



**TEKSTİL VE MÜHENDİS**  
**(Journal of Textiles and Engineer)**



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

**Bikomponent Lifler**

**Bicomponent Fibers**

Rumeysa ÇELEN, Yusuf ULCAY  
Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):30 Haziran 2019 (30 June 2019)

**Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):**

Rumeysa ÇELEN, Yusuf ULCAY (2019): Bikomponent Lifler, Tekstil ve Mühendis, 26: 114, 177-187.

**For online version of the article:** <https://doi.org/10.7216/1300759920192611407>

**Sorumlu Yazara ait Orcid Numarası (Corresponding Author's Orcid Number) :**

<https://orcid.org/0000-0002-2972-8295>



## Derleme Makale / Review Article

# BİKOMPONENT LİFLER

**Rumeysa ÇELEN\***

<https://orcid.org/0000-0002-2972-8295>

**Yusuf ULCAY**

<https://orcid.org/0000-0001-6685-8278>

Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

*Gönderilme Tarihi / Received: 18.12.2018*

*Kabul Tarihi / Accepted: 24.04.2019*

**ÖZET:** Günümüzde, sentetik lifler insanların yaşamında önemli rol oynamaktadır. Sentetik lifler ve bu liflerden oluşturulan tekstil yüzeyleri, geleneksel tekstil ürünlerinin yanı sıra, hava yastığı, kord bezi, filtreler, kompozit malzemeler, konveyör bantlar, optik malzemeler, ısı ve ses yalıtım malzemeleri gibi teknik tekstil endüstrisinde pek çok uygulamada kullanılmaktadır. Bikomponent lif üretimi farklı iki polimerin birlikte çekilmesi esasına dayanan sentetik lif üretim yöntemlerinden birisidir. Bu yöntemle liflere farklı özellikler kazandırılmaktadır. Son kullanım yerine bağlı olarak, lif kesiti seçilerek, özel lifler üretmek mümkündür. Bikomponent lifler, ticari olarak da ilgi görmektedir. Bu makalede; bikomponent liflerin tarihçesi, bikomponent lif tanımı, üretim yöntemleri ve bikomponent lif pazarının durumu özetlenerek, ticari bikomponent liflere ve özellikle son yıllardaki literatür çalışmalarına yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sentetik lifler, bikomponent lifler, bikomponent lif pazarı, teknik tekstiller.

## BICOMPONENT FIBERS

**ABSTRACT:** Synthetic fibers play an important role in human's life today. Synthetic fibers and textile surfaces formed from these fibers are used in many applications in technical textiles industry such as airbag, cord fabric, filters, composite materials, conveyor belts, optical materials, heat and sound insulation materials, as well as conventional textile products. The production of bicomponent fibers is one of the synthetic fiber production methods based on the principle of drawing two different polymers together. With this method, different properties can be imparted to the fibers. It is possible to produce specialty fibers by selecting cross-sectional designs depending on the end-use application. Bicomponent fibers have attracted attention commercially. In this article; the history of bicomponent fibers, bicomponent fiber definition, production methods and the state of the bicomponent fiber market are summarized, and commercial bicomponent fibers and literature studies have been mentioned especially in recent years.

**Key words:** Synthetic fibers, bicomponent fibers, bicomponent fiber market, technical textiles.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** [rumeysaa@uludag.edu.tr](mailto:rumeysaa@uludag.edu.tr)

**DOI:** 10.7216/1300759920192611407, [www.tekstilvemuhendis.org.tr](http://www.tekstilvemuhendis.org.tr)

## 1. BİKOMPONENT LİFLERİN TARİHÇESİ

Yan yana bikomponent viskoz lifler 1937’de patentlenmiştir. İlk ticari bikomponent lif “Cantrese”, 1960’larda Dupont tarafından üretilmiştir. İç giyime yönelik tasarlanan bu lif, iki farklı poliamid polimerinin yan yana bikomponent lif üretim yöntemiyle çekiminden oluşmaktadır. Dokusuz yüzey ürünlerde ve çoraplarda kullanım amaçlı tanıtılmıştır [1]. 1970’lerde Asya’da, özellikle de Japonya’da birçok çeşitte bikomponent lif üretilmeye başlanmıştır. Çok karmaşık ve pahalı üretim düzenekleri kullanılmıştır [2]. 1970’lerde Monsanto firması kendi kendine kıvrımlanan monofilament poliamid lifi olan Monvel’i üretmiştir. [1]. 1989 sonralarında alışılmamış bir yöntemle düz, üzerinde delikler bulunan bir plaka ile polimeri yönlendirici kanalların yer aldığı farklı bir düzenek kullanılmıştır. Bu yöntem genel kabul görmüş, hem oldukça kullanışlı hem de maliyet olarak uygun bir yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır [2]. 1984’te dünyada yan yana bikomponent akrilik liflerin üretimini yapan 13 farklı üretici vardır. 1988-1991 yılları arasında bikomponent lifler hızlı büyüme göstermiştir. Morgan, 1992’de iç/dış bikomponent üretimi yapan 15 firma yayınlamıştır [1].

## 2. BİKOMPONENT LİF NEDİR?

Bikomponent lif üretmek, kimyasal ve/veya fiziksel olarak farklı iki polimeri tek lif içinde birleştirmek anlamına gelir [3].

Bikomponent lifler, lif uzunluğu boyunca iki malzemenin gereksinimlerini tek bir lifte karşılamak üzere tasarlanmıştır. Bu yüzden, “kompozit”, “konjuge” ve “hetero” lifler olarak da bilinmektedirler [4].

Polimer karışımların aksine, lif uzunluğu boyunca birbirinden net şekilde ayrılan iki polimerden oluşurlar, bu da polimerlerin kendi özelliklerine ilave olarak büyük avantaj sağlar [5].

Bikomponent lif üretiminin amacı, kullanım alanına uygun olarak materyalin performans özelliklerini geliştirmektir. Bikomponent liflerin davranışı, lif içindeki her bir komponentin davranışına, bileşim oranına ve bileşenler arasındaki etkileşime bağlıdır [6].

Bikomponent teknolojiyle son kullanım yerine bağlı olarak, uygun kesit seçimiyle, özel lifler üretmek mümkündür. İki polimer bileşeninin viskozitesi, soğutma oranı ve yüzey gerilimi bikomponent liflerin oluşumu ve özellikleri için kritiktir. İstenilen lif kesitinin elde edilebilmesi için her bir komponentin viskozitelerinin benzer olması gerekir. Soğutma oranı; her bir komponentin oryantasyonunu belirlerken, yüzey gerilimi; iki komponentin adhezyonunu ve son lif kesit yüzeyini belirler [4].

## 3. BİKOMPONENT LİF ÜRETİMİ

Bikomponent lifler kesit şekli dağılımına göre sınıflandırılırlar. Yaygın olanlar; yan yana, iç içe, denizde ada ve dilimli pasta bikomponent liflerdir.

### 3.1. Yan yana bikomponent lif üretimi

Yan yana bikomponent iplikler, filament enine ve boyuna kesitinde polimerin düzenli veya düzensiz dağılımıyla üretilirler. Düzenli yan yana filamentler için, her iki polimerin birlikte aktığı yer, doğrudan kılcal deliğin üzerinde ve mümkün olduğunca birbirine yakın olmalıdır. Her iki polimerdeki küçük viskozite dalgalanmaları nedeniyle ya da kılcal deliğin düzensiz akışa sebep olacak bir yüzeye sahip olması nedeniyle, mesafe arttıkça yan yana yapının düzensizliği artar. Ekstrüzyon anında, iki polimerin viskoziteleri aynı olduğunda, iki polimeri ayıran hat düz devam eder. Aksi takdirde düşük viskoziteli polimer diğer polimerin etrafına sarılacaktır [7]. Polimerlerin yerleşimine bağlı olarak yan yana bikomponent liflerde farklı kesit alanları elde edilebilir [8]. (Şekil 1).

