verdiği tespit edilmiştir. Yuvarlak kesit formuna sahip ipliklerin (T3) artı kesit formuna kıyasla (T5) önemli derecede olmasa da daha düşük kısalma ve dolayısıyla daha yüksek modül ve kalıcılık değerleri verdiği belirlenmiştir.

Yağ ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, POY ipliklerde yağ miktarında önemli ölçüde değişim gözlenmemiştir. Tekstüre ipliklerde ise yağ miktarlarının POY ipliklerinden daha fazla olduğu görölmektedir. Nedeni POY ipliklerinin üzerindeki yağa ilave olarak tekstüre aşamasında da yağ uygulanmasıdır. Tekstüre ipliklerinin yağ ölçüm sonuçlarına bakıldığında, polimer türü açısından rPET polimerinden elde edilen T2 ipliğinin PET polimerinden elde edilen T1 ipliğinden daha fazla yağ içerdıği görölmektedir. Filament inceliği ile yağ alım oranları karşılaştırıldığında filament inceliği arttıķça yağ emilim miktarının da

arttığı tespit edilmiştir. Kesit özelliklerinin yağ emilimi üzerine etkilerini incelediğimizde T5 numunesinin T3 numunesine oranla daha fazla yağ emilimi olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Literatürde Hussain vd., (2015), çok kanallı liflerde nem yönetim özelliğinin gelişmiş olduğundan bahsetmektedir.

Polimer özelliklerinin kumaşların su buharı emme kapasitesine etkisi incelendiğinde, PET polimerinden elde edilen ÖK1 numunesinin rPET polimerlerinden elde edilen ÖK2 numunesine kıyasla istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmasa da daha fazla su buharı emdiği gözlenmektedir. Filament inceliğinin kumaşların su buharı emme kapasitesine etkisi değerlendirildiğinde, aynı iplik inceliğine sahip ipliklerde filament sayısı arttıkça, toplam iplik yüzey alanı da artmaktadır. Böylece, birim kumaş alanında su buharı ile temas edecek yüzey alanı da artmaktadır. ÖK2 (36 filament), ÖK3(48 filament) ve ÖK4 (72 filament) kumaşlarında, filament sayısı arttıkça su buharı emme kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Varshney vd., (2010) liflerin lineer yoğunluğundaki düşüş ile su damlacıklarının kumaş içindeki yayılma hızının arttığını belirtmiştir. Sampath vd., (2011) yaptıkları analizler sonucunda filament inceliği arttıkça nem alma hızının da arttığını belirlemişlerdir. Filament kesit formunun etkisi konusunda, ÖK5 (artı kesit) numunesinin su buharı emme kapasitesinin ÖK3 (yuvarlak kesit) numunesine göre 3 kat fazla olduğu tespit edilmiştir. Artı kesit formuna sahip ÖK5 kumaşının su buharı emme kapasitesinin çalışmada kullanılan yuvarlak kesitli tüm kumaş numunelerinden fazla olduğu belirlenmiştir. Dairesel olmayan liflerin yüksek su buharı geçirgenliği bulgusu, Varshney vd., (2010) tarafından yapılan çalışma ile de uyumludur.

Su buharı emicilik testi sonrası kuruma davranışlarını incelendiğinde, polimer özellikleri açısından, her iki polimerden elde edilen kumaşların 6. dakikanın sonunda kurudukları ve benzer kuruma davranışı gösterdikleri gözlenmiştir. Filament inceliğinin etkisi değerlendirildiğinde, ÖK2 (36 filament), ÖK3 (48 filament) ve ÖK4 (72 filament) kumaşlarında filament sayısı arttıkça absorbe edilen su buharı oranı ile birlikte kuruma hızının artması beklenmektedir. Ancak ÖK2'den ÖK3'e gidildikçe kuruma hızı artmış olsa da, ÖK4 kumaşının kuruma hızının bir miktar düştüğü görülmektedir.

