

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SENTETİK MULTİFİLAMENT İPLİKLERDE
FİLAMENT SAYISININ BELİRLENMESİ İÇİN
GÖRÜNTÜ ANALİZİ ESASLI BİR YÖNTEM
GELİŞTİRİLMESİ**

Sevda FİLİZ

Eylül, 2022
İZMİR

SENTETİK MULTİFİLAMENT İPLİKLERDE FİLAMENT SAYISININ BELİRLENMESİ İÇİN GÖRÜNTÜ ANALİZİ ESASLI BİR YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Sevda FİLİZ

Eylül, 2022

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SEVDA FİLİZ tarafından DOÇ. DR. MUSA KILIÇ yönetiminde hazırlanan “SENTETİK MULTİFİLAMENT İPLİKLERDE FİLAMENT SAYISININ BELİRLENMESİ İÇİN GÖRÜNTÜ ANALİZİ ESASLI BİR YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Musa KILIÇ

Yönetici

Prof. Dr. Ü. Halis ERDOĞAN

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Tuba BEDEZ ÜTE

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Lisans dönemimden yüksek lisansıma kadar her zaman ve her konuda bana yardımcı ve yol gösterici olan, desteğini eksik etmeden bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan çok değerli tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Musa KILIÇ’a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince her zaman yanımda ve yardımcı olan, desteğini hiçbir konuda esirgemeyen çok değerli Sayın Araştırma Görevlisi Dr. Gonca BALCI KILIÇ’a teşekkür ederim.

Gerek lisans gerekse yüksek lisans dönemimde projelerimin deneysel çalışma ve yazım düzenlemeleri alanlarında yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli Sayın Araştırma Görevlisi Dr. Murat DEMİR’e teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmasını, “1002 - Hızlı Destek” programı kapsamında 221M023 proje numarasıyla destekleyen TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

Beni bugünlere kadar yetiştirip, emeklerini, desteklerini hiçbir zaman eksik etmeden yanımda olan canım annem Fatma FİLİZ ve canım babam Argun FİLİZ’e teşekkür ederim.

Sevda FİLİZ

SENTETİK MULTİFİLAMENT İPLİKLERDE FİLAMENT SAYISININ BELİRLENMESİ İÇİN GÖRÜNTÜ ANALİZİ ESASLI BİR YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ

ÖZ

Zamanla artan nüfusla ve hızla değişen ihtiyaçlarla orantılı olarak tekstil ürünlerinin tüketimleri de artmaktadır. Günümüzde doğal lifler artık gerekli talebi karşılayamamaktadır. Karşılanamayan talep açığını kapatabilmek için, her geçen gün kullanım oranı artan ve kimyasal yollarla elde edilen sentetik lifler önem kazanmaya başlamıştır. Çeşitli kimyasal yöntemler ile üretilen filament iplikler, kesiksiz, sürekli bir halde düzelerden geçerek sonsuz bir yapıda oluşmaktadır. Multifilament iplikler üretilirken çoğunlukla çekim esnasında düzelerin tıkalı olması ya da gerilim kaynaklı lif kopuşlarından dolayı üretilen ipliklerin filament sayılarında değişimler gözlenmektedir. Multifilament iplikler, iplik ve buna bağlı olarak kumaş yapısını da doğrudan etkilediğinden dolayı standart yapılan fiziksel testlerle arasında filament sayısı tayini testi de büyük önem taşımaktadır. Günümüzde filament sayısı tayini testi laboratuvarlarda manuel bir şekilde, operatöre bağlı olarak, bir cihaz kullanımı olmadan, gözle sayılarak yapılmaktadır. Bu durum operatörden kaynaklı hatalara açık olmakla birlikte zaman kaybına da neden olmaktadır. Çalışma kapsamında, filament sayısı tayini için görüntü analizi esaslı bir metot geliştirilmekte ve operatör kaynaklı hataların önüne geçmek, otomasyona uygun hale getirmek, zamandan tasarruf sağlamak amaçlanmaktadır. Çalışmada ilk olarak liflerin statik elektrik yüklenerek birbirlerinden ayrılmaları sağlanmış, lazer ışını ile kesişimi yapılmıştır. Bir kamera yardımı ile elde edilen görüntüler görüntü analizi esasına göre işlenmiş ve analiz edilmiştir. Yeni yöntemin validasyonu, multifilament ipliklerin enine kesitlerinin alınması metoduyla gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde tez kapsamında geliştirilen yöntemin geleneksel yöntemle göre daha düşük sapmayla sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Filament, multifilament iplik, filament sayma, filament sayısı, görüntü işleme yöntemi, görüntü analizi yöntemi

DEVELOPING AN IMAGE ANALYSIS BASED METHOD FOR DETERMINING THE NUMBER OF FILAMENTS IN SYNTHETIC MULTIFILAMENT YARNS

ABSTRACT

The developing qualities of the products due to the rapidly changing needs and demands in proportion to the increasing population over time cause textile consumption to increase. Natural fibers can no longer meet the required demand. In order to close the unmet demand gap, chemically synthetic fibers have been obtained that increase the utilization rate day by day. Filament yarns produced by various chemical methods are formed in a continuous structure by passing through the straights in a continuous state without cuts. When producing multifilament yarns, variations are observed in the number of filaments of the yarns produced due to the blockage of the nozzles during production or the fiber breakages caused by tension. Since multifilament yarns also affect the yarn and consequently the fabric structure at a significant level, the filament number determination test has great importance among the standard physical tests. Today, the number of filament determination test is carried out manually in laboratories by counting visually without the use of a device depending on the operator. This situation is open to errors caused by the operator and also causes a loss of time. Within the scope of the study, a method based on image analysis is developed for the determination of the number of filaments and it is aimed to prevent operator-based errors to make it suitable for automation and to save time. In the study, firstly, laser beam intersection was made by separating the fibers from each other by static electricity. Then, the filaments that separated and intersected with the laser beam were obtained with the help of a camera. The images taken were counted with the help of an image analysis-based program. The validation of the new method was carried out by the method of cross-sectioning of multifilament yarns. Results showed that the newly developed method has a great advantage over the conventional one.

Keywords: Filament, multifilament yarn, filament counting, number of filaments, image processing method, image analysis method

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiv

BÖLÜM BİR – GİRİŞ 1

1.1 Giriş	1
1.2 Sentetik İplikçilik	2
1.2.1 Sentetik Lif İplikçiliğinde Pazar Analizi	2
1.2.2 Sentetik Lif Eldesi	8
1.2.2.1 Eriyikten Lif Çekim Yöntemi	9
1.2.2.2 Yaş Lif Çekim Yöntemi.....	10
1.2.2.3 Kuru Lif Çekim Yöntemi.....	11
1.2.2.4 POY İplik Üretimi.....	12
1.2.2.5 FDY İplik Üretimi.....	14
1.2.3 Sentetik İpliklere Uygulanan Kalite Testleri	15
1.2.3.1 Düzensizlik	15
1.2.3.2 İplik Doğrusal Yoğunluğu	15
1.2.3.3 Mukavemet	16
1.2.3.4 Filament Sayısı Tayini	17
1.3 Görüntü Analizi	17
1.3.1 Görüntü İşleme	17
1.3.2 Segmentasyon	18
1.3.2.1 Görüntü Segmentasyon Teknikleri	19
1.3.2.1.1 Eşikleme	19
1.3.2.1.2 Kümeleme	20
1.3.2.1.3 Grafik Tabanlı Segmentasyon	20
1.3.2.1.4 Bölge Temelli Segmentasyon	21

1.3.3 Filtreleme	22
1.3.3.1 Gauss Filtresi	22
1.3.3.2 Ortalama Filtresi	23
1.3.3.3 Medyan Filtresi	24
1.3.4 Görüntü	25
1.3.5 Görüntünün Temel Kavramları	26
1.3.5.1 Piksel.....	26
1.3.5.2 Renk	27
1.3.5.3 Renk Derinliği.....	28
1.3.6 Görüntü Çeşitleri	29
1.3.6.1 İkili (Binary) Görüntü	29
1.3.6.2 İndekslenmiş Görüntü.....	30
1.3.6.3 Gri Ölçekli Görüntü	30
1.3.6.4 Gerçek Renk Görüntü	31
1.3.6.5 Yüksek Dinamik Aralıklı (HDR) Görüntü	32
1.3.6.6 Multispektral ve Hiperspektral Görüntü	32
1.3.6.7 Etiket Görüntü.....	33
1.4 Önceki Çalışmalar	34
1.4.1 Makale Çalışmaları.....	34
1.4.1.1 Farklı Enine Kesit Yapılarına Ait Çalışmalar	34
1.4.1.2 Tekstüre işleme ile İlgili Çalışmalar.....	37
1.4.1.3 Filament İnceliği ve Filament Sayısı ile ilgili Çalışmalar	41
1.4.2 Patent Çalışmaları.....	47
1.5 Çalışmanın Amacı	57

BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE METOT..... 58

2.1 Materyal.....	58
2.1.1 Çalışmada Kullanılan ipliklerin Özellikleri.....	58
2.1.1.1 Polipropilen.....	59
2.1.1.2 Poliester.....	59
2.2 Metot	61
2.2.1 Görüntü Analizi ile Filament Sayma Yöntemi	61
2.2.1.1 Yöntemin Esası	61
2.2.1.2 Filament Sayma Deney Düzenneği.....	63

2.2.1.3 Görüntü Analizi Yöntemi	66
2.2.2 Metot Validasyonu	67
2.2.2.1 Geleneksel (Manuel) Sayma Yöntemi	67
2.2.2.2 Enine Kesit Alarak Sayma Yöntemi	68
BÖLÜM ÜÇ – ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	71
BÖLÜM DÖRT – SONUÇ VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	85



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Küresel lif üretimi (x1000000 ton)	2
Şekil 1.2 Küresel lif üretimi (kişi başı x kg)	3
Şekil 1.3 2019 küresel lif üretimi (x1000000 ton)	3
Şekil 1.4 2020 küresel lif üretimi (x1000000 ton)	4
Şekil 1.5 2000-2020 kimyasal lif üretimi.....	5
Şekil 1.6 Filament ve kesikli iplik üretimi	6
Şekil 1.7 Filament ve kesikli iplik pazar payı	7
Şekil 1.8 2005 ve 2019 yılları dünya iplik üreticileri	7
Şekil 1.9 Poliester lifi pazar büyüme tahminleri.....	8
Şekil 1.10 Eriyikten lif çekim yöntemi	9
Şekil 1.11 Lif çekim elemanları	10
Şekil 1.12 Yaş lif çekim yöntemi.....	10
Şekil 1.13 Kuru lif çekim yöntemi.....	11
Şekil 1.14 Eriyikten çekim, kuru çekim ve yaş çekim yöntemleri	12
Şekil 1.15 POY iplik üretimi.....	13
Şekil 1.16 POY üretim ünitesi	14
Şekil 1.17 FDY üretim ünitesi	14
Şekil 1.18 Uster filament düzgünsüzlük cihazı.....	15
Şekil 1.19 Çıkırık	16
Şekil 1.20 Statimat-ME+ Kopma mukavemeti ve uzaması ölçüm cihazı.....	16
Şekil 1.21 Gri düzey geçişleri	18
Şekil 1.22 Görüntü işleme.....	18
Şekil 1.23 Renkli görüntünün ikili görüntüye dönüşmesi.....	20
Şekil 1.24 Kümeleme tekniği.....	20
Şekil 1.25 Tembel yakalama (lazy snapping) kullanılarak ön ve arka plan ayrılması.....	21
Şekil 1.26 Grafik tabanlı segmentasyon örneği	21

Şekil 1.27 Gauss fonksiyonu (a. Tek boyutlu çan eğrisi b. İki boyutlu grafik)	22
Şekil 1.28 Gauss filtresi uygulanan görüntü	23
Şekil 1.29 3x3 lük şablon.....	23
Şekil 1.30 Farklı boyutlarda şablon kullanımları.....	24
Şekil 1.31 Medyan filtre şablonu	24
Şekil 1.32 Farklı boyutlarda şablon ile medyan filtre uygulanması	25
Şekil 1.33 Görüntüde piksel.....	26
Şekil 1.34 Gerçek ve dijital görüntünün veri yapısı.....	26
Şekil 1.35 Görüntüde piksel (2)	27
Şekil 1.36 M x N matrise sahip görüntüdeki piksel.....	27
Şekil 1.37 Renk küpü	28
Şekil 1.38 Renk derinliği	28
Şekil 1.39 İkili (Binary) görüntü.....	30
Şekil 1.40 İndekslenmiş görüntü.....	30
Şekil 1.41 Gri seviye görüntü	31
Şekil 1.42 Gerçek renkli görüntü	31
Şekil 1.43 Yüksek dinamik aralıklı (HDR) görüntü	32
Şekil 1.44 Multispektral ve hiperspektral görüntü.....	33
Şekil 1.45 Etiket görüntü	33
Şekil 1.46 Hava jetli tekstüre iplik yapısı optik mikroskop görüntüleri (a. Hava jetli tekstüre işlemi uygulanamamış poliester ipliği b. FDY20 c. DSPET20 d. HTPET20 e. PEN20 f. Vectran20)	38
Şekil 1.47 Farklı tipteki kumaş görüntüleri	39
Şekil 1.48 İtemat cihazı şeması ve punta ölçümü	40
Şekil 1.49 Filament sayısının POY etkileri (a. Düzensizlik b. Uzama c. Mukavemet).....	42
Şekil 1.50 Filament sayısının tekstüre iplik etkileri (a. Uzama b. Mukavemet c. Sıcakta çekme).....	43

Şekil 1.51 Filament sayısının kumaş üzerindeki etkileri (a. Kumaş kalınlığı b. Mukavemet c. Kopma uzaması d. Hava geçirgenliği).....	44
Şekil 1.52 Poliester örme kumaşların elektron mikroskop görüntüleri (a. 150 denye 34 filament b. 150 denye 48 filament c. 150 denye 108 filament d. 150 denye 144 filament e. 150 denye 288 filament)	45
Şekil 1.53 Punta sayısı ve filament sayısı arası ilişki	46
Şekil 1.54 Tasarlanan cihazın yandan ve üstten görünüşü.....	48
Şekil 1.55 Cihazın şematik görünümü	48
Şekil 1.56 Cihazın tasarımı	49
Şekil 1.57 Yöntemin şematik çizimi	50
Şekil 1.58 Metot adımları.....	51
Şekil 1.59 Yöntemin işleyişi	52
Şekil 1.60 Sistemin şematik olarak gösterimi	53
Şekil 1.61 Yöntemin şematik görünümü.....	54
Şekil 1.62 Tasarımın şematik görünüşü (a. Üstten görünüşü b. Yandan görünüşü)..	55
Şekil 1.63 Buluşun şematik çizimi (a. Üstten görünüş b. Yandan görünüş).....	56
Şekil 2.1 POY akış şeması	61
Şekil 2.2 Görüntü analizi esaslı filament sayma yöntemi şematik	61
Şekil 2.3 Lazer ışını ile filamentlerin kesişimi	62
Şekil 2.4 Görüntü analizi ile nokta sayma	62
Şekil 2.5 Filament sayma deney düzeneği	63
Şekil 2.6 Statik elektriklenme ile ayrılan filamentler	64
Şekil 2.7 Filament çekme düzeneği (a. 3D tasarım b. Üretilmiş düzenek).....	65
Şekil 2.8 Görüntü analizi ile görüntülerin işlenmesi (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)	66
Şekil 2.9 Görüntü analizi ile sayma yöntemi akış şeması.....	66
Şekil 2.10 Manuel sayma yöntemi (a. Manuel sayma b. Sayma gereçleri)	67
Şekil 2.11 Manuel sayma yöntemi akış şeması.....	67

Şekil 2.12 Mikrotom (a. Mikrotomun önden görünüşü b. Mikrotomun yandan görünüşü)	68
Şekil 2.13 Test aparatı (a. 3D hazırlanan aparat b. Numune aparat yerleşimi)	68
Şekil 2.14 Numune hazırlama	69
Şekil 2.15 Numune yerleşimi	69
Şekil 2.16 Enine kesit ile sayma yöntemi akış şeması	70
Şekil 3.1 140 dtex f48 polipropilen enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)	72
Şekil 3.2 140 dtex f48 polipropilen ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)	72
Şekil 3.3 300 denye f100 polipropilen enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)	73
Şekil 3.4 300 denye f100 polipropilen ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)	73
Şekil 3.5 600 denye f144 polipropilen enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)	74
Şekil 3.6 600 denye f144 polipropilen ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)	75
Şekil 3.7 285 denye f144 polipropilen enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)	75
Şekil 3.8 285 denye f144 polipropilen ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)	76
Şekil 3.9 500 denye f96 poliester enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)	76
Şekil 3.10 500 denye f96 poliester ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)	77
Şekil 3.11 300 denye f144 poliester enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)	77

Şekil 3.12 300 denye f144 poliester ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü).....	78
Şekil 3.13 250 dtex f144 poliester enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)	78
Şekil 3.14 250 dtex f144 poliester ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü).....	79
Şekil 3.15 500 dtex f144 poliester enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)	79
Şekil 3.16 500 dtex f144 poliester ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü).....	80
Şekil 3.17 83 dtex f36 poliester enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)	80
Şekil 3.18 83 dtex f36 poliester ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü).....	81

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Renk derinliği dereceleri.....	29
Tablo 1.2 Kesit şeklinin düzgünlük özelliğine etkisi-283 dtex	35
Tablo 1.3 Kesit şeklinin mukavemet-uzama özelliklerine etkisi-283 dtex	35
Tablo 1.4 İpliklerin ortalama test değerleri.....	38
Tablo 2.1 Çalışma kapsamında kullanılan ipliklerin genel özellikleri.....	58
Tablo 2.2 Polipropilen lifi fiziksel özellikleri	59
Tablo 2.3 Poliester lifi fiziksel özellikleri.....	60
Tablo 3.1 Sentetik multifilament iplik bilgileri ve tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlar.....	82

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Giriş

Her geçen gün büyümekte olan ve sınırsız bir alana hitap eden tekstil sektörü, kullanıcı beklentileri, teknolojik gelişmeler, malzeme bilimindeki ilerlemeler, sürdürülebilirlik gibi kavramlarla birlikte zamanla daha da gelişmekte ve değişmektedir. Tekstil üretiminde ilk olarak doğal lifler kullanılmış olsa da zaman içerisinde artan talebe cevap verebilmek amacıyla kimyasal lifler de üretilmeye ve yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Kimyasal üretim sonucu elde edilen lifler günümüzde tekstil ürünlerinde çok geniş bir kullanım hacmine ulaşmıştır.

Kimyasal liflerin üretimi sırasında çeşitli fiziksel ve kimyasal testler yapılmaktadır. Fiziksel testlerin içerisinde en önemlilerden biri filament sayısı tayini testidir. Filament sayısı, her açıdan son ürünün kalite özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle kesin, doğru ve güvenilirliği yüksek biçimde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde uygulanan filament sayısı tayini testi manuel olarak, tamamen operatöre bağlı, elle sayım tekniği ile yapılmaktadır. Tebeşir yardımıyla liflerin ayrılması sağlandıktan sonra kadife kaplı levha üzerinde, ucu düzeltilmiş tığ ile tek tek sayım işlemi gerçekleştirilmektedir. Kişiden kaynaklı hatalara fazlasıyla açık olan bu yöntem ayrıca zaman açısından da dezavantajlı olabilmektedir. Tez kapsamında elle filament sayısı tayini yöntemine alternatif olarak, görüntü analizi esasına dayanan yeni bir metot üzerinde çalışılmıştır. Yeni yöntem ile kişiden kaynaklı hataların ortadan kaldırılması ve test süresinin kısaltılması amaçlanmaktadır.

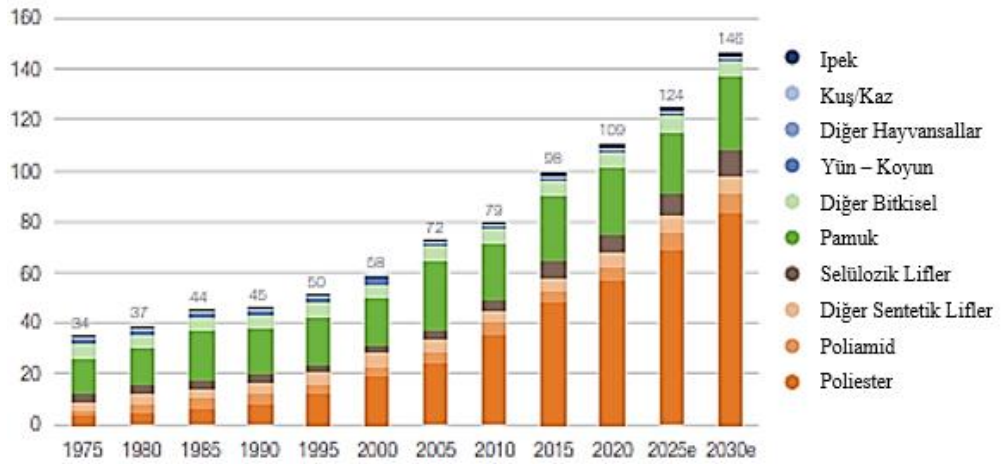
Çalışmanın ilk bölümünde sentetik iplikler, üretim yöntemleri ve pazar analizi ile ilgili genel bilgiler verilmektedir. Buna ek olarak çalışmanın temelinde kullanılan görüntü işleme yöntemi hakkında da bilgiler yer almaktadır. Ayrıca, bu bölümde

konuyla ilgili daha önce yayınlanmış olan makaleler ve patentler incelenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümü, tez kapsamında kullanılan ipliklerin özellikleri ve yöntemin uygulanması ile ilgilidir. Burada, kullanılan hammaddelerle ilgili bilgiler verilmiş olup genel olarak uygulanan yöntemler açıklanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise tez kapsamında üç farklı yöntemle filament sayısı tayini yapılan ipliklerin karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

1.2 Sentetik İplikçilik

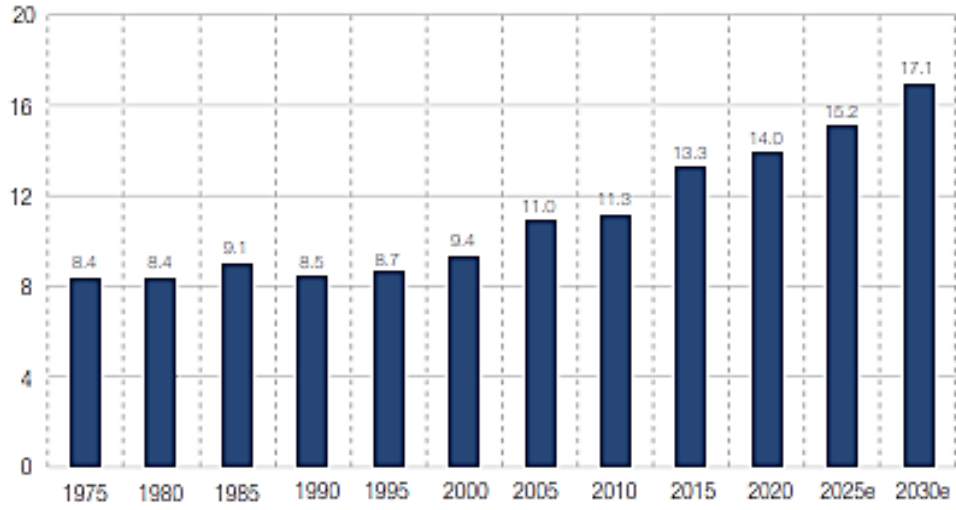
1.2.1 Sentetik Lif İplikçiliğinde Pazar Analizi

Doğal lif üretiminin artan talep karşısında zamanla yetersiz kalması sonucunda kimyasal lif üretiminde artış kaçınılmazdır. Şekil 1.1’de görüldüğü gibi genel lif üretimi son 20 yılda 58 milyon tondan 109 milyon tona çıkmıştır. Bu süre zarfında doğal liflerin üretim miktarı hemen hemen sabit kalırken kimyasal liflerin üretimi iki katından fazla artmıştır. Pandemi ve diğer faktörlerin geleceği nasıl etkileyeceği henüz net olmasa da endüstrinin eski dinamizmini yakalayarak ilerlemesi durumunda %34 oranında bir artış beklenmektedir. Bu durum, genel lif üretiminin 2030’da 146 milyon tona ulaşabilmesi anlamına gelmektedir (Textile Exchange, 2021).



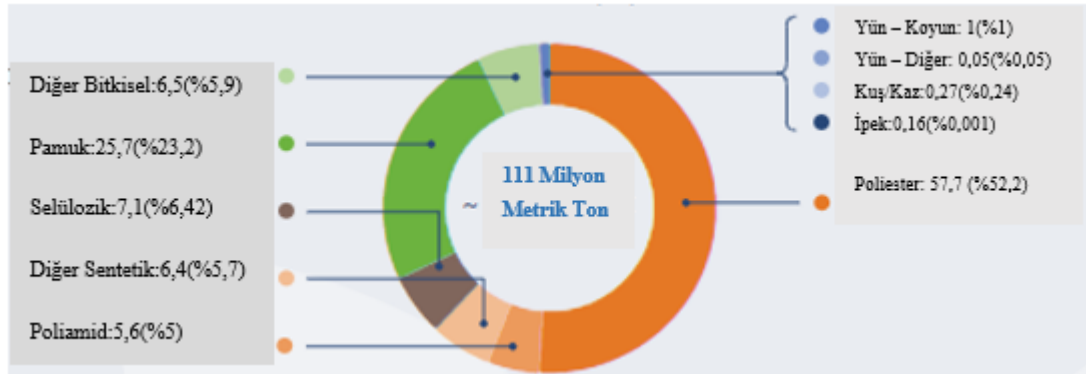
Şekil 1.1 Küresel lif üretimi (x1000000 ton) (Textile Exchange, 2021).

Şekil 1.2’de kişi başına düşen küresel lif üretimi grafiği görülmektedir. Kişi başı küresel lif üretimi 1975’te 8,4 kilogram iken 2020’de 14 kilograma yükselmiştir (Textile Exchange, 2021).



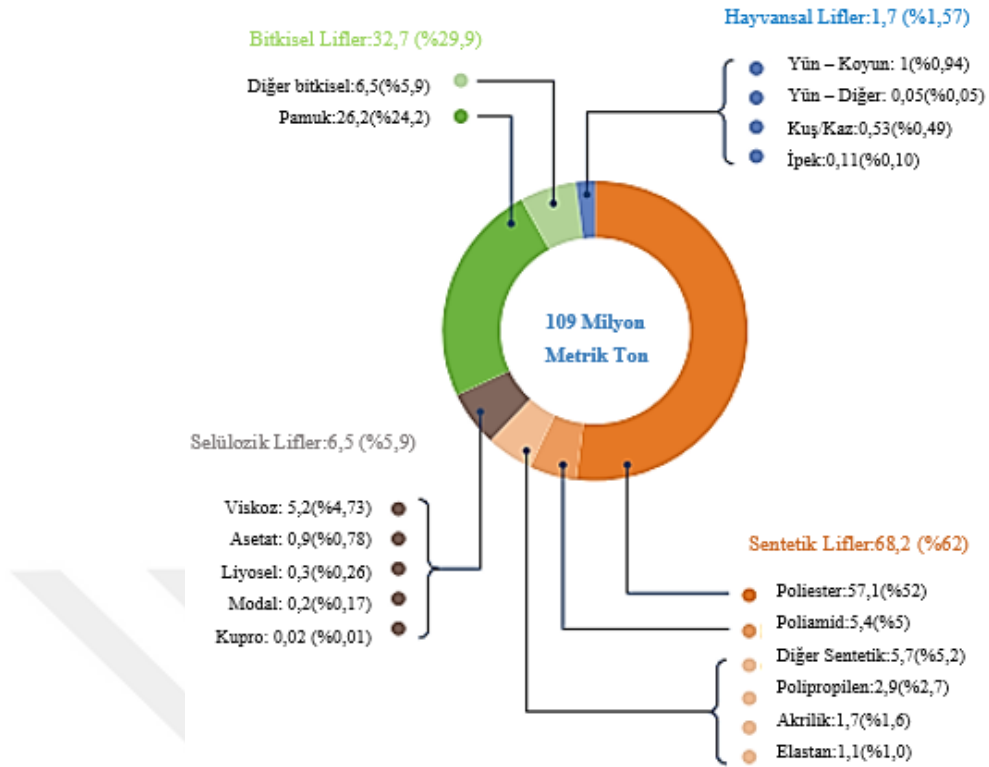
Şekil 1.2 Küresel lif üretimi (kişi başı x kg) (Textile Exchange, 2021).

COVID-19 pandemisinin vurduğu küresel lif üretimi, yıllar süren büyümenin ardından Şekil 1.3'te görüldüğü gibi 2019'da 111 milyon ton iken Şekil 1.4'te görüldüğü gibi 2020'de 109 milyon tona düşmüştür (Textile Exchange, 2021).



Şekil 1.3 2019 küresel lif üretimi (x1000000 ton) (Textile Exchange, 2021).

Sentetik lifler, 1990'ların ortalarından itibaren pamuk hacimlerini geride bıraktıklarında lif pazarına hâkim olmuştur. Yaklaşık 68 milyon ton sentetik lif ile bu lif kategorisi, 2020'de küresel lif üretiminin yaklaşık %62'sini oluşturmaktaydı (Textile Exchange, 2021).



Şekil 1.4 2020 küresel lif üretimi (x1000000 ton) (Textile Exchange, 2021).

Şekil 1.4'teki grafik ele alındığında sentetik lifler, pamuk üretimlerini aştıkları 1990'ların ortalarından bu yana lif pazarına hükmetmektedir. Yaklaşık 68 milyon ton ile bu lif kategorisi 2020 yılında küresel lif üretiminin yaklaşık %62'sini oluşturmaktadır. Polyester lifi tek başına toplam küresel lif üretiminde yaklaşık %52'lik bir pazar payına sahipken 2020 yılında yaklaşık 57 milyon ton polyester lif üretimi yapılmıştır. 2020 yılında en çok kullanılan ikinci sentetik lif olan poliamid ise 5,4 milyon ton üretilerek küresel lif pazarının yaklaşık %5'ini oluşturmuştur. Diğer sentetik lifler, polipropilen, akrilik ve elastan, 2020 yılında 5,7 milyon tonluk birleşik üretim hacmiyle %5,2'lik bir pazar payına sahiptir. 2020 yılında, doğal lifler ise küresel lif pazarında yaklaşık %30'luk bir pazar payına sahiptir (Textile Exchange, 2021).

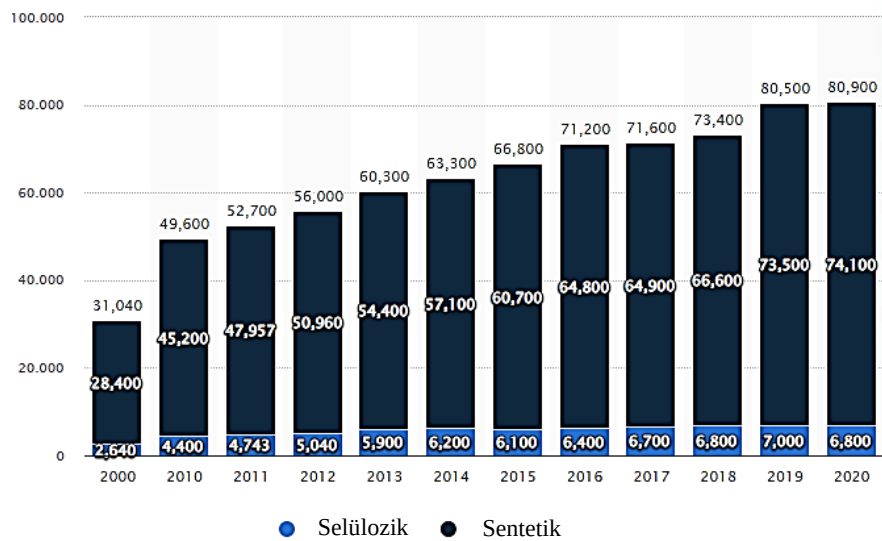
Pamuk, hacim açısından en önemli ikinci liftir. Yaklaşık 26 milyon tonla, 2020 yılında küresel lif üretiminin yaklaşık %24'lük bir pazar payına sahiptir. Jüt, keten, kenevir ve diğer bitki bazlı lifler, yaklaşık %6'lık bir pazar payına sahiptir (Textile Exchange, 2021).