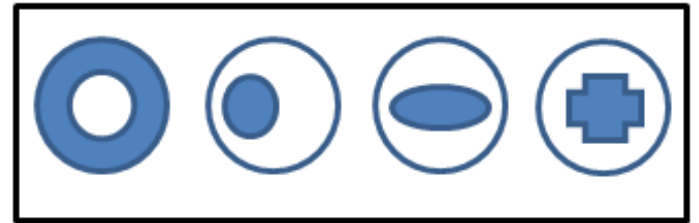


Şekil 1. Yan yana bikomponent liflere ait kesit görüntüleri

Bu yöntem, kendi kendine kıvrımlanan (self-crimping) lifler üretmek için de kullanılır. Kıvrım, iki polimerin kütle oranından ve büzülme potansiyelinden etkilenir [7]. Isı veya kaynar su içinde lif, iki polimerin farklı çekme özelliği nedeniyle kıvrım kazanır [9].

### 3.2. İç içe bikomponent lif üretimi

İç içe bikomponent lifler, bileşenlerden birinin ikinci bileşen ile çevrelediği liflerdir. İç polimer, lif çekim deliğinin merkezindeki delik tarafından oluşur [9]. İç ve dış delikler tam olarak eş merkezli ayarlanırsa filament konsantrik yapıda, tam tersi olması durumunda eksantrik yapıda olur [7]. Şekil 2’de iç içe bikomponent liflere ait farklı kesit görüntüleri verilmiştir.



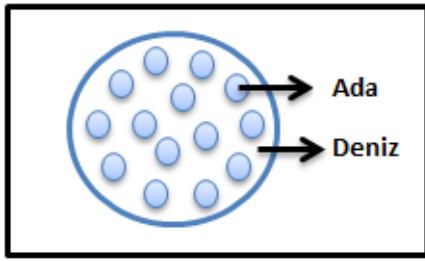
Şekil 2. İç içe bikomponent liflere ait kesit görüntüleri

İç içe bikomponent lifler, liflere mekanik özellik kaybı olmaksızın multi fonksiyonel özellik kazandırdığı için çok ilgi çekmektedir [10]. Bu konjugasyonun konsantrik veya eksantrik biçimi iki bileşenin özelliklerini birleştirmek için kullanılabilir. Eksantrik konfigürasyon kendi kendine kıvrımlanan özelliği sağlamada kullanılır. Diğer taraftan lif ve kumaş mukavemeti daha çok isteniyorsa konsantrik konfigürasyon seçilebilir [4].

İç yapı ile mukavemet, iletkenlik gibi özellikler, dış yapı ile estetik veya yapışma gibi özelliklerden yararlanılmaktadır [11]. Bugün ticari olarak üretilen bikomponent liflerin çoğu iç içe bikomponent lif yapısındadır. Bu liflerin çoğunlukla uygulama alanı dokusuz yüzeylerdir. Bu amaçla, dışta erime sıcaklığı içteki polimere göre daha düşük olan bir polimer seçilir. Dokusuz yüzey ürünlerde pek çok uygulamada bu lifler kullanılabilir [4].

### 3.3. Deniz ada bikomponent lif üretimi

Matris fibril yöntemi olarak da adlandırılırlar. Bunlar teknik olarak üretimi ve kullanımı karmaşık yapılardır. Şekil 3 deniz ada bikomponent liflerin kesit görünümünü simgelemektedir.

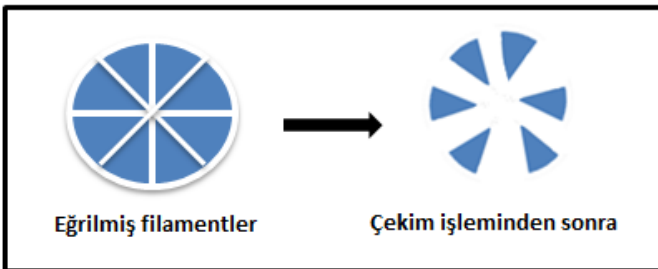


Şekil 3. Deniz ada bikomponent liflerin kesit görünümü

Ada veya fibril diye adlandırılan kısımda genellikle poliamid (PA), poliester (PET) veya polipropilen (PP) gibi polimerler kullanılır. Deniz veya matris olarak adlandırdığımız kısımda ise polistiren (PS), suda çözünebilir PET, plastize ya da sabunlaştırılmış polivinilalkol (PVA) kullanılır [8]. Bu lifler gerekli orandaki iki polimer karışımından çekilir ve bir polimer ikinci eriyikte damlacık şeklinde asılı kalır [9]. Bu yöntemle aynı zamanda mikro lif eldesi yapılmaktadır.

### 3.4. Dilimli pasta bikomponent lif üretimi

Bu yöntemde birbirine karışmayan iki farklı polimer lif içerisinde pasta dilimleri veya üçgen prizma şeklinde düzenlenmiştir. Bu yöntemin deniz ada yönteminden farkı, bir polimerin uzaklaştırılması yerine, her iki polimerin de lif içerisinde yer almasıdır. Şekil 4'te de görüldüğü gibi çekim işleminden sonra filamentler dilimlere ayrılmaktadır. PA/PET veya PET/poliolefin tercih edilen kombinasyonlar arasındadır [12, 13, 14].



Şekil 4. Dilimli pasta bikomponent liflerin kesit görünümü

## 4. BİKOMPONENT LİF PAZARI

Global bikomponent lif pazarının 2022 yılında 2025,2 milyon Amerikan Doları'na ulaşması beklenmektedir. Tüketicilerin yaşam standardının artması, dokusuz yüzey pazarının büyümesi, bebek ve yetişkin bezlerine olan talebin artması, otomobil üretiminin artması, hijyen ürünlerinin farkındalığının artması ve bikomponent liflerin tek bileşenli liflere göre daha yüksek performans göstermesi bikomponent lif pazarının başlıca büyüme sebeplerindedir.

Bikomponent lif pazarı kullanılan polimere göre sınıflandırıldığında polietilen (PE) /PP, PE/PET, ko-poliester (Ko-PET) /PET ve diğerleri şeklinde ayrılmaktadır. Ko-PET/ PET bikomponent liflerin, en çok tercih edilen bikomponent lif ikilisi olmaya devam edeceği düşünülmektedir. Bunun nedeni, iyi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, düşük maliyetle birleşmesidir. Global bikomponent lif pazarı, yapılarına göre iç içe, yan yana, deniz ada ve diğerleri olmak üzere sınıflanmıştır. İç içe bikomponent lif yapısı pazarda en yüksek payı işgal etmektedir

Son kullanım yerine göre bikomponent lif pazarı; hijyen, tekstil, otomotiv, ev gereçleri ve diğerleri olarak ayrılmıştır. Hijyen ürünlerinin pazarın en büyük parçası olarak devam edeceği düşünülmektedir. İnsanlar arasında artan sağlık ve hijyen bilinci bu ürünlere olan talebi arttırmaktadır. Otomotiv sektörü, bikomponent liflerin iyi dayanıma sahip ve hafif malzemeler olması nedeniyle bikomponent lif pazarının ikinci büyük alanı olmaya devam edecektir.