Aynı incelik ve filament sayısı ile üretilmiş olan ÖK3 (yuvarlak kesit) ve ÖK5 (artı kesit) numuneleri incelendiğinde, ÖK5 numunesinin su buharı emme kapasitesinin ÖK3 numunesine göre 3 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Kumaşların kuruma hızları karşılaştırıldığında ise artı kesit formuna sahip ÖK5 numunesinin kuruma hızının ÖK3 numunesinden bir miktar daha fazla olduğu görülmektedir. Bulunan sonuçlara uygun olarak, Hussain vd., (2015), çok kanallı yapıya sahip Coolmax® polyester liflerinin klasik dairesel kesitli polyester liflerine kıyasla %20 daha fazla kesit alanına sahip olduğu ve yüksek yüzey alanı nedeniyle klasik polyester liflerine kıyasla daha hızlı kuruma sağladığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, Fanguero vd., (2010), kanallı yapıya sahip Coolmax®'ın, ıslanma ve kuruma davranışlarının yüksek olduğunu gözlemlemiştir.

Polimer özelliklerinin kumaşların su emicilik davranışına etkisi incelendiğinde, rPET polimerinden elde edilen ÖK2 kumaşının PET polimerinden elde edilen ÖK1 kumaşından bir miktar daha fazla nem aldığı görülmektedir. Filament inceliğinin etkisi değerlendirildiğinde, ÖK2 (36 filament), ÖK3 (48 filament) ve ÖK4 (72 filament) kumaşlarında filament sayısı arttıkça su buharı emicilikde olduğu gibi su absorbe etme değerlerinin arttığı görülmektedir. Su emiciliğindeki artış, literatürde lif incelidikçe iplik yapısının daha sıkı hale gelmesi ve böylece kapılar boşlukların çaplarının küçülmesi ve kapılar akışın artması ile açıklanmıştır (Varshney vd., 2010). Benzer şekilde Sampath vd., (2011), filament inceliği arttıkça ıslanma hızının da arttığını, daha sonra azaldığını belirlemişlerdir. Filament inceliği arttıkça, nem transfer hızının da arttığı tespit etmişlerdir. Mikrolif kumaşlarda nem transfer hızı, mikrolif olmayan kumaşlara göre daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır. Kesit özelliğinin su emicilik üzerindeki etkisi incelendiğinde, ÖK5 numunesinin su buharında olduğu gibi su emme kapasitesinin ÖK3 numunesinden daha fazla olduğu görülmektedir. Literatürde, yuvarlak kesite kıyasla kanallı kesit formunun sıvı transferini kolaylaştırdığı ve hızlandırdığı belirtilmiştir (Varshney vd., 2010). Aynı şekilde literatürde Hussain vd. (2015), kesit şekli faktörünün yüksek olduğu liflerin, dikey ve kılcak su emme kapasitelerinin daha iyi olduğu tespiti çalışmanın bu kısmını desteklemektedir.

Polimer özelliklerinin su emme testi sonrası kumaşların kuruma davranışına etkisi incelendiğinde, ÖK1 (PET) kumaşının ÖK2 (rPET) kumaşından daha hızlı kurduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, su buharı emiciliği testi sonrasında da belirlenen kuruma davranışına benzerdir. Ancak, rPET polimerinden elde edilen ÖK2 kumaşının daha fazla su absorbe ettiği belirlenmiş ve bu nedenle kuruma hızının da daha düşük olduğu düşünülmektedir. Filament inceliğinin kumaşların kuruma davranışına etkisi değerlendirildiğinde, ÖK2 (36 filament), ÖK3 (48 filament) ve ÖK4 (72 filament) kumaşlarında filament sayısı arttıkça su emiciliği ile birlikte kuruma hızının arttığı görülmektedir. İnce filamentlerin yüksek kuruma hızı davranışı, su buharı emiciliği sonrasına ait kuruma davranışı ile benzerlik göstermektedir. Aynı incelik ve filament sayısı ile üretilmiş olan ÖK3 (yuvarlak kesit) ve ÖK5 (artı kesit) numuneleri incelendiğinde, ÖK5 numunesinin kuruma hızının ÖK3 numunesinden fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuç, su buharı emiciliği sonrasına ait kuruma davranışı ile uyumluluk göstermektedir. Su buharı emiciliği sonuçlarından farklı olarak en yüksek emicilik en yüksek filament sayısına sahip ÖK4 kumaşında tespit edilmiştir.