Zamanla daha önemli hale gelen bir lif kategorisi olan selülozik liflerin küresel üretim hacmi yaklaşık 6,5 milyon ton ve pazar payı 2020 yılında yaklaşık %6'dır (Textile Exchange, 2021).

2020'de hayvansal liflerin pazar payı %1,57 olarak görülmektedir. Yün, yaklaşık %1'lik pazar payına sahiptir ve küresel üretim hacmi yaklaşık 1 milyon tondur. Kuş ve kaz tüyü, küresel lif pazarının yaklaşık %0,5'ini oluştururken, ipek lifinin pazar payı ise % 0,1 civarındadır (Textile Exchange, 2021).

Özellikle son yıllarda ciddi bir büyüme kaydeden, organik (doğal) ve sentetik polimerlerden elde edilen tekstil, hazır giyim ve sanayi üretiminde geniş bir kullanım alanına sahip olan kimyasal lifler döşemelik tekstiller, filtreler, suni yün kazaklar, çorap endüstrisi, halı imalatı, otomobil lastikleri, kurşun geçirmez yelekler gibi birçok farklı alanda, farklı amaçlarla kullanılmaktadır (Fernandez, 2021).

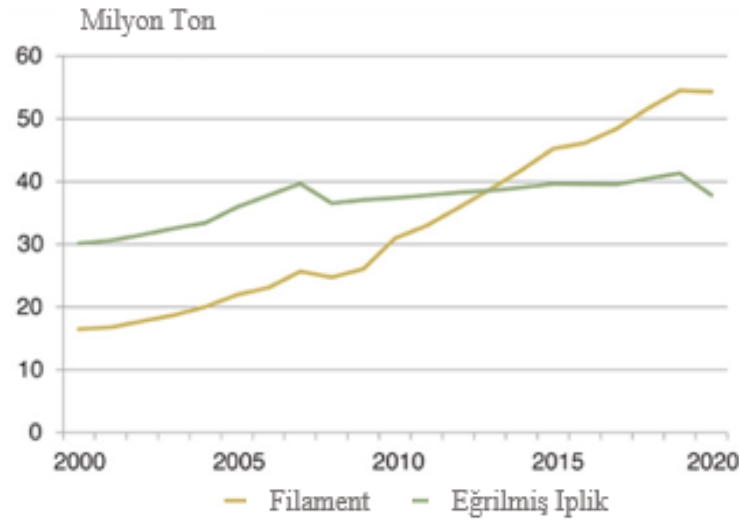
Şekil 1.5'te kimyasal liflerin selülozik ve sentetik olarak 2000 yılından 2020 yılına kadar zaman içerisindeki küresel üretim artışı görülmektedir. 2000 yılında yaklaşık 31 milyon ton kimyasal lif üretimi yapılırken 2020 itibariyle, dünya çapında yaklaşık 80,9 milyon ton kimyasal lif üretilmiştir. Bu üretimin 74,1 milyon tonu sentetik lif ve 6,8 milyon tonu selülozik liflerden oluşmaktadır (Fernandez, 2021).



Şekil 1.5 2000-2020 kimyasal lif üretimi (Fernandez, 2021)

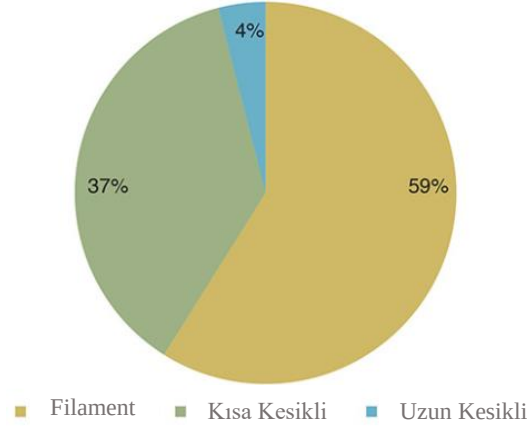
Kimyasal yollarla elde edilen filament iplik endüstrisi, 1980'den günümüze kadar yaklaşık %6'lık bir ortalama yıllık büyüme oranına sahiptir. Poliester, fiyat avantajlarından ve çok yönlü kullanım alanlarından dolayı en çok tercih edilen filament türüdür (IFJ, 2022).

Şekil 1.6'da filament ve kesikli iplik türlerinin gelişimi ve dinamikleri gösterilmektedir. Bu grafik, kesikli iplik üretimi için pamuk, yün ve suni lifleri içermekte, ancak sak veya diğer doğal lifleri içermemektedir. Ayrıca, filament iplikçiliğın 2000 yılından 2020'ye kadar olan üretim artışı göz önünde bulundurulduğunda üretimin 18 milyon ton civarından yaklaşık olarak 53-55 milyon ton civarına ulaştığı görülmektedir (IFJ, 2022).



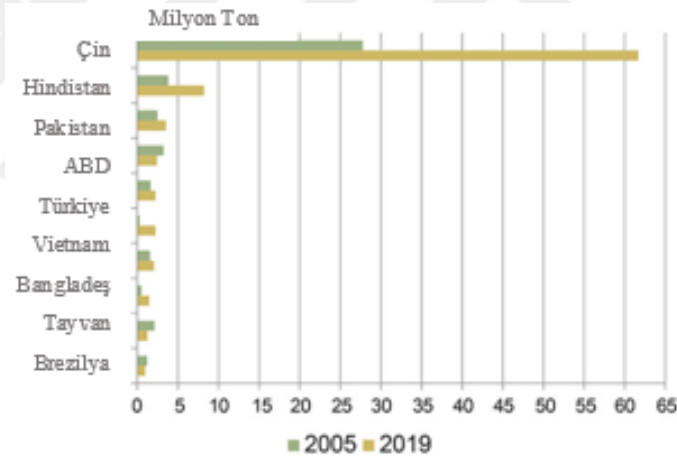
Şekil 1.6 Filament ve kesikli iplik üretimi (IFJ, 2022)

İplik üretiminde filament ipliklerin konumu zamanla daha da ağırlık kazanmıştır. Filament ipliklerin 2000 yılında %35 olan pazar payı Şekil 1.7'de görüldüğü gibi 2020 yılında %59'a yükseltmiştir. Kesikli ipliklerde ise; kısa stapelli kesikli ipliklerin payı 2000 yılında %55 iken 2020'de %37'ye gerilemiş, uzun stapelli kesikli iplikler ise %10'dan %4'e düşerek yarıdan fazlasını kaybetmiştir (IFJ, 2022).



Şekil 1.7 Filament ve kesikli iplik pazar payı (IFJ, 2022)

Şekil 1.8’de dünya iplik üretiminde ilk 10’da yer alan ülkeler ve bu ülkelerin 2005 ve 2019 yıllarındaki toplam iplik üretimleri görülmektedir. Bu listede ilk sırada Çin yer alırken ülkemiz de önemli bir sırada yer almaktadır (IFJ, 2021).

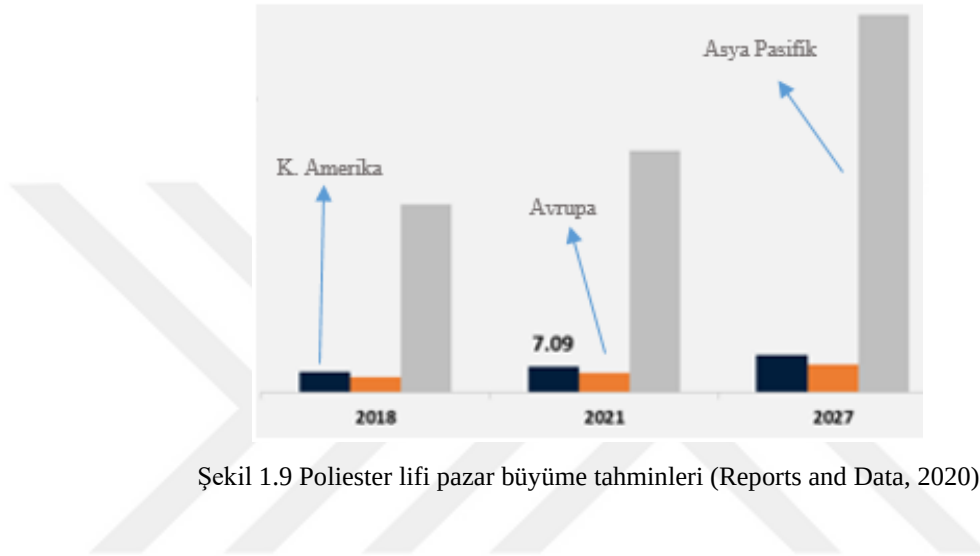


Şekil 1.8 2005 ve 2019 yılları dünya iplik üreticileri (IFJ, 2021)

Son yıllarda filament iplik pazarında gözle görülür ciddi bir artış meydana gelmektedir ve 2019 yılında filament iplikçiliğinde toplam pazar payı %6 oranında artarak 55 milyon tona ulaşmıştır ve toplam iplik pazarının %57'sini kaplamıştır. Yakın gelecekte pazar payını daha da artırması öngörülmektedir (IFJ, 2021).

2022 yılında 106 milyar ABD doları olarak tahmin edilen polyester filament iplik pazarının, artan nüfus ve tüketim ihtiyaçları göz önünde bulundurularak 2032 yılına kadar 174.7 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir (Fact.MR, 2022).

Ayrıca, poliester kesikli lif ve filament iplik pazarının 2018'den 2027 yılına kadar değer bazında Şekil 1.9'da görüldüğü gibi %7,7 oranında büyüyerek 126,00 Milyar ABD Dolarına ulaşması beklenmektedir. Asya Pasifik bölgesindeki pazar, 2018'deki en büyük pazar payına katkıda bulunmuştur ve tahmin döneminde %7,9'luk en hızlı oranda büyümesi, Avrupa pazarının ise 2019-2027 döneminde %6,3 oranında büyümesi beklenmektedir (Reports and Data, 2020).



Şekil 1.9 Poliester lifi pazar büyüme tahminleri (Reports and Data, 2020)

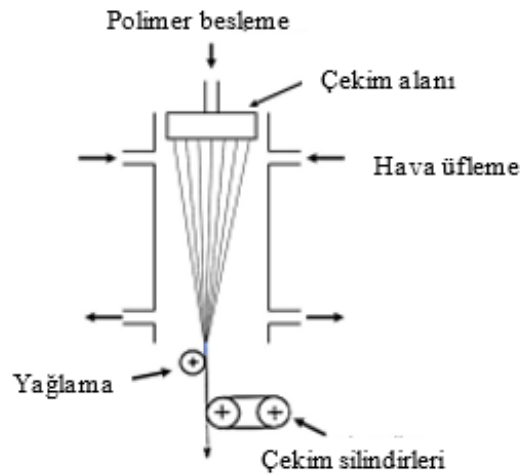
1.2.2 Sentetik Lif Eldesi

Doğal liflerin zamanla yetersiz kalması ve istenen talebi karşılayamaması sonucu kimyasal lifler üretilmeye başlanmıştır. Kimyasal liflerin üretimi genel olarak sıvı hale getirilen polimerin lif çekim ünitelerinden ilerleyerek lif haline getirilip katılaştırılması esasına dayanmaktadır. Lif üretiminde kullanılan polimerler eritilerek veya çözücü içerisinde çözündürülerek kullanıma hazır hale getirilmektedir ardından düzelerden geçirilerek hava veya sıvı yardımı ile katılaştırılarak filament halde sarılmaktadır. Filament üretiminde farklı prensipte çekim sağlayan yöntemler (eriyikten lif çekimi, çözeltiden lif çekimi, dispersiyon lif çekimi, reaksiyon lif çekimi, likid kristal lif çekimi, jelden lif çekimi, elektrik alan ile lif çekimi vb.) bulunmakla beraber eriyikten ve çözeltiden lif çekimi en çok kullanılan yöntemlerdir (Erdoğan, 2015).

1.2.2.1 Eriyikten Lif Çekim Yöntemi

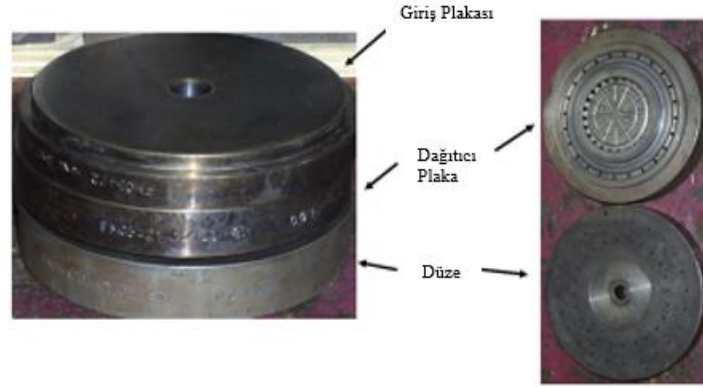
Eriyikten lif çekimi, polimerik filament üretiminde kullanılan en popüler yöntemlerden biridir. Filament üretimi için kullanılabilecek çeşitli yöntemler olsa da eriyikten lif çekim yöntemi, çözücü olmaması ve sürecin basitliği nedeniyle en ekonomik yaklaşım olarak düşünülmektedir. Yöntem sırasında granüller ısı yoluyla eriyik hale gelmeleri için bir ekstrüder içine beslenmekte ve ardından polimer eriyik basınç altında pompalanarak düzelerden geçirilmektedir. Sonrasında polimer soğuk hava ile temas ettirilerek katı filament hale dönüşmektedir. Polietilen tereftalat, poliüretanlar, poliolefinler ve poliamidler gibi polimerler çoğunlukla eriyikten lif çekim yöntemi kullanılarak elde edilmektedir (Rawal ve Mukhopadhyay, 2014).

Eriyikten lif çekim yöntemi, Şekil 1.10'da görüldüğü gibi, erimiş polimerlerin birçok farklı ayrı kapiler deliğe veya düzeler içerisinde bulunan farklı şekil ve boyutlarda olabilen düzelere beslenerek bu deliklerden geçmesi şeklinde yapılmaktadır. Her bir delikten bir filament geçmektedir. Düzelerden çekilen, soğutulup, katılaştıran filamentler bobinlere sarılarak son halini almaktadır (Rawal ve Mukhopadhyay, 2014).



Şekil 1.10 Eriyikten lif çekim yöntemi (Lawrence, 2015)

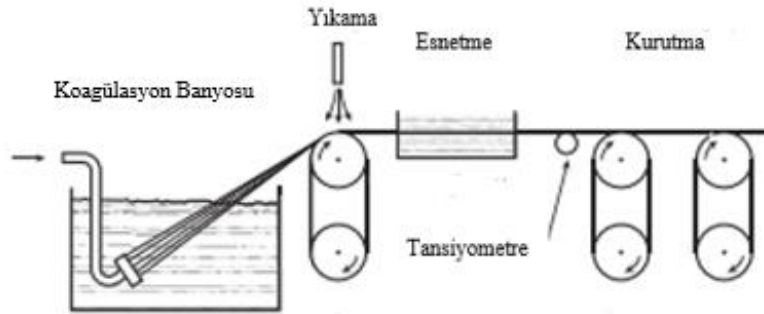
Erime sıcaklığı üzerinde bir sıcaklıkta tutulan çözelti, bir pompaya beslenmektedir ve Şekil 1.11’de de görüldüğü gibi bir çekim paketine bağlıdır (Lawrence, 2015).



Şekil 1.11 Lif çekim elemanları (Lawrence, 2015)

1.2.2.2 Yaş Lif Çekim Yöntemi

Yaş lif çekimi yönteminde, polimerin bir çözücünde çözülmesi gerekmektedir. Hafif bir işlem olduğu ve düşük sıcaklık uygulandığından dolayı eriyikten çekilemeyen lif üretimi için tercih edilen yöntem olmuştur. Akrilik, aramid, rayon lifleri yaş lif ekim yöntemi kullanılarak çeşitli lif kesit şekilleri ve boyutlarında üretilebilmektedir. Yaş çekim metodunda çözelti ile çözdürülen ve düzelerde bulunan polimer, koagülasyon banyosu içerisine alınarak, basınç yardımıyla düzelere iletilmektedir. Filamentin katılaşması yüzeyden çekirdeğe doğru gerçekleşirken, lifler sıkıştırılmış hava ile çekim bölgesine doğru gönderilmektedir (Özipek ve Karakaş, 2014).



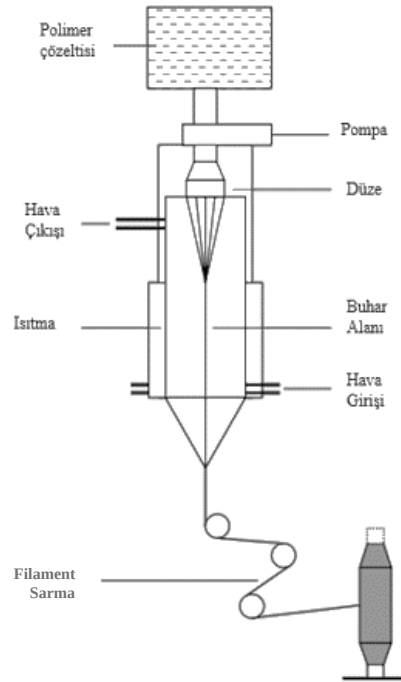
Şekil 1.12 Yaş lif çekim yöntemi (Lawrence, 2015)

Şekil 1.12’de yaş lif çekim yöntemi şematik olarak görülmektedir. Koagülasyon banyosu, genellikle polimer ısıtılmış bir solventte çözüp karıştırılarak hazırlanmaktadır ve tüm yabancı maddeleri veya kısmen çözünmüş polimeri temizlemek için filtrelenmektedir. İlk silindir setinden çıkan filamentler ısıtılmış bir

banyodan geçer ve burada polimer zincirlerini hizalayarak düzleştirmektedirler. Banyodan çıktıktan sonra filamentler, eğirme koşullarına bağlı olarak %20 ile %200 arasında değişebileceği bir çekme bölgesinden geçer ve ardından koagülasyon banyosunun içeriğine bağlı olarak asidi, tuzları ve sülfürü gidermek için son aşamada yıkama yapılabilmektedir. Son olarak, üretilen filament kurutulup paketlenmektedir (Lawrence, 2015).

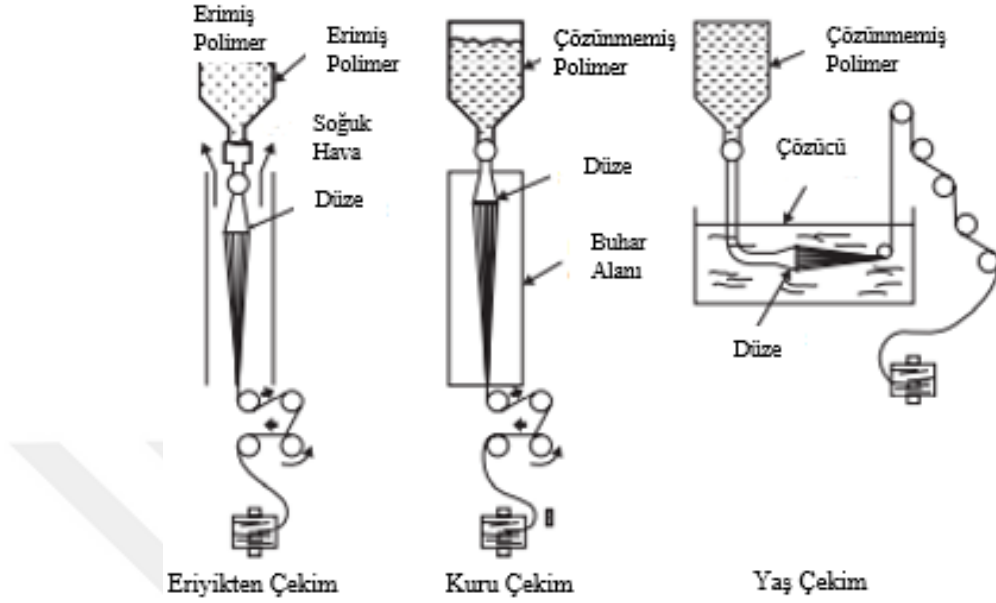
1.2.2.3 Kuru Lif Çekim Yöntemi

Kuru lif çekim işleminin temel değişkenleri ısı transferi, kütle transferi ve filament üzerindeki gerilimdir (Imura vd., 2014). Bu çekim metodunda temel olarak, polimerler çözücü içinde yer almakta ve çözücünün buharlaşması ile katılaşma sağlanmaktadır. Uçucu bir çözücü içerisinde çözünen polimer çözeltisi bir püskürtme memesinden pompalanmakta ve düzden çıkan liflerden çözücüyü uzaklaştırmak için hava ya da soygaz kullanılarak lifler katılaştırılmaktadır. Kuru lif çekim yöntemi, asetat, triasetat, akrilik, modakrilik, spandeks üretimi için kullanılmaktadır (Alagirusamy ve Das, 2015; Imura vd., 2014). Şekil 1.13'te kuru lif çekim yöntemi şematik olarak yer almaktadır.



Şekil 1.13 Kuru lif çekim yöntemi (Alagirusamy ve Das, 2015).

Şekil 1.14'te en çok kullanılan çekim yöntemlerinden olan eriyikten çekim, yaş çekim ve kuru çekim yöntemleri görsellere karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



Şekil 1.14 Eriyikten çekim, kuru çekim ve yaş çekim yöntemleri (Imura vd., 2014)

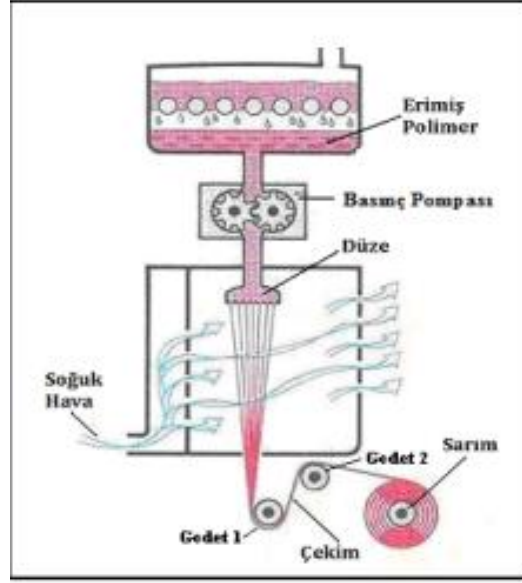
1.2.2.4 POY İplik Üretimi

POY (Partially Oriented Yarn) olarak bilinen moleküler oryantasyonu arttırılmış iplikler, eriyikten çekim yöntemi ile direkt sıvı ya da ekstruderli cips olarak iki şekilde üretilmekte, filament gerginliği üzerinde moleküler yapı değişikliği amacıyla hava sürtünmesi kullanılmakta ve 2500 - 4000 m/dakika aralığında sarım hızına sahip olmaktadır. POY ipliklerin 1950-1970 yıllarında üretimi hızlanmış ve ticarileşmiştir. Üretimi artan hızlarda yapıldığı takdirde liflerin oryante olma durumu artmaktadır (Öztürkmen, 2018). POY iplikler, tekstüre işlemi ile tekstüre iplik haline getirilmektedir. Şekil 1.15 üzerinde POY iplik üretimi görülmektedir.



Şekil 1.15 POY iplik üretimi (Öztürkmen, 2018)

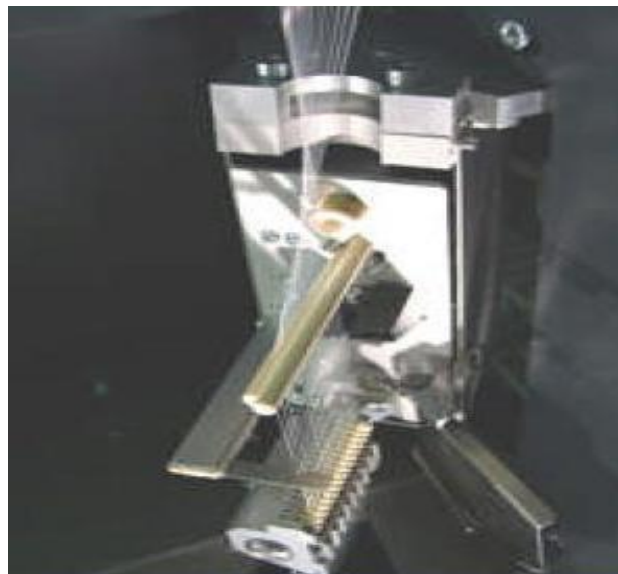
POY üretiminde silindir hızları büyük öneme sahiptir. Godet-1 ve Godet-2 olarak silindirler bulunmaktadır. Ana çekim, düzeden çıkış ile Godet-1 silindiri arasında hız farkı yardımıyla verilmektedir. Filamentlerin bir aradayken daha düzgün kalabilmeleri için de Godet-1 ve Godet-2 silindirleri arasındaki bölge ve silindirler arası hız farkı çok önemlidir. Şekil 1.16’da POY üretim ünitesi görülmektedir (Özkan ve Babaarslan, 2010).



Şekil 1.16 POY üretim ünitesi (Özkan ve Babaarslan, 2010)

1.2.2.5 FDY İplik Üretimi

FDY (Fully-Drawn Yarn) olarak bilinen moleküler oryantasyonu tamamlanmış iplikler, FOY (Fully Oriented Yarn) ipliklere uygulanan bir çekim sonucunda elde edilir (Şekil 1.17). FDY ipliklerde yaklaşık olarak 6000 m/dakika sarım hızları kullanılmakta ve bununla birlikte kristalizasyon işlemi için gereken zaman sağlanamamakta ve kristalleşme meydana gelmemektedir (Öztürkmen, 2018).



Şekil 1.17 FDY üretim ünitesi (Öztürkmen, 2018).

1.2.3 Sentetik İpliklere Uygulanan Kalite Testleri

Sentetik ipliklerdeki kalite özellikleri iplik kalitesinden itibaren kumaş kalitesi ve son ürün olmak üzere birçok alanı etkilemektedir. Bu nedenle, iplik üretimini takiben çeşitli fiziksel kalite kontrol testleri yapılmaktadır.

1.2.3.1 Düzgünsüzlük

Sentetik ipliklerin kütle düzgünsüzlüklerinin ölçülebilmesi için kapasitif iplik düzgünsüzlük test cihazı kullanılmaktadır. POY, FOY, FDY vb. ipliklerin düzgünsüzlüklerinin ifade edilmesi için %CV değeri kullanılır. Ölçüm sonuçlarından elde edilen diagram ve spektograma göre de hata analizleri gerçekleştirilir (Günay, 2019). Şekil 1.18’de filament ipliklerin düzgünsüzlüklerinin hesaplanmasında yaygın olarak kullanılan Uster Tester 6-C800 cihazı görülmektedir (Uster, 2022).



Şekil 1.18 Uster filament düzgünsüzlük cihazı (Uster, 2022)

1.2.3.2 İplik Doğrusal Yoğunluğu

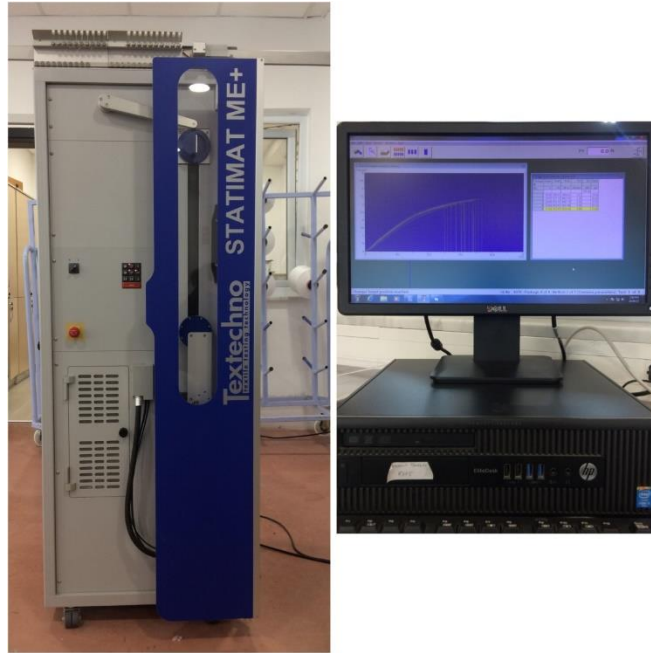
İplik doğrusal yoğunluğu, ipliğin belirli bir uzunluğunun ağırlığının kesip tartma ile ölçülmesi sonucunda belirlenmektedir (Şekil 1.19). Bu işlem, numara tayini testi olarak da bilinmektedir. Gram cinsinden tex (1000 m iplik), dtex (10000 m iplik) ve denye (9000 m iplik) birimlerinde ölçümler yapılmakta ve birbiri içerisinde uygun formüllerle dönüştürülmektedir.



Şekil 1.19 Çıkırık (Öztürkmen, 2018)

1.2.3.3 Mukavemet

Sentetik ipliklerin kalite özelliklerinin belirlenmesi için yapılması gereken fiziksel testlerden biri de mukavemet testidir. Şekil 1.20’de sentetik ipliklerin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan cihazlardan biri olan Statimat-ME+ cihazı görülmektedir.



Şekil 1.20 Statimat-ME + Kopma mukavemeti ve uzaması ölçüm cihazı (Öztürkmen, 2018)

1.2.3.4 Filament Sayısı Tayini

Filament sayısı tayini özellikle filament iplikler için en önemli fiziksel testlerden biridir. Günümüzde laboratuvarlarda elle sayım şeklinde yapılmaktadır. Test kapsamında ilk olarak ipliğe statik elektrik yüklenerek lifler ayrılmaktadır. Ayrılan lifler kontrast renkli kadife kaplı bir levha üzerine yatırılmakta ve ucu düzeltilmiş tığ yardımı ile gözle tek tek sayılmaktadır.

1.3 Görüntü Analizi

Çoğunlukla, dijital görüntü işleme yöntemleri kullanılarak işlenen görüntülerden anlamlı bilgiler elde edilmesini görüntü analizi sağlamaktadır. Görüntü analizinin görevleri çok basitten en karmaşığa kadar çeşitlendirilmektedir (Image Analysis, 2022).

Bilgisayarlar, yüksek sayılarda verilerin analizleri ve karmaşık hesaplama gerektiren durumlar için en önemli araçtır. Ayrıca, insan gözü, özellikle daha üst seviyedeki bilgilere erişilmesi ve tıp, güvenlik, uzaktan algılama gibi uygulamalar için de mükemmel bir görüntü analizi cihazıdır ve bu analistlerin yerini henüz bilgisayarlar alamamaktadır. Bu yüzden, bir takım önemli görüntü analizi araçları, insan görsel algı modellerinden ilham almaktadır (Image Analysis, 2022).

1.3.1 Görüntü İşleme

Son zamanlarda dünya geneline bakıldığında dijitalleşen bir teknoloji çağı içerisinde olduğu herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir. Bu bağlamda, görüntü işleme veya dijital görüntü işleme alanına olan ilgi ve çalışmalar gittikçe artmaktadır.