Bölgelere göre bikomponent lif pazarı, Kuzey Amerika, Avrupa, Asya Pasifik ve diğerleri olarak ayrılmıştır. Asya-Pasifik'in bikomponent lifler için en büyük ve en hızlı büyüyen pazar olmaya devam etmesi beklenmektedir. Artan gelir, sağlık altyapısının iyileştirilmesi ve sağlıkla ilgili uygun hükümet düzenlemeleri, bölgedeki bikomponent lif talebini daha da arttırmaktadır.

En önemli bikomponent lif üreticileri ES FiberVision, Huvis Corporation, Far Eastern New Century, Jiangnan High Polymer Fiber Co., Ltd., CHA Technologies Group, ve Jiaying Xinwei Chemical Fiber Co., Ltd. firmalarıdır [15].

## 5. TİCARİ BİKOMPONENT LİFLER

### 5.1. Far Eastern New Century Corporation

#### 5.1.1. Ingeo fiber

Ingeo lifi, iç içe bikomponent lif üretim yöntemiyle üretilmiştir. İç kısmında 170°C erime sıcaklığına sahip poli laktik asit (PLA), dış kısmında 130 °C erime sıcaklığına sahip PLA kullanılarak üretilen bu lif dokusuz yüzey ürünlerde bağlama lifi olarak kullanılmaktadır. Hipoalerjen, yüksek elastikiyet, yüksek yıkama haslığı gibi özelliklere sahiptir [16].

### 5.1.2. Sea- island microfiber

Sea- island microfiber, deniz ada bikomponent lif üretim yöntemiyle üretilmiştir. PA ve Ko-PET'den oluşmaktadır. Alkali işlem sonrası poliester çözünür ve 37 adet poliamid lifi elde edilir. Lifler süet gibi yumuşak bir tuşeye sahiptir. Suni deri ve ıslak mendil uygulamaları için uygundur [17].

### 5.1.3. Elastech

Elastech, kesikli polyester bikomponent liftir. Lif yapısı normalde zikzak şeklinde kıvrıma sahipken, 145-170 °C sıcak hava ile işlem gördükten sonra heliks şeklinde kıvrım almaktadır. Bu heliks yapı life esneme özelliği katmaktadır. Bu lifler genellikle tek başına ya da normal kesik elyaf poliesterle karıştırılarak kullanılmaktadır. Keçelerde, bandajlarda ve diğer medikal tekstil uygulamalarında kullanılmaktadır [18].

### 5.2. AceStatic®

AceStatic®, Acelon Chemicals & Fiber Corporation firmasının iç içe bikomponent lif üretim yöntemiyle ürettiği elektriksel iletkenliğe sahip poliester filamenttir. Poliester ve iletken malzemenin bileşiminden oluşur. İçte poliester, dışta iletken malzeme vardır. Bu liflerden oluşan kumaşlar üzerinde toz tutmaz, cilde yapışmaz ve statik elektriklenme göstermez.  $10^6$ - $10^9$   $\Omega$ .cm aralığında elektriksel dirence sahiptir. Aynı zamanda hastane, ordu gibi statik salınma ihtiyaç duyulan yerlerde koruyucu giysi ipliği olarak kullanılmaktadır [19].

### 5.3. Source

Source lifi, Allied Chemicals Ltd. firması tarafından üretilen deniz ada bikomponent liftir. Deniz kısmı poliamid 6, ada kısmı poliesterden oluşmaktadır. Poliester fibrilleri, lifin modülünü arttırmış, boyanabilirliğini azaltmış, tekstüre edilebilme özelliğini geliştirmiştir [20].

### 5.4. CHA Technologies Group

#### 5.4.1. CM800

Farklı viskozitelere sahip iki polimerle üretilen bu iplik, 300-600 denye, 75-200 denye ve 25-50 denye iplik numaralarında üretilmektedir. Bikomponent ipliklere ısı işlem uygulanmasıyla birlikte iplik kıvrımlı yapıya dönüşmektedir. İyi esneme ve geri dönüş özelliklerinin yanı sıra iyi ısı, yaşlanma, klor ve kimyasal dayanıma sahiptir.

#### 5.4.2. Splittable Yarn

İki farklı polimerin birleşiminden oluşan bikomponent lifin fiziksel veya kimyasal olarak işlem görmesiyle 0.13 dpf numara mikrolifler üretilmektedir. Bu liflerden üretilen kumaşlar yumuşak tuşe ve iyi nem absorpsiyonu göstermektedirler.

#### 5.4.3. PLA Filament

Biyobozunur PLA lifinden oluşan bu yapı güç tutuşurluk, doğal antimikrobiyal özellik ve UV dayanım gibi özelliklere sahiptir.

### 5.4.4. Bi-component Polyamide

İç içe bikomponent lif üretim yöntemiyle üretilen bu lifte içte poliamid, dışta daha düşük erime sıcaklığına sahip poliamid kullanılmıştır. Bu bikomponent lif bağlama lifi olarak kullanılmaktadır [21].

### 5.5. Huvis Corporation

Firmanın yılda 100.000 metrik ton filament iplik üretimi vardır. Bikomponent iplikler bunun %20'lik bir kısmını oluşturmaktadır [22].

#### 5.5.1. Hygiene bico

2001'den günümüze, Kore'deki ihracat ürünlerini ödüllendirmek, cesaretlendirmek ve arttırmak için Kore Hükümeti tarafından "Dünya Klasında Kore Ürünleri" belirlenmiştir. "Hygiene bico" bikomponent ipliği de 2001 yılında bu ürünler arasında yer almıştır. Dış kısmı PE veya PP, iç kısmı PP veya PET' den oluşan iç içe bikomponent liftir. Poliester ipliğe göre daha yumuşaktır. Çocuk bezi, hijyenik pedler de dahil olmak üzere pek çok uygulamada kullanılmaktadır [23].

#### 5.5.2. Sea-island

Ada-deniz bikomponent liflerin üretiminde PET/PA veya PET/PET ikilisi kullanılmaktadır. Alkali işlem sonrası 0.05 denye numarada mikrolifler üretilmektedir. Bu lifler, suni deri, süet, ıslak mendil, ayakkabılarda kullanılmaktadır [24].

### 5.6. Swicofil

Firma, iç içe bikomponent lif üretimi yöntemiyle kesikli bikomponent lif üretmektedir. Dışta poliamid 6, içte poliamid 6,6 kullanılmaktadır. İç /dış oranı 50/50'dir. 3 farklı iplik numarasında (2,2, 3,3 ve 6,7 dtex) üretim yapılabilmektedir. İpliğin yoğunluğu 1,14 g/cm<sup>3</sup>, mukavemeti 4,5 cN/dtex, uzama değeri % 120' dir [25].

### 5.7. ES FiberVision

ES FiberVision firmasının bikomponent lifleri genelde dış malzeme polietilen, iç malzeme poliester veya polipropilen olarak tasarlanan multi fonksiyonel özelliklere sahip liflerdir. Dokusuz yüzey ürünlerde bağlama lifi olarak kullanılırlar. Dış malzeme erirken, iç malzeme ürüne üç boyutlu bir yapı kazandırır ve dokusuz yüzey ürüne mukavemet sağlar. Firma poliolefin bikomponent liflerde pek çok patente sahiptir [26].

### 5.8. Kilop USA

İç içe bikomponent lif üretim yöntemi kullanılmaktadır. Dışta polietilen, içte poliester kullanılmıştır. Dokusuz yüzey ürünlerde bağlama lifi olarak kullanılmaktadır. Uygulama alanlarına, bebek bezi, kadın pedi, ıslak mendil ve gıda ambalajı örnek verilebilir [27].