Örme kumaşların boya alımlarını incelemek için yapılan çorap numunesi boyama sonuçları değerlendirilmiştir. Hammaddenin etkisine bakıldığında tüm rPET polimerinden elde edilen ÖK2 numunelerinin PET polimerinden elde edilen ÖK1 numunesine göre daha yüksek DE değerine sahip olduğu ve bu nedenle daha koyu boyanma özelliği kazandığı tespit edilmiştir. Boyama öncesinde rPET polimerinin yaş iken PET polimeri ile arasındaki mevcut ton farkından dolayı, boyalı kumaşta da koyuluk açısından ton farkının gözlemlenebileceği söylenebilir. Filament inceliği açısından belirgin bir sonuç alınamamıştır. ÖK2 kumaşından ÖK4 kumaşına doğru koyuluk artmış olsa da, ÖK3 kumaşında $DE < 1$ olmak kaydıyla renk tonunda açıklık oluşmuştur. Bunun nedeni olarak, T3 ipliğinin tekstüre birinci fırın ve ikinci fırın sıcaklıklarının T2 ve T4 ipliklerine nazaran daha yüksek olması gösterilebilir. Filament kesit özelliklerinin boyanma özelliklerine etkisi incelendiğinde, artı filament kesitine sahip ÖK5 kumaşının aynı çekim ve sıcaklıklara tabi tutulmuş olan yuvarlak filament kesitine sahip ÖK3 kumaşına nazaran boya alımının daha iyi olduğu görülmektedir. Ayrıca ÖK5 kumaşı yuvarlak filament kesite sahip tüm kumaşlardan $DE > 1$ olmak kaydıyla

daha yüksek koyuluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Yuvarlak kesite sahip lifler daha fazla yansıma yapacağından ışığı absorbe etme oranları daha düşüktür. Aynı şekilde artı kesit liflerde daha düzgünsüz bir yüzey özelliği bulunduğundan, ışığı absorbe etme oranı yüksek olduğundan daha koyu görünmektedir denilebilir.

Dokuma kumaşlarda daha çok fiziksel performans özellikleri gözlemlenmiştir. Elde edilen tekstüre iplikler aynı dokuma tezgâhında, aynı atkı ve çözgü sıklıklarında dokunmuş olmalarına rağmen kumaş gramajlarında değişiklikler bulunmaktadır. Polimer tipinin kumaş gramajında etkili olmadığı görülmüştür. Ancak filament inceliğine bakıldığında filament inceliği arttıkça örme kumaş yapılarında olduğu gibi dokuma kumaşlarda da kumaş gramajının düştüğü tespit edilmiştir. Filament kesitinin etkisi incelendiğinde kumaş gramajında çok az yükselme görülmüştür.

Elde edilen kumaşların kopma mukavemeti değerleri sonuçlarına bakıldığında tüm kumaş numunelerinin atkı yönünde (KA) 600 N'un üzerinde olduğu görülmüştür. Çözgü yönünde (KÇ) ise kopma mukavemeti arasında farklar bulunmakla beraber yakın kopma mukavemeti değerlerinde oldukları görülmüştür.

Kumaşların kopma uzaması analizleri sonucunda, polimer tipinin etkisi değerlendirildiğinde, rPET polimerinden elde edilen ipliklere ait dokuma kumaşların çözgü (KÇ1 ve KÇ2) ve atkı (KA1 ve KA2) yönünde benzer kopma uzaması değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Filament sayısındaki artışın kumaşların kopma uzaması üzerine etkisi incelendiğinde, çözgü (KÇ2, KÇ3 ve KÇ4) ve atkı (KA2, KA3 ve KA4) yönünde farklı eğilimlerin olduğu belirlenmiştir. Filament sayısı arttıkça çözgü yönünde kopma uzamasının azaldığı, atkı yönünde ise filament sayısına göre eğilimlerin değiştiği gözlenmiştir. Atkı yönünde, belirli bir filament sayısına kadar kopma uzaması artarken (36 filamentten 48'e), söz konusu değerin üzerindeki filament sayısında (48'den 72'ye) uzama değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Çözgü yönünde her üç ipliğe ait kumaşların kopma uzaması değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde bulunmazken, atkı yönünde her üç ipliğe ait kumaşların uzama değerleri

arasındaki fark önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir. 48 filament sayısında en yüksek, 36 filament sayısında en düşük uzama değerleri elde edilmiştir.