Görüntü işleme, dijital hale getirilen gerçek hayattaki görüntülerin, bir girdi olarak işlenerek, işlenen görüntünün özelliklerinin değiştirilmesi sonucunda yeni bir görüntünün oluşturulmasıdır (Yıldırım vd., 2003). Bu durum, çoğunlukla kaydedilen hazır görüntüleri işlemek, değiştirmek, daha iyi hale getirmek gibi amaçlar için kullanılmaktadır.

İnsan gözü, gri düzeylerin geçişleri arasından yaklaşık olarak 100 adet alanı birbirlerinden ayırt edebilmektedir. Şekil 1.21’de görüldüğü gibi siyah renk değeri ve beyaz renk değeri ile aradaki tüm gri renk değerleri yoğunluk olarak adlandırılmaktadır (Yıldırım vd., 2003).



Şekil 1.21 Gri düzey geçişleri (Yıldırım vd., 2003).

Görüntü işlemek için gürültünün temizlenmesi, parlaklık ve kontrast ayarlarının yapılması, uygun renk ve eşik ayarlarının belirlenmesi gibi işlemler yapılmaktadır. Şekil 1.22’de şematik olarak görülmektedir.



Şekil 1.22 Görüntü işleme (Yıldırım vd., 2003).

Bilim ve endüstri alanlarını da içeren görüntü işleme birçok sektörde kullanılmaktadır. Astronomi, savunma, filtreleme, malzeme bilimi, sağlık sektörü, güvenlik, otomatik tür tanımlama vb. gibi pek çok alanda kullanılmakta ve kullanımı zamanla daha da artmaktadır (Image Analysis Applications, 2022).

1.3.2 Segmentasyon

Görüntüde segmentasyon yapılmadan görüntü analizine başlanması çok zordur ve segmentasyon görüntü analizinin ilk aşaması olduğundan büyük ölçüde önem taşımaktadır. Segmentasyon sayesinde görüntü piksellere bölünebilmekte ve gruplanabilmektedir (Vadapalli, 2021).

Görüntü segmentasyonun sıklıkla kullanıldığı alanlar (Vadapalli, 2021);

- Araç plaka tanımlama,
- Medikal (tıbbi) görüntüleme,
- Görüntü tabanlı arama,
- Yüz tanıma,

şeklinde sıralanabilir.

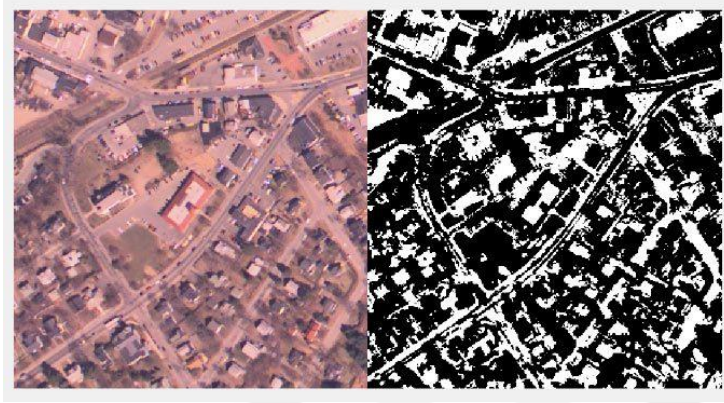
Görüntüde segmentasyon veya bölütleme, bir görüntüyü parçalara ya da bölgelere ayırma işlemidir. Bu parçalara ayırma, çoğunlukla görüntü üzerindeki piksellerin özelliklerine dayanmaktadır. Görüntü üzerindeki bölgeleri bulma yöntemlerinden biri, piksel değerlerinde tipik olarak kenarları gösteren ani süreksizlikleri aramaktır. Bu kenarlar bölgeleri tanımlayabilir. Diğer yöntemler, görüntüyü renk değerlerine veya dokuya göre bölgelere ayırmakta ve eşikleme yapmaktadır (Mathworks Images, 2022a).

1.3.2.1 Görüntü Segmentasyon Teknikleri

Segmentasyon için eşikleme, kümeleme, grafik tabanlı bölümlendirme ve bölge tabanlı algoritma gibi segmentasyon teknikleri kullanılmaktadır (Mathworks Discovery, 2022).

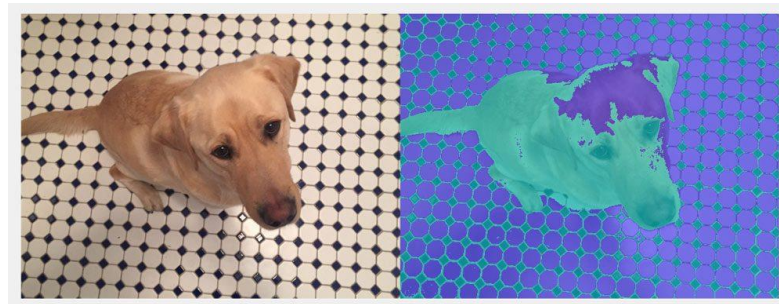
1.3.2.1.1 Eşikleme. Görüntü işlemede bölütleme için en temel ve basit yöntem eşiklemedir. Piksel yoğunluğunu belirli bir eşik değeri ile karşılaştırarak görüntüdeki piksellerin bölünmesini sağlamaktadır. Kendi içerisinde farklı eşik değerlerine göre basit eşik, Otsu binarizasyonu ve uyarlanabilir eşik olarak ayrılmaktadır. Basit eşik yönteminde görüntü pikselleri siyah ve beyaz ile değiştirilmektedir. Görüntünün farklı bölümleri için sabit olmayan, değişken eşik değeri uygulanması uyarlanabilir eşik yöntemi ile yapılmaktadır (Vadapalli, 2021). Otsu binarizasyonunda ikili görüntü oluşturmak için iki boyutlu ya da üç boyutlu gri tonlamalı bir görüntü üzerinde eşikleme gerçekleştirilmektedir. RGB renkli bir görüntüden ikili bir görüntü üretmek için, renkli görüntü önce gri tonlamalı görüntüye dönüştürülmektedir (Mathworks

Discovery, 2022). Şekil 1.23'te renkli bir görüntünün eşikleme yöntemi ile dönüştürüldüğü ikili görüntü görülmektedir.



Şekil 1.23 Renkli görüntünün ikili görüntüye dönüşmesi (Mathworks Discovery, 2022)

1.3.2.1.2 Kümeleme. Görüntü, bir kümedeki öğelerin diğer kümelerde bulunan öğelerine kıyasla daha benzer olduğu kümelere, benzer özelliklere sahip piksel gruplarına ayrılmaktadır. Basit ve verimli olduğu için çoğunlukla K-araç kümeleme algoritması kullanılmaktadır. Bu teknik sayesinde, K-araç kümeleme tabanlı bölütleme kullanılarak, görüntü K sayıda kümeye bölünebilir, bölümlere ayrılmış etiketli bir görüntü oluşturulabilir (Vadapalli, 2021). Şekil 1.24'te yerdeki desenli arka planı ayırmak için kümeleme tekniği kullanımı görülmektedir (Mathworks Discovery, 2022).



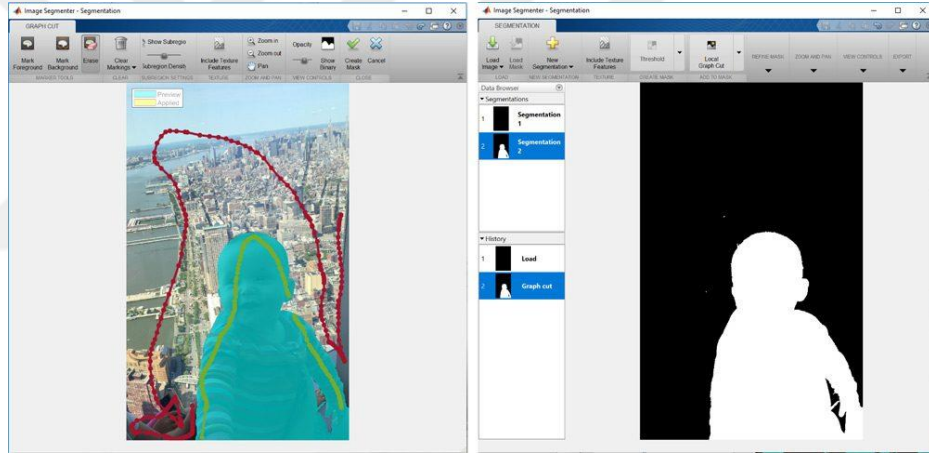
Şekil 1.24 Kümeleme tekniği (Mathworks Discovery, 2022)

1.3.2.1.3 Grafik Tabanlı Segmentasyon. Tembel yakalama olarak da bilinen lazy snapping gibi grafik tabanlı segmentasyon teknikleri, bir görüntünün ön plan ve arka plan bölgelerine ayrılmasına yardımcı olmaktadır. MATLAB programı kullanılarak

görüntü üzerinde programlı (lazy snapping) veya Image Segmenter uygulamaları kullanarak uygulanabilmektedir (Mathworks Discovery, 2022). Şekil 1.25 ve şekil 1.26’da grafik tabanlı segmentasyon örnekleri görülmektedir.



Şekil 1.25 Tembel yakalama (lazy snapping) kullanılarak ön ve arka plan ayrılması (Mathworks Discovery, 2022)



Şekil 1.26 Grafik tabanlı segmentasyon örneği (Mathworks Discovery, 2022)

1.3.2.1.4 Bölge Temelli Segmentasyon. Görüntü, benzer özelliklere sahip bölümlere ayrılmaktadır. Bu bölgeler piksel grubudur ve algoritma, bu grupları önce giriş görüntüsünün küçük bir bölümü veya büyük bir bölümü olabilecek bir tohum (çekirdek) noktası olarak bulmaktadır. Bu noktaları bulduktan sonra, bölge tabanlı bir bölütleme algoritması ile daha fazla piksel ekleyebilir veya onları diğer çekirdek noktalarla birleştirebilmek için küçültmektedir. Bölge temelli segmentasyon kendi içerisinde bölge büyüyen ve bölge bölme/birleştirme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Vadapalli, 2021).

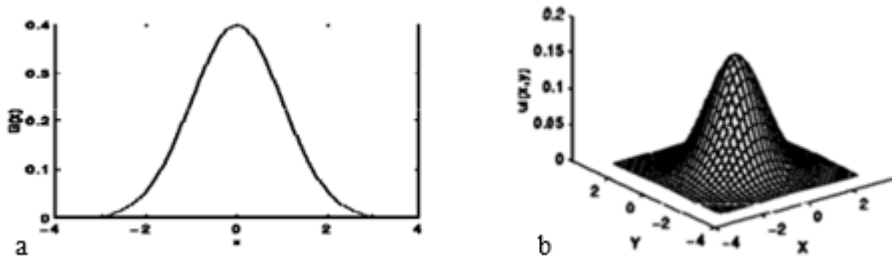
Bölge büyütme veya bölge büyüyen, piksel tabanlı olarak da sınıflandırılan, yaygın olarak kullanılan, başlangıç tohum noktalarının komşu piksellerini inceleyen ve piksel komşularının bölgeye eklenmesi gerekip gerekmediğini belirleyen bir algoritmadır (Mathworks Discovery, 2022).

1.3.3 Filtreleme

Filtreleme, bir görüntüyü değiştirmek veya geliştirmek amacıyla kullanılan bir tekniktir. Görüntüdeki belirli özellikleri vurgulamak veya diğer özellikleri kaldırmak için görüntü üzerinde yumuşatma, keskinleştirme ve kenar iyileştirme gibi işlemler yapılmaktadır (Mathworks Images, 2022c). Filtreleme çeşitlerinden bazıları aşağıda yer almaktadır.

1.3.3.1 Gauss Filtresi

Gauss filtresi görüntü üzerindeki gürültüleri ve detayları kaldırmak için kullanılan, düşük geçişli üniform olmayan bir filtredir. Görüntüleri yumuşatma, pürüzsüzleştirme alanında daha etkilidir. Simetrik bir fonksiyon olan Gauss fonksiyonu, gürültü ya da verilerin dağılımını düzenleyici ve düzgünleştirici operatör olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir. Görüntüler üzerinde çalışılırken iki boyutlu (2-D) Gauss fonksiyonu kullanılmaktadır. Şekil 1.27 üzerinde sol tarafta a görüntüsünde ortalama (μ) = 0 ve standart sapma (σ) = 1 değerlerine sahip tek boyutlu sık kullanılan çan eğrisi, sağ tarafta b görüntüsünde ise iki boyutlu ortalama (0,0) ve standart sapma (σ) = 1 değerlerinde olan Gauss grafiği görülmektedir (Anonim, 2010).



Şekil 1.27 Gauss fonksiyonu (a. Tek boyutlu çan eğrisi b. İki boyutlu grafik) (Anonim, 2010)

Şekil 1.28’de soldaki yarı ton görüntüsünün Gauss filtresi ile yumuşatılmış, pürüzsüzleştirilmiş hali sağda görülmektedir (Anonim, 2010).



Şekil 1.28 Gauss filtresi uygulanan görüntü (Anonim, 2010)

1.3.3.2 Ortalama Filtresi

Mean filtre olarak da bilinen ortalama filtresi, pikseller arasındaki değişimi azaltarak gürültünün azalmasını ve görüntünün düzenlenmesini, yumuşamasını sağlayan temel ve kullanımı çok zor olmayan bir filtre metodudur. Bu filtre, görüntüde bulunan piksel değerlerini komşularının ve kendisinin dâhil olduğu ortalama değer ile değiştirerek, çevresindekileri temsil etmeyen piksel değerlerinin ortadan giderilmesine neden olmaktadır. Genellikle Şekil 1.29’da görüldüğü gibi 3x3’lük şablonlar kullanılmaktadır. Şablonun boyutu büyüdükçe, gürültünün azalması ile birlikte pürüzsüzlükte ve bulanıklıkta artışlar meydana gelebilmektedir (Çayıroğlu, b.t.).

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

Şekil 1.29 3x3 lük şablon (Çayıroğlu, b.t.)

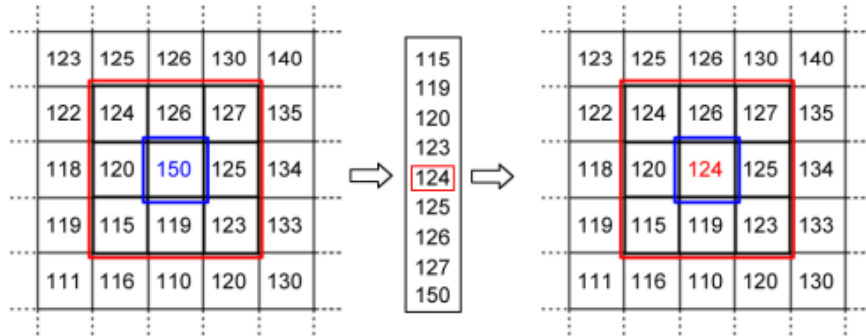
Şekil 1.30’da farklı şablon boyutlarında görüntüler görülmektedir (Çayıroğlu, b.t.).



Şekil 1.30 Farklı boyutlarda şablon kullanımları (Çayıroğlu, b.t.)

1.3.3.3 Medyan Filtresi

Ortanca veya orta değer filtresi olarak da bilinen ve gürültü yüzdesinin yüksek olduğu görüntülerde daha iyi sonuç veren bu filtre de diğer filtreler gibi görüntü üzerindeki gürültünün azaltılması için kullanılmakta ve ortalama filtresinden daha iyi bir sonuç vermektedir (Küpeli ve Bulut, 2020). Ortanca filtresinin uygulanışı ortalama filtresine benzemektedir fakat piksel değerleri komşu piksellerin ortalamaları ile değil, komşu piksellerin sıralanıp ortalarındaki değerlerin alınması ile gerçekleştirilmektedir (Çayıroğlu, b.t.). Şekil 1.31’de yöntemin uygulanış şablonu, Şekil 1.32’de ise medyan filtre uygulanması sonucu ortaya çıkan görüntüler görülmektedir (Çayıroğlu, b.t.).



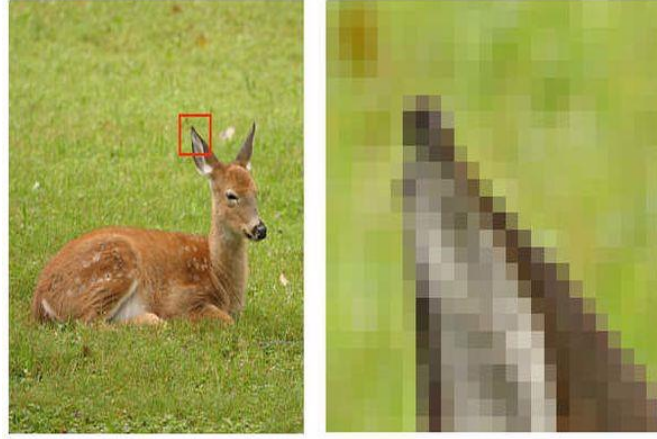
Şekil 1.31 Medyan filtre şablonu (Çayıroğlu, b.t.)



Şekil 1.32 Farklı boyutlarda şablon ile medyan filtre uygulanması (Çayiroğlu, b.t.)

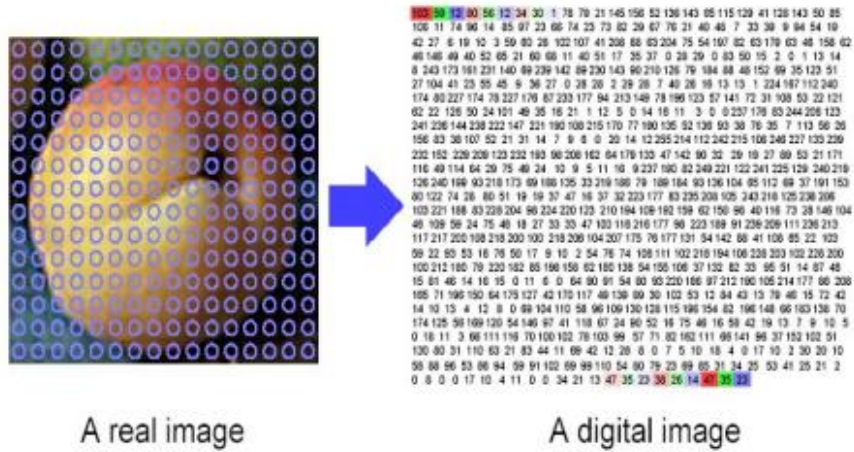
1.3.4 Görüntü

Görüntü, piksel adı verilen parçalardan oluşmaktadır. Video kameralarda yer alan 1280x720 gibi sayılar görüntü çözünürlüğünü ve aslında görüntüde bulunan piksel sayısını belirtmektedir. Şekil 1.33'te görüntü üzerindeki piksel yapısı yakınlaştırılmış olarak görülmektedir. RGB olarak da bilinen kırmızı, yeşil ve mavi renklerin (üç ana renk) yoğunluk değişimleri ile çeşitli görüntüler elde edilmekte ve bilgisayar dilinde '0' ve '1' kullanılarak gösterilmektedir. Dijital görüntü de denmektedir (Sevinç, 2020).



Şekil 1.33 Görüntüde piksel (Sevinç, 2020)

Gerçek görüntülerden dönüştürülen dijital görüntüler bilgisayar dilinde işlendiğinden sayısal değerlerden oluşmaktadır. Şekil 1.34’te gerçek görüntünün dijital görüntüye dönüştüğünde değişen veri yapısı görülmektedir. Sayısal haldeki dijital görüntü biçimi $a[m,n]$, 2 boyutlu dünyadan elde edilen $a(x,y)$ fonksiyonu kullanılarak örnekleme yöntemi ile oluşturulmaktadır (Yıldırım vd., 2003).



Şekil 1.34 Gerçek ve dijital görüntünün veri yapısı (Yıldırım vd., 2003)

1.3.5 Görüntünün Temel Kavramları

1.3.5.1 Piksel

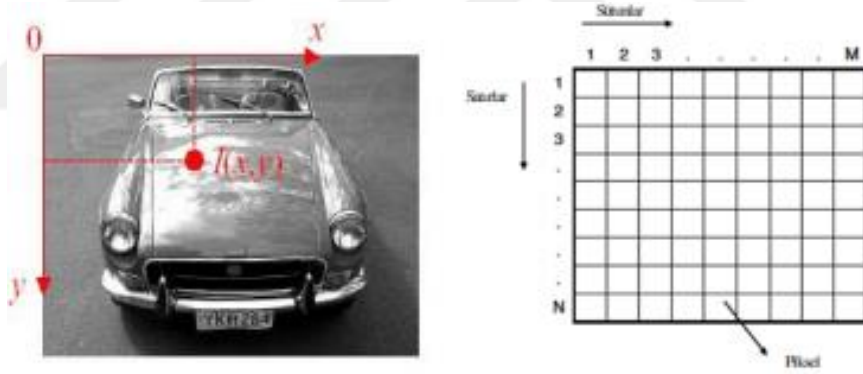
Görüntüyü oluşturan ana ve en küçük elemandır. $I(x,y)$ şeklindeki fonksiyonla ifade edilen resimde dijital görüntü bu görüntünün A sütun ve B satırdan oluşacak

şekilde örneklenmesi ile elde edilmektedir (Sevinç, 2020). Şekil 1.33 ve Şekil 1.35'te yakınlştırılmış olarak piksel görüntüleri görölmektedir.



Şekil 1.35 Görüntüde piksel (2) (Sevinç, 2022)

Satır ve sütunda kesişen her bir alan pikseldir. Yani, dijital görüntüye çevrilen resimde $A \times B$ adet piksel bulunmaktadır (Şekil 1.36) (Plattürk, 2015).



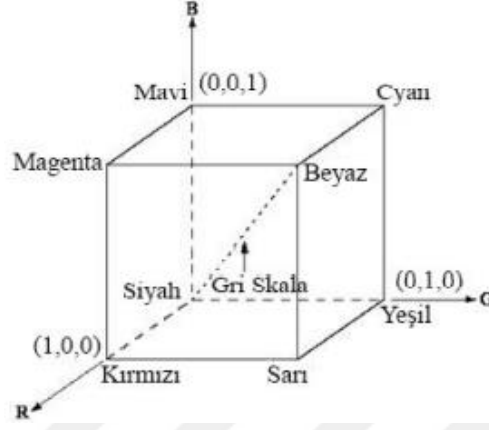
Şekil 1.36 $M \times N$ matrise sahip görüntüdeki piksel (Plattürk, 2015).

1.3.5.2 Renk

Görüntü üzerindeki herhangi bir imge, cisim tanımlamasını ve analizini kolaylaştıran kuvvetli bir faktördür. Temel olarak RGB şeklindedir, ayrıntılandırıldığında (Plattürk, 2015);

- $R(x,y)$: kırmızı • $G(x,y)$: yeşil • $B(x,y)$: mavi

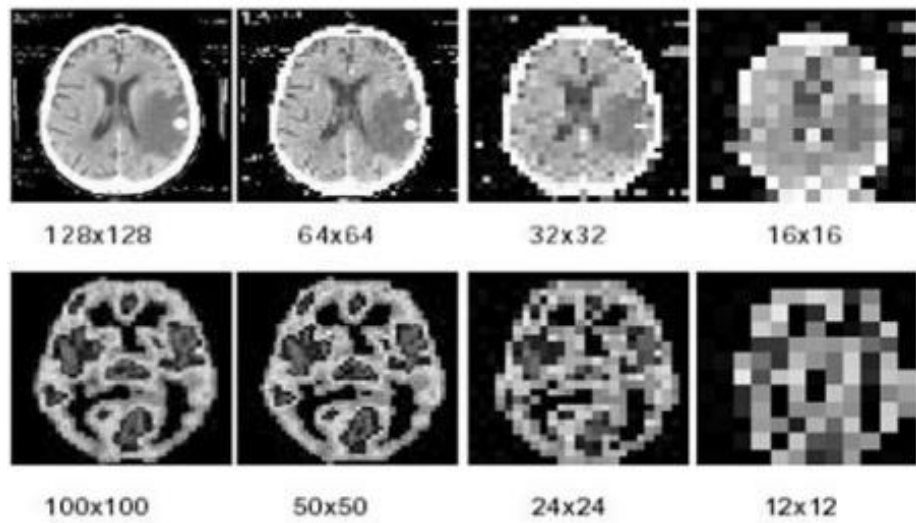
Temel renkler, magenta, cyan ve sarı gibi ikincil renklerin elde edilmesinde kullanılmaktadır ve bu durum Şekil 1.37 üzerinde ayrıntılı bir şekilde görülmektedir (Plattürk, 2015).



Şekil 1.37 Renk küpü (Plattürk, 2015)

1.3.5.3 Renk Derinliği

Dijital bir şekilde işlenen görüntüdeki nokta sayısı arttıkça gerçeğe yakın olma hali artmaktadır. Bununla birlikte bu noktaların ifade ettikleri renklerin de gerçeğe yakın olmaları gerçeğe yakın netlikte bir görüntüye ulaşılacağı anlamına gelmektedir (Şekil 1.38). Renk derinliği olan bu durum bit şeklinde ifade edilmektedir (Plattürk, 2015).



Şekil 1.38 Renk derinliği (Bit) (Plattürk, 2015)

Tablo 1.1 Renk derinliği dereceleri (Plattürk, 2015)

Renk Derinliği	Piksel Sayısı
1 bit	$2^1 = 2$ adet renk (siyah ve beyaz)
2 bit	$2^2 = 4$ adet renk
3 bit	$2^3 = 8$ adet renk
4 bit	$2^4 = 16$ adet renk
6 bit	$2^6 = 64$ adet renk
7 bit	$2^7 = 128$ adet renk
8 bit	$2^8 = 256$ adet renk
11 bit	$2^{11} = 4.096$ adet renk
16 bit	$2^{16} = 65.536$ adet renk
24 bit	$2^{24} = 16.777.216$ adet renk (yaklaşık 16,7 milyon)
32 bit	$2^{32} = 4.292.967.296$ adet renk (yaklaşık 4,3 milyar)

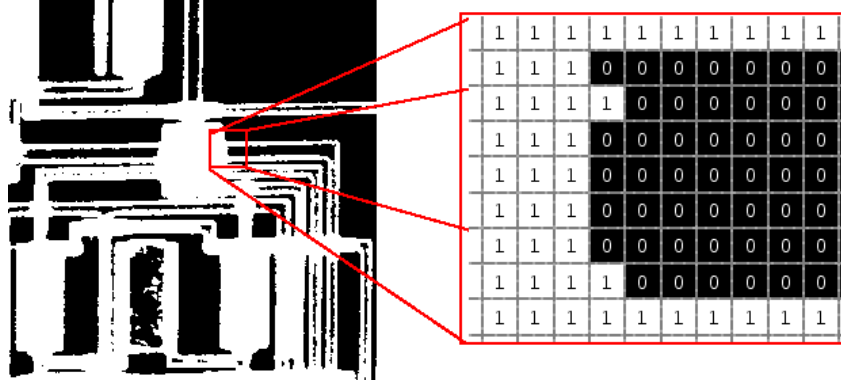
Tablo 1.1’de ise piksel ile renk derinliği (bit) arasındaki ilişki görülmektedir. Piksel sayısı arttıkça bit sayısı da doğru orantılı bir şekilde artmaktadır (Plattürk, 2015).

1.3.6 Görüntü Çeşitleri

Yedi tip görüntü çeşidi vardır. İkili (binary) görüntü, indekslenmiş görüntü, gri ölçekli görüntü, gerçek renk görüntü, yüksek dinamik aralık (HDR) görüntü, multispektral ve hiperspektral görüntü ve etiket görüntü şeklindedir (Plattürk, 2015).

1.3.6.1 İkili (Binary) Görüntü

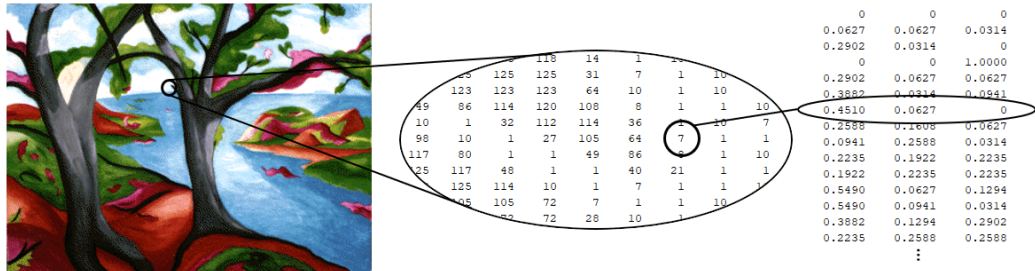
Şekil 1.39’da görüldüğü gibi pikseller siyah ve beyaz görüntülerden oluşmaktadır. Her pikselin yalnızca iki değeri vardır. Siyah görüntüler 0, beyaz görüntüler ise 1 değerlerini almaktadır (Mathworks Images, 2022b).



Şekil 1.39 İkili (Binary) görüntü (Mathworks Images, 2022b)

1.3.6.2 İndekslenmiş Görüntü

Görüntü matrisi ve bir renk haritasından oluşmaktadır. İşlenen RGB bir görüntüyü ait olarak, renk haritasının her satırı tek rengin kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerini belirtir. Görüntü matrisindeki piksel değerleri, renk haritasındaki doğrudan indekslerdir. Bu nedenle, indekslenen görüntüdeki her pikselin rengi, görüntü matrisinde bulunan piksel değerleri renk haritasında karşılık gelen renkle eşleştirilerek belirlenmektedir. Şekil 1.40'ta sırasıyla indekslenmiş bir görüntü, görüntü matrisi ve renk haritası görülmektedir (Mathworks Images, 2022b).

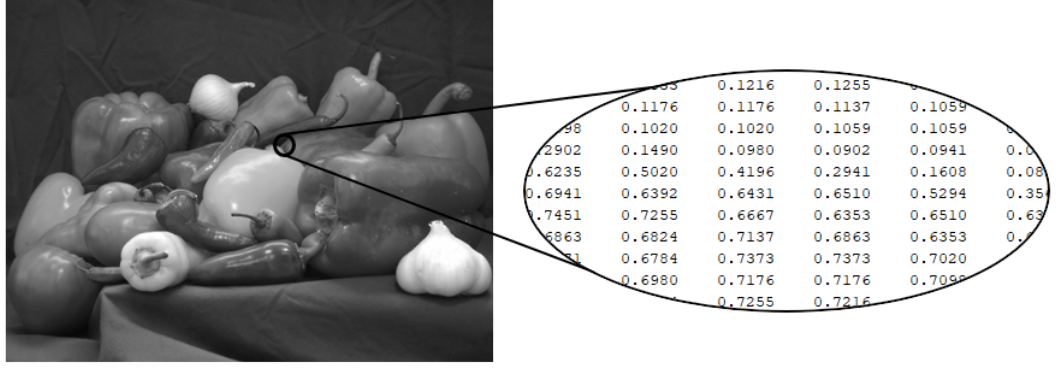


Şekil 1.40 İndekslenmiş görüntü (Mathworks Images, 2022b)

1.3.6.3 Gri Ölçekli Görüntü

0 ve 1 (siyah-beyaz) aralığında olan gri renkli görüntülerdir. Her piksel için tek bir sinyal elde eden bir kameradan doğrudan gri tonlamalı bir görüntü elde edilmekle birlikte, görüntülerin belirli bir yönünü vurgulamak için gerçek renkli veya çoklu spektral görüntüler gri tonlamaya dönüştürülebilmektedir. Şekil 1.41'de gri ölçekli

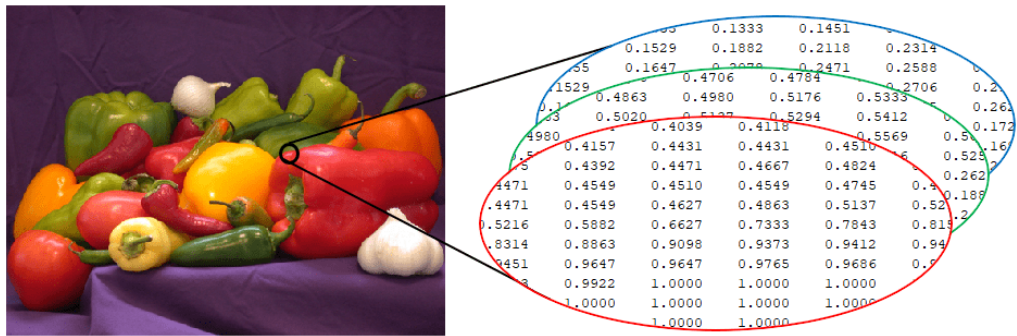
görüntü ile 0-1 aralığındaki piksel değerleri görülmektedir (Mathworks Images, 2022b).