### 5.9. Ecofabril

İçte poliester, dışta ko-poliester kullanılan iç/dış bikomponent liftir. Yorganlarda ve yatak dolgularında kullanılmaktadır [28].

### 5.10. Recron® Micrelle

Reliance Industries Limited firmasının ürettiği poliamid ve poliesterden oluşan bikomponent ipliklerdir. Kostik işlem sonrası 0.11 dpf numarada lifler üretilmektedir. Bu iplikle üretilen ürünlerin yumuşak ve pürüzsüz bir tuşeye sahip olduğu ve kırışma dayanımının yüksek olduğu belirtilmiştir. Pamuk ile birlikte kullanıldığında çarşaf, havlu, battaniye gibi ev tekstil ürünlerinde kullanımı tercih edilmektedir [29].

### 5.11. Toray Industries

Toray firması, deniz-ada bikomponent liflerin yüzey morfolojisini ve kimyasal yapısını kontrol ederek, hücre ve protein gibi biyo-hedefleri seçici olarak ortadan kaldıran kanın saflaştırılması için yenilikçi bir lif adsorbenti tasarlamıştır. Bu yeni liflerin geleneksel lif adsorbentlerine kıyasla performans ve güvenliği geliştirmesi beklenmektedir. Bu yapı sağlığı korumak için gerekli olan hücre ve proteinleri elimine etmeden, sadece iltihaba sebep olan hücreyi yok edebilecektir [30].

### 5.12. Evolon®

Evolon®, Freudenberg firması tarafından spunlaid işlemi kullanılarak patentli bir eğirme sistemi ile üretilen sonsuz bikomponent filamentlere sahip bir üründür. Bu teknolojiyle üretilen dokusuz yüzey ürünler, otomotiv ve elektronik sektöründe teknik paketleme işlemlerinde, antialerjik uygulamalar gibi pek çok alanda kullanılabilir [31].

## 6. YAPILAN SON ÇALIŞMALAR

Poliester bikomponent iplikler, örneğin poliester ve yüksek büzülme özelliğine modifiye poliesterler mekanik uzamalı iplikler olarak kullanılmaktadır. Poli trimetilen tereftalat (PTT) lifleri de elastik özellikleri nedeniyle kullanılanlardan biridir [32-35]. Oh ve ark. [36] liflerin fiziksel ve yapısal özelliklerine çekim oranı ve sıcaklığın etkisini incelemek için PTT/ PET yan yana bikomponent lifler üretmişlerdir. PET' in moleküler oryantasyonu PTT'ye göre, artan çekim oranıyla birlikte belirgin şekilde artmıştır. Kıvrımlanma, PET' in kristalin yapısının yeterince oluştuğu noktada, çekim oranı 2'nin üzerindeyken keskin bir artış göstermiştir. Yeterli kıvrımlanma için 140 °C' lik bir sıcaklığa ihtiyaç duyulmuştur. PET' in kristallenme ve oryantasyonu liflerin kıvrımlanma oranına atfedilmiştir. Kıvrımlanma, sıcaklıktan ziyade çekim oranından daha çok etkilenmiştir. Yeterli kıvrımlanma oranı, mukavemet ve kristalin yapı için 2,2 çekim oranı ve 140 °C sıcaklığın gerekli olduğunu tespit etmişlerdir.

Liu ve ark. [37] filtrasyon uygulamalarında kullanılmak üzere PP/PET bikomponent lif üretmişlerdir. Liflerin yapısı, gözenekliliği ve filtrasyon performansı değerlendirilmiştir. Ortalama lif

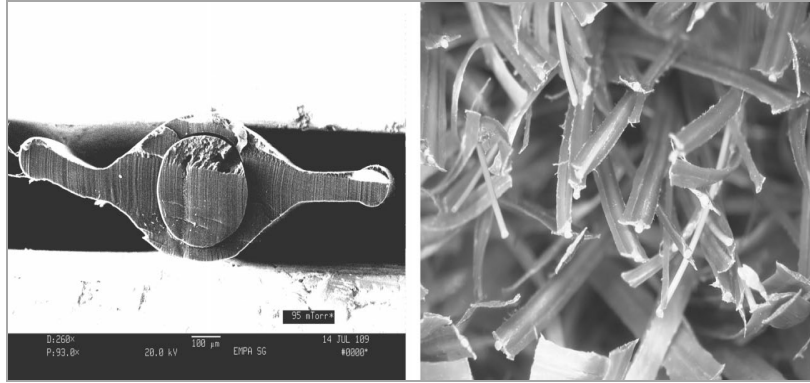
çapı 2-3,5 µm, gözenek çapı 12,3-15,6 µm ve gözeneklilik oranı %90-94 olarak elde edilmiştir. Referans olarak monofilament PP kullanılmıştır. Üretilen lifler monofilament PP ile kıyaslandığında lif çapının daha ince, yüzey alanının daha fazla, gözenek çapının daha düşük ve gözenekliliğin daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Monofilament PP' ye göre filtrasyon etkinliği daha iyi çıkmıştır. Bikomponent liflere uygulanan koronadeşarj işlemi sonrası filtrasyon etkinliği % 97,3'e ulaşmıştır.

Strååt ve ark. [38] çalışmalarında iç içe bikomponent lif üretmişlerdir. Dış kısımda PA6 veya PP, iç kısımda iki farklı iletken polimer kompozit malzeme kullanmışlardır. İletken polimer kompozitlerden biri PP/ Karbon siyahı, diğeri PE/Çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT)'tür. Pilot ölçekte bir bikomponent lif üretim makinası kullanılmış, 13-47 dtex numara aralığında lifler üretilmiştir. Elektriksel iletkenlik çekim oranının artmasıyla azalmıştır. Bu azalma, MWCNT kullanılan iletken polimer kompozitte karbon siyahı kullanıma göre daha fazla gerçekleşmiştir.

Süvari ve ark. [39] çalışmalarında deniz ada bikomponent liflerden üretilen dokusuz yüzeylerin ses emicilik davranışını araştırmışlardır. Ada polimeri olarak poliamid 6, deniz polimeri olarak polietilen kullanılmıştır. 1, 7, 19, 37 ve 108 olmak üzere beş farklı ada sayısı kullanılmış, ada sayısının ses emicilik davranışı üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar fibrilasyon derecesinin ve ada sayısının yüzeylerin ses emicilik davranışını etkilediğini göstermiştir. Ada sayısı arttıkça ses emilimi artmıştır. Yüzeylerin, özellikle düşük frekanslı uygulamalarda iyi bir absorblayıcı malzeme olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Suni çimler mukavemetli, uzun ömürlü ve tüm hava koşullarında oynanabilir olmalıdır. Poliamid suni çimler yüksek rezilyans özelliği gösterirler fakat ciltte tahrişe neden olurlar. PE suni çimler ise cilt dostudur fakat kalıcı deformasyona eğilimli malzemelerdir. Hufenus ve ark. [40] çalışmalarında PA/ PE iç içe monofilament bikomponent lif üretmişlerdir (Şekil 5). Suni çimlerdeki cilt tahrişi riskini minimize edip, rezilyansı maksimize etmeyi amaçlamışlardır. Farklı iç/dış polimer kombinasyonu ve farklı iç/dış polimer oranları kullanılmıştır. Optimum malzeme kombinasyonu, lif enine kesiti ve filamentlerin çekiminin validasyonu için sayısal simülasyon uygulamışlardır. Üretilen suni çim, oynanabilirlik ve görünüm açısından doğal çim ile benzerlik göstermiştir.