Çözü yönünde kesit formu daireselleştikçe yuvarlak (KÇ3) ve artı kesit (KÇ5) formuna sahip kumaşların benzer değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Atkı yönünde, yuvarlak formun (KÇ3) artı kesit kesite (KÇ5) kıyasla daha yüksek kopma uzaması değerleri verdiği tespit edilmiştir. Söz konusu durum, iplik kopma uzaması değerlerinde de gözlenmiştir.

Kumaş yırtılma mukavemeti testleri incelendiğinde, polimeri tipi açısından, çözgü yönünde rPET (DK2), atkı yönünde ise PET polimerinden elde edilen kumaşların (DK1) daha yüksek mukavemet değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çözgü ve atkı yönüne ait yırtılma mukavemeti değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı belirlenmiş ve polimer türünün yırtılma mukavemeti üzerinde belirgin bir etkisinin bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Filament sayısı arttıkça kumaşların (DK2, DK3 ve DK4) çözgü yönünde yırtılma mukavemeti az da olsa azalırken, atkı yönünde genel olarak değerlerin arttığı tespit edilmiştir. Çözgü yönünde her üç ipliğe ait kumaşların yırtılma mukavemeti değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan da önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Ancak, atkı yönünde en düşük filament sayısına sahip DK2 kumaşının diğer iki kumaşa kıyasla önemli derecede düşük yırtılma mukavemetine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kesit formu daireselleştikçe, çözgü yönünde yuvarlak (DK3) ve artı kesit (DK5) formuna sahip kumaşların benzer değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Atkı yönünde, yuvarlak formun artı kesit kesite kıyasla önemli düzeyde olmasa da daha yüksek yırtılma mukavemeti değerleri verdiği tespit edilmiştir.

Kayma uzunluğu sonuçları incelendiğinde, genel olarak çözgü yönüne ait değerlerin benzer olduğu tespit edilmiştir. Atkı yönünde ise, tez çalışmasında incelenen polimer tipi, filament sayısı ve kesit formunun belirgin bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Dokuma kumaşların aşınma direnci sonuçları incelenirken 3 kopuş oluşan devir sayıları baz alınmıştır. rPET polimerinden elde edilen DK2 kodlu kumaşlarda iplik kopuşu 40.000 ve üzeri devirlerde gözlenirken, PET polimerinden elde edilen DK1 kumaşlarında 25.000-32.000 devir sayıları arasında iplik kopuşunun gerçekleştiği tespit edilmiştir. Farklı filament sayısına sahip kumaşlardaki durum incelendiğinde, filament sayısı arttıkça filamentlerin inceliği nedeniyle iplik kopuşların daha düşük devir sayılarında meydana geldiği ve aşınmaya karşı direncin azaldığı belirlenmiştir. Buna benzer olarak, AL-ansary (2012), iplik kesitindeki filament sayısı arttıkça aşınma sonrası kütle kaybı azaldığını tespit etmiştir. Kesit formunun aşınma direncine etkisi konusunda ise yuvarlak kesit formuna sahip DK3 kumaşında 22.000-28.000, artı kesit formuna sahip DK5 kumaşında ise 8.000-10.000 aşınma devirlerinde ilk üç iplik kopuşu gözlenirken, yuvarlak kesit formunun artı kesite kıyasla aşınmaya karşı daha dirençli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Artı kesit formunun daha fazla yüzey alanına sahip olması nedeniyle sürtünmenin arttığı ve bu durumun aşınmaya karşı direnci düşürdüğü düşünülmektedir. Polimer türü, filament sayısı ve kesit formunun dokuma kumaşların aşınma direnci üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Polimer özelliklerinin kumaşların hava geçirgenliğine etkisi incelendiğinde, PET polimerinden elde edilen DK1 kumaşının rPET polimerlerinden elde edilen DK2 kumaşına kıyasla önemli derecede olmasa da daha fazla hava geçirgenliği değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, su buharı geçirgenliği ile uyumluluk göstermektedir. Literatürde PET kumaşın rPET kumaşa kıyasla daha fazla hava geçirgenlik özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir (Telli ve Özdi, 2015). Filament inceliğinin kumaşların hava geçirgenliğine etkisi değerlendirildiğinde, aynı iplik inceliğine sahip ipliklerde filament sayısı arttıkça, hava geçirgenliği değerleri de azalma eğilimi göstermektedir. DK2 kumaşının en yüksek ve DK4 kumaşının en düşük hava geçirgenliği değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, her üç kumaşın hava geçirgenliği değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Buna benzer olarak, AL-ansary (2012), iplik kesitindeki filament sayısı arttıkça hava geçirgenliğinin azaldığını tespit etmiştir. Filament kesit formunun etkisi konusunda, DK3 (yuvarlak kesit)