Şekil 1.41 Gri seviye görüntü (Mathworks Images, 2022b)

1.3.6.4 Gerçek Renk Görüntü

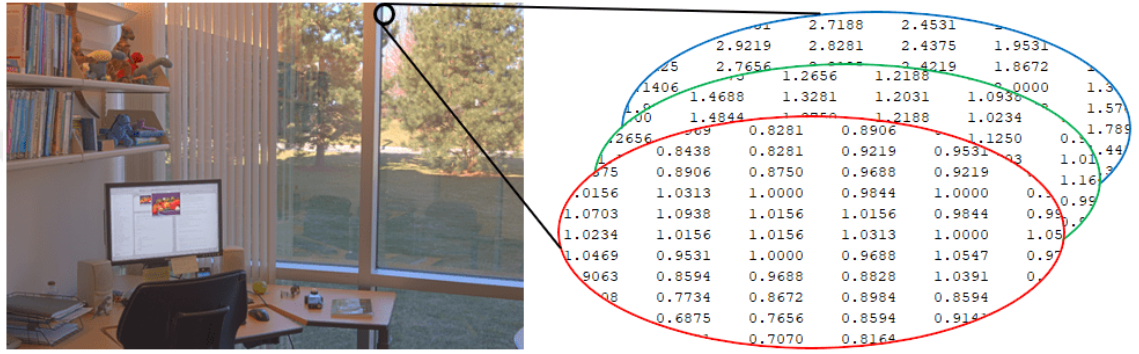
Gerçek renk görüntüsü, her pikselin üç değer tarafından belirlenen bir renge sahip olduğu görüntüdür. Grafik dosyası biçimleri üç renk kanalının her birinin 8 bit olduğu 24 bit görüntüler olarak saklamaktadır. Bundan dolayı 16 milyon renk potansiyeli sağlamaktadır. Gerçek renk görüntüler renk haritaları kullanmamaktadır. Her pikselin rengi, pikselin konumundaki her renk kanalında bulunan yoğunluğun kombinasyonu ile belirlenmektedir. En yaygın gerçek renk görüntü türü, RGB görüntülerdir. RGB görüntülerde, üç renk kanalı kırmızı, yeşil ve mavidir. Şekil 1.42’de gerçek renkli görüntü örneği ile piksel değerleri görülmektedir (Mathworks Images, 2022b).



Şekil 1.42 Gerçek renkli görüntü (Mathworks Images, 2022b)

1.3.6.5 Yüksek Dinamik Aralıklı (HDR) Görüntü

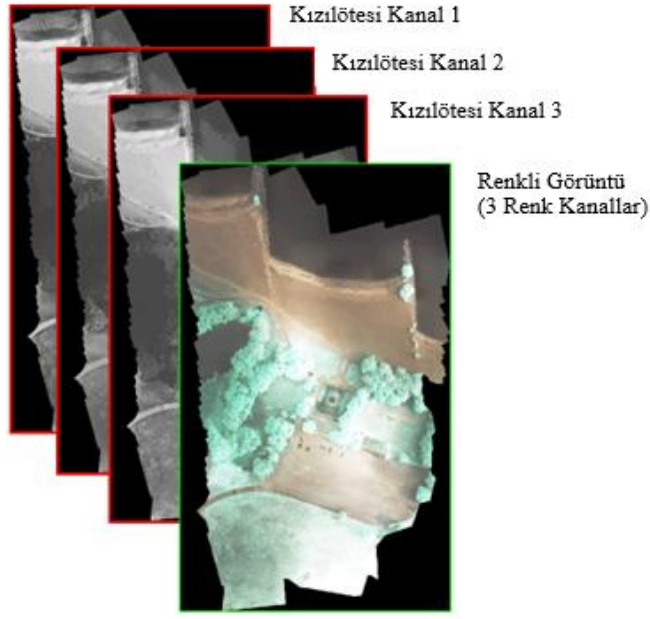
Dinamik aralık, parlaklık düzeylerinin aralığını ifade etmektedir. Yüksek dinamik aralıklı (HDR) görüntüler, her bir renk kanalını depolamak için 32 bit kayan nokta değerleri kullanmakta ve gerçek dünya sahnelerinin tüm ton aralığını yakalamaya çalışmaktadır. Şekil 1.43'te ton haritalı bir HDR görüntüsünün kırmızı, yeşil ve mavi kanalları, orijinal piksel değerleri görülmektedir (Mathworks Images, 2022b).



Şekil 1.43 Yüksek dinamik aralıklı (HDR) görüntü (Mathworks Images, 2022b)

1.3.6.6 Multispektral ve Hiperspektral Görüntü

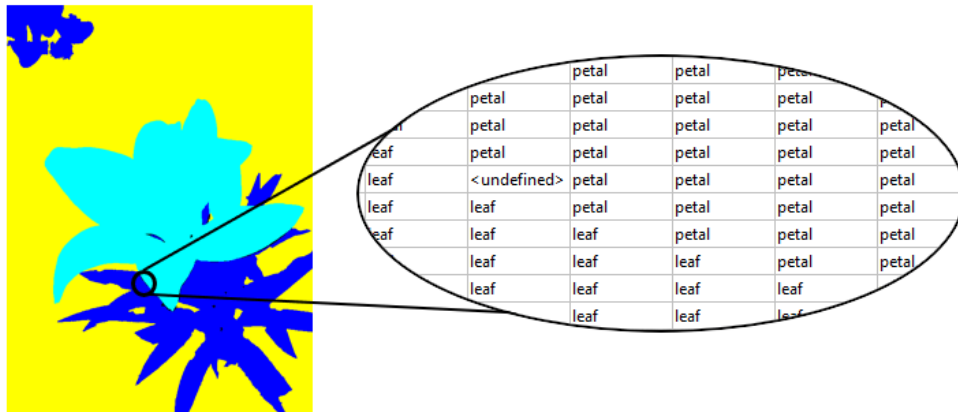
Çoklu spektral görüntü, üçten fazla kanal saklayan bir renkli görüntü türüdür. Örneğin, çoklu spektral bir görüntü toplam altı kanal için üç RGB renk kanalı ve üç kızılötesi kanal saklayabilir. Çoklu spektral görüntüdeki kanal sayısı genellikle küçüktür. Fakat hiperspektral bir görüntü düzinelerce hatta yüzlerce kanal saklayabilmektedir. Şekil 1.44'te kırmızı, yeşil, mavi renklerden (tek bir RGB görüntüsü olarak gösterilmektedir) ve üç kızılötesi kanaldan oluşan altı kanallı çoklu spektral görüntü görülmektedir (Mathworks Images, 2022b).



Şekil 1.44 Multispektral ve hiperspektral görüntü (Mathworks Images, 2022b)

1.3.6.7 Etiket Görüntü

Etiket görüntüsü, her pikselin bir sınıf, nesne veya ilgi bölgesi (ROI) belirtmiş olduğu görüntüdür. Arka planda genellikle 0 değeri bulunmaktadır. 1 olarak etiketlenen pikseller bir nesne, 2 olarak etiketlenen pikseller ise ikinci bir nesne haline gelmekte ve bu şekilde devam etmektedir. Kategorik etiket görüntüsü, görüntüdeki her pikselin sınıfını belirtmektedir. Şekil 1.45'te taç yaprak, yaprak ve arka plan olmak üzere üç kategoriden oluşan bir etiket görüntüsü görülmektedir (Mathworks Images, 2022b).



Şekil 1.45 Etiket görüntü (Mathworks Images, 2022b)

1.4 Önceki Çalışmalar

Bu bölümde, filament sayısı, filament kesit şekli, tekstüre işlemi gibi parametrelerin önemini ve iplik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla makale ve patent çalışmaları incelenmiştir.

1.4.1 Makale Çalışmaları

Filament ipliklerinde lif özellikleri üretilen ipliğin özelliğini doğrudan etkilemektedir.

1.4.1.1 Farklı Enine Kesit Yapılarına Ait Çalışmalar

Literatürde, farklı enine kesit yapılarında (dairesel, üçgen, içi boş dairesel, artı şeklinde, altıgen vb.) üretilen filamentlerin iplik özelliklerine etkilerini inceleyen pek çok çalışma yer almaktadır.

Özkan ve Babaarslan (2008), yaptıkları çalışmada, farklı doğrusal yoğunluklarda ve filament sayılarına sahip poliester POY ve poliester tekstüre iplikler için dairesel, üçgen, dörtgen ve sekizgen olarak çeşitli kesit şekillerinin iplik özelliğine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında POY ipliklerde 133 dtex ve 283 dtex olan doğrusal yoğunluklar kullanılmakla birlikte, POY ipliklere uygulanan yalancı büküm sayesinde 84 dtex ve 178 dtex olan doğrusal yoğunlukta tekstüre iplikler elde edilmiş ve filament sayıları sabit (f34) iplikler kullanılmıştır. Standart laboratuvar koşullarında kondisyonlanan bu ipliklere mukavemet-uzama, düzgünsüzlük, lineer yoğunluk tespiti, enine kesit analizi gibi bir takım fiziksel testler uygulanmıştır. Sonuçlar göz önüne alındığında en düzgün iplik yapısının (Tablo 1.2) ve en yüksek mukavemet değerinin (Tablo 1.3) dairesel kesit şekline sahip olan ipliklerde olduğu, lineer yoğunluk azaldıkça mukavemetin arttığı ve düzgünsüzlük değerinin azaldığı ve lineer yoğunluğun düzgünsüzlük üzerinde etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tekstüre ve POY iplikler kıyaslandığında ise genel olarak tekstüre ipliğinin POY iplik mukavemet değerine göre daha yüksek olduğu, tekstüre işlemi gören ipliklerin uzama özelliklerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Tablo 1.2 Kesit şeklinin düzgünsüzlük özelliğine etkisi-283 dtex (Özkan ve Babaarslan, 2008)

İplik Türleri	İplik Lineer Yoğunluğu (dtex)	Filament Sayısı	Kesit Şekli	Uster (%)
283F34	283	34	Round	0,45
283F34	283	34	Trilobal	0,56
283F34	283	34	Tetra	0,67
283F34	283	34	Octolobal	0,53

Tablo 1.3 Kesit şeklinin mukavemet-uzama özelliklerine etkisi-283 dtex (Özkan ve Babaarslan, 2008)

İplik Türleri	İplik Lineer Yoğunluğu (dtex)-Kesit Şekli	Kopma Yükü (N)	Mukavemet (cN/dtex)	Uzama (%)
283F34	283-Round	6,05	2,14	124,6
283F34	283-Trilobal	5,08	1,80	111,7
283F34	283-Tetra	5,62	1,99	125,7
283F34	283-Octolobal	5,55	1,96	121,7

Babaarslan ve Hacıoğulları (2013), yaptıkları çalışmada, kesit şeklinin sürekli filament POY iplik özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında, farklı doğrusal yoğunluklarda, 34 ve 47 filament sayılarına sahip farklı kesit şekillerindeki PES POY ipliklerden iki grup oluşturulmuştur. Birinci gruptaki iplikler dairesel, üçgen, dörtgen ve sekizgen kesit şekillerine sahipken, ikinci gruptakiler ise dairesel, altıgen ve sekizgen enine kesit şekillerine sahiptir. İpliklere mukavemet, kopma uzaması ve düzgünsüzlük gibi testler uygulanmıştır. Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda; her iki parametrenin de iplik özellikleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Dairesel kesit şekilli ipliklerle yüksek mukavemet, yüksek kopma uzaması ve düşük düzgünsüzlük gibi iyi özellikler elde edilmesini sağlamıştır. Kanallı ve loblu enine kesit şekillerine sahip ipliklerde ise, daha düşük mukavemet ve kopma uzaması ve daha yüksek düzgünsüzlük değerleri görülmüştür. Özellikle altıgen kesitli ipliklerde yüksek düzgünsüzlük değerleri gözlemlenmiştir.

Özat (2019), yaptığı yüksek lisans çalışmasında, poliester tekstüre ipliklerde filament kesit şeklinin ve tekstüre işlem parametrelerinin iplik ve kumaş özelliklerine etkilerini incelemiştir. Çalışma kapsamında, 180 dtex 48 filament (f48) oktolobal, dairesel, içi boş dairesel ve W kanal enine kesit şekillerine sahip POY ipliklerle çalışmıştır. Üretilen ipliklerde, numara, kopma uzaması ve kopma mukavemeti,

üretile kumaşlarda da patlama mukavemeti, hava geçirgenliği ve termal özellikler incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; lif kesit şekli ve fırın sıcaklığının üretilen iplik numarasında etkili olduğu görülmüştür. Farklı kesitlerde aynı parametrelerle üretilen ipliklerde ise istatistiksel açıdan farklılık gözlenmemiştir. Bu durum ile lif kesit şeklinin iplik numarasına etki etmediği sonucuna varılmıştır. Sonuçlar ipliklerin kopma uzaması ve kopma mukavemeti açısından incelendiğinde, lif kesit şekli ve birinci fırın sıcaklığının kopma uzamasına ve mukavemete etki ettiği, sıcaklık arttıkça uzamanın azaldığı fakat mukavemetin arttığı, en yüksek uzamanın ve mukavemetin içi boş dairesel kesit şekline, en düşüğün ise W kanallı kesit şekline ait olduğu gözlemlenmiştir. Kumaş testlerine bakıldığında ise lif kesit şeklinin ve birinci fırın sıcaklığının hava geçirgenliği ve patlama mukavemeti üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

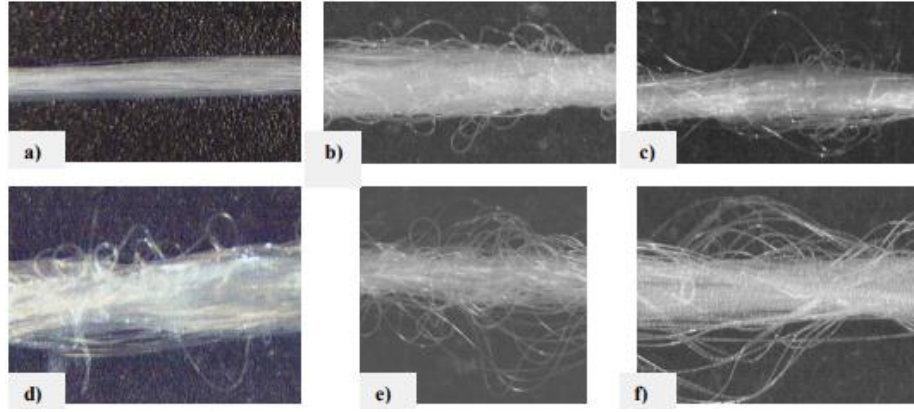
Çimenlikaya (2008) yaptığı yüksek lisans çalışmasında, hava jeti ile tekstüre edilmiş POY ve FDY ipliklerinde olan aynı inceliğe fakat farklı kesitlere sahip liflerin iplik özelliklerine etkilerini incelemiştir. Çalışma kapsamında, 150/48 dtex inceliğinde ve içi boş dairesel, sekizgen, dairesel ve üçgen kesitlerde ipliklerden yararlanmıştır. İpliklerde numara, mukavemet, kopma uzaması, kesit kontrolü, kaynama çekmesi gibi fiziksel özellik testleri, dokuma kumaşlarda ise renk ölçümü, kılcal yükselme ve kumaş rijitliği testleri yapılmıştır. Tekstüre hızı ve basıncı ile besleme oranları makinada değiştirilen parametrelerdir. Sonuçlar incelendiğinde; dairesel ve üçgen kesitli POY ipliklerinin numara değerlerinin, içi boş dairesel ve sekizgen kesitteki POY ipliklerinden düşük olduğu, mukavemet anlamında ise daha yüksek değere sahip oldukları, dairesel kesitli POY ipliklerin diğer kesitlere göre kopma uzamasının ve rijitlik değerlerinin daha yüksek değerlere sahip olduğu, üçgen kesite sahip POY ipliklerin kaynama çekmesi değerlerinin diğer kesitli ipliklerden daha yüksek, üçgen kesitli POY ipliklerin ise diğer kesitli ipliklere göre kılcal yükselme (1,5 dakikada) ve boya alma değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. FDY iplikler incelendiğinde; üçgen ve dairesel kesitli ipliklerde mukavemet değeri diğer kesitlerden yüksek, dairesel kesitli ipliklerin kopma uzaması POY iplikte olduğu gibi FDY iplikte de yüksek, içi boş dairesel kesitli ipliklerin kaynama çekmesi ve rijitlik değerlerinin üçgen ve dairesel kesitli ipliklerden yüksek, içi boş dairesel ve dairesel kesitli ipliklerin

kılcal yükselme (1,5 dakikada) değerlerinin üçgen kesitli ipliklerden yüksek, üçgen kesitli ipliklerin boya alma değerinin, içi boş dairesel ve dairesel kesitli ipliklerden yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

1.4.1.2 Tekstüre İşlemi ile İlgili Çalışmalar

Lif özelliklerinin filament iplik özellikleri üzerindeki etkisini gösteren bir diğer çalışma alanını da teksüre işleminin iplik özelliklerine etkisini inceleyen çalışmalar oluşturmaktadır. Filament ipliklerin tekstüre edilerek özelliklerinin değiştirilmesi, üretilecek olan ürünler ve kullanım alanları açısından etkili bir rol oynamaktadır. Tekstüre olarak adlandırılan işlemler, elde edilen filamentlerin doğal lif görünümüne benzetilebilmesi için çeşitli mekanik, kimyasal veya ısı uygulamalar sonucu daha açık ve hacimli bir yapıya dönüştürülmesi işlemidir. Literatürde, tekstüre işleminin filament iplik özellikleri üzerine etkisini inceleyen pek çok çalışma bulunmaktadır.

Koç ve Hockenberger (2010), çalışmalarında elektron tarama mikroskobu (SEM) kullanarak tekstüre işlemin farklı filament inceliklerindeki teknik polyester iplikler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. SEM ile lif yüzeyleri, optik mikroskop ile de iplik yapısı gözlenmiştir (Şekil 1.46). Çalışmada kullanılan iplikler; geleneksel PET - Fully drawn (FDYPET - f72), dimensionally stable PET (DSPET - f300), High Tenacity PET (HTPET - f192), PEN (f200) ve Vectran (f200) şeklindedir. FDYPET hariç tüm iplikler teknik polyesterlerdir ve 110 tex inceliğindedirler. FDYPET ise 33 tex inceliğine sahiptir. FDYPET, teknik konularla karşılaştırma yapmak amacıyla çalışmaya dahil edilmiştir. Sonuçlar, hava jetli tekstüre işlemi ardından yüzeylerin daha pürüzlü bir hale geldiğini göstermektedir. Hava jetli tekstüre işleminin mukavemette azalmaya neden olduğu ve daha yüksek besleme seviyelerinin daha yüksek kopma uzamasıyla sonuçlandığı bilinmesine rağmen, bu tür ipliklerin kopma mukavemetinde büyük bir azalmaya neden olmadan hava jeti ile tekstüre edilebileceği sonucuna varılmaktadır. Bu sonuçlara göre, teknik liflerin hava jetli tekstüre edilmesi, daha pürüzlü lif yüzeyleri ve daha yüksek hacimli iplikler üretmek için tasarlanabilir olduğu ve kompozitlerde kullanım için daha uygun hale getirilebileceği yorumu yapılabilir.



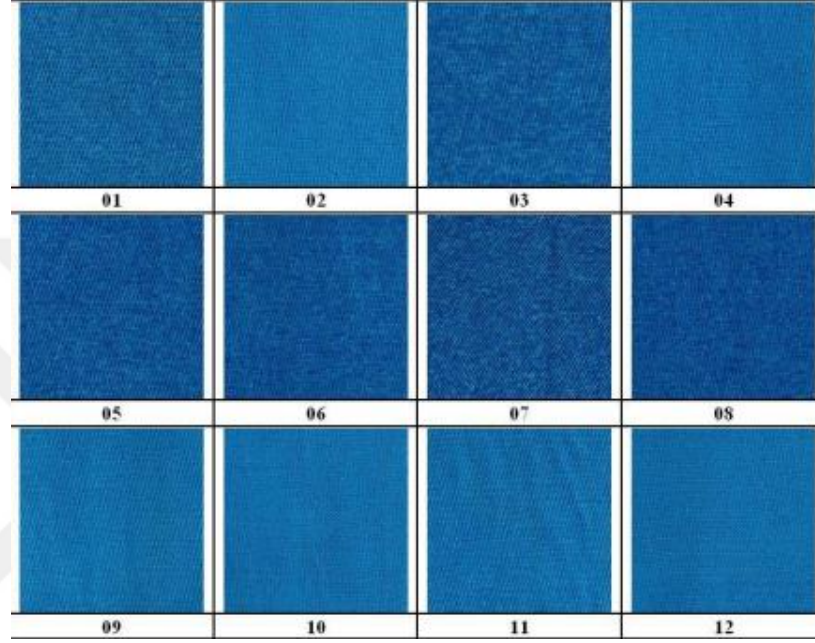
Şekil 1.46 Hava jetli tekstüre iplik yapısı optik mikroskop görüntüleri (a. Hava jetli tekstüre işlemi uygulanamamış poliester ipliği b. FDY20 c. DSPET20 d. HTPET20 e. PEN20 f. Vectran20) (Koç ve Hockenberger, 2010)

Babaarslan vd. (2019), çalışmalarında, FDY ile POY, CDPET ve mikro POY poliester filamentlerin farklı tekstüre şartlarında birleştirilmesiyle elde edilen ipliklerin özelliklerini ve örme kumaş üzerindeki görsel etkilerini (Şekil 1.47) incelemiştir. Çalışmada, FDY olmayan iplikler FDY iplikler ile birleştirilmiştir. İpliklere doğrusal yoğunluk analizi, kopma mukavemeti, kopma uzaması, kaynama çekmesi fiziksel testleri uygulanmıştır.

Tablo 1.4 İpliklerin ortalama test değerleri (Babaarslan vd., 2019)

Katlı Tekstürize İpliği Oluşturan Filamentler >		FDY + PES POY		FDY + CDPET POY		FDY + Micro PES POY	
FDY'nin tekstüre fırınındaki durumu >		Geçti	Geçmedi	Geçti	Geçmedi	Geçti	Geçmedi
İplik Doğrusal Yoğunluğu (denye)	Tam Çekim	360 (01)	319 (02)	317 (05)	317 (06)	316 (09)	320 (10)
	Düşük Çekim	381 (03)	338 (04)	326 (07)	323 (08)	324 (11)	320 (12)
Kopma Mukavemeti (gf/denye)	Tam Çekim	2,78 (01)	3,94 (02)	3,36 (05)	3,45 (06)	3,74 (09)	3,82 (10)
	Düşük Çekim	2,21 (03)	3,67 (04)	3,45 (07)	3,13 (08)	3,32 (11)	3,68 (12)
Kopma Uzaması (%)	Tam Çekim	24,7 (01)	24,7 (02)	24,9 (05)	29,3 (06)	23,4 (09)	29,9 (10)
	Düşük Çekim	22,4 (03)	29,8 (04)	24,7 (07)	30,6 (08)	20,8 (11)	30,1 (12)
Kaynama Çekmesi (%)	Tam Çekim	11 (01)	13 (02)	10 (05)	10 (06)	9 (09)	7 (10)
	Düşük Çekim	9 (03)	8 (04)	12 (07)	8 (08)	13 (11)	7 (12)
Punta Sayısı (adet/metre)	Tam Çekim	127 (01)	128 (02)	109 (05)	115 (06)	137 (09)	132 (10)
	Düşük Çekim	112 (03)	128 (04)	109 (07)	127 (08)	139 (11)	112 (12)

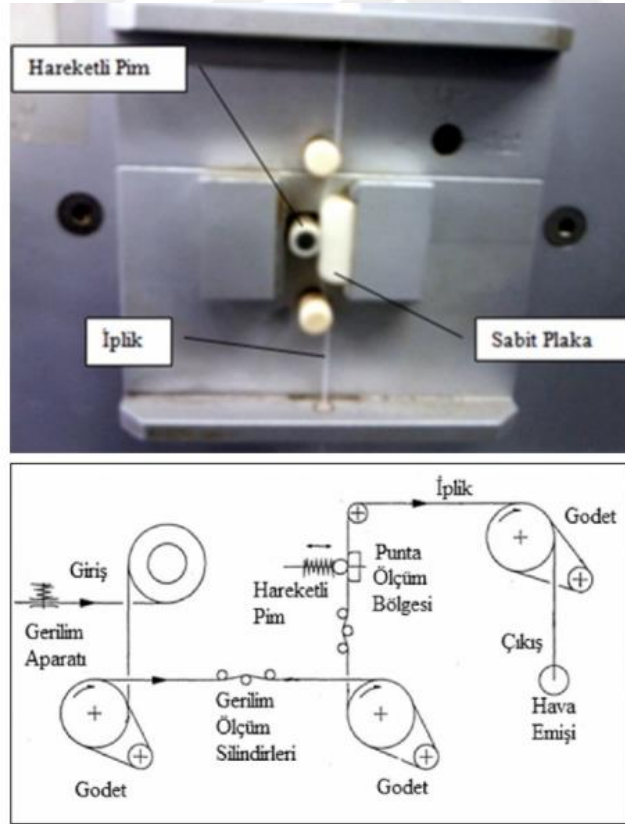
Sonuçlar göz önüne alındığında (Tablo 1.4), tekstüre işleminde çekimin arttırılmasının doğrusal yoğunluğu azalttığı, kopma uzamasında düşüşe neden olduğu ve tüm parametreler optimum değerde iken en yüksek mukavemet seviyesine ulaştığı görülmüştür. Çalışmada, tekstüre işleminin iplikler üzerinde ciddi anlamda renk değişimine neden olduğu da gözlemlenmiştir.



Şekil 1.47 Farklı tipteki kumaş görüntüleri (Babaarslan vd., 2019)

Arslan (2016), yaptığı yüksek lisans çalışmasında POY ve tekstüre iplik üretiminde kaliteyi etkileyen proses parametrelerini inceleyerek, POY ve tekstüre olarak üretilen iplikleri farklı filament inceliğindeki konvensiyonel multifilament ipliklerle karşılaştırmıştır. Çalışma kapsamında, 98 dtex f68 (88 denye) POY ve 78 dtex f68 (70 denye) tekstüre iplikler ve konvansiyonel 98 dtex f24 (88 denye) iplikler kullanılmıştır. POY ipliklere yalancı büküm tekstüre işlemi uygulanarak çalışmada kullanılan tekstüre iplikler elde edilmiştir. İpliklere numara tayini, filament sayısı tayini, kesit şekli ve lif inceliği analizi, mukavemet ve kopma uzama değerleri, düzgünsüzlük, hata ve IMG sayısı, kıvrım değeri ve sürtünme özelliği gibi testler yapılmıştır. Sonuçlar ele alındığında, üretim hızı arttıkça kopma uzamasında ve kopma mukavemetinde azalma ve iplik kopuşlarında artışın meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca birleşme mesafesi ve soğutma hava hızı gibi parametrelerin etkileri de incelenmiştir.

Özkan ve Baykal (2012), çalışmalarında farklı incelik ve filament sayısına sahip POY ipliklerinde puntalama işleminin ve üretim parametrelerinin punta kalıcılığına etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, Design Expert 6.0.1 programı kullanıp genel faktöriyel tasarım uygulamış ve istatistiksel olarak ANOVA yoluyla sonuçlar ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında, 122 dtex ve 283 dtex inceliklerinde, f68 ve f100 filament sayılarında 4 farklı iplik türü ile çalışılmıştır. Puntalama makinasında (Şekil 1.48) ise 3 farklı basınç ve 3 farklı hız seviyelerinde test işlemi gerçekleştirilmiştir. Her numuneye 10 adet gerilimli ve 10 adet gerilimsiz olacak şekilde 20 adet test uygulanmıştır. Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, punta kalıcılığı ile puntalama basıncı için sonuçlar anlamlıdır ve pozitif yönde doğrusal bir ilişki vardır. Fakat punta kalıcılığı ve filament sayısı ile puntalama hızı arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı değildir. Fakat puntalama hızı punta kalıcılığı üzerinde negatif yönde doğrusal olarak çok az, göz ardı edilebilecek, değişime neden olmaktadır ve ayrıca lineer yoğunluk (dtex) azaldıkça punta kalıcılığının arttığı görülmektedir.



Şekil 1.48 İtemat cihazı şeması ve punta ölçümü (Özkan ve Baykal, 2012)

1.4.1.3 Filament İnceliği ve Filament Sayısı ile İlgili Çalışmalar

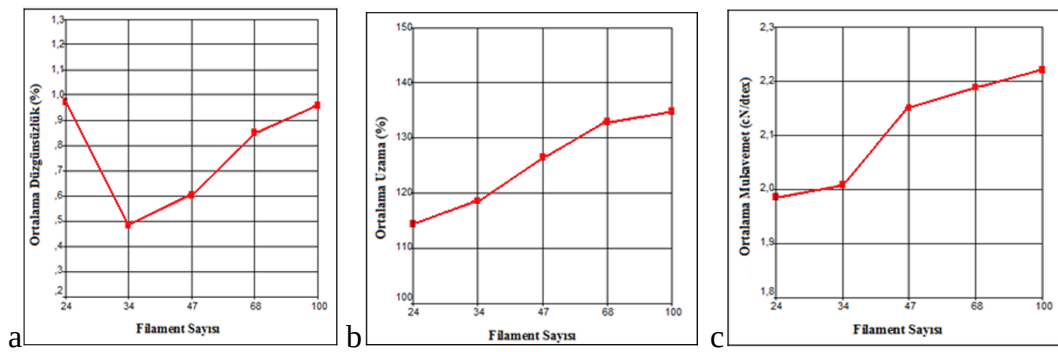
Filament kesit şekilleri ve uygulanan tekstüre işlemleri kadar filamentin üretildiği incelik ve filament sayısını da konu alan çalışmalar literatürde mevcuttur. Özellikle filament sayısının iplik özellikleri üzerindeki etkilerini konu alan çalışmalar, önerilen proje konusunun önemini bir kez daha doğrudan vurgulamaktadır.

