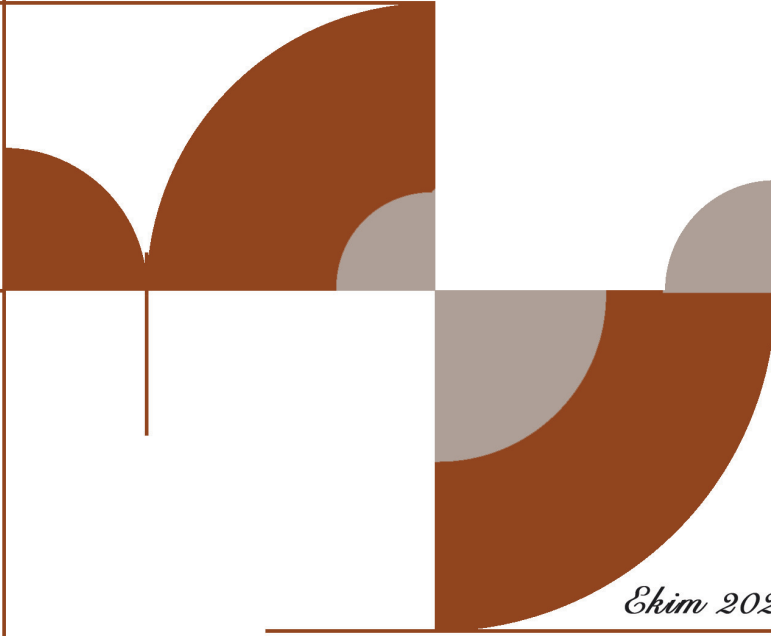




TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ

ALANINDA ULUSLARARASI ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER

EDİTÖR

DOÇ. DR. NURAY OLCAY IŞIK EMEKSİZ

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Ekim 2024

ISBN • 978-625-6172-13-5

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ALANINDA ULUSLARARASI ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER

Ekim 2024

Editör

DOÇ. DR. NURAY OLCAY IŞIK EMEKSİZ

İçindekiler

Bölüm 1

VORTEX İPLİK EĞİRME SİSTEMİ

Gülbin FİDAN 1

Bölüm 2

ELEKTRONİK TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ATIK YÖNETİMİ