numunesinin hava geçirgenliğinin DK5 (artı kesit) numunesine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ancak, bu farkın istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

Yapılan test ve analizler sonucunda genel olarak rPET polimerinden elde edilen lif, iplik ve kumaşların PET polimerinden elde edilen lifi iplik ve kumaşlarla fiziksel özellikler ve performans olarak yakın hatta bazı durumlarda daha iyi değerlere ulaşıldığı görülmüştür.

Filament inceliğinin artmasıyla kumaşlarda oluşabilecek avantaj ve dezavantajlar belirlenmiştir. Spor tekstillerinde kullanım konusunda ön plana çıkan nem emicilik ve hızlı kuruma özelliklerinin filament inceliği arttıkça iyileştiği ve spor tekstillerinde kullanım açısından büyük avantaj oluşturduğu tespit edilmiştir.

Kesit özelliklerine bakıldığında kanallı kesit yapısına sahip artı kesitli filamentlerden elde edilen lif, iplik ve kumaş özelliklerinin performans özellikleri genel olarak incelendiğinde spor tekstillerinde kullanım açısından uygun olduğu tespit edilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan makine parametrelerinde yapılacak değişikliklerle düzgünsüzlük ve mukavemet değerleri iyileştirilebilir.

İleride yapılacak çalışmalara yol göstermesi açısından; Kesit yapılarının iplik ve kumaş fiziksel özelliklerine etkilerinin daha detaylı belirlenebilmesi açısından çok kanallı kesit numuneleri arttırılabilir.

Tekstüre üretim parametrelerinden kaynaklanan değişkenlerin ortadan kaldırılması açısından daha az değişkenle çalışılabilir.

Elde edilen kumaşların analiz edilmesi esnasında zorluk yaşanmaması için aynı şartlarda fikseleme işlemi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, M., Mojtahedi, M., Khrosroshahani, A., 2006. Effect of Spinning Speed on the Structure and Physical Properties of Filament Yarns Produced From Used PET Bottles. Wiley Interscience, 103, 3972-3975.
- Adidas, 2020. End of Life. Erişim tarihi: 25.02.2020.
<https://www.adidas-group.com/en/sustainability/products/end-of-life/>
- Akçalı, K., 2016. Spor Tekstilleri Üretiminde Kullanılan Farklı Kumaş Yapılarının İncelenmesi. International Journal Of Science Culture and Sport, 4(3), 830-842.
- Akçalı, K., 2016. Teknik Tekstillerin Spor Branşlarında Kullanımının İncelenmesi. International Journal of Science Culture and Sport, 4(2), 533-546.
- Akgün, M., 2015. Effect of Yarn Filament Fineness on the Surface Roughness of Polyester Woven Fabrics. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 10(2), 121-128.
- Akıncı, F.C., Kaynak, H.K., Korkmaz, Y., 2018. Filament İnceliği ve Atkı Sıklığının Mikrofiber Dokuma Kumaşlarda Geçirgenlik Özelliklerine Etkileri. The Journal of Textile and Engineers, 25(111), 234-240.
- AL-ansary, M.A.R., 2012. The Influence of Number of Filaments on Physical and Mechanical characteristics of Polyester Woven Fabrics. Life Science Journal, 9(3), 79-83
- Anabal, F.Y., 2007. PET Atıkların Endüstride Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, 108 s, Ankara.
- Babaarslan, O., Hacıoğulları, S.Ö., 2013. Effect of Fibre Cross-sectional Shape on the Properties of POY Continuous Filaments Yarns. Fibers and Polymers, 14(1), 146-151.
- Babaarslan, O., Telli, A., Gören, A.G., 2019. Fdy ile POY, CDPET ve Mikro POY Polyester Filamentlerin Farklı Tekstüre şartlarında Birleştirilmesiyle Elde Edilen İpliklerin Özellikleri ve Örmeye Kumaştaki Görsel Etkileri. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. 21(62), 409-418.
- Behera, B.K., Singh, M.K., 2014. Role of Filament Crossection in Properties of the PET Multifilament Yarn and Fabric. Part 1: Effect of Fibre Crossectional Shape on Transmission Behaviour of Fabrics. The Journal of the Textile Enstitute, 105(9), 895-904.
- Bueno, M.A., Aneja, A.P., Renner, M., 2004. Influence of the shape of fiber cross section on fabric surface characteristics. Journal of Materials Science, 39, 557 – 564.