Akıncı vd. (2018), yaptıkları çalışmada, su iticilik işlemi uygulanan mikrofilament dokuma kumaşlarda filament inceliğinin ve atkı sıklığının kumaştaki geçirgenlik özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, 55 dtex f72 numaralı çözgü iplikleri sabit sıklıkta olmak üzere farklı atkı sıklıklarında 1/1 bezayağı ve 3/2 panama örgü tiplerinde kumaşlar üretilmiştir. Filament inceliği etkisi açısından da atkı yönünde 110 dtex doğrusal yoğunlukta fakat farklı filament inceliklerinde (f333, f192, f144) mikrofilament ve konvansiyonel poliester iplikler kullanılmış, su geçirmezlik ve hava geçirgenliği testleri yapılmıştır. Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, iki kumaş türünde de atkı sıklığı değeri artıp filament incelidikçe hava geçirgenlik değerinin azaldığı görülmektedir. Fakat aynı parametreler doğrultusunda su geçirmezlik değerlerine bakıldığında bezayağı kumaşlarda su geçirmezlik değerinin arttığı, panama kumaşlarda ise su geçirmezlik değeri üzerinde önemli bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir.

Akgün (2015), çalışmasında çözgü ipliği türünü, numarasını ve sıklığını aynı tutarak, atkı ipliği numarasını, filament sayısını ve doğrusal yoğunluk değerlerini değiştirerek inceleme yapmıştır. Kumaşlar düz dokumayla, 18 ve 20 iplik/cm atkı sıklığında dokunup ilk grup için 100 denye poliester ipliklerden sırasıyla f35, f70 ve f140, ikinci grup için 70, 100 ve 150 denye poliester ipliklerden dokunmuş olup sırasıyla f35, f70 ve f100 sayılarında filament numaraları kullanılmıştır. Dokunan kumaşlara yıkama ön işlemi yapılmış ve standart laboratuvar koşullarında bekletildikten sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, filament inceliğindeki artışın kumaş yoğunluğunu arttırıp, gözenekleri azaltarak daha kompakt bir yapı sağladığını ve kumaş yüzey pürüzlülüğünü azalttığını göstermiştir. İpliklerin yakınlığı sayesinde de kumaş örtme faktörünün arttığı sonucuna varılıp iyi derecede konfor

özelliklerine sahip olabileceği yorumu yapılmıştır. Ayrıca filament inceliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde temel ve önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir.

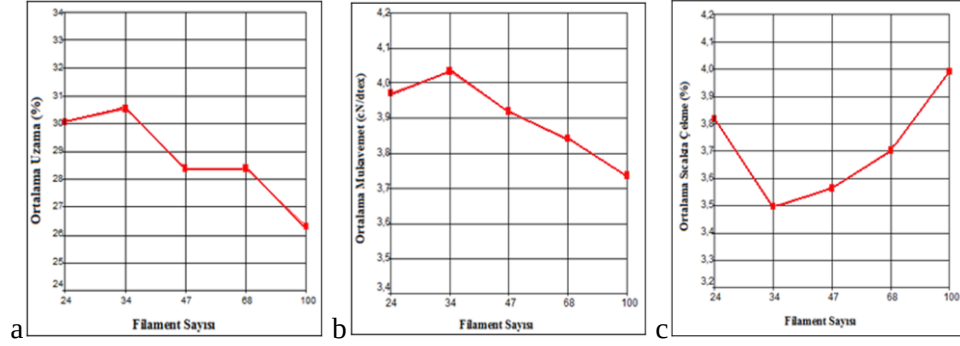
Özkan ve Babaarslan (2010), iplik kesitindeki filament sayısının filament ve tekstüre ipliklerin özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, filament sayıları farklı fakat aynı numarada olan tekstüre poliester iplikleri ve dairesel kesit şekli kullanılmıştır. Aynı numara fakat farklı filament sayısına sahip olan farklı doğrusal yoğunluk değerlerinde olan tekstüre ve POY ipliklerine doğrusal yoğunluk tayini, filament enine kesit şekli tayini, mukavemet-uzama testi, iplik düzgünsüzlük testi ve tekstüre ipliklere ek olarak kıvrım büzülmesi, sıcakta çekme gibi testler uygulanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılmak üzere 283 dtex doğrusal yoğunlukta ve f24, f34, f47, f68, f100 filament sayılarında üretilen dairesel enine kesit şekilli poliester POY filamentlere yalancı büküm yöntemi ile tekstüre işlemi uygulanmıştır. İşlem sonucunda 178 dtex lineer yoğunlukta ve aynı filament sayılarında (f24, f34, f47, f68, f100) tekstüre iplikler elde edilmiştir. Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda ise filament sayısının büyük bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. POY ipliklerde filament sayısı arttıkça mukavemet ve kopma uzaması değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Düzgünsüzlük açısından değerlendirildiğinde ise artan filament sayısının düzgünsüzlük değerleri üzerinde olumsuz yönde bir değişime neden olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 1.49).



Şekil 1.49 Filament sayısının POY etkileri (a. Düzgünsüzlük b. Uzama c. Mukavemet) (Özkan ve Babaarslan, 2010)

Tekstüre işlemi sonrası ise mukavemet, kopma uzaması değerlerinde filament sayısı arttıkça başta kısa bir artış fakat sonrasında azalma meydana gelmiş, sıcakta

çekme özelliği için ise tam tersi yani ilk olarak bir miktar azalma sonrasında artma meydana gelmiştir. Ayrıca kıvrım değerinde de azalma görülmüştür (Şekil 1.50).

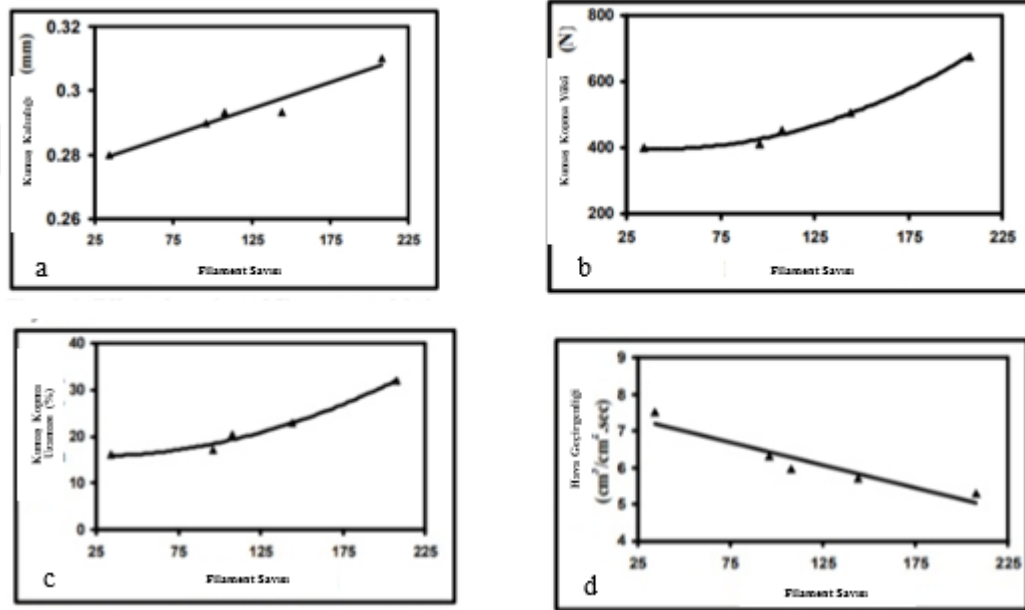


Şekil 1.50 Filament sayısının tekstüre iplik etkileri (a. Uzama b. Mukavemet c. Sıcakta çekme) (Özkan ve Babaarslan, 2010)

Şenol ve Türker (2009), poliester dokuma kumaşların su geçirgenliğine etki eden atkı ve çözgü sıklığı, atkı numarası, örgü faktörü ve kesit yapısı gibi çeşitli faktörleri incelemiştir. Sabit su basıncı altında, dairesel ve altıgen kesit şekillerindeki PES ipliklerle çalışılmıştır. Bezayağı örgüsüyle dokunan kumaşların çözgü iplikleri aynı numarada fakat atkı iplikleri ise farklı filament sayıları ve numaradadır. Çalışma kapsamında, 75 denye doğrusal yoğunlukta f34 filament sayısında dairesel ve altıgen enine kesitli çözgü iplikleri ile 75 denye, 150 denye, 300 denye inceliklerinde f34 ve f68 filament sayılarında dairesel ve altıgen enine kesit şekilli atkı iplikleri kullanılarak bezayağı ve dimi kumaşlar dokunmuştur. Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, örgüdeki bağlantı sayısı ve sıklık arttıkça, atkı ipliği kalınlaştıkça, lif kesiti daireseldense pürüzlü seçildikçe geçirgenlik değerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca, en çok etkileyen birinci parametre örgü faktörü ikinci parametre için ise iplik numarasıdır sonucuna varılmıştır.

AL-ansary (2012), çalışmada filament sayısının poliester dokuma kumaşların fiziksel ve mekanik özelliklerine etkilerini incelemiştir. Çalışmada 150 denye inceliğinde f34, f48, f108, f144, f208 filament sayılarında poliester iplikler kullanılmıştır. 150 denye f208 özelliğine sahip olan mikro poliester olarak kabul edilmiştir. Elde edilen kumaşlar bu iplikler ile düz dokuma örgü tipinde dokunmuştur. Kumaşların dokunmasından sonra sıcak yıkama, termal fiksaj, ağartma ve boyama gibi

işlemler yapılmıştır. Kumaşların hava geçirgenliği, kopma uzaması, sürtünme dayanımı, buruşmazlık ve mukavemet gibi özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre (Şekil 1.51) filament sayısı arttıkça hava geçirgenliğinde azalma fakat mukavemetinde, uzamasında, buruşmazlık özelliğinde ve aşınma dayanımında artış olduğu görülmektedir. Ayrıca hava geçirgenliğinde görülen azalma sonucunda kumaşların kumaş filtreler ve rüzgara dayanıklı ürünler için uygun olduğu çıkarımı yapılmıştır.



Şekil 1.51 Filament sayısının kumaş üzerindeki etkileri (a. Kumaş kalınlığı b. Mukavemet c. Kopma uzaması d. Hava geçirgenliği) (AL-ansary, 2012)

Sampath vd. (2011), çalışmalarında farklı inceliklerde filamentlerle örülen poliester kumaşlara nem yönetimi bitim işlemi uygulandığında konfor özellikleri üzerindeki değişimi incelemişlerdir. f34, f48, f108, f144 ve f208 filament sayılarında her biri 150 denye olan poliester ipliklerle beş farklı süprem kumaş örülmüştür. Test numunelerine sıcak yıkama ve ağartma işlemleri uygulanmıştır. Beş tip süprem örme kumaşa nem yönetimi apresi uygulanmış ve filament inceliğinin nem yönetimi apreli poliester örme kumaşların konfor özellikleri üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Şekil 1.52’de kumaşların elektron mikroskop görüntüleri yer almaktadır. Sonuçlar incelendiğinde, iplikte 108 filament içeren kumaşın daha iyi ıslatma ve optimum nem buharı iletimi sağladığı görülmüştür. Filament düzgünsüzlüğü ve ipliğin yüzey alanının, kumaşın

konfor özelliklerine karar vermede hayati bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte 108 filament sayısına sahip kumaşın spor giyim ürünlerindeki uygunluk açısından optimum rahatlık seviyesini verdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, nem yönetimi bitim işleminin kumaşın daha iyi olmasını sağladığı görülmüştür.

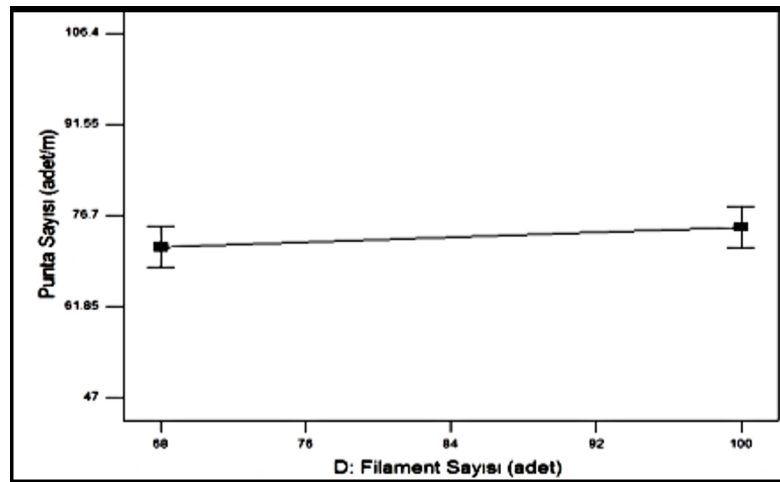


Şekil 1.52 Poliester örme kumaşların elektron mikroskop görüntüleri (a. 150 denye 34 filament b. 150 denye 48 filament c. 150 denye 108 filament d. 150 denye 144 filament e. 150 denye 288 filament) (Sampath vd., 2011)

Kırış (2020), yüksek lisans çalışmasında farklı filament inceliği ve farklı kesit şekillerine sahip geri dönüşüm PET polimerinden (r-PET) üretilen POY ve tekstüre PES ipliklerden örme ve dokuma kumaşlar üretilmiş ve performans özellikleri incelenmiştir. Çalışmada, dairesel ve artı kesit şekillerinde, 75 denye inceliğinde ve farklı filament sayılarında r-PET ve PET hammaddelerinden çekilen POY ve tekstüre iplikler kullanılmıştır. Öncelikle ipliklere kesit analizi, filament inceliği, kopma mukavemeti ve uzaması, düzgünsüzlük, kıvrım analizi, kaynama çekmesi gibi fiziksel testler, ardından dokuma kumaşlar için kopma mukavemeti ve uzaması, yırtılma mukavemeti, dikiş açılması, sürtünme dayanımı ve hava geçirgenliği gibi fiziksel kumaş testleri ve örme kumaşlar için de çorap boyama testi, su ve su buharı emicilik testleri uygulanıp gözlenmiştir. Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, filament sayısı arttıkça filament inceliğinin ve iplik düzgünsüzlüğünün arttığı, çözgü yönünde

kopma uzamasının azaldığı, atkı yönünde ise filament sayısına göre değişkenlikler gözlenmiştir. Atkı yönünde, f36'dan f48'e kopma uzaması artmakta, f48'den f72'ye kadar ise uzama değerleri azalmaktadır. Yani en yüksek uzama değeri f48 de iken en düşük uzama değeri f36'dadır. Filament inceliği arttıkça da örme ve dokuma kumaşlarda gramajda azalma görülmüş, gramaj anlamında kesit etkisine bakıldığında ise az miktarda artış görülmüştür. Dairesel kesitli r-PET kumaşların su ve su buharı emiciliğinin artı kesitli kumaşlara göre daha az olduğu ve daha yavaş kurduğu sonucuna varılmıştır.

Özkan ve Baykal (2013), farklı incelik ve filament sayısına sahip POY iplikleri üzerindeki puntalama işleminin üretim parametrelerinin ve punta sayısı üzerindeki etkilerini incelemişler ve Design Expert 6.0.1 programı kullanıp istatistiksel olarak ANOVA yoluyla sonuçları ortaya koymuşlardır. Çalışma kapsamında, 122 dtex ve 283 dtex inceliklerinde, f68 ve f100 filament sayılarında dört farklı iplik türü ile çalışılmıştır. Puntalama makinasında ise üç farklı basınç ve üç farklı hız seviyelerinde işlem gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, punta sayısı ile puntalama hızı ve basıncı için sonuçlar anlamlıdır, punta sayısı ile aralarında puntalama hızı için negatif yönde fakat puntalama basıncı için pozitif yönde doğrusal bir ilişki vardır. Punta sayısı ile filament sayısı arasındaki ilişki (Şekil 1.53), ANOVA tablosu incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı değil fakat grafiksel anlamda bakıldığında filament sayısı arttıkça ve lineer yoğunluk (dtex) azaldıkça punta sayısının arttığı görülmektedir.

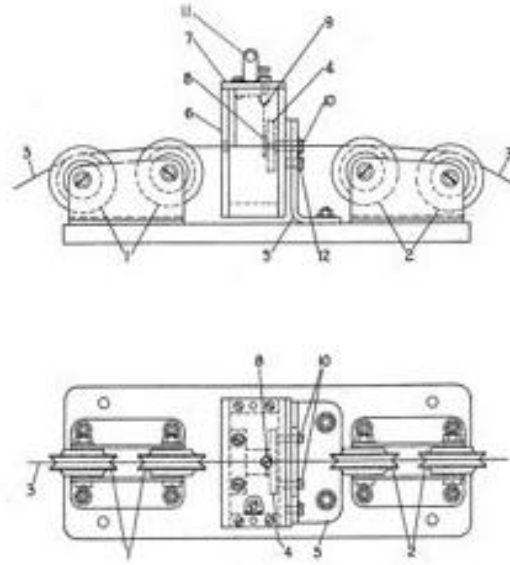


Şekil 1.53 Punta sayısı ve filament sayısı arası ilişki (Özkan ve Baykal, 2013)

1.4.2 Patent Çalışmaları

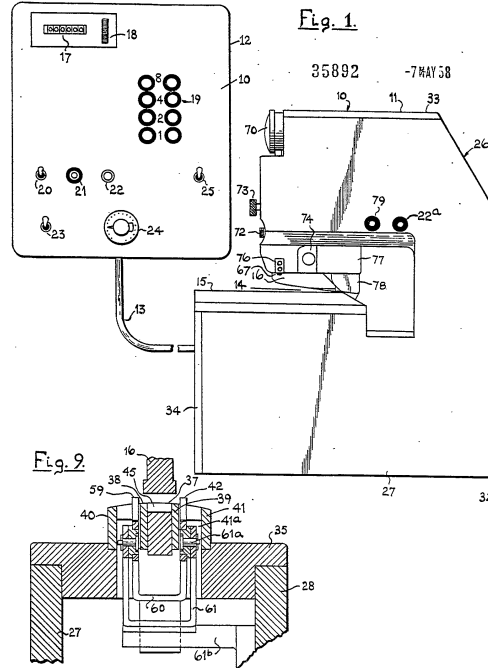
Tez kapsamında, sentetik iplik üretiminde önemli bir parametre olan filament sayısının tespit edilmesi amacıyla sıklıkla başvurulmuş manuel yöntemlere alternatif, bir test cihazı geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu bölümde, bu alandaki benzer patent çalışmalarına yer verilmektedir.

Arthur (1952), GB684875A numaralı buluşunda, filament iplikte kopmuş ya da ilmekli filamentlerin saptanması veya sayılması için ipliğin, sabit ve hareketli iki plakadan oluşan bir elektrik kondansatörünün her plakasında bulunan, iki küçük delikten serbestçe geçirilmesi ile uygulanan bir yöntem geliştirmiştir (Şekil 1.54). Hava-dielektrik kondansatörünün plakalarındaki ipliğin çapından bir miktar daha büyük olan karşılıklı iki delikten normal halde serbestçe geçen iplikteki hatalı bölge, hassas bir şekilde asılan plakanın sabit plakaya doğru hareket etmesine neden olmaktadır. Hareketli plakadaki deliğin çapı, ipliğin hasarsız kısmının maksimum çapını yaklaşık 1 inç aşacak şekilde seçilmektedir. Sabit plakadaki deliğin çapı ise kritik değildir ve ipliğin başlangıçtaki deliklerden rahatlıkla geçebileceği büyüklükte ayarlanmaktadır. Destek üzerine monte edilmiş olan sabit plaka, yanları “Perspex (sert bir plastik)” ve üst kısmı metal olan bir kutu içerisine yerleştirilmiştir. Hareketli plaka ise metal tepeye takılı hafif, elektrik ileten bir süspansiyon ile asılı haldedir. Elektrik alan içinden geçirilen filamentin kopuk lif/hatalı bölge nedeniyle kütle değişimine bağlı olarak dielektrik sabitinin değişimi cihaz tarafından tespit edilir. Böylelikle iplik uzunluğu boyunca kopuk filamentin olduğu yer ve sayısı belirlenmiş olur. Cihaz hassasiyeti, hareketli kondansatör plakasının ağırlığına bağlıdır ve incelenen ipliğin türüne, çalışma hızına, kopmuş filament oranına vb. uyacak şekilde ayarlanabilir. Uster test cihazının çalışma prensibine benzemektedir, dolayısıyla yeni yöntem ile herhangi bir ilgisi bulunmamaktadır.



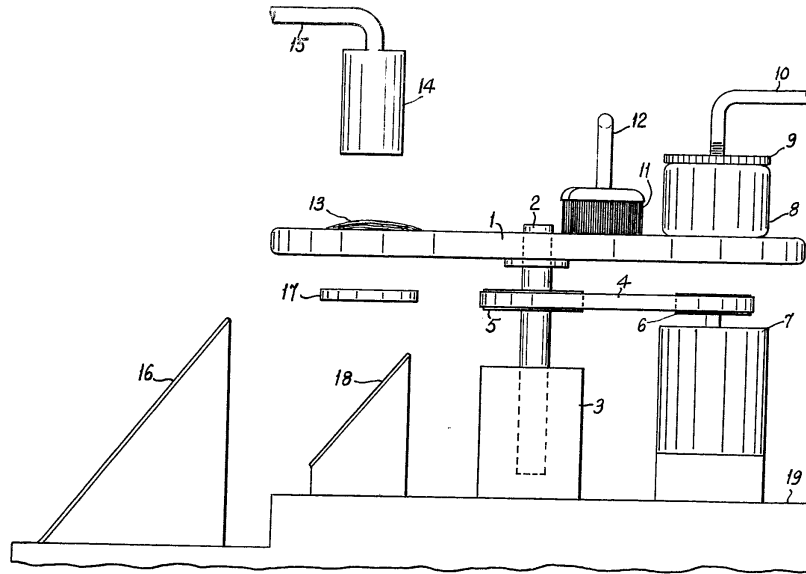
Şekil 1.54 Tasarlanan cihazın yandan ve üstten görünüşü (Arthur, 1952)

Halenar ve Kaepernik (1961), GB863725A numaralı buluşlarında, hava üfleme ile cerrahi dikiş iplik liflerinin ayrılmasını bir foto elektrik sistem ile sağlamışlardır (Şekil 1.55). Buluşta tek bir filamentin geçebileceği delikler mevcuttur ve hava yardımıyla ayrılan ve iletilen bu lifler, bu deliklerden geçerken bir ekrana yansıtılıp sayılmaktadır. Tüm bu yönleriyle önerilen çalışmadan farklılıklar göstermektedir.



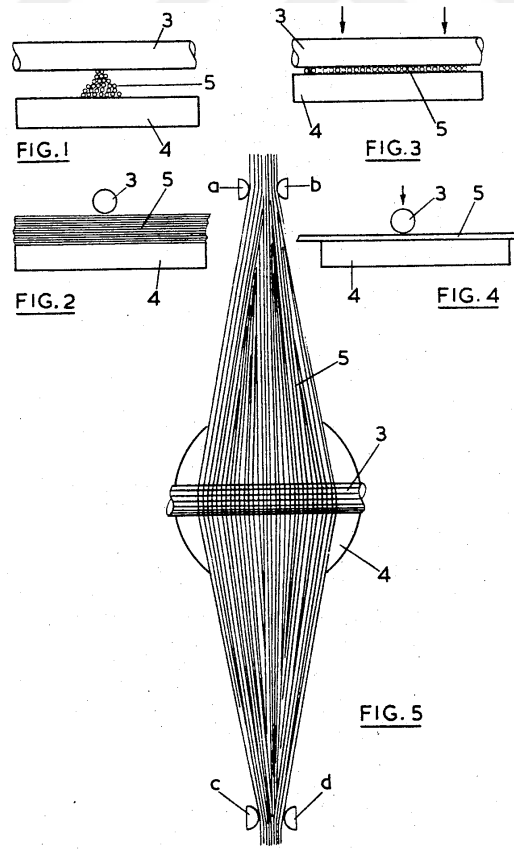
Şekil 1.55 Cihazın şematik görünümü (Halenar ve Kaepernik, 1961)

Ian (1971) tarafından sunulan GB1254873A numaralı buluş, tarak, ayna, lens ve ışık sistemi kullanılarak, bir pedal yardımıyla ilerletilip, sürtünme ile statik elektrik yüklenen liflerin görüntülerinin büyütülüp ekrana yansıtılması esasına dayanmaktadır (Şekil 1.56). “Perspex (sert bir plastik)” maddeden yapılan dairesel bir masa, bir yatak içerisinde dönebilen merkezi bir şaft üzerine montelenmiştir. Masa üzerine bir fırça yerleştirilmiştir, bu sayede masa dönerken tozdan arındırılmaktadır. Masa, üst yüzeyinde statik elektrik yükünü indüklemek için döndürüldükten sonra, masanın üzerine bir kontinü filament ipliği numunesi yerleştirilir. Bunun üzerine yük, ipliğin ayrı filamentlerine aktarılarak onları birbirinden ayırmaktadır. İplik numunesi, bir çubuk üzerinde desteklenen bir lambanın altındaki pozisyonda olacak şekilde masanın üzerine yerleştirilmektedir. Böylece, lambadan gelen ışık hüzmesi, masaya dik açılarda iplik numunesine yönlendirilmektedir. Numuneye yönlendirilen ışık hüzmesi şeffaf tabla üzerinden iletilir ve ardından bir büyüteç merceği ve açılı bir ayna aracılığıyla görüntüleme ekranının arkasına yansıtılır. Böylece, yayılan filamentlerin büyütülmüş görüntüsü ekranda görünür hale gelir. Sayma işlemi tamamlandıktan sonra pedal yardımıyla ilerletilip yeni numuneler işleme alınmaktadır. Liflerin uzunlamasına görünüşlerinin bir ekrana yansıtılması, pedal yardımıyla numunelerin ilerletilmesi ve sayımın gözle yapılması ile önerilen yöntemden ayrılmaktadır.



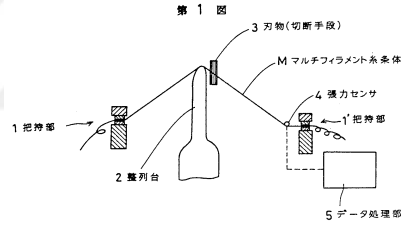
Şekil 1.56 Cihazın tasarımı (Ian, 1971)

Alfred (1972), US3669552A numaralı bu buluşta çekilmemiş, eriyikten üretilmiş filament yapıları kullanmıştır. Yöntem filamentlerin düz bir cam plaka ile silindirik kavisli bir yüzey olan cam çubuk arasına yerleştirilerek, çubuğun plakaya sıkıca bastırılması şeklinde uygulanmakta ve bunun sonucunda filament demeti eşit bir şekilde yayılarak açılmaktadır (Şekil 1.57). Aynayla yansıtılan görüntü mercekle yardımıyla büyütülür ve bir alet yardımıyla sayımı yapılır. Buluş sahipleri tarafından yöntem, tercihen kuru, dairesel kesitli, eriyikten üretilmiş filamentleri saymak için uygun bulunmuştur (naylon veya PET'ten yapılmış olanlar). Çünkü bu lifler muntazam bir dizi şeklinde yayılmaktadır. Filamentler saydam veya yarı saydam ise ve optik sayma araçları kullanılmakta ise, filamentler silindirik lensler olarak işlev görmektedir ve bu şekilde elde edilen gölgeler foto-elektrik araçlarla sayılmaktadır. Sayaç üzerine kaydedilmektedir. Liflerin çubuk yardımıyla yayılması, ayna-mercek sistemi kullanılması, foto-elektrik araçla sayılması yönleriyle önerilen yöntem ile farklılıklar göstermektedir.

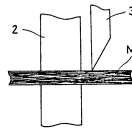


Şekil 1.57 Yöntemin şematik çizimi (Alfred, 1972)

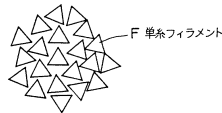
Toru ve Motoji'nin (1990a) JPH02135591A numaralı buluşları çok sayıda filamentten oluşan bir ipliği oluşturan filamentlerin sayısını saymak için bir yöntem ve bir aparat ile ilgilidir. 52-28809 patent numaralı yöntem yetersiz geldiği, gerekli güvenilirlikte olmadığı düşünüldüğü için daha gelişmiş bir yöntem olarak ve hata oranını azaltmak amacıyla sunulmuştur. Buluş, masa üzerine yayılan filamentlerin kesilerek, gerilim azalmasına bağlı sayma yöntemine dayanmaktadır (Şekil 1.58). Multifilament iplikler gerilim altında uygun şekilde baskılanarak bir masa üzerine yayılmaktadır. Masa üzerine gerilimli halde hizalanarak yayılan filamentler, gerilim kademeli azalacak şekilde ultrasonik titreşim uygulanan bıçak ile kesilmektedir. Kesim işlemi lazer ışını ile yapılmaktadır. Mevcut buluşta gerilim sensörü ve gerilim değerlerindeki azalmayla veriler işlenmekte ve sayım gerçekleştirilmektedir. Buluş kapsamında dairesel, üçgen, yıldız, altıgen, vb. filament kesitli ipliklerle çalışmak mümkündür. Tez çalışmasında sunulan yöntemde titreşimli lazer ışını ile kesme, presleme, yayma ve gerilime bağlı gerilim sensörü ile sayma gibi adımlar yer almadığı için bu yöntem ile ilgili olmadığı söylenebilir.



第 2 図



第 3 図

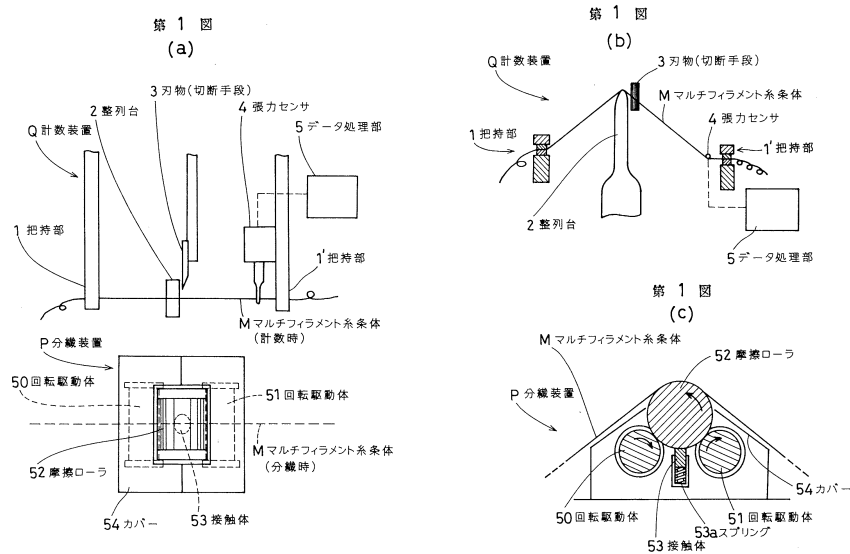


第 4 図

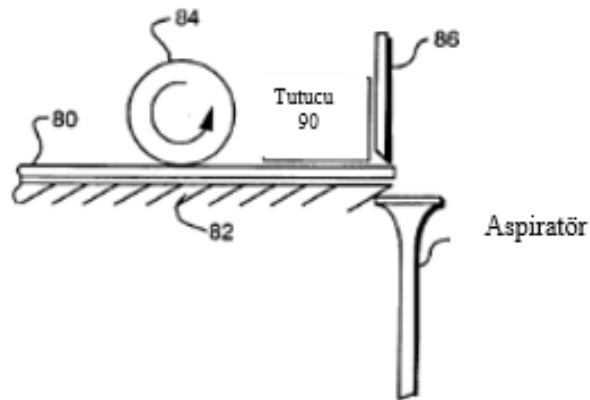


Şekil 1.58 Metot adımları (Toru ve Motoji, 1990a)

Toru ve Motoji'ye ait (1990b) JPH02288994A numaralı buluş, multifilament iplik gövdesi için oluşturulan filament sayısı sayım cihazı ile ilgilidir. Multifilament bir ipliğe çekme gerilimi uygulanması, filamentlerin kontrollü bir şekilde kesilmesi ve sayılması esaslı bir yöntemeye dayanır (Şekil 1.59). Multifilament ipliğin üst yüzeyine sürtünen, sürtünme silindirleri ipliği liflerine ayırmaktadır. Ayrılan iplik gövdesi karşı tarafa hareket ettirilmekte ve ardından bir hizalama masasına yatırılıp kısıkaçlarla tutulduktan sonra sıralı olarak kesilmektedir. Sayım işlemi gerilim sensörü yardımıyla yapılmaktadır. İplik yüzeyi kendi gerilimi ile bir düzenleme sehpasına presler yardımı ile temas ettirildiğinde, enine kesitin dağılımı tek bir katmanda düz bir hale gelmektedir. Böyle bir durumda, bir gerilim sensörü tarafından iplik yüzeyinin gerilimi ölçülürken art arda kesilmektedir. Bununla birlikte, tek iplik filamentinin kesilmesi ile gerilimin kademeli olarak düştüğü bir durum gözlenmektedir. Böylelikle iplik gövdesini oluşturacak filamentlerin sayısı sayılmaktadır. Buluş, yük-uzama grafiği gibi düşünülebilir. İplik gergin halde tutulduktan sonra kontrollü bir şekilde adım adım kesilmekte ve her kesimde ipliğin ilk halindeki gerilme kademeli olarak azalmaktadır. En sona gelindiğinde değere bakılıp (baştaki gerilim değeri) filament sayısı hesaplanmaktadır. Buluşta uygulanan yöntem olan gerilim yoluyla hesaplama başta olmak üzere, iplik gövdesine sürtünen silindirler, ipliğin kesilmesi gibi yöntemlerden dolayı tez çalışmasından farklı yönleri mevcut olduğu görülmektedir.