Glaub ve ark. [41] piezoelektrik uygulamalar için iç içe bikomponent lifler üretmişlerdir. İç malzeme olarak PP-CNT (Karbon nanotüp), dış malzeme olarak PVDF (Poliviniliden florür) kullanılarak liflerin üretilebilirliğini araştırmışlardır. Üretilen ipliklere optik mikroskop, XRD, TEM ve DSC analizi uygulanmıştır. Kullanılan malzemelerin üretilebilirliğinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Otuz dakika boyunca kopuşsuz bir çekim işlemi gerçekleştirilebilmiştir. Çalışmanın devamında proses ve malzeme iyileştirmelerinin yapılmasının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 5. PA/PE bikomponent liflerin enine kesit SEM ve bu liflerden yapılan suni çimlerin mikroskop görüntüsü (İzinle çoğaltılmıştır.) [40].

Tural [42] tez çalışmasında eriyik çekim yöntemiyle baryum titanat katkılı iç içe bikomponent iplikler üretmiştir. İç malzeme olarak nano baryum titanat ( $BaTiO_3$ ) ve PBT, dış malzeme olarak PET kullanılmıştır. 3 farklı katkı oranı (%1, %2 ve %3) kullanılarak üretilen bu ipliklerden iki farklı sıklıkta örme yüzeyler elde edilmiştir. İpliklerin elektriksel iletkenliği ve yüzeylerin elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçülmüştür. Konsantrasyon arttıkça elektriksel iletkenlik değeri artmış, en yüksek  $1,26 \times 10^{-3}$  S/cm değeri elde edilmiştir. Yüzeylerin elektromanyetik kalkanlama (EMK) etkinliği değeri en yüksek 25.95 dB olarak ölçülmüştür.

Eren ve Ulcay [43] çalışmalarında elektromanyetik kalkanlama uygulamalarında kullanım amaçlı %20'lik nano demir oksit katkılı bikomponent iplikler üretmişlerdir. %1, 2 ve 3 olmak üzere üç farklı katkı oranı denenmiş akıştaki bozukluk ve kopmalardan dolayı sadece %1 katkılı üretim yapılabilmektedir. Üretilen iplikten iki farklı sıklıkta örme kumaş üretilmiş ve elektromanyetik kalkanlama etkinlikleri ölçülmüştür. Demir oksit kullanımının ve kumaş sıklığının elektromanyetik kalkanlama üzerinde etkisi olduğu istatistiksel olarak doğrulanmıştır. En yüksek kalkanlama etkinliği 18,78 dB olarak belirtilmiştir.

Kohri ve ark. [44] çalışmalarında eriyik çekim yöntemi ile iç içe bikomponent elastomerik lif üretimi gerçekleştirmişlerdir. İç malzeme olarak düşük izotaktisiteli PP (LPP), dış malzeme olarak da LPP ve yüksek izotaktisiteli PP (IPP) kullanılmıştır. Dış malzemede IPP bileşimini % 8'den % 40'a, iç/dış oranı 50/50' den 90/10'a değişirken, toplam IPP oranı % 4 olarak sabitlenmiştir. Dış malzemede artan IPP oranı ve azalan dış katman oranı ile birlikte yüksek elastik toparlanma davranışı, artan modül ve mukavemet değerleri elde edilmiştir. IPP 'nin LPP'nin kristallenme yeteneğini baskıladığı sonucuna varılmıştır.

Noll ve ark. [45] çalışmalarında dizel yakıtların filtrasyon verimliliğini arttırmak için PA 6 bikomponent liflerden su yönlendirme kanalları geliştirmişlerdir. Üretilen filtrelerle dizel yakıttan su damlacıklarının ayrılması sağlayan bir sistem tasarlamışlardır. Yüzeyde poliamid 6 liflerinin hidrofilitelerini arttırmak için anti statik ajanlarla birlikte  $SiO_2$  partiküller kullanılmıştır.

Dai ve ark. [46] çalışmalarında korona şarj teknolojisini kullanarak nano kristal  $MnO_2$  ve PE/PP bikomponent liflerle kombine edilmiş çok işlevli bir kompozit filtre oluşturmuştur. Korona şarj işlemi sonrası filtrasyon verimliliği nispeten artmıştır. Filtrasyon, adsorpsiyon ve katalitik mekanizmalar yoluyla pasif oda havasının temizlenmesi için multi fonksiyonel lif filtrelerin üretilmesi, mevcut hava filtresi endüstrisinde acil ihtiyaçların karşılanması için kritik öneme sahiptir. Yazarlar,  $MnO_2$ /PE/PP filtrenin üretiminin yorucu prosedürler içermediği ve seri üretime kolayca olanak sağlayabileceği için, daha fazla işlevsellik ve daha yüksek bir şarj tutma kapasitesi ile imal edilmesine yönelik metodolojinin, bu tarz filtrelerin oluşturulmasını kolaylaştırabileceğini belirtmiştir.

Sibanda ve ark. [47] uçucu sivrisinek kovucuların kontrollü salınımı için, iç içe bikomponent lifler üretmiştir. Dış malzeme olarak yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), iç malzeme olarak da poli (etilen ko-vinil asetat) EVA içinde konsantre bir uçucu olan Dietil-m-toluamid (DEET) kullanmışlardır. Taramalı elektron mikroskobu ile iç içe bikomponent lif yapısının oluşumu doğrulanmıştır. Bu liflerden üretilen örme tekstil yüzeyleri, 20 soğuk yıkamadan sonra bile sinek kovucu özellik göstermiştir. Yüzeylerin sekiz ay laboratuvar koşullarında yaşlandırılmasından sonra bile etkinliği sürmüştür. Çalışma sonuçları, üretilen bu liflerin, açık hava sivrisinek ısırıklarını etkili ve uygun bir şekilde önleme amaçlı alternatif olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Takematsu ve ark. [48] dışta PE, içte PP polimeri kullanarak ürettikleri iç içe bikomponent lifleri, FT-IR, DSC, TGA, SEM gibi karakterizasyon yöntemleriyle analiz etmişlerdir. SEM analizi ile iç içe konfigürasyon ve her bir tabakanın genişliği karakterize edilmiştir. Termal analizler, termal bozunma sırasındaki kütle kaybının analizi için kullanılmıştır. FT-IR ve ultraviyole görünür (UV-VIS) spektroskopisi de lif yapısındaki bileşenleri karakterize etmek için kullanılmıştır. Çalışma, özellikle FT-IR analizinin iç içe yapının kompozisyonunu anlamadaki önemini vurgulamaktadır.

Celikel ve Babaarslan [49] çalışmalarında bikomponent liflerden oluşan çok katmanlı dokusuz yüzeylerin ses absorpsiyon

özelliklerini, tek bileşenli liflerle kıyaslayarak incelemiştir. Poliester liflerinden elde edilen çok katmanlı dokusuz yüzeyler üç katmandan oluşmaktadır. Bikomponent liflerden oluşan dokusuz yüzeyler diğerine kıyasla daha iyi ses absorpsiyon özelliği göstermiştir. Kumaş gramajının artmasıyla birlikte bu sonucun anlamlılığı da artmıştır.

Wang ve ark. [50] çalışmalarında PET/PA 6 içi boş dilimli pasta bikomponent liflerin özellikleri üzerine çekme basıncının etkisini araştırmışlardır. Liflerin termal, morfolojik, oryantasyon ve mukavemet özellikleri incelenmiştir. Çekme basıncının artmasıyla birlikte liflerin kristalizasyon ve oryantasyon derecesinde artış meydana gelmiştir. Çekme basıncı artarken liflerin mukavemet değeri artmış, uzama değeri azalmıştır.