- Buhler, M., Iyer, C., 1988. An investigation into opportunities for further developments of functional knitwear for the sportswear sector. *Knitting Technique*, 10(5), 303-307.
- Car, B.R., Dragana, K., Schwarz, I.G., 2018. Protective Properties of Health Care Materials Influenced by Application Conditions. 1, 18-28. Erişim tarihi: 03.09.2019.
<http://www.textile-leather.com/>
- Çalgücü Gazetesi, 2016. Sporun Tarihsel Gelişimi. Erişim tarihi: 28.02.2020.
<http://calgucu.net/sporun-tarihsel-gelisimi/>
- Çimenlikaya, B., 2008. Besleme İpliği Türlerinin (POY ve FDY) ve Filament Kesit Şekillerinin Hava Jeti İle Tekstüre Edilmiş İplik Özelliklerine Etkisi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 262s, İstanbul.
- Das, B., Das, A., Kothari, V.K., Fanguiero, R., Araujo, M., 2007. Effect of Fibre Diameter and Crosssectional Shape on Moisture Transmission Through Fabrics. *Fibers and Polymers*, 9(2), 225-231
- Dhamija, S., Kothari, V.K., Varshney, R.K., 2011, Effect of Polyester Fibre Fineness and Crosssectional Shape on Physical Characteristics of Yarns. *Journal of the Textile Institute*, 102(4), 293-307.
- Ekolojist, 2018. Geri dönüşümün Ekonomiye ve Çevreye Katkıları Nelerdir? Erişim tarihi: 01.03.2020.
<http://ekolojist.net/geri-donusumun-ekonomiye-cevreye-katkilari-nelerdir/>
- Fangueiro, R., Filgueiras, A., Soutinho, F., 2010. Wicking Behavior and Drying Capability of Functional Knitted Fabrics. *Textile Research Journal*, 80(15), 1522-1530.
- Fashionwear, 2020. What is Supplex. Erişim tarihi: 28.02.2020.
<https://www.fashionwear365.com/product-info.asp?id=573>
- Fourt, L., Sookne, A.M., Frishman, D. and Harris M., 1951. The Rate of Drying of Fabrics, *Textile Research Journal*, 21, 26-32.
- Ghosh, S., Wolhar, J., 1981. The Influence of Some Machine-Setting Variables on the Properties of Yarns in the Friction-Twist-Draw-Texturing Process. *Textile Research Journal*, 51(6), 373-383.
- Gupta, V.B., Gupta, D.B., Mittal, S.C., 1978. The Mechanical Properties of Textured Polyethylene Terephthalate Yarn. *Textile Research Journal*, 48(8), 446-453.