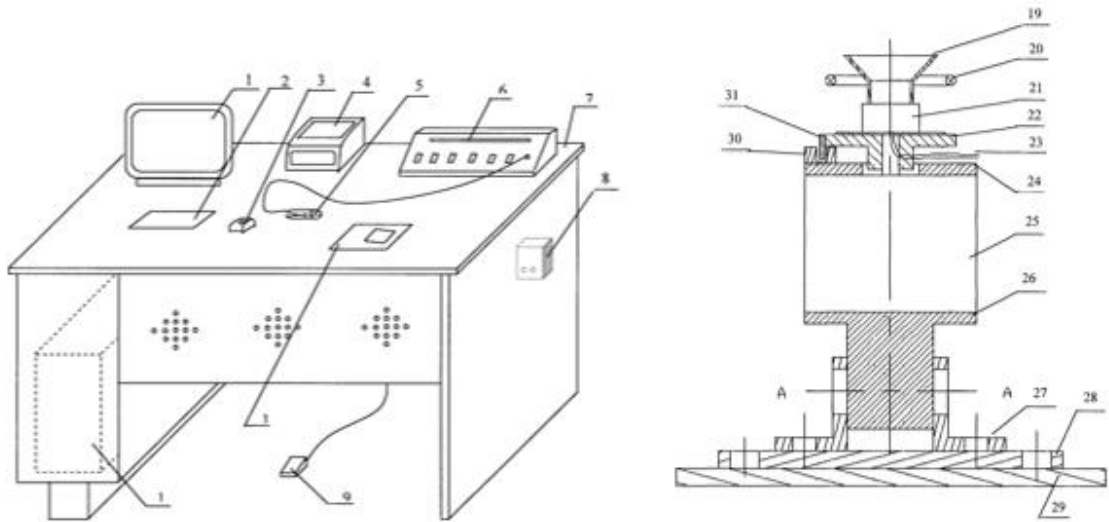


Şekil 1.59 Yöntemin işleyişi (Toru ve Motoji, 1990b)

[illegible]

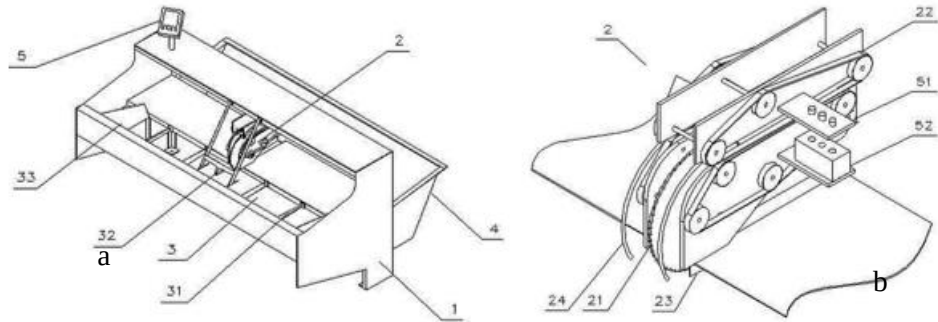
Şekil 1.60 Sistemin şematik olarak gösterimi (Avishai ve Kendall, 1998)

Feng vd. (2008) tarafından yayınlanmış CN101177912A numaralı buluş, bir elektrostatik ayırma cihazı, dairesel bir aydınlatma ışık kaynağı, küçük bir kamera, kademeli bir motor açısı ayarlama cihazı, bir LCD (liquid crystal display) ekran ve bir bilgisayar görüntüleme işleme sistemi içeren, viskoz filamentlerin sayısını ve monofilamentin çapını otomatik olarak sayabilen bir görüntü izleme cihazı ile ilgilidir (Şekil 1.61). Aydınlatma, görüntüleme, kademeli motor açısı ayarı ve açısı ayarlama cihazı filamentin fotoğrafını çekebilmek için tezgâhın alt bölümüne konumlandırılmıştır. Bilgisayar sistemi ise LCD ekran, ana bilgisayar, kontrol devresi ve ara yüzlerden oluşmaktadır. Cihaz, filamentin gerçek zamanlı görüntüleme sürecini kontrol etmekte, görüntüyü birleştirmekte, filament sayısını otomatik olarak saymakta ve monofilamentin çapını otomatik olarak tespit etmektedir. Kamera, 180 derecelik açı farkı ile iki kez görüntü almaktadır ve görüntü birleştirme uygulanmaktadır. Buluş kapsamında filamentlerin sayısının ve çapının otomatik olarak bulunması bir dedektör yardımıyla yapılmaktadır. Nesne tanıma ile görüntü analizi yerine, uygulanan açılı görüntülemeler ve motor açıları yardımı ile görüntü birleştirme yapılması, lazer ışını kullanarak nokta sayma yerine bir ekrana yansıtılan uzunlamasına görüntü üzerinden filament sayma prensibi, ilave dedektör kullanımı ile tez kapsamında önerilen yöntemden ayrılmaktadır.



Şekil 1.61 Yöntemin şematik görünümü (Feng vd., 2008)

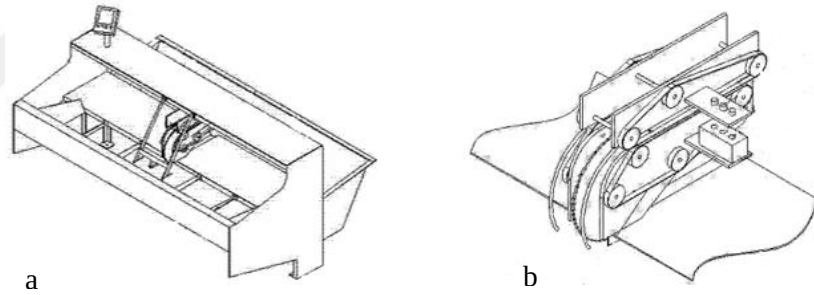
Wang vd. (2012) tarafından geliştirilen CN202295378U numarasına sahip buluş, yüksek sayma hızına ve yüksek hassasiyete sahip bir bambu filament sayma cihazıdır. Titreşimli besleme hunisi, malzeme kanalı ve fotoelektrik cihazdan oluşmakta olan bu cihaz, bambu liflerinin filament sayımı esnasında sayma verimi ve hassasiyetini arttırmak için tasarlanmıştır (Şekil 1.62). Çerçeve, besleme sistemi, sayma sistemi, boşaltma sistemi ve bir kontrol cihazından oluşmaktadır. Çerçeve; besleme sistemi, titreşimli bir cihaza sahip bir filament bölme kabini içerir. Sayma sistemi; bir filament kancalama cihazı (filament alma çarkı ve tahrik cihazı) ve bir taşıma cihazı (taşıma bandı ve tahrik cihazı) içerir. Boşaltma sistemi ise geçici bir depolama kabini içermektedir. Yığılmış haldeki bambu filamentleri, bölme kutusunun titreşimli cihazı sayesinde birbirinden ayrılır ve ayrılan bambu filamentleri, sayma işlemi için kancalama cihazı ve taşıma cihazı aracılığıyla lazer tüp ve alıcı tüpün bulunduğu çoklu sayma sensörleri olan algılama kısmına iletilir. Sayma işlemi esnasında bambu liflerinin yüzeyleri parlatılabilir. Bu sayede yüzey bitimi ve kalite seviyesi iyileştirilmektedir. Ancak, uzun lifler için uygun olmayan tasarımı dolayısıyla uygulama alanı sınırlıdır. Siloya konan bambu iplikleri titreşim sayesinde liflerine ayrılır ve düzgün, yan yana oldukları konuma getirilmektedir. Sayma işleminin yöntemi, cihaz tasarımı, kullanılan ürün yönüyle tez çalışmasındaki yöntemden farklıdır.



Şekil 1.62 Tasarımın şematik görünüşü (a. Üstten görünüşü b. Yandan görünüşü) (Wang vd., 2012)

Lu vd. (2012), CN202345970U numaralı buluşta titreşimli ve bir sayısal kontrol ünitesine sahip bambu ipeği sayma cihazını tarif etmektedir. Geleneksel yöntem tamamen manuel olmakla birlikte, bambu liflerinin operatör tarafından sayılmasına dayanmaktadır. Bu yöntem, çok fazla insan gücüne ihtiyaç duymakla birlikte,

kişiden kaynaklı duygu durum, fiziksel güç vb. gibi birçok faktörden etkilenen sayım işlemi, düşük verim, yüksek emek yoğunluğu ve yanlış sayım gibi dezavantajlara sahiptir. Buluş, bu tarz teknik sorunları çözmekte, iş verimliliğini artırabilen ve sayım işleminde sayım doğruluğu yüksek bir yöntem sağlamaktadır. Tasarımı nedeniyle uzun bambu lif sayımı yapılamamaktadır. Buluş, bir çerçeve, bir besleme sistemi, bir sayma sistemi ve bir boşaltma sistemi içermektedir (Şekil 1.63). Besleme sistemi, bir hammadde haznesi ve bir filament ayırma kutusu içerir. Filament ayırma kutusunun alt kısmında titreşimli bir cihaz ve bir taşıma cihazını içermektedir. Filament kancalama cihazı, bir filament tahrik tekerleği ve ona bağlı bir tahrik motorunu içerir. Taşıma cihazı alt ve üst taşıma bantları, taşıma kayışları ve onlara bağlı tahrik motorundan oluşur. Üst taşıma bandı ve alt taşıma bandı arasında bir bambu filament taşıma ve sayma kanalı oluşturulur. Boşaltma sistemi, bir geçici depolama kutusu ve bir bağlama kutusu içerir. Tüm bu anlatılan yönleriyle ele alındığında tez kapsamında yapılan çalışma ile benzerlik içermemektedir.



Şekil 1.63 Buluşun şematik çizimi (a. Üstten görünüş b. Yandan görünüş) (Lu vd., 2012)

Yongjun vd. (2020), CN111647965A numaralı buluşlarında viskoz filamentlerinin sayılması için yıkama, kurutma ve kesme ön işlemlerinin ardından liflerin ayrılması için hava basınçlı sistem ile elektrostatik ayırma cihazı kullanmışlardır. Kızılötesi ışınlar yardımıyla Ti Company üretimi olan Da Vinci Serisi DSP+ARM hazır paket program sayesinde her bir filamentin tespiti sağlanıp sayımı yapılmıştır. Alınan iplik ilk olarak depolama tankı içeren bir yıkama sisteminde yıkanarak asidinin giderilmesi sağlanmaktadır. Ardından yıkanmış olan iplik kurutma kutusunda kurutulmakta ve nemi %10'a eşit veya daha az hale getirilmektedir. Kurutulup, nemi belli seviyeye getirilen filamentler taşıma zinciri içeren bir taşıma sistemi sayesinde filamentlerin boyunu algılamak için bir kızılötesi sensör ve otomatik bıçak içeren kesme sistemine

taşınarak ölçüme uygun halde kesilmektedir. Ön işlemler yapıldıktan sonra filamentler uygun hale ulaşmış olur. Ölçüm sistemi bir algılama platformu, kamera, görüntüleme ekranı, bu ekran ve kameraya elektriksel olarak bağlı bir görüntü işleme ünitesi içermektedir. Monofilamenti ayırmak için kullanılan elektrostatik adsorpsiyon sistemi ise pnömatik düze ve hava kaynağıyla bağlı olan bir boru hattıdır. Pnömatik düzeler tarafından tek tek ayrılan filamentler ilerletilir ve kamera ile alınan görüntüler görüntü işleme ünitesi ile işlenerek ekrana iletilir. Tez çalışmasında anlatılan yöntemde ise sentetik liflere hiçbir ön işlem yapılmamakta, iplik iletimi sevk silindirleri yardımıyla sürekli bir biçimde sağlanmakta, liflerin ayrılmasında gerekli olan statik yüklenme ise tebeşir sayesinde yapılmaktadır. Ayrılan liflerin tespiti bir lazer ile sağlanıp Matlab uygulamasının görüntü işleme yöntemiyle ve araştırma ekibinin yazdığı kodlarla gerçekleştirilmektedir.

1.5 Çalışmanın Amacı

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, filament iplikler ile ilgili pek çok araştırma yapıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda filament sayısının üretilen iplik özellikleri üzerindeki etkilerine yer verilmektedir. Tez çalışmasında, multifilament ipliklerdeki filament sayısının tespit edilmesi için görüntü analizi esaslı bir yöntem ve ölçüm cihazı geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu yöntemde, multifilament ipliğin filamentlerinin elektrostatik güçler tarafından ayrılmasından sonra lazer ışını ile kesişimi ve görüntülenmesi, ardından görüntü analizi yöntemi ile kod yazılarak sayılması esas alınmaktadır. Tez kapsamında geliştirilmesi planlanan yöntem ile deneyi yapan kişiden kaynaklı hataların önüne geçilmesi, daha kesin sonuçlar alınması ve zamandan tasarruf edilmesi amaçlanmaktadır.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Tez kapsamında, iki farklı hammaddeden POY halde üretilen sentetik multifilament iplikler kullanılmıştır. Kullanılan iplikler farklı filament sayıları, iplik doğrusal yoğunlukları, renk, parlaklık gibi özelliklere sahiptir. Çalışmanın bu bölümünde materyal bilgileri ve deneysel süreç anlatılmaktadır.

2.1.1 Çalışmada Kullanılan İpliklerin Özellikleri

Çalışma kapsamında, polipropilen ve poliester olmak üzere iki farklı hammadde grubundan dokuz farklı iplik türü POY olarak kullanılmıştır. İpliklere ilişkin özellikler Tablo 2.1’de yer almaktadır.

Tablo 2.1 Çalışma kapsamında kullanılan ipliklerin genel özellikleri

İplik Türü	İplik Doğrusal Yoğunluğu	Filament Sayısı (Etiket Bilgisi)
Polipropilen 140 dtex Siyah Mat	140 dtex	48
Polipropilen 300 denye Kömür	300 denye	100
Polipropilen 600 denye Kırmızı Parlak	600 denye	144
Polipropilen 285 denye Beyaz Parlak	285 denye	144
Poliester 500 denye Gri Parlak	500 denye	96
Poliester 300 denye Krem Parlak	300 denye	144
Poliester 250 dtex Ekru Yarı Mat	250 dtex	144
Poliester 500/144 dtex Koyu Gri S. Parlak	500 dtex	144
Poliester 83/36 dtex Ekru Yarı Mat	83 dtex	36

2.1.1.1 Polipropilen

Kristal olan ve kristal olmayan bölgelerden oluşan, termoplastik yapıda sentetik bir lif olan polipropilen (PP) 1970’lerde tanıtılmasının ardından günümüzde endüstriyel anlamda önemli bir seviyeye ulaşmıştır. Polipropilen, ticari lifler arasında en düşük termal iletkenliğe sahiptir (Mandal, 2021). Petrolün bir yan ürünü olan polipropilen lifi plastiğe alternatif olarak kullanılabilir ve poliesterden daha ucuzdur (Patwary, 2012).

Üstün performans özellikleri ve düşük maliyetinden dolayı, polipropilen lifleri, dokusuz kumaş endüstrisinde çok önemli bir hammadde ve geniş bir kullanım alanına sahiptir. Genellikle kullanım alanları, dokusuz yüzeyler (filtreler, halatlar, tıbbi ürün, bebek bezi gibi emici ürünler, inşaat malzemeleri, sanayi kumaşları,...), ev mobilyası ve otomotiv sektörüdür (Mandal, 2021).

Polipropilen lifinin fiziksel özellikleri Tablo 2.2’de yer almaktadır (Mandal, 2021).

Tablo 2.2 Polipropilen lifi fiziksel özellikleri (Mandal, 2021)

Lif Özelliği	Değer
Çekme Mukavemeti (gf/den)	3.5 - 5.5
Uzama (%)	40 - 100
Aşınma Direnci	İyi
Nem Emilimi (%)	0 – 0.05
Erime Noktası (°C)	165
Yoğunluk	0.91
Termal İletkenlik	6.0 (hava ile 1.0 olarak)

2.1.1.2 Poliester

Alkol ve asidin karıştırılması ile elde edilen poliester lifleri, güçlü sentetik lifler olmasının yanı sıra dünya genelinde en çok kullanılan ticari liflerden biridir. Genellikle

parlak, düz, uzun, sürekli yapıda kolay bir üretime sahip olan poliester temel olarak filament iplik, bükümlü iplik ve tekstüre iplik şeklinde üç farklı iplik türüne ayrılmaktadır (Power2SME, 2022). Tablo 2.3'te poliester lifinin filament ve kesikli olarak genel özellikler görülmektedir.

Tablo 2.3 Poliester lifi fiziksel özellikleri (Hossain, 2022)

	Filament		Kesikli ve Tow	
Lif Özelliği	<u>Dayanıklılık</u> (Dokuma ve örme kumaşlar için tekstil filament iplikleri)	<u>Yüksek Mukavemet</u> (Lastik kordu ve yüksek mukavemetli, endüstriyel iplikler)	<u>Dayanıklılık</u> (%100 polyester kumaşlar - halı ipliği, dolgu ve selülozik karışımlar veya yün karışımları)	<u>Yüksek Mukavemet</u> (Yüksek mukavemetli endüstriyel uygulamalar, dikiş ipliği ve selülozik karışımlar)
Kopma Mukavemeti (eN/tex)	0.35 – 0.5	0.62 – 0.85	0.35 – 0.47	0.48 – 0.61
Başlangıç Modülü (N/tex)	6.6 – 8.8	10.2 – 10.6	2.2 – 3.5	4 – 4.9
Elastisite (%5 uzamada / %)	88 - 93	90	75 - 85	75 - 85
Kopma Uzaması (%)	24 - 50	10 - 20	35 - 60	17 - 40
Nem Oranı (%)	0.4	0.4	0.4	0.4
Erime Noktası (°C)	258 - 263	258 - 263	258 - 263	258 - 263

Deneyisel çalışmada, farklı doğrusal yoğunluklarda, farklı filament sayılarında, farklı renklerde ve farklı parlaklıklarda POY formunda kullanılan polipropilen ve poliester multifilament iplikler sanayiden temin edilmiştir. Sentetik her bir lifin kendine ait üretim adımları vardır fakat birbirlerinden ne kadar farklı olsalar da temel işlem adımları benzerdir. Şekil 2.1'de POY üretimi akış şeması görülmektedir (Hossain, 2022).



Şekil 2.1 POY akış şeması

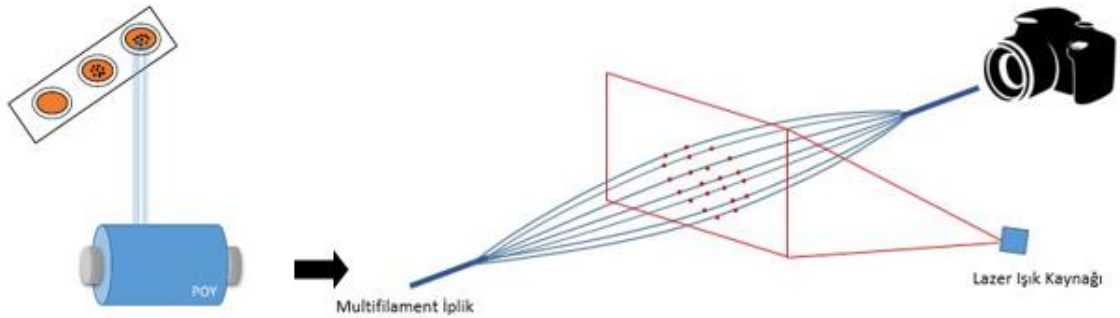
Poliester ve polipropilen filament üretimi, temel olarak polimerizasyon işlemi ile başlamaktadır. Poliester monomeri polimerizasyon işlemi tamamlandıktan sonra kurutulmuş eriyikten lif çekim yöntemi uygulanmak üzere ekstrüdere iletilmekte ve filament hale getirilmektedir (Swicofil, 2015). Polipropilen monomeri de benzer şekilde polimerizasyon işleminden sonra kurutulmakta ve eriyikten lif çekimi ile filament yapıya getirilmektedir (Mandal, 2021). Filament hale gelen liflere kullanım alanına göre tekstüre, termal fiksaj, kesme ve sarım işlemleri uygulanabilir (Hossain, 2022).

2.2 Metot

2.2.1 Görüntü Analizi ile Filament Sayma Yöntemi

2.2.1.1 Yöntemin Esası

Çalışmada, temel olarak statik elektrik ile birbirinden ayrılan filamentlere dikey doğrultuda Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te görüldüğü gibi çizgisel lazer uygulanarak filamentlerle olan kesişim noktaları görüntülenmiştir ve bu görüntüler Şekil 2.4'te şematize edilen şekilde Matlab programına yüklenerek sayma işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.2 Görüntü analizi esaslı filament sayma yöntemi şematik (Filiz vd., 2022)



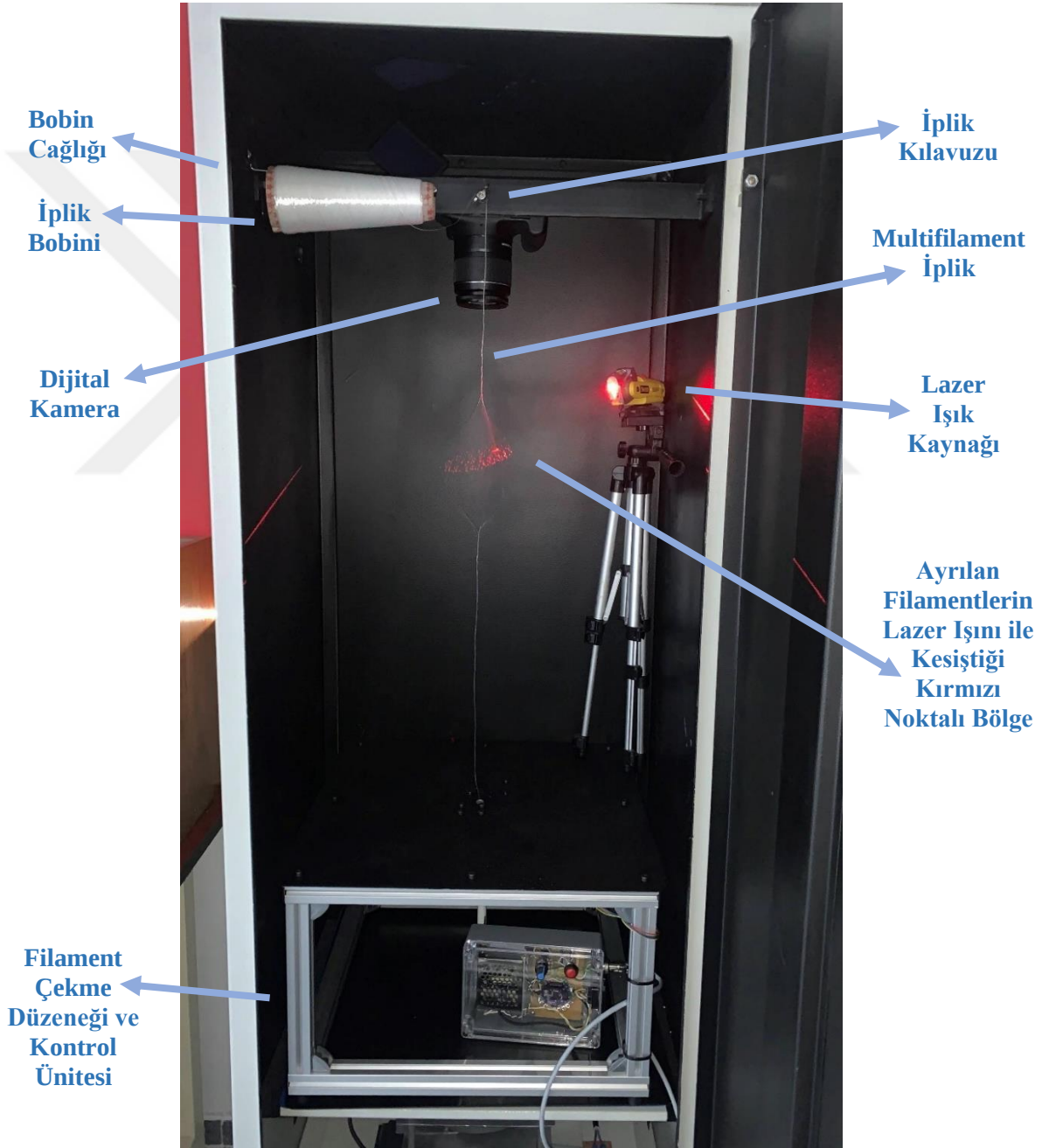
Şekil 2.3 Lazer ışını ile filamentlerin kesişimi



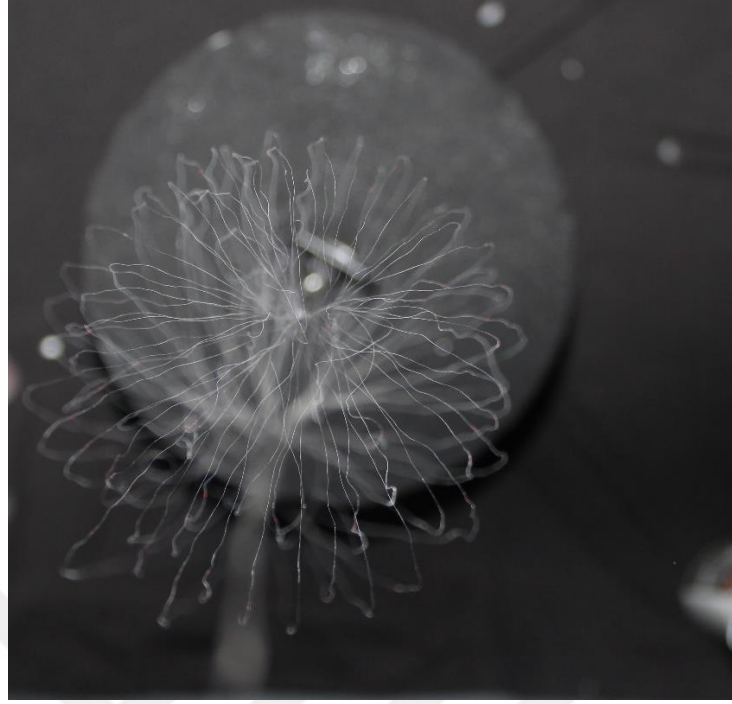
Şekil 2.4 Görüntü analizi ile nokta sayma

2.2.1.2 Filament Sayma Deney Düzenegi

Şekil 2.5'te tez çalışmasında tasarlanan ve geliştirilen deney düzenegi yer almaktadır. Burada, numune yerleştirildikten sonra tebeşir yardımıyla multifilament ipliğe statik elektrik yüklenerek iplik balonu oluşması ve liflerin birbirinden ayrılması sağlanmıştır. Lazer ışını sayesinde Şekil 2.6'da olduğu gibi lifler belirgin halde gözlemlenmiş ve kamera yardımı ile görüntüleri alınmıştır.