Roungpaysan ve ark. [51] PLLA polimerinden üç farklı türde (Yüksek yoğunluklu PLLA, Düşük yoğunluklu PLLA ve bikomponent PLLA) lif üretimi gerçekleştirmiştir. Bikomponent lif üretiminde dışta düşük yoğunluklu PLLA, içte yüksek yoğunluklu PLLA kullanılmıştır. İç/Dış malzeme oranı 50/50'dir. İpliklerin yüksek çekim hızında üretilebilirliği incelenmiştir. Lif özelliklerinin analizi için, enine kesit görüntüleri incelenmiş, WAXD (geniş açılı X ışını kırınımı) analizi yapılmış ve mukavemet ve uzama testleri değerlendirilmiştir.

Bikomponent lifler farklı enine kesitlerde ve geometrilerde mikrometre çapında üretilebilseler de, daha küçük çaplarda özellikle de nanometre çapında üretilmeleri zordur. Özellikle son yıllarda, nanolifli malzemelerin eşsiz özellikleri ve pek çok uygulamada kullanılmaları sebebiyle bunların üretim teknikleri ile ilgili çalışmalar artış göstermiştir [52].

Yu ve ark. [53] yüksek konsantrasyonlu polimer çözeltilerinden ultra ince lifler üretmek için, koaksiyel elektro çekim sistemini modifiye ederek yeni bir teknoloji geliştirmeyi amaçlamışlardır. Normalde elektro çekim işleminde etanol içinde %10 oranında kullanılan PVP (polivinilpirolidon), geliştirilen proses sayesinde %35 oranında kullanılabilmiştir. SEM sonuçları, ortaya çıkan nano liflerin düzgün yüzey morfolojisine ve yüksek yapısal homojenliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Van Do ve ark. [54] koaksiyel elektro çekim yöntemiyle polietilen glikol (PEG) / poliviniliden florür (PVDF) iç içe bikomponent nano lifler üretmişlerdir. Nano lifler, iyi termal dayanım ve yeterli çekme mukavemeti değeri göstermişlerdir. Potansiyel uygulama alanı olarak ısı düzenleyici (termoregülatör) tekstiller için ısı enerjisi depolama malzemesi olabileceği vurgulanmıştır.

Li ve ark. [55] çalışmalarında koaksiyel elektro çekim yöntemiyle lipozom stabilizasyonu için kullanılabilen nano lifler

üretmişlerdir. İç malzeme olarak küçük tek lamelli vesikül (SUV), sodyum hiyalüranat (HA-Na) ve su karışımı, dış malzeme olarak PVP ve etanol çözeltisi kullanılmıştır. SUV'ler nano liflerin iç matrisine başarılı bir şekilde kapsüllenmiştir. Nano lifler oda sıcaklığında bir aylık depolamadan sonra suda yeniden çözüldüğünde, tekrar sulandırılmış SUV'ler, hazırlanan SUV'ler ile benzer boyut ve boyut dağılımında çıkmıştır. Lipozom yüklü nano liflerin, yara iyileştirme malzemeleri için umut vadeden bir uygulama olduğu sonucuna varılmıştır.

Kim ve ark. [56] esnek organik fotovoltaik cihazlarda kullanılmak üzere koaksiyel elektro çekim yöntemiyle iç içe yapıda organik yarı iletken lifler üretmişlerdir. Dış malzeme olarak PVP, iç malzeme olarak poli (3-heksiltiofen) ve fenil-C61-bütirik asit metil ester (P3HT: PCBM) kullanılmıştır. Üretimden sonra PVP etanol içinde çözülmüştür. Lifler, bir fototransistör ve bir fotodiyod içinde termal tavlama işlemi sonrası güçlü bir ısı tepkin davranış göstermişlerdir. Bu liflerin esnek optoelektrik cihazlar için umut vadeden bileşenler olduğu belirtilmiştir.

Lin ve ark. [57] iç içe bikomponent lif yapısına sahip ısıya duyarlı ve iletken nano lifler üretmişlerdir. Dış malzeme olarak poli (N-izopropilakrilamid-ko-N metilolakrilamid) (PNN) kullanılmış ve iletken poli (3,4-etilendioksitiofen): poli (stiren sülfonat) (PEDOT: PSS) ile suda farklı ağırlık oranlarında karıştırılmıştır. İç malzeme olarak poli (bütillakrilat-ko-stiren) (PBS) kullanılmıştır. Dış malzemede, 0.20 PEDOT: PSS / PNN ağırlık oranına sahip nano lifler için yüzey iletkenliği 29.4 S/cm olarak ölçülmüştür. Sıcaklıkla elektriksel direnç azaldığında dahi nano lifler ısıya duyarlı özellik sergilemiştir.

Zhang ve ark. [58] PVA/süt bileşiminden oluşan bikomponent nano lifler üretmişlerdir. Debi, voltaj gibi farklı proses parametreleri ve beş farklı polimer oranı çalışılmıştır. SEM analizi ile nanoliflerin yüzey özellikleri karakterize edilmiştir. Yazarlar, bu liflerin özellikle spor yaralanmalarında yara örtüsü olarak kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Cai ve ark. [59] elektro çekim yöntemiyle poliviniliden florür (PVDF) / polimid (PI) yan yana bikomponent nano lifler üretmişlerdir. Nano liflerin termal stabilitesi, mekanik özellikleri ve filtrasyon özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar, nano liflerin hem iyi mekanik özelliklere hem de yüksek termal kararlılığa sahip olduğunu göstermiştir. Nanolifler yüksek sıcaklıkta işlem gördükten sonra bile iyi filtrasyon performansı göstermiştir. Bu yüzeylerin orta ve yüksek sıcaklıktaki filtrasyon uygulamalarında kullanılabilceği beklenmektedir.

Bikomponent liflerle ilgili çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiştir.



**Tablo 1.** Bikomponent liflerle ilgili son çalışmaların özeti

Üretim Yöntemi / Malzeme	Çalışmanın Amacı	Kaynak
Yan yana (PTT/PET)	Kendi kendine kıvrımlanan lif eldesi	[36]
Yan yana (PP/PET)	Filtrasyon uygulamaları	[37]
İç içe (İletken polimer kompozit / PA6-PP)	Elektriksel uygulamalar için iletken lif	[38]
Ada- deniz (PA 6/ PE)	Ses absorpsiyonu	[39]
İç içe (PA 6/PE)	Suni çim uygulaması	[40]
İç içe (PP-CNT/PVDF)	Piezoelektrik uygulamalar	[41]
İç içe (BaTiO <sub>3</sub> /PET)	Elektriksel iletkenlik, EMK	[42]
İç içe (Demir oksit/PET)	EMK	[43]
İç içe (LPP/ LPP-IPP)	IPP yerleşiminin etkisi	[44]
İç içe (PA6/PA6- SiO <sub>2</sub> )	Dizel yakıt filtrasyonu	[45]
İç içe (PE/PP)	Filtrasyon uygulamaları	[46]
İç içe (HDPE/EVA)	Sinek kovucu tekstil yüzeyi	[47]
İç içe (PE/PP)	Bikomponent lif karakterizasyonu	[48]
İç içe (PET/Ko-PET)	Ses absorpsiyonu	[49]
Dilimli pasta (PET/PA 6)	Bikomponent lif karakterizasyonu	[50]
İç içe (Düşük yoğunluklu PLLA/Yüksek Yoğunluklu PLLA)	Bikomponent lif karakterizasyonu	[51]
İç içe (DMAc/PVP)	Elektro çekimde yüksek konsantrasyonlu polimer kullanımı	[53]
İç içe (PEG/PVDF)	Enerji depolama	[54]
İç içe SUV/PVP	Lipozom stabilizasyonu	[55]
İç içe (PVP/ P3HT: PCBM)	Fotovoltaik uygulamalar için yarı iletken lif	[56]
İç içe (PNN/ PBS)	Termal ve elektriksel iletkenlik uygulamaları	[57]
PVA/Süt	Yara örtüsü	[58]
Yan yana (PVDF/PI)	Filtrasyon	[59]

## 7. SONUÇ

Bikomponent lif üretimi, fonksiyonel lif üretim yöntemleri arasında en önemlilerinden biridir. Konvansiyonel liflerin aksine farklı iki polimerin özelliklerini tek bir polimerde sağlamayı hedefler.