- Günaydın, G.K., Kaya, Y., 2016. Türkiyede Teknik Tekstil Ürünlerinin Geliştirilmesinde Üniversite-Sanayi İşbirliğine Yönelik Örnek Uygulamalar. Electronic Journal of Vocational Colleges, 169-178.
- H&M, 2020. Sustainability. Erişim tarihi: 01.03.2020.
<https://hmgroupp.com/sustainability/Planet/recycling.html>
- He, S.S., Wei, M.Y., Liu, M.H., & Xue, W.L., 2014. Characterization of Virgin and Recycled Poly(Ethylene Terephthalate) (PET) Fibers. The Journal of The Textile Institute, 106(8), 800– 806.
- Hearle, J.W.S., Hollick, L., Wilson, D.K., 2001. Yarn Texturing Technology. Woodhead Pub. 320p, Cambridge.
- Hussain, T., Nazir, A., Masood R., 2015. Liquid Moisture Management in Knitted Textiles – A Review. 3rd International Conference on Value Addition & Innovation in Textiles (Covitex-2015), National Textile University Faisalabad Pakistan. Conference Proceedings, 978(969), 15- 26.
- İkea, 2020. Waste and Recycling. Erişim tarihi: 15.02.2020.
<https://www.ikea.com/ca/en/this-is-ikea/sustainable-everyday/healthy-and-sustainable-living-waste-and-recycling-pub0aa4765d>
- Kaynak, H.K., Babaarslan, O., 2017. Filament İnceliğinin Mikrolif Örgü Spor Giysiliklerin Performans Özelliklerine Etkisinin Araştırılması. The Journal of Textile and Engineers, 17(78), 20-24.
- Koo, H.J., Chang, G.S., Kim, S.H., Hahm, W.G., Park, S.Y., 2013. Effects of Recycling Processes on Physical, Mechanical and Degradation Properties of PET Yarns. Fibers and Polymers, 14(12), 2083-2087.
- Kostov, G., Atanassov, A., Kiryakova, D., 2013. Preparation of Characterization of Fibers of Waste and Fresh Polyethylene Terephthalate an Mixtures. Fibers and Polymers, 14(2), 216-222
- Lee, J.H., Lim, K.S., Hahm, W.G., Kim, S.H., 2013. Properties of Recycled and Virgin Poly(ethylene terephthalate) Blend Fibers. Journal of Applied Polymer. 128(2), 1250-1256.
- Leonas, K.K., 2017. The Use of Recycled Fibers in Fashion and Home Products. Department of Textile and Apparel, Technology and Management, College of Textiles, North Carolina State University, 124p, USA.
- Manshahia, M., Das, A., 2014. High Active Sports Wear. Indian Journal of Fibre and Textile Research. 39, 441-449.

- Muralikrishnan, A., 2017. High Active Sports Wear. Erişim tarihi: 10.09.2019
https://www.slideshare.net/muralikrishnan71697092/high-active-sports-wear?qid=9e9038b1-c6dd-4940-8aee-de86e907a69d&v=&b=&from_search=1
- OpenPR, 2018. ReportsnReports, research report 2018 "Global Textile Waste Management Market 2018. Erişim tarihi: 01.03.2020.
<https://www.openpr.com/news/1268341/textile-waste-management-market-global-industry-report-2023-top-manufacturers-market-drivers-opportunities-and-forecast.html>
- Öktem, T., Seventekin, N., Yaman, N., 2007. Karbon Liflerinin Özellikleri ve Kullanım Olanakları. Tekstil ve Konfeksiyon, 2, 90-95
- Özkan, S., Babaarslan, O., 2010. İplik Kesitindeki Filament Sayısının Filament ve Tekstüre İpliklerin Özellikleri Üzerindeki Etkisi. Tekstil ve Konfeksiyon, 20(1), 17-22
- Özkan, E.T., 2013. Aktif Spor Giyimde Kullanılan Bazı Örme Kumaş Yapılarının Isı ve Nem Transferi Özelliklerinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 122s, Bursa.
- Özkan, S., 2008. Filament Kesit Şeklinin, Sayısının ve Lineer Yoğunluğunun POY ve Tekstüre İplik Özelliklerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 275s, Adana.
- Pal, S.K.; Ganhi, R.S.; Kothari, V.K., 1996. Drawtexturing of Microfiber Polyester Yarn. Textile Research and Journal, 66(12), 770-776.
- Resmi Gazete, 2017. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği. Erişim tarihi: 10.09.2019.
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/12/20171227-12.htm>
- Puma, 2020. Sustainable Materials. Erişim tarihi: 01.03.2020.
<https://about.puma.com/en/sustainability/product>
- Qin, Y., Qu, M., Kaschta, J., Schubert, D.W., 2018. Comparing Recycle and Virgin Poly (ethylene terephthalate) Melt –Spun Fibres. Polymer Testing, 72, 364-371
- Sampath, MB., Mani, S., Nalankilli, G., 2011. Effect of Filament Fineness on Comfort Characteristics of Moisture Management Finished Polyester Knitted Fabrics. Journal of Industrial Textiles, 41(2), 160-173
- Sarı, U., 2019. Spor Aktiviteleri için Fonksiyonel Kompresyon Ürünlerinin Geliştirilmesi. Ege Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 261s, İzmir.