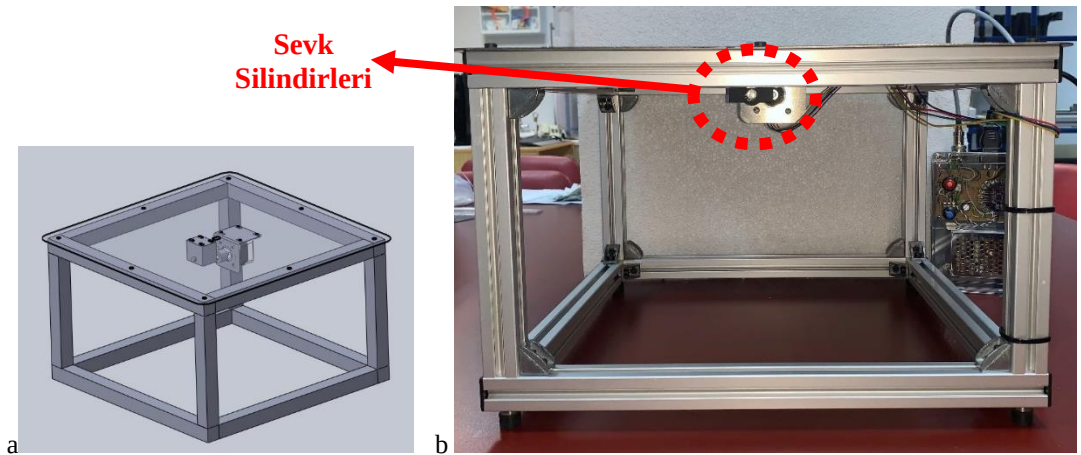
Şekil 2.5 Filament sayma deney düzenegi



Şekil 2.6 Statik elektriklenme ile ayrılan filamentler

Şekil 2.7’de filament sayma düzeneğinin alt kısmına yerleştirilmiş filament çekme düzeneği görülmektedir. Bu düzeneğin temel işlevi, yalıtkan kauçuk silindir çifti sayesinde ölçümü yapılan filamenti test alanından uzaklaştırmak, bobinden test edilmek üzere bir miktar iplik çekmek ve testin kesintisiz bir şekilde devam edebilmesini sağlanmaktadır. Düzeneğin mekanik kısmı alüminyum sigma profil ve sac malzemeler kullanılarak oluşturulmuştur. 25mm x 25mm sigma profiller bağlantı elemanlarıyla birleştirilerek dikdörtgen prizması şeklinde bir yapı oluşturulmuştur. Malzemesi paslanmaz 304 kalite olan 1.2 mm et kalınlığındaki sac parça, lazer kesim ile ürettirilerek bu prizmanın üzerine bağlantısı yapılmıştır. İplik çekme mekanizmasının bağlantısı bu sacın alt tarafından yapılmıştır. Sistemde Nema17 step motor kullanılmıştır. Bu motor 1,8 derece adım açısına ve 12 N.cm tutunma torkuna sahiptir. Motor bağlantısı için “L” şeklinde 1,2 mm et kalınlığında sac malzemeden braket ürettirilmiştir. Motor ucuna, boyutları 20 mm x 15 mm olan kauçuk silindirik parça, talaşlı imalat ile ürettirilmiş olan alüminyum burç yardımıyla sıkı geçme olarak monte edilmiştir. İpliği sıkıştırmak ve çekme işlemine yardımcı olması için ikinci bir kauçuk silindirik parça, mil yardımı ile dikdörtgen prizma malzeme üzerinden yataklanmıştır. Bu mil ve yatak talaşlı imalat ile ürettirilmiştir. Silindirlerin sıkıştırma

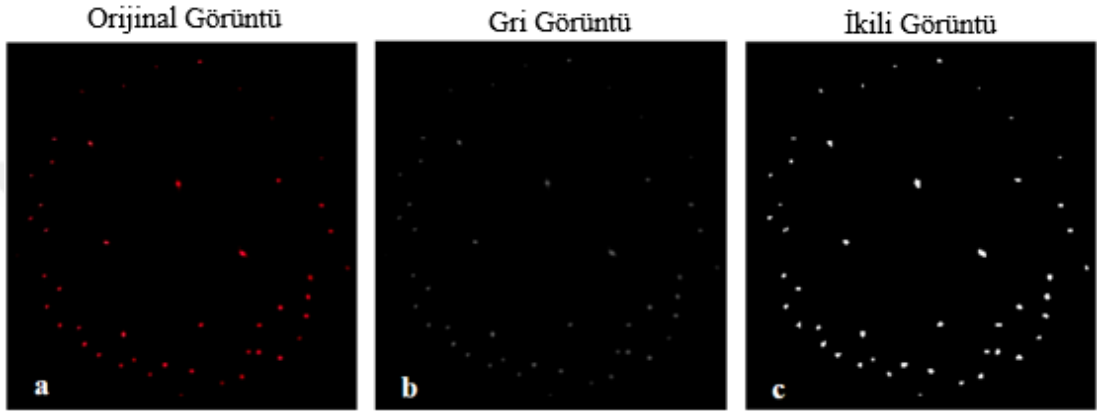
derecesi sac üzerindeki slotlarda yatağın kaydırılması ile ayarlanabilmektedir. Düzenegın elektronik donanımı, güç kaynağı, tüm sistemi kontrol eden kontrolcü birimi, motor sürücü ve komutlar için kullanıcı arayüzünden oluşmaktadır. Yerden tasarruf sağlaması için sistemde, 220V AC giriş 12V da 3A çıkışa sahip SMPS güç modülü kullanılmıştır. Kontrolcü birimi 5V ile çalıştığı için 7805 voltaj regülatörü güç birimine dahil edilmiştir. Kontrolcü birimi için üzerinde 8-bit Atmega328 mikrogenetleyicisi bulunan Lilypad Arduino modülü kullanılmıştır. Bu modülün 5 adet 10-bit analog giriş portu ve 12 adet dijital giriş çıkış pini bulunmaktadır. Ayrıca bu dijital pinlerin bazıları UART, SPI ve I2C protokolleri ile seri haberleşme portu olarak da kullanılabilir. Motor sürücüsü, motoru sürmek için gerekli gücü sağlamak ve motoru istenen adım hassasiyeti ve tutma torkunda sürmek için kullanılmaktadır. Motor sürücü olarak DRV8825 numaralı modül kullanılmıştır. Bu sürücü, sistemde kullanılan motorun çekebileceği en yüksek akımla paralel olarak 2,2A sürüş akımına sahiptir. Sürücü ve motor 12V ile çalıştığı için beslemesi doğrudan SMPS modülü üzerinden yapılmıştır. Kontrolcü birimi sürücü üzerinden motorun yönünü ve hızını kontrol edebilmektedir. Kullanıcı arayüzü için çekme işlemini başlatmak için bir buton ve çekme hızını ayarlamak için bir potansiyometre kullanılmıştır. Bu buton ve potansiyometreden giden sinyaller mikro-kontrolcüye bağlanmıştır. Bu basit ara yüz sayesinde, sistem kullanıcı tarafından rahat bir şekilde kontrol edilebilmektedir. Tüm elektronik donanım, kompakt bir yapı sağlamak adına, üzerinde 220V girişi, motor bağlantı çıkışı, başlatma butonu ve hız ayar düğmesi bulunacak şekilde bir kutu içerisine koyulmuştur.



Şekil 2.7 Filament çekme düzeneği (a. 3D tasarım b. Üretilmiş düzene)

2.2.1.3 Görüntü Analizi Yöntemi

Önceki bölümlerde detaylı olarak anlatılan filament sayma deney düzeneği ile elde edilen görüntüler Matlab paket programı aracılığıyla işlenmekte ve analiz edilmektedir. Şekil 2.8’de görüntü işlemenin aşamaları sırasıyla alınan orijinal renkli görüntü (RGB), gri seviye görüntü ve uygun filtreler kullanılarak elde edilmiş ikili (siyah-beyaz) görüntü şeklinde yer almaktadır.



Şekil 2.8 Görüntü analizi ile görüntülerin işlenmesi (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü) (Filiz vd., 2022)

Matlab programında uygun kodlar yazılarak işlenen görüntüler analiz edilmiş ve lazer ışınları sayesinde belirgin hale gelmiş olan filamentler program aracılığıyla saydırılmıştır. Şekil 2.9’da görüntü analizi ile sayma yöntemi için uygulanan işlemler akış şeması şeklinde gösterilmektedir.



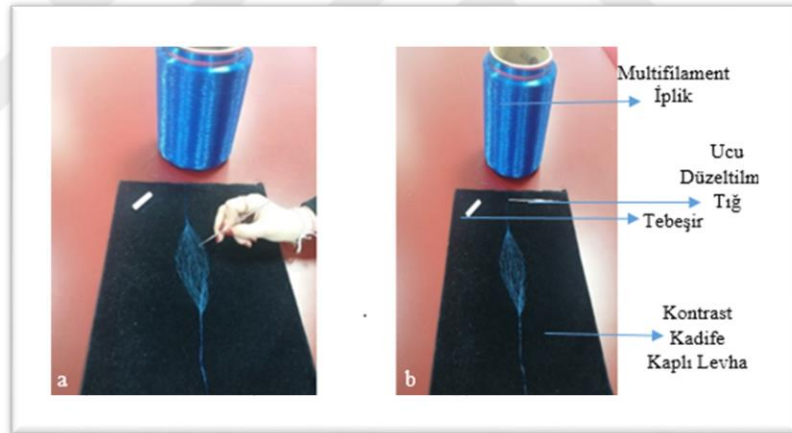
Şekil 2.9 Görüntü analizi ile sayma yöntemi akış şeması

2.2.2 Metot Validasyonu

Çalışma kapsamında, geliştirilen yöntemin validasyonu için geleneksel (manuel) test yöntemi ve hatalara açık olmayan ince kesit alma yöntemi kullanılmıştır.

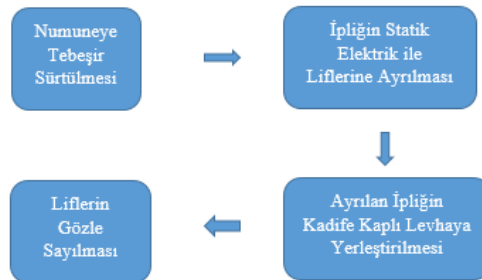
2.2.2.1 Geleneksel (Manuel) Sayma Yöntemi

Üniversite laboratuvarları ve bazı özel laboratuvarlarda gerçekleştirilen filament sayma testi için herhangi bir standart dâhilinde anlatılan bir yöntem bulunmamaktadır. Günümüzde bu ölçüm manuel olarak (elle) Şekil 2.10'da görüldüğü gibi multifilament ipliğin tebeşir yardımıyla statik elektrik yükü ile yüklenerek liflerin birbirinden ayrılması ve ardından kontrast renkli kadife kaplı bir plaka üzerinde gözle sayılması prensibine dayanmaktadır (Gamatest, 2021; Ege Üniversitesi, 2014; Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu, 2020).



Şekil 2.10 Manuel sayma yöntemi (a. Manuel sayma b. Sayma gereçleri) (Filiz vd., 2022)

Şekil 2.11'de manuel sayma yöntemi için akış şeması görülmektedir.



Şekil 2.11 Manuel sayma yöntemi akış şeması

Bu yöntemde liflerin birbirlerinden ayrılmasının ardından gerçekleştirilen filament sayma işlemi, filament sayısına göre değişmekle birlikte ortalama dört dakikaya kadar ulaşabilmektedir. Oldukça zor ve zaman alıcı olan bu yöntem ayrıca operatörden kaynaklanan hatalara da açık olmaktadır. Yöntemde ilk olarak multifilament ipliğe tebeşir sürtülerek statik elektrik yüklenmektedir. Statik elektriklenme ile ayrılan liflerde iplik balonu oluşturularak kadife kaplı levha üzerine yerleştirilmektedir. Ardından ayrılan lifler göz ile tek tek sayılmaktadır.

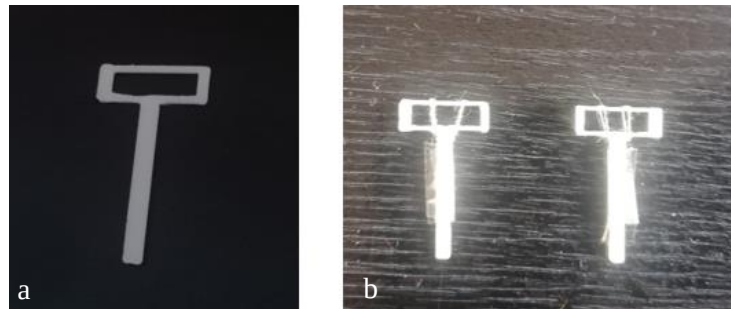
2.2.2.2 Enine Kesit Alarak Sayma Yöntemi

Tez kapsamında tasarlanan ve geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemin doğrulanması için enine kesit alarak filament sayma işlemi de uygulanmıştır. İpliklerin ince kesitlerini almak üzere Şekil 2.12’de görülen Leica RM 2125 Rotary Mikrotom kullanılmıştır.



Şekil 2.12 Mikrotom (a. Mikrotomun önden görünüşü b. Mikrotomun yandan görünüşü)

Enine kesit alarak sayma yönteminde ilk olarak Şekil 2.13’te görüldüğü gibi numunelerin sarılacağı aparatlar 3D yazıcıda yazdırılmıştır ve ardından Şekil 2.14’te görüldüğü gibi Historesin Kit ile numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 2.13 Test aparatı (a. 3D hazırlanan aparat b. Numune aparat yerleşimi)



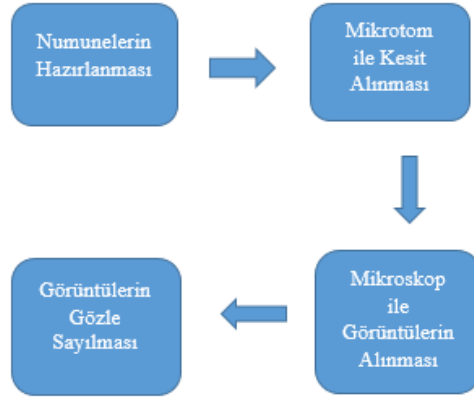
Şekil 2.14 Numune hazırlama

Hazırlanan numuneler Şekil 2.15’teki gibi mikrotoma yerleştirilmiştir. Mikrotomun özel bıçağı yardımıyla numunelerden 3 mikronluk örnekler alınmıştır. Alınan enine kesitler Olympus markalı mikroskopta 4x büyütme ile görüntülenmiş ve sonra bu görüntülerdeki filamentler kalemle işaretlenerek gözle sayma şeklinde tek tek sayılmıştır.



Şekil 2.15 Numune yerleşimi

Şekil 2.16’da enine kesit olarak yapılan sayma işleminin akış şeması görülmektedir.



Şekil 2.16 Enine kesit olarak sayma yöntemi akış şeması

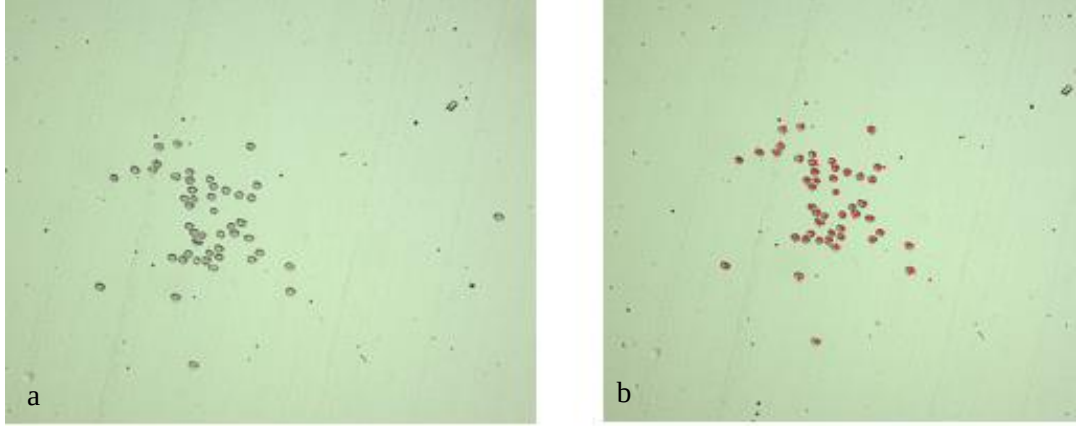
BÖLÜM ÜÇ

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Tez kapsamında, multifilament ipliklerde filament sayısının belirlenmesi amacıyla günümüzde halihazırda kullanılmakta olan manuel filament sayma yönteminin otomasyonlaştırılarak görüntü analizi esaslı bir test yöntemi geliştirilmesi amaçlanmıştır. Deneysel çalışmada temel olarak statik elektrik ile birbirinden ayrılan filamentler bir çizgisel lazer ışıkla kesilerek belirginleşen noktaların görüntüleri alınmıştır. Bu görüntüler, Matlab programı ile işlenmiş ve analiz edilerek filament sayısı belirlenmiştir. Çalışmada, çeşitli doğrusal yoğunluk ve filament sayısı değerlerine sahip toplam dokuz tip polipropilen ve poliester multifilament iplik kullanılmıştır. Yöntemde, filament sayısının belirlenmesi için her bir tipten 100 adet görüntü alınarak test gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın görüntü analizi ile sayma yönteminden sonraki aşaması validasyon işlemleridir. İlk validasyon işlemi, günümüzde uygulanan elle sayma yöntemidir. Her bir numunenin sayımı kontrast renkli kadife kaplı levha üzerinde gerçekleştirilmiştir. Manuel sayma yönteminin zaman açısından dezavantaj yaratması ve kişiden kaynaklı hatalara açık olmasından dolayı daha doğru ve kesin sonuçlar vereceği için ikinci validasyon yöntemi olarak iplikten enine kesit alarak sayma yöntemi seçilmiştir. Burada, numunelerin her birinden kesitler alınarak mikroskop görüntüleri manuel bir şekilde tek tek sayılmıştır.

Şekil 3.1’de 140 dtex doğrusal yoğunlukta ve 48 filamentli, siyah renkli ve mat yapılı polipropilen iplik türüne ait kesit görüntüleri yer almaktadır. Kesit görüntüsü üzerinden yapılan sayma işlemi sonucunda iplik yapısı içerisinde 48 adet filament olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.1 140 dtex f48 polipropilen enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)

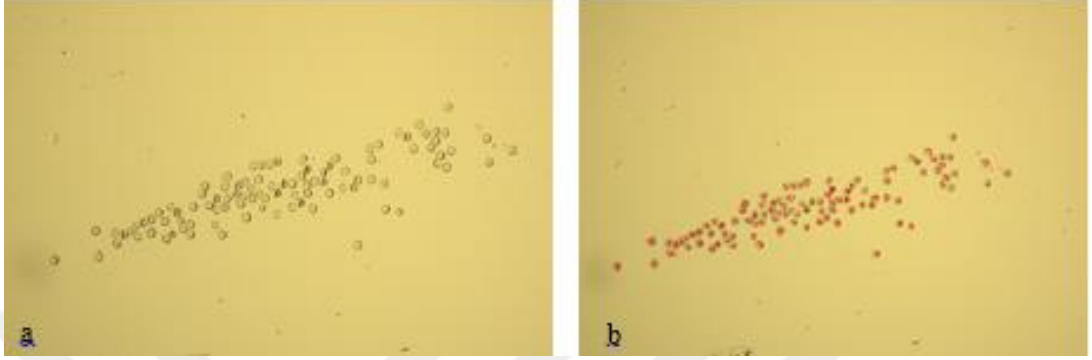
Şekil 3.2’de 140 dtex f48 polipropilen ipliğin görüntü analizi sonucu elde edilen renkli, gri seviyeli ve ikili haldeki görüntüleri verilmiştir. Genel olarak, polipropilen iplik türünde görülen filamentlerin zor ayrılması durumu, filament sayısı düşük olan bu iplik yapısında gözlenmemiştir. Ayrılma aşamasında iplik üzerinde kopmalar meydana gelmemiştir ve mat yapıda olduğundan dolayı görüntü alma işlemi kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir.



Şekil 3.2 140 dtex f48 polipropilen ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)

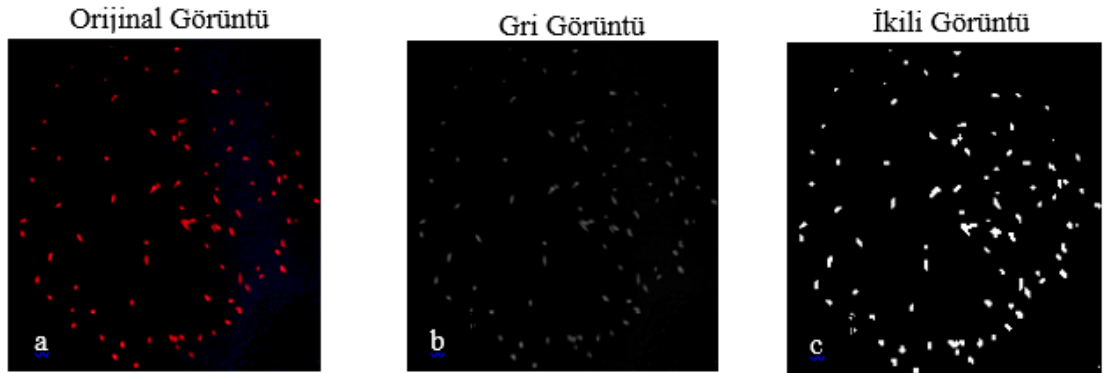
Enine kesit yöntemi ve görüntü analizi ile sayma yöntem sonuçları karşılaştırıldığında değerler aynı gelmekte, manuel sayma yöntemi ve verilen etiket bilgisi ile de uyumaktadır.

Şekil 3.3'te 300 denye doğrusal yoğunluklu ve 100 filamentli, kömür renkli polipropilen iplik türüne ait görüntüler görülmektedir. Kesit görüntüsü üzerinden yapılan sayma işlemi sonucunda iplik yapısı içerisinde 99 adet filament olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.3 300 denye f100 polipropilen enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)

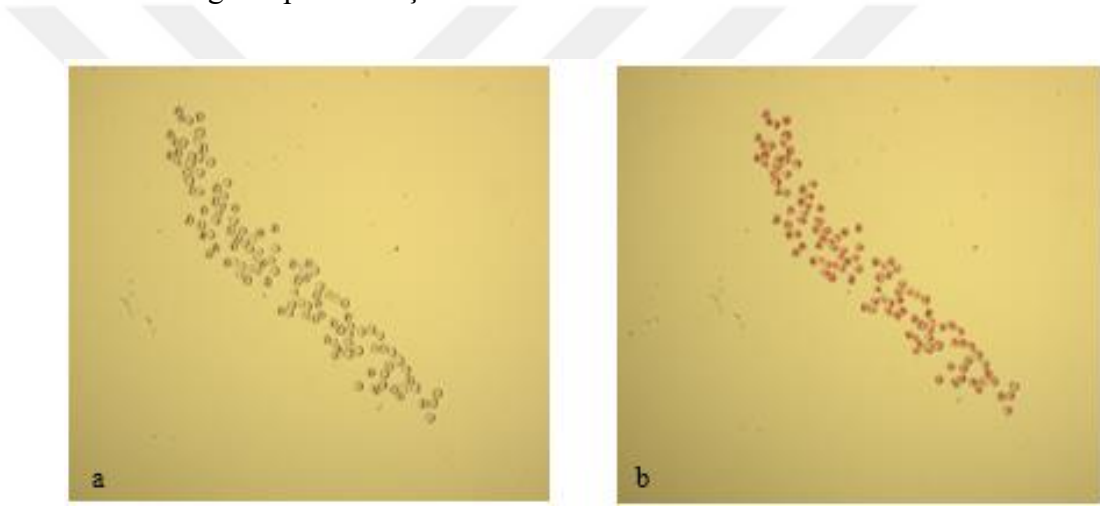
Şekil 3.4'te 300 denye f100 filament sayısına sahip polipropilen ipliğin görüntü analizi yapılması sonucu elde edilen renkli, gri seviyeli ve ikili haldeki görüntüleri verilmiştir. Bu iplik tipi için filament sayısı ortalama seviyededir ve polipropilen hammaddeli olduğu için ayrılma daha az filament sayısına sahip ipliklerde olduğu kadar kolay gerçekleşmemiştir. İplik diğer ipliklere kıyasla daha ince olduğundan ayrılma aşamasında iplik üzerinde kopmalar meydana gelmiştir ve deney tekrarlandığından dolayı görüntü alma işlemi beklendiği kadar kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleşmemiştir.



Şekil 3.4 300 denye f100 polipropilen ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)

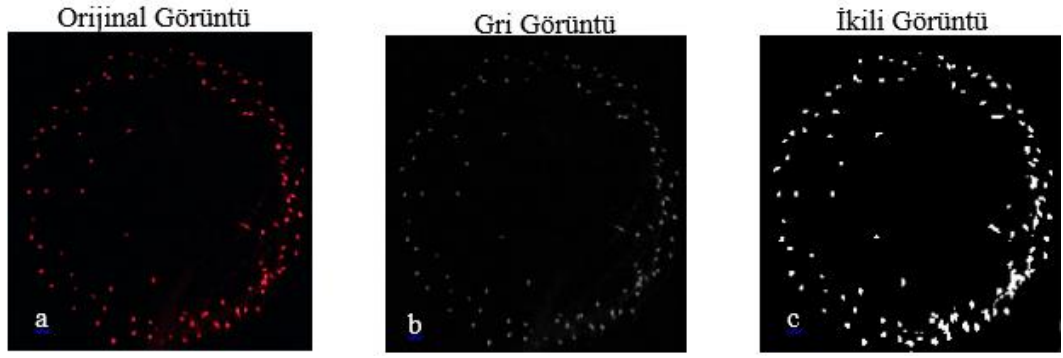
Enine kesit yöntemi ve görüntü analizi ile sayma yöntemi sonuçları karşılaştırıldığında değerler aynı (f99) gelmektedir. Ancak, sonuçlar bu iplik tipi için etiket bilgisi ve manuel sayma yöntemi (f100) ile uyuşmamaktadır. Burada, doğruluğundan kesinlikle emin olunan enine kesit sonucu referans alındığında etiket bilgisinin ve manuel sayma yönteminin sapmalı sonuçlar verirken, görüntü analizi yönteminin doğru sonuç verdiği görülmektedir.

Şekil 3.5'te 600 denye doğrusal yoğunluklu ve 144 filamentli, kırmızı renkli ve parlak yapılı polipropilen iplik türüne ait kesit görüntüleri görülmektedir. Kesit görüntüsü üzerinden yapılan sayma işlemi sonucunda iplik yapısı içerisinde 117 adet filament olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.5 600 denye f144 polipropilen enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)

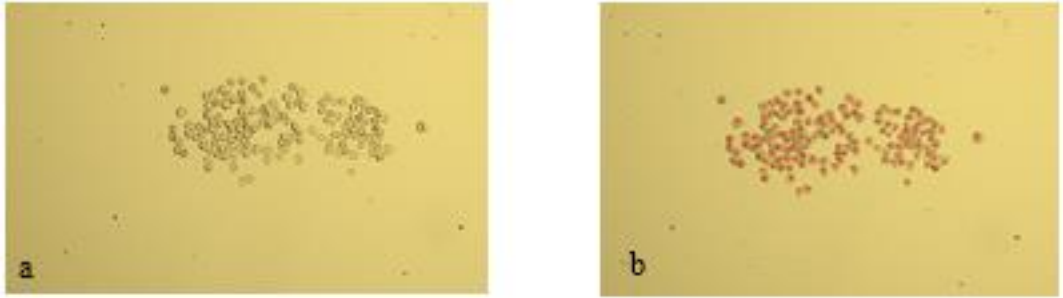
Şekil 3.6'da 600 denye f144 polipropilen ipliğin görüntü analizi sonucu elde edilen renkli, gri seviyeli ve ikili haldeki görüntüleri verilmiştir. Bu iplik tipi için filament sayısının yüksek seviyede olduğu söylenebilir. Ancak, bu duruma rağmen filamentler test esnasında kolaylıkla açılmıştır. Bu durumun filamentlerin parlak yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Fakat, parlak yapıdan dolayı görüntü alırken yansımalar meydana gelmiştir. İplik, genele kıyasla daha çok ve ince filamentlerden oluştuğu için statik elektrik yükleyerek ayırma aşamasında iplik üzerinde kopmalar meydana gelmiştir ve deney tekrarlandığından dolayı görüntü alma işlemi beklendiği kadar kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleşmemiştir.



Şekil 3.6 600 denye f144 polipropilen ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)

Enine kesit yöntemi, görüntü analizi ile sayma yöntemi ve manuel sayma yöntemi sonuçları karşılaştırıldığında, tüm yöntemler için değerler aynı (f117) gelmekte, fakat verilen etiket bilgisi (f144) bu değerlerle uyuşmamaktadır.

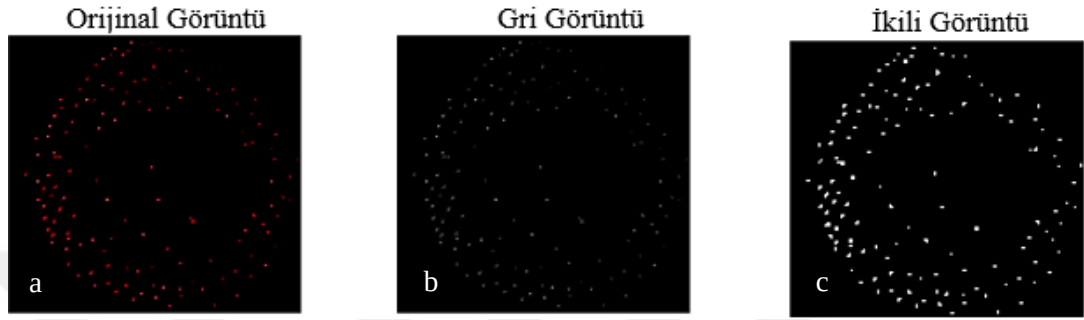
Şekil 3.7’de 285 denye doğrusal yoğunluklu ve 144 filamentli, beyaz renkli ve parlak yapılı polipropilen iplik türüne ait görüntüler görülmektedir. Kesit görüntüsü üzerinden yapılan sayma işlemi sonucunda iplik yapısı içerisinde 144 adet filament olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.7 285 denye f144 polipropilen enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)

Şekil 3.8’de 285 denye f144 polipropilen ipliğin görüntü analizi sonucu elde edilen renkli, gri seviyeli ve ikili haldeki görüntüleri verilmiştir. Bu iplik tipi için doğrusal yoğunluk değerinin düşük ve filament sayısının yüksek seviyede olduğu söylenebilir. Ancak, bu duruma rağmen polipropilen ipliklerde gözlenen zor açılma durumu Bu tipte de gözlenmemiştir. Bu durumun bir önceki tipte de belirtildiği üzere filamentlerin

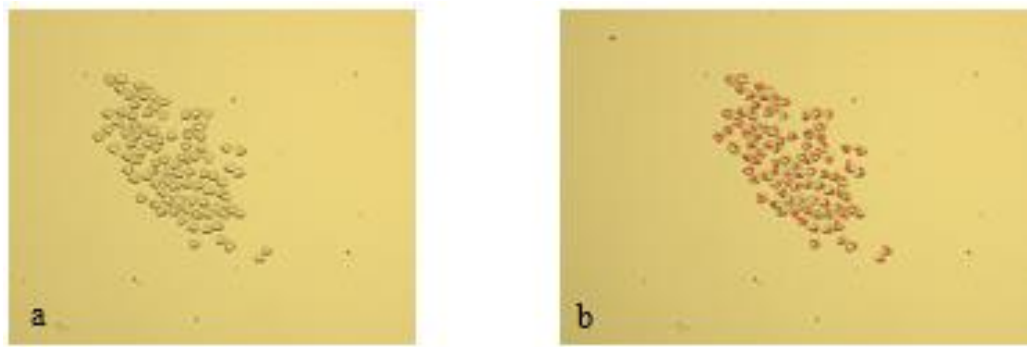
parlak yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, bu iplik iplik tipi için statik elektrikleme aşamasında filament kopuşları da meydana gelmemiştir. Fakat, parlak yapısından dolayı görüntü alırken yansımalar meydana geldiği için deneyler tekrarlanmıştır ve bu yüzden görüntü alma işlemi beklendiği kadar kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleşmemiştir.



Şekil 3.8 285 denye f144 polipropilen ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)

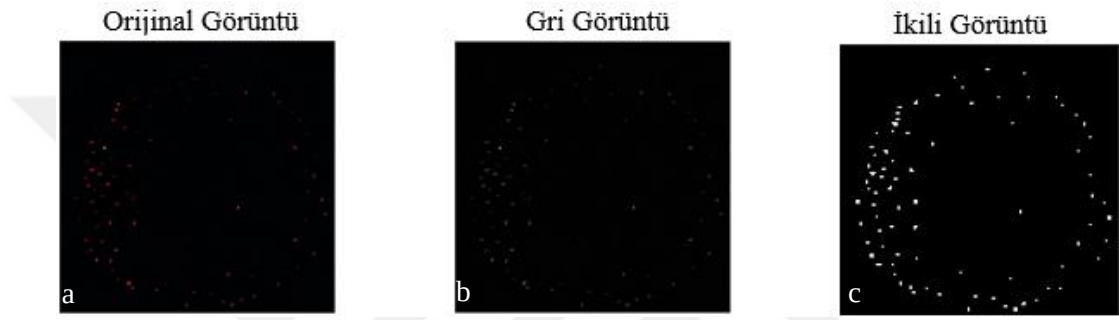
Enine kesit yöntemi, görüntü analizi ile sayma yöntemi ve verilen etiket bilgisi değerleri karşılaştırıldığında, değerler aynı (f144) gelmektedir. Fakat, manuel sayma yöntemi ile bu değer 145 olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, geleneksel yöntemin insan kaynaklı hatalara açık olduğunu bir kez daha göstermektedir.