Günümüzde, bikomponent lif üretiminin payı mevcut sentetik lif üretim yöntemlerine göre oldukça azdır. Global bikomponent lif pazarı tahminlerine göre, günümüzden 2022 yılına kadar bikomponent lif üretiminin artarak devam etmesi beklenmektedir.

Lif üretim yöntemlerine göre kıyas yapıldığında hem ticari boyutta hem de akademik çalışmalarda iç içe bikomponent lif yapısının en önemli paya sahip olduğu görülmektedir. Dokusuz yüzey pazarının giderek büyüdüğü düşünülürse bu beklenen bir sonuçtur. En sık kullanılan malzemeler ise poliester, poliolefinler ve poliamid 6 polimerleridir.

Bikomponent lifler ve bikomponent nano lifler, elektronik, dokusuz yüzeyler, sağlık, filtrasyon gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Gelecekte, yeni malzemelerin ve yeni yöntemlerin gelişmesiyle birlikte, bikomponent liflerin ve bu liflerden üre-

tilen ürünlerin kullanımının ve öneminin artacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Lewin, M.,Preston, J. (1991), *Handbook of Fiber Science and Technology Volume III High Technology Fibers Part B. Material And Manufacturing Process*, 6(4), 745-748.
- Kikutani, T., Radhakrishnan, J., Arikawa, S., Takaku, A., Okui, N., Jin, X., ... & Kudo, Y. (1996), *High speed melt spinning of bicomponent fibers: Mechanism of fiber structure development in poly (ethylene terephthalate)/polypropylene system*. Journal of applied polymer science, 62(11), 1913-1924.
- Fourn, F. (1995), *Synthetische Fasern: Herstellung, Maschinenund Apparate, Eigenschaften; Handbuch fürAnlagenplanung, Maschinenkonstruktion und Betrieb*; Carl Hanser Verlag: Munich, Germany.
- Dasdemir, M., Maze, B., Anantharamaiah, N., & Pourdeyhimi, B. (2012), *Influence of polymer type, composition, and interface on the structural and mechanical properties of core/sheath type bicomponent nonwoven fibers*, Journal of Materials Science, 47(16), 5955-5969.

5. Prahsarn, C., Klinsukhon, W., Roungpaisan, N., Srisawat, N. (2013), *Self-crimped bicomponent fibers containing polypropylene/ethylene octene copolymer*. Materials Letters, 91, 232-234.
6. Choi, Y.B., Kim, S.Y. (1999), *Effects of interface on the dynamic mechanical properties of PET/nylon 6 bicomponent fibers*, Journal of applied polymer science, 74(8), 2083-2093.
7. Fourné, F., Hergeth, H.H. (1999), *Synthetic fibers: Machines and equipment, manufacture, properties* (p. 930). Munich: Hanser.
8. *Bicomponent Fibers*, <http://www.engr.utk.edu/mse/Textiles/Bicomponent%20fibers.htm> (Erişim Tarihi: 10.09.2018).
9. Dayıoğlu, H., Karakaş H. (2007), *Elyaf Bilgisi*, İstanbul, 81-138 s.
10. Tomioka, S., Kojima, M. (1979), *Spinnability and Adhesiveness of Polypropylene-Polyethylene Bicomponent Fibers*, Sell 'i Gakknishi 35, 542-547.
11. El-Salmawy, A., Kimura, Y. (2001), *Structure and properties of bicomponent core-sheath fibers from poly (ethylene terephthalate) and biodegradable aliphatic polyesters*, Textile Research Journal, 71(2), 145-152.
12. Mukhopadhyay, S., Ramakrishnan, G. (2008), *Microfibers*, Textile Progress, 40, 1-86.
13. Nakajima, T. (1994), *Advanced Fiber Spinning Technology*, Woodhead Publishing Limited, İngiltere.
14. *Microfiber*, [http://www.stadsing.com/gfx/brugerupload/documents,WHAT%20IS%20MICROFIBER%20\(BH\).pdf](http://www.stadsing.com/gfx/brugerupload/documents,WHAT%20IS%20MICROFIBER%20(BH).pdf) (Erişim Tarihi: 10.09.2018).
15. *Bicomponent Fiber Market*, <https://www.stratviewresearch.com/288/bicomponent-fiber-market.html> (Erişim Tarihi: 10.09.2018).
16. *Ingeo Fiber*, [http://industry.fenc.com/fiber\\_product.aspx?lang=en&id=53](http://industry.fenc.com/fiber_product.aspx?lang=en&id=53) (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
17. *Sea-island microfiber*, [http://industry.fenc.com/fiber\\_product.aspx?lang=en&id=33](http://industry.fenc.com/fiber_product.aspx?lang=en&id=33) (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
18. *Elastech*, [http://industry.fenc.com/fiber\\_product.aspx?lang=en&id=35](http://industry.fenc.com/fiber_product.aspx?lang=en&id=35) (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
19. *Acestatic*, [http://www.acion.com.tw/en/products\\_content.php?&aid=3&id=233&sid=202](http://www.acion.com.tw/en/products_content.php?&aid=3&id=233&sid=202) (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
20. Gopalakrishnan, D. *Bicomponent Fibers*, <https://www.fibre2fashion.com/industryarticle/1587/bicomponent-fibers?page=4> (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
21. *Bicomponent Filament Yarns*, <http://www.chatechnologies.com/fiberyarn/spandex/> (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
22. *Applications of Huvis Products*, [http://koteri.re.kr/data/koteri/board/pds/koteri\\_data/%28%C8%B8%BB%E7%BC%D2%B0%B3%29%20090916%20Huvis%20profile.pdf](http://koteri.re.kr/data/koteri/board/pds/koteri_data/%28%C8%B8%BB%E7%BC%D2%B0%B3%29%20090916%20Huvis%20profile.pdf) (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
23. *Hygiene bico*, [https://www.huvis.com/eng/product/ProductDetail.asp?product\\_seq=211&cate\\_seq=1400%20%20&cate2\\_seq=1402](https://www.huvis.com/eng/product/ProductDetail.asp?product_seq=211&cate_seq=1400%20%20&cate2_seq=1402) (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
24. *Sea-island*, [https://www.huvis.com/eng/product/ProductDetail.asp?product\\_seq=205&cate\\_seq=1400%20%20&cate2\\_seq=1403](https://www.huvis.com/eng/product/ProductDetail.asp?product_seq=205&cate_seq=1400%20%20&cate2_seq=1403) (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
25. *Bi-component Polyamide Nylon fibers for nonwoven applications*, <http://old.swicofil.com/nonwovenpafiber.html> (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
26. <http://es-fibervisions.com/> (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
27. <https://www.kilopusa.com/fibers/> (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
28. [http://www.ecofabril.com.br/en/produtos/5/bicomponent\\_fibers](http://www.ecofabril.com.br/en/produtos/5/bicomponent_fibers) (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
29. [http://www.recron.com/recron\\_micelle.html](http://www.recron.com/recron_micelle.html) (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
30. *Toray Industries:New bicomponent fiber for blood purifying*, Chemical Fibers International, 3/2018, 103.
31. *Evolon*, <https://www.freudenbergpm.com/Materials/evolon> (Erişim Tarihi: 11.12.2018).
32. Wu, J., Schultz, J.M., Samon, J.M., Pangelinan, A. B., Chuah, H. H. (2001), *In situ study of structure development in poly (trimethylene terephthalate) fibers during stretching by simultaneous synchrotron small-and wide-angle X-ray scattering*, Polymer, 42(16), 7141-7151.
33. Grebowicz, J.S., Brown, H., Chuah, H., Olvera, J. M., Wasiak, A., Sajkiewicz, P., Ziabicki, A. (2001), *Deformation of undrawn poly (trimethylene terephthalate)(PTT) fibers*. Polymer, 42(16), 7153-7160.
34. Wu, G., Li, H., Wu, Y., Cuculo, J.A. (2002), *Structure and property studies of poly (trimethylene terephthalate) high-speed melt spun fibers*, Polymer, 43(18), 4915-4922.
35. Chuah, H.H. (2002), *Intrinsic birefringence of poly (trimethylene terephthalate)*, Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 40(14), 1513-1520.
36. Oh, T. H., Han, S. S., Lyoo, W. S., Jeon, H. Y. (2011), *Molecular structures and physical properties of heat drawn conjugate fibers*. Polymer Engineering & Science, 51(2), 232-236.
37. Liu, Y., Cheng, B., Wang, N., Kang, W., Zhang, W., Xing, K., Yang, W. (2012), *Development and performance study of polypropylene/polyester bicomponent melt -blowns for filtration*, Journal of Applied Polymer Science, 124(1), 296-301.
38. Strååt, M., Rigdahl, M., Hagström, B. (2012), *Conducting bicomponent fibers obtained by melt spinning of PA6 and polyolefins containing high amounts of carbonaceous fillers*. Journal of Applied Polymer Science, 123(2), 936-943.
39. Suvari, F., Ulçay, Y., Maze, B., Pourdeyhimi, B. (2013), *Acoustical absorptive properties of spunbonded nonwovens made from islandsin-the-sea bicomponent filaments*, Journal of The Textile Institute, 104:4, 438-445.
40. Hufenus, R., Affolter, C., Camenzind, M., Reifler, F. A. (2013), *Design and Characterization of a Bicomponent Melt-Spun Fiber Optimized for Artificial Turf Applications*, Macromolecular Materials and Engineering, 298(6), 653-663.
41. Glauß, B., Steinmann, W., Walter, S., Beckers, M., Seide, G., Gries, T., Roth, G. (2013), *Spinnability and characteristics of polyvinylidene fluoride (PVDF)-based bicomponent fibers with a carbon nanotube (CNT) modified polypropylene core for piezoelectric applications*, Materials, 6(7), 2642-2661.
42. Tural, R. (2014), *İletken Bikomponent İplik Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
43. Eren, S., Ulçay, Y. (2015), *Production Of Bi-Component Polyester Fibres For Emr (Electromagnetic Radiation) Protection And Examining EMR Shielding Characteristics*. Tekstil ve Konfeksiyon, 25(2).