- Sevencan, F., Vaizoğlu, S. A., 2007. PET ve Geri Dönüşümü. Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD, Kor. Hek., 6 (4), 307-312.
- Şenol, M.F., Türker, E., 2009. Polyester Dokuma Kumaşların Su Geçirgenliğine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi. Tekstil ve Konfeksiyon, 19(2), 114-122.
- Tayyar, A.E., Üstün, S., 2009. Geri Kazanılmış Pet'in Kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(1), 53-62.
- Telli, A., 2011. Pet Şişe Geri Dönüşüm Pes ile Klasik Pes Liflerinden Üretilen İplik ve Kumaş Özelliklerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Çalışma. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96s, Adana.
- Telli, A., Özdil N., 2015. Effect of Recycle PET Fibers on the Performance Properties of Knitted Fabrics. Journal of Engineered Fibers and Fabrics. 10(2), 47-55.
- Thebalancesmb, 2020. Recycling Polyethylene Terephthalate. Erişim tarihi: 01.03.2020.
<https://www.thebalancesmb.com/recycling-polyethylene-terephthalate-pet-2877869>
- TSP Makina, 2019. Türkiye'de Plastik Endüstrisine Bakış. Erişim tarihi: 1.2.2019.
https://www.tspmakina.com.tr/kataloglar/Turkiyede_Plastik.pdf
- Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği Ar&Ge Şubesi, 2017. Teknik Tekstiller Raporu. Erişim tarihi: 1.2.2019.
<http://www.uib.org.tr/tr/kbfile/teknik-tekstil-raporu>
- Uttam, D., 2013. Active Sportswear Fabrics. International Journal Of IT, Egeering and Applied Sciences Research, 2(1), 34-40.
- 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.
- Varshney, R.K., Kothari V.K., and Dhamija S.J.A., 2010. Study on Thermophysiological Comfort Properties of Fabrics in Relation to Constituent Fibre Fineness and Cross-sectional Shapes. The Journal of Textile Institute, 101(6), 495-505.
- Vatan, C., 2002. Plastik Malzemelerin Geri dönüşümü: Otomotiv Endüstrisinden Örnekler. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 153s, İstanbul.
- Venkatraman, P., 2016. Materials and Technology for Sportswear and Performance Apparel, CRC Press, 342p, New York.

Wikipedia, 2019. Coolmax. Erişim tarihi: 28.02.2020.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Coolmax>

Zara, 2020. Clothes Collection. Erişim tarihi: 01.03.2020.

<https://www.zara.com/uk/en/sustainability-collection-program-11452.html>



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gül KIRIŞ

Doğum Yeri ve Yılı : Sakarya, 1985

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : gulkiris@sdu.edu.tr

Taranmış
Fotoğraf
(3.5cm x 3cm)

Eğitim Durumu

Lise : Figen Sakallıoğlu Anadolu Lisesi, 2003

Lisans : Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil
Mühendisliği, 2010

Mesleki Deneyim

Adanakış Desen Giyim Dokuma A.Ş. 2010-2014

Küçükçalık İplik A.Ş. 2015-.....(halen)

Yayınlar