Şekil 3.9’da 500 denye doğrusal yoğunluklu ve 96 filamentli, gri renkli ve parlak yapılı poliester iplik türüne ait görüntüler yer almaktadır. Kesit görüntüsü üzerinden yapılan sayma işlemi sonucunda iplik yapısı içerisinde 94 adet filament olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.9 500 denye f96 poliester enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)

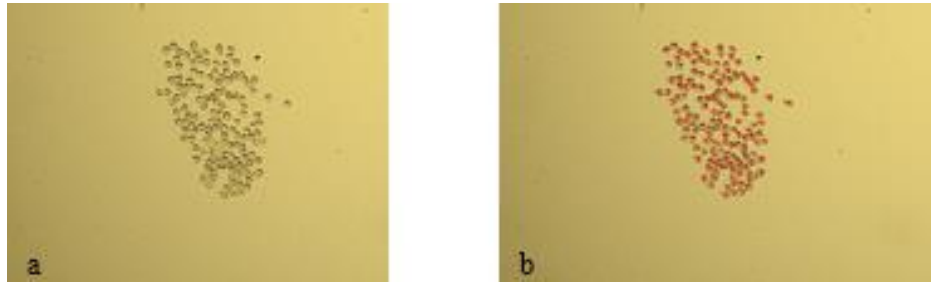
Şekil 3.10'da 500 denye f96 poliester ipliğin görüntü analizi yapılması sonucu elde edilen renkli, gri seviyeli ve ikili haldeki görüntüleri verilmiştir. Genel olarak, filament sayısının ortalama bir değerde olması ve parlak yapısından dolayı, Filamentlerin statik elektrik ile yüklenip ayrılması aşaması zorlayıcı olmamıştır. Ayrıca, PES hammaddeli bu ipliğin PP hammaddeye göre daha kolay bir şekilde ayrıldığı gözlemlenmiştir. Bu iplik tipinde filamentlerde kopmalar meydana gelmemiştir. Fakat, parlak yapısından dolayı zaman zaman görüntü alırken yansımalar meydana gelmiştir. Görüntü alma aşaması kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir.



Şekil 3.10 500 denye f96 poliester ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)

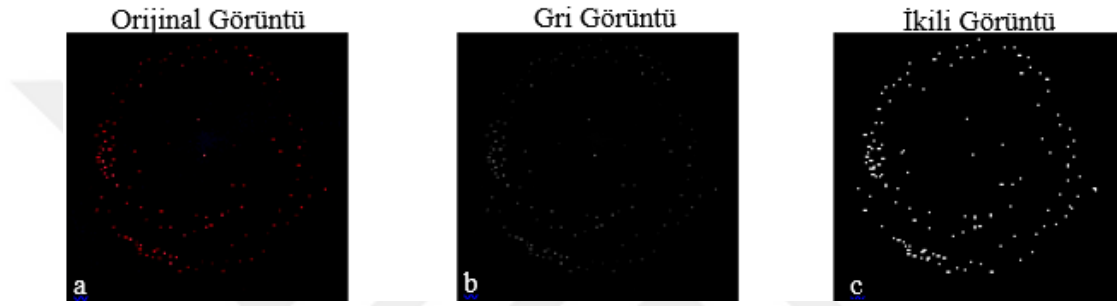
Referans değer olarak kabul edilen enine kesit yöntemi ile görüntü analizi yöntemi karşılaştırıldığında aynı sonuçlara (f94) ulaşılmaktadır. Ancak, manuel sayma yöntemi (f91) ve verilen etiket bilgisi (f96) bu sonuçlarla uyuşmamaktadır.

Şekil 3.11'de 300 denye doğrusal yoğunluklu ve 144 filamentli, krem renkli ve parlak yapılı poliester iplik türüne ait görüntüler yer almaktadır. Kesit görüntüsü üzerinden yapılan sayma işlemi sonucunda iplik yapısı içerisinde 143 adet filament olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.11 300 denye f144 poliester enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)

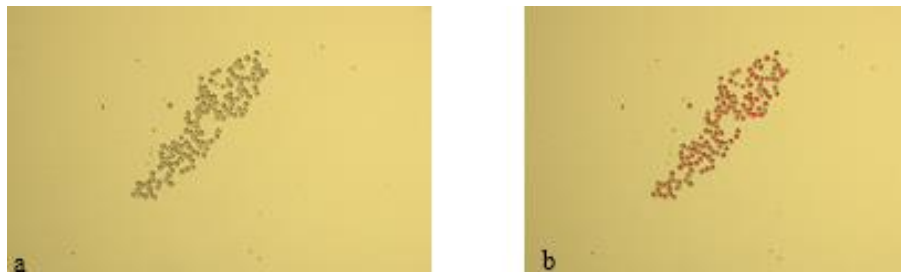
Şekil 3.12’de 300 denye f144 poliester ipliğin görüntü analizi yapılması sonucu elde edilen renkli, gri seviyeli ve ikili haldeki görüntüleri verilmiştir. Filament sayısı yüksek sayılabilecek bir seviyede olmasına rağmen ayrılma aşaması zorlayıcı olmamıştır. Bunun olası nedenlerinin filamentlerin parlak yapıda ve hammaddesinin PES olduğu düşünülmektedir. Bu aşamada ince yapılı bir iplik türü olduğu için zaman zaman iplik üzerinde kopmalar ve parlak yapısından dolayı yer yer görüntü alırken yansımalar meydana gelmiştir. Ancak, yine de görüntü alma aşaması kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.12 300 denye f144 poliester ipliğı görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)

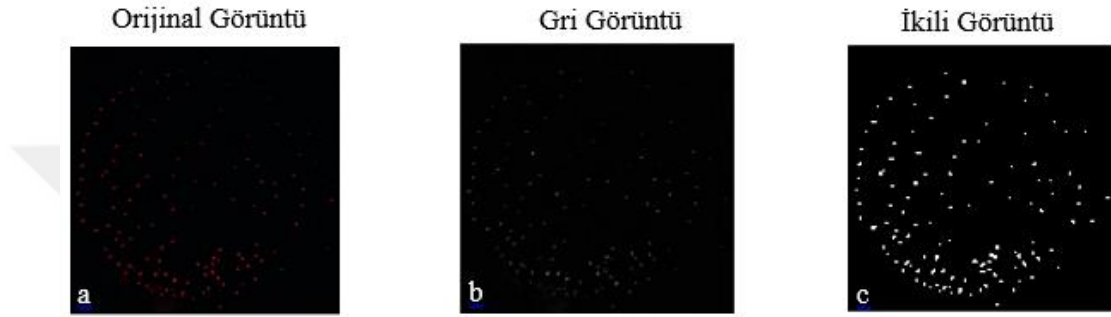
Enine kesit yöntemi ve görüntü analizi ile sayma yöntemi sonuçları karşılaştırıldığında değerler aynı (f143) gelmektedir. Fakat manuel sayma yöntemi (f142) ve verilen etiket bilgisi (f144) ile sonuçları bu değerlerden farklıdır.

Şekil 3.13’te 250 dtex doğrusal yoğunluklu ve 144 filamentli, ekru renkli ve yarı mat yapılı poliester iplik türüne ait görüntüler görölmektedir. Kesit görüntüsünden yapılan sayma işlemi sonucunda iplik yapısı içerisinde 137 adet filament olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.13 250 dtex f144 poliester enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)

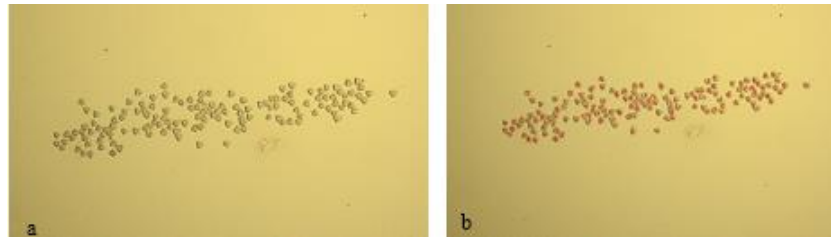
Şekil 3.14'te 250 dtex f144 poliester ipliğin görüntü analizi sonucu elde edilen renkli, gri seviyeli ve ikili haldeki görüntüleri verilmiştir. Ortalamanın altında bir doğrusal yoğunluk ve üzerinde bir filament sayısına rağmen filamentlerin ayrılma aşaması zorlayıcı olmamıştır. Bu aşamada iplik üzerinde kopmalar ve görüntü alırken yansımalar meydana gelmemiştir. Yansımaların meydana gelmeme sebebinin liflerin yarı mat yapıda olması düşünülmektedir. Görüntü alma aşaması, kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.14 250 dtex f144 poliester ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)

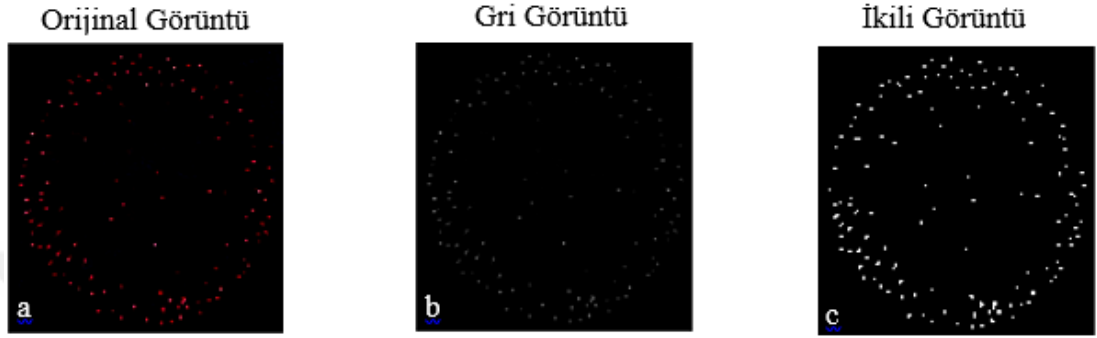
Enine kesit yöntemi (f137), görüntü analizi ile sayma yöntemi (f135) ve manuel sayma yöntemi (f136) sonuçları incelendiğinde değerlerde bazı sapmalar olduğu görülmektedir. Yeni geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemin en büyük sapmayı (-2 filament) bu iplik tipinde düşük doğrusal yoğunluk, yüksek filament sayısı, renk ve parlaklık gibi faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Şekil 3.15'te 500 dtex doğrusal yoğunluklu ve 144 filamentli, koyu gri renkli ve parlak yapılı poliester iplik türüne ait görüntüler görülmektedir. Kesit görüntüsü üzerinden yapılan sayma işlemi sonucunda iplik yapısı içerisinde 140 adet filament olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.15 500 dtex f144 poliester enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)

Şekil 3.16’da 500 dtex f144 poliester ipliğin görüntü analizi sonucu elde edilen renkli, gri seviyeli ve ikili haldeki görüntüleri görülmektedir. Test sırasında filamentlerin statik elektriklenme ile ayrılma aşaması zorlayıcı olmamıştır. Ancak, zaman zaman filamentlerde kopmalar ve görüntü alırken yansımalar meydana gelmiştir. Görüntü alma aşaması, kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.16 500 dtex f144 poliester ipliğı görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)

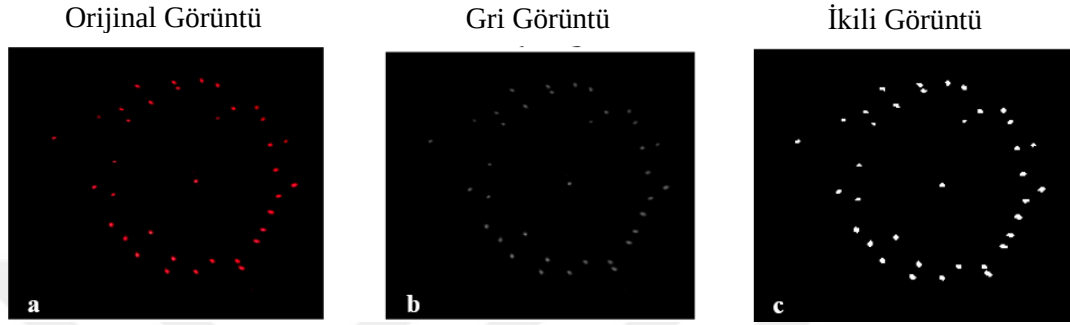
Enine kesit yöntemi (f140), görüntü analizi ile sayma yöntemi (f141), manuel sayma yöntemi (f140) ve verilen etiket bilgisi (f144) sonuçları incelendiğinde enine kesit yöntemi ile manuel sayma yöntemi sonuçları birbiri ile uyuşmaktadır. Tez kapsamında geliştirilen yöntem ise +1 sapma ile sonuç vermiştir.

Şekil 3.17’de 83 dtex doğrusal yoğunlukta ve 36 filamentli, ekru renkli ve yarı mat yapılı poliester iplik türüne ait görüntüler görülmektedir. Kesit görüntüsü üzerinden yapılan sayma işlemi sonucunda iplik yapısı içerisinde 36 adet filament olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.17 83 dtex f36 poliester enine kesit görüntüleri (a. Enine kesit mikroskop görüntüsü b. Mikroskop görüntüsünün sayılması)

Şekil 3.18’de 83 dtex ve f36 poliester ipliğin görüntü analizi sonucu elde edilen renkli, gri seviyeli ve ikili haldeki görüntüleri verilmiştir. Filament sayısının az değerde olmasından dolayı, ayrılma aşaması zorlayıcı olmamıştır. Bu aşamada iplik üzerinde kopmalar ve görüntü alırken yansımalar meydana gelmemiştir. Görüntü alma aşaması, basit ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.18 83 dtex f36 poliester ipliği görüntü analizi çıktısı (a. RGB b. Gri seviye görüntü c. İkili görüntü)

Enine kesit yöntemi, görüntü analizi ile sayma yöntemi, manuel sayma yöntemi ve verilen etiket bilgisi sonuçları incelendiğinde tüm değerlerin 36 filament olarak geldiği ve tüm sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 3.1’de tez kapsamında çalışılan tüm iplik tiplerine ait hammadde, doğrusal yoğunluk, filament sayısı, renk ve parlaklık bilgileri ve etiket bilgisi, manuel yöntem, kesit alma yöntemi ve görüntü analizi yöntemi sonucunda elde edilen filament sayıları verilmiştir. Enine kesit olarak filament sayma yöntemi, sonuçların kesinliği bakımından referans yöntem olarak kabul edilerek görüntü analizi yöntemi ve manuel sayma yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinde, istatistiksel olarak sapmayı en iyi şekilde ifade edeceği düşünülen ortalama mutlak sapma değerinden yararlanılmıştır (Eşitlik 3.1).

$$\text{Ortalama Mutlak Sapma (\%)} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{D-R}{R} \right| 100 \quad \dots \text{Eşitlik 3.1}$$

Bu eşitlikte; n , örneklem sayısını, D , değişkene ait değeri ve R ise referans değeri ifade etmektedir.

Tablo 3.1 Sentetik multifilament iplik bilgileri ve tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlar

İplik Türü	İplik Doğ. Yoğ.	Filament Sayısı (T) (Etiket bilgisi)	Filament Sayısı (M) (Elle sayma ile)	Filament Sayısı (S) (Enine kesit ile)	Filament Sayısı (I) (Görüntü analizi ile)	Sapma (n) I-S	Mutlak Sapma (%) $ (I-S)/S $ (%)
PP 140 dtex f48 Siyah Mat	140 dtex	48	48	48	48	0	0
PP 300 denye f100 Kömür	300 denye	100	100	99	99	0	0
PP 600 denye f144 Kırmızı Parlak	600 denye	144	117	117	117	0	0
PP 285 denye f144 Beyaz Parlak	285 denye	144	145	144	144	0	0
PES 500 denye f96 Gri Parlak	500 denye	96	91	94	94	0	0
PES 300 denye f144 Krem Parlak	300 denye	144	142	143	143	0	0
PES 250 dtex f144 Ekru Yarı Mat	250 dtex	144	136	137	135	-2	1,460
PES 500 dtex f144 Koyu Gri Parlak	500 dtex	144	140	140	141	+1	0,714
PES 83 dtex f36 Ekru Yarı Mat	83 dtex	36	36	36	36	0	0
							Ort. Mutlak Sapma %0,241

Enine kesit yöntemi sonuçları ile görüntü analizi yönteminden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, ortalama mutlak sapma değerinin %0,241 olduğu görülmektedir. Öte yandan enine kesit sonuçları, geleneksel elle sayma yöntemi sonuçları ile karşılaştırıldığında ise bu değer %0,703 seviyesine çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlar, tez kapsamında geliştirilen görüntü analizi esaslı yöntemin basitlik ve zaman açısından avantajlarının yanı sıra operatörden kaynaklı hataların ortadan kaldırılmasıyla daha doğru sonuçlar verildiğini de göstermektedir. Ayrıca, referans yöntem ile etiket bilgisi arasındaki sapmanın %3,875 olduğu göz önünde bulundurulduğunda, üreticilerin filament sayma testini mutlaka çok hassas bir şekilde gerçekleştirmeleri gerektiği düşünülmektedir.

BÖLÜM DÖRT

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında, güncel olarak kullanılan ve elle sayma esasına dayanan geleneksel filament sayma yöntemine alternatif olarak, daha hızlı ve daha doğru sonuçlar verebileceği düşünülen görüntü analizi esaslı filament sayma yönteminin tasarlanması ve geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Deneysel çalışma kapsamında, iki farklı hammaddeye sahip farklı doğrusal yoğunluklarda, farklı filament sayıları içeren, farklı renk ve parlaklıklarda dokuz tip sentetik multifilament iplik kullanılmıştır. Bir tebeşir kullanarak statik elektrik ile yüklenen filamentlerin çizgisel bir lazer ışık kaynağıyla kesilmesi neticesinde belirginleşen noktaların görüntülenmesi ve bu görüntülerin işlenip analiz edilmesi esasına dayanan yöntem ile testler gerçekleştirilmiştir. Yöntemin doğrulanması amacıyla hem geleneksel elle sayma yönteminden hem de sonuçlarının doğruluğundan emin olunan enine kesit alma yönteminden yararlanılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde; kolaylık ve zaman açılarından avantajlı olan görüntü analizi yönteminin aynı zamanda en doğru sonuçlar verdiği de görülmüştür. Tez kapsamında geliştirilen yöntemle elde edilen sonuçların sapması %0,241 iken bu değer geleneksel yöntem için %0,703 olması da bunu destekler niteliktedir. Çalışma yapılırken poliester ipliklerin statik elektriklenme sonucunda filamentlerine ayrılmasının polipropilen ipliklere göre daha kolay ve sorunsuz olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, ipliklerde doğrusal yoğunluk azalıp filament sayısı arttıkça tebeşirleme adımı filament kopmaları meydana gelmiştir. Ek olarak, parlaklık açısından bakıldığında, parlak yapı filamentlerin, mat yüzeylere oranla daha kolay ayrıldığı gözlenmiş fakat parlak yapıları nedeniyle zaman zaman lazer ışınlarında yansımalar meydana gelmiştir.

Gelecek çalışmalarda, daha yüksek filament sayılarıyla, daha ince iplik numaraları ile, çok daha çeşitli hammadelerle, farklı renklerde ve yapılar da ipliklerin görüntü analizi ile filament sayısı değerlerinin incelenmesi ve yöntemin daha geniş bir ürün grubunda uygulanabilir olduğunun gösterilmesi hedeflenebilir. Yöntemin ticarileşmesi ile bugün elle sayımdan dolayı ortaya çıkan pek çok dezavantaj da aşılmış olacaktır.



KAYNAKLAR

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. ve Korkmaz Y. (2018). Filament inceliği ve atkı sıklığının mikrofilament dokuma kumaşlarda geçirgenlik özelliklerine etkileri. *Tekstil ve Mühendis*, 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.

Alagirusamy, R. ve Das, A. (2015). Conversion of fibre to yarn: An overview. *Textiles and Fashion Materials, Design and Technology, Woodhead Publishing Series in Textiles*, Chapter 8, 159-189

Alfred, B. J. (24 Temmuz 2022). *US3669552A Method And Apparatus For Spreading And Counting Filaments In A Yarn*. Espacenet. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/010367423/publication/US3669552A?q=US3669552A>

Anonim. (07 Temmuz 2022) *Gaussian filtering*. https://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci373s1c/PatricesLectures/Gaussian%20Filtering_1up.pdf

Arthur, D. G. (24 Temmuz 2022). *GB684875A Apparatus for detecting and counting damaged filaments in yarn*. Espacenet. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/010133632/publication/GB684875A?q=GB684875A>

Arslan, Z. (2016). *Poliamid 6 poy ve tekstüre iplik üretiminde kaliteyi etkileyen proses parametrelerinin incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Namık Kemal Üniversitesi

Avishai, N. ve Kendall, W. G. Jr. (24 Temmuz 2022) *US5761264A Method of automatically determining the number of filaments in a synthetic or spun yarn*.Espacenet.<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/025051823/publication/US5761264A?q=US5761264A>

Babaarslan, O. ve 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. ve Gören, A.G. (2019). Fdy ile poy, cdpet ve mikro poy polyester filamentlerin farklı tekstüre şartlarında birleştirilmesiyle elde edilen ipliklerin özellikleri ve örme kumaştaki görsel etkileri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 21(62), 409-418.

Çayıroğlu. İ. (07 Temmuz 2022). *Görüntü İşleme Ders Notları-5. Hafta*. http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/GoruntuIsleme/Goruntu_Isleme_Ders_Notlari-5.Hafta.pdf

Çimenlikaya, B. (2008). *Besleme ipliği türlerinin (poy ve fdy) ve filament kesit şekillerinin hava - jeti ile tekstüre edilmiş iplik özelliklerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi

Ege Üniversitesi. (19 Mayıs 2021). *Ege üniversitesi tekstil ve konfeksiyon araştırma - uygulama merkezi deney (fiziksel, kimyasal ve yıkama) laboratuvarları, test fiyat listesi*. Ege Üniversitesi. https://tekaum.ege.edu.tr/files/tekaum/icerik/FR_92%20TEST%20FIYAT%20LISTESI%20FORMU.pdf

Erdoğan, Ü. H. (2015). *Kimyasal lifler*. Lisans Ders Notları, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Fact.MR., (01 Nisan 2022). *Polyester filament market forecast, trend analysis to 2032*. Fact MR. <https://www.factmr.com/report/2443/polyester-filament-market>

Feng, Y., Zhang, T., Lin, X., Shen, X. ve Gao, Y. (24 Temmuz 2022). *CN101177912A Viscose rayon root number filament diameter detecting instrument*. Espacenet. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/039404314/publication/CN101177912A?q=CN101177912A>

Fernandez, L. (28 Temmuz 2022) *Chemical fibers global production 2000-2020*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/271651/global-production-of-the-chemical-fiber-industry/>

Filiz, S., Kılıç, M., Balcı Kılıç, G. ve Demir, M. (18-19 Mayıs 2022). *An image processing based method to determine the number of filaments in multifilament synthetic yarns* [Bildiri Özeti]. Icontex Third International Congress of Innovative Textiles, Tekirdağ, Türkiye. <http://www.icontex.org/tr/2868-bilimsel-program>

Gamatest Laboratuvar Hizmetleri. (19 Mayıs 2021) *Filament sayısı tespiti*. Gamatest. http://www.gamatest.com/Fiziksel_Filament_sayisi_tespiti.html/

Günay, M. (19 Temmuz 2022) *Sentetik iplik üretimi ve kalite kontrol*. https://www.uludag.edu.tr/dosyalar/tekstil/Seminer/Seminer_2018-2019_Bahar/2019.02.27_MuratGUNAY.pptx

Halenar, S. L. ve Kaepernik, W. A. (24 Temmuz 2022). *GB863725A Counting filaments*. Espacenet. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/022198136/publication/GB863725A?q=GB863725A>

Hossain, S. (18 Temmuz 2022). *Polyester fiber: Properties, manufacturing and applications*. Textile Learner. <https://textilelearner.net/polyester-fiber-properties-manufacturing/#more-1459>

Ian, M. (24 Temmuz 2022). *GB1254873A Yarn Testing*. Espacenet. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/010140837/publication/GB1254873A?q=GB1254873A>

Image Analysis. (26 Haziran 2022). *Wikipedia* https://en.wikipedia.org/wiki/Image_analysis

Image Analysis Applications. (26 Haziran 2022). *Wikipedia* https://en.wikipedia.org/wiki/Image_analysis#Applications

Imura, Y., Hogan, R. M. C., ve Jaffe, M. (2014). Dry spinning of synthetic polymer fibers. In *Advances in Filament Yarn Spinning of Textiles and Polymers*, Woodhead Publishing, Cambridge, 187-202

IFJ. (17 Temmuz 2022) *The fiber year 2021- Spun and filament yarn production*. International Fiber Journal, Fibers, Filaments and Processing Solutions. <https://fiberjournal.com/the-fiber-year-2021-spun-and-filament-yarn-production/>

IFJ. (17 Temmuz 2022). *The fiber year – Global development of spun and filament yarns*. International Fiber Journal, Fibers, Filaments and Processing Solutions. <https://fiberjournal.com/the-fiber-year-global-development-of-spun-and-filament-yarns/>

Kırış, G. (2020). *Farklı filament inceliği ve filament kesit formu kullanılarak geri dönüşüm pet polimerinden (rpet) poy ve tekstüre (dty) polyester ipliklerin eldesi ve örme ve dokuma kumaşların çeşitli performans özelliklerinin incelenmesi*

[Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi

Koç, S.K. ve Hockenberger, A.Ş. (2010). Investigation of air-jet texturing of technical polyester yarns. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4/2010, 299-305.

Küpeli, C. ve Bulut, F. (2020). Görüntüdeki tuz biber ve gauss gürültülerine karşı filtrelerin performans analizleri. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3/2, 211-239.

Lawrence, C. (2015). Fibre to yarn: Filament yarn spinning. textiles and fashion materials, design and technology, *Woodhead Publishing Series in Textiles*, Chapter 10, 213-253

Lu, L., Qian. L., Yu. C., Zhang. G., Wang. S., Liu. M. ve Weng. Q. (24 Temmuz 2022). *CN202345970U Controller for numerical control bamboo filament counting machine*. Espacenet. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/046534991/publication/CN202345970U?q=CN202345970U>

Mandal, J. (18 Temmuz 2022) *Polypropylene fiber: Properties, manufacturing process and applications*. Textile Learner. <https://textilelearner.net/polypropylene-fiber-properties-applications/>

Mathworks Discovery. (01 Temmuz 2022) *Image segmentation*. Mathworks. <https://www.mathworks.com/discovery/image-segmentation.html>

Mathworks Images. (01 Temmuz 2022a) *Image segmentation*. Mathworks. <https://www.mathworks.com/help/images/image-segmentation.html>

Mathworks Images. (26 Haziran 2022b). *Image types in the toolbox*. Mathworks. <https://www.mathworks.com/help/images/image-types-in-the-toolbox.html>

Mathworks Images. (03 Temmuz 2022c) *Linear filtering*. Mathworks.
<https://www.mathworks.com/help/images/linear-filtering.html>

Özipek, B. ve Karakaş, H. (2014). Wet spinning of synthetic polymer fibers. *Advances in Filament Yarn Spinning of Textiles and Polymers*, Woodhead Publishing, Cambridge, 174–186.

Özat, A.F. (2019). *Polyester tekstüre ipliklerde filament kesit şeklinin ve tekstüre işlem parametrelerinin iplik ve kumaş özelliklerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Uludağ Üniversitesi

Özkan, İ. ve Baykal P. D. (2012). Puntalama işleminde üretim parametrelerinin ve filament özelliklerinin punta kalıcılığına etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 19:87, 1-6

Özkan, İ. ve Baykal P. D. (2013). Puntalama işleminde üretim parametrelerinin ve filament özelliklerinin iplik punta sayısına etkisi. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(1), 40-50

Özkan, S. ve Babaarslan, O. (2008). Filament kesit şeklinin ve lineer yoğunluğunun poy ve tekstüre iplik özelliklerine etkisi. *Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, Cilt:19-2, (147-160)

Özkan, S. ve Babaarslan, O. (2010). İplik kesitindeki filament sayısının filament ve tekstüre ipliklerin özellikleri üzerindeki etkisi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20(1), 17-22.

Öztürkmen, B. (2018). *Filament ipliklerde puntalama sıklığının iplik özelliklerine etkisi* [Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi

Patwary. M. Z. (18 Temmuz 2022). *Physical and chemical properties of polypropylene fiber*. Textile Fashion Study.

<https://textilefashionstudy.com/physical-and-chemical-properties-of-polypropylene/>

Plattürk, G. G. (2015). *Görüntü analizi yöntemi ile kumaş dökümlülüğünü ve eğilme direncini ölçen yeni bir yöntem geliştirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi

Power2SME. (18 Temmuz 2022). *Filament yarn*. Power2SME. <https://www.power2sme.com/products/details/Yarn/Polyester%20Yarn/Filament%20Yarn>

Rawal, A. ve Mukhopadhyay, S. (2014). Melt spinning of synthetic polymeric filaments. In: Zhang, D., Ed., *Advances in Filament Yarn Spinning of Textiles and Polymers*, Woodhead Publishing, Cambridge, 75-99.

Reports and Data. (19 Temmuz 2022). *Polyester staple fiber and filament yarns market size, share and industry analysis by type (staple fiber, filament yarn), by material (polyethylene terephthalate (pet), poly-1, 4-cyclohexylene dimethylene (pcdt), others), by product (hollow, solid), by application (carpets and rugs, apparels, non-woven fabrics, home textiles, fiberfill, others) and region, segment forecasts to 2027*. Reports and Data. <https://www.reportsanddata.com/report-detail/polyester-staple-fiber-and-filament-yarns-market>

Sampath, M.B., Senthilkumar, M. ve 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.

Sevinç. T. (26 Haziran 2022) *Görüntü işleme nedir ve nerelerde kullanılır?*. Çeyrek Mühendis. <https://www.ceyrekmuhendis.com/goruntu-isleme-nedir-ve-nerelerde-kullanilir/>

Swicofil. (18 Temmuz 2022). *Polyester (PET) – Polyester yarn and fiber*. Swicofil. <http://old.swicofil.com/polyester.html>

Şenol, M.F. ve Türker, E. (2009). Polyester dokuma kumaşların su geçirgenliğine etki eden faktörlerin incelenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 19(2), 114-122.

Textile Exchange. (28 Temmuz 2022). *Preferred fiber and materials market report 2021*, 8-9. Textile Exchange. <https://textileexchange.org/preferred-fiber-and-materials-market-report/>

Toru. K. ve Motoji. T. (24 Temmuz 2022a). *JPH02135591A Method And Device For Counting Filament Number Constituting Multi-Filament String*. Espacenet. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/017747803/publication/JPH02135591A?q=JPH02135591A>

Toru. K. ve Motoji. T. (24 Temmuz 2022b). *JPH02288994A Device For Counting Number Of Constituting Filaments For Multi-Filament Yarn Body*. Espacenet. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/012380975/publication/JPH02288994A?q=JPH02288994A>

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu. (19 Mayıs 2021). *Bursa test ve analiz laboratuvarı endüstriyel hizmet kataloğu*. Tübitak. https://butal.tubitak.gov.tr/sites/images/butal/butal_katalog-2020_191209.pdf

Uster. (21 Temmuz 2022). *Filament yarn testing/Uster tester*. Uster. <https://www.uster.com/products/laboratory-systems/filament-yarn-testing/uster-tester/>

Vadapalli. P. (01 Temmuz 2022). *Image segmentation techniques (Step by step implementation)*. Upgrad. <https://www.upgrad.com/blog/image-segmentation-techniques/>

Wang. S., Zhang. G., Weng. Q., Lu. L. ve Liu. M. (24 Temmuz 2022).
CN202295378U Numerical control bamboo filament counter. Espacenet.
<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/046364326/publication/CN202295378U?q=CN202295378U>

Yıldırım. K. S., İnce. C., ve Kalaycı. E. T. (26 Haziran 2022). *Görüntü işleme.*
<https://docplayer.biz.tr/26551755-Goruntu-isleme-k-sinan-yildirim-cenk-ince-tahir-emre-kalayci-ege-universitesi-bilgisayar-muhendisligi-bolumu-2003.html>

Yongjun. C., Guangguo. J., Lin. Q., Bin. Y. ve Quanshu. Z. (24 Temmuz 2022).
CN111647965A Monofilament automatic counting system and method applicable to viscose filament. Espacenet.
<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/072344583/publication/CN111647965A?q=CN111647965A>