44. Kohri, Y., Takebe, T., Minami, Y., Kanai, T., Takarada, W., Kikutani, T. (2015), *Structure and properties of low-isotacticity polypropylene elastomeric fibers prepared by sheath-core bicomponent spinning: effect of localization of high-isotacticity component near the fiber surface*. Journal of Polymer Engineering, 35(3), 277-285.
45. Noll, I., Seide, G., Gries, T. (2016), *Enhancing the Efficiency of Diesel Fuel Filters by the Usage of Bicomponent Fibers with Water-guiding Channels*, The Fiber Society Spring Meeting and Technical Conference, Mulhouse, France.
46. Dai, Z., Su, J., Zhu, X., Xu, K., Zhu, J., Huang, C., Ke, Q. (2018), *Multifunctional polyethylene (PE)/polypropylene (PP) bicomponent fiber filter with anchored nanocrystalline MnO<sub>2</sub> for effective air purification*. Journal of Materials Chemistry A, 6(30), 14856-14866.
47. Sibanda, M., Focke, W., Braack, L., Leuteritz, A., Brünig, H., Tran, N. H. A., Wieczorek, F., Trümper, W. (2018). *Bicomponent fibres for controlled release of volatile mosquito repellents*. Materials Science and Engineering C, 91, 754-761.
48. Takematsu, M. M., Diniz, M. F., Mattos, E. D. C., & Dutra, R. D. C. L. (2018). *Sheath-core bicomponent fiber characterization by FT-IR and other analytical methodologies*. Polimeros, 28(4), 339-347.
49. Celikel, D. C., Babaarslan, O. (2017). *Effect of Bicomponent Fibers on Sound Absorption Properties of Multilayer Nonwovens*. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 12(4), 155892501701200403.
50. Wang, M., Yu, B., Han, J., Song, W., Zhu, F. (2017). *The influence of drawing pressure on the properties of PET/PA6 bicomponent spunbonded fibers*. Journal of Industrial Textiles, 46(5), 1281-1293.
51. Roungpaisan, N., Takarada, W., Kikutani, T. (2019). *High-speed melt spinning of sheath/core bicomponent fibers of poly (L-lactide) s with different molecular weight*. In AIP Conference, 2065(1), 030030.
52. Nayak, R., Padhye, R., Kyratzis, I. L., Truong, Y. B., Arnold, L. (2012), *Recent advances in nanofibre fabrication techniques*. Textile Research Journal, 82(2), 129-147.
53. Yu, D. G., Branford-White, C., White, K., Chatterton, N. P., Zhu, L. M., Huang, L. Y., Wang, B. (2011), *A modified coaxial electrospinning for preparing fibers from a high concentration polymer solution*. Express Polymer Letters, 5(8).
54. Van Do, C., Nguyen, T.T.T., Park, J. S. (2012), *Fabrication of polyethylene glycol/polyvinylidene fluoride core/shell nanofibers via melt electrospinning and their characteristics*. Solar Energy Materials and Solar Cells, 104, 131-139.
55. Li, Z., Kang, H., Li, Q., Che, N., Liu, Z., Li, P., ... & Huang, Y. (2014), *Ulthathin core-sheath fibers for liposome stabilization*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 122, 630-637.
56. Kim, M., Jo, S. B., Park, J. H., Cho, K. (2015), *Flexible lateral organic solar cells with core-shell structured organic nanofibers*. Nano Energy, 18, 97-108.
57. Lin, M. F., Don, T. M., Chang, F. T., Huang, S. R., Chiu, W. Y. (2016), *Preparation and properties of thermoresponsive and conductive composite fibers with core - sheath structure*. Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry, 54(9), 1299-1307.
58. Zhang, Y., Zhang, C. Z., Liu, F. J., Wang, F. Y., Wang, P. (2016). *Research on morphologies of polyvinyl alcohol/milk nanofibers*. Thermal Science, 20(3), 961-966.
59. Cai, M., He, H., Zhang, X., Yan, X., Li, J., Chen, F., Yuan, D., Ning, X. (2019). *Efficient Synthesis of PVDF/PI Side-by-Side Bicomponent Nanofiber Membrane with Enhanced Mechanical Strength and Good Thermal Stability*. Nanomaterials, 9(1), 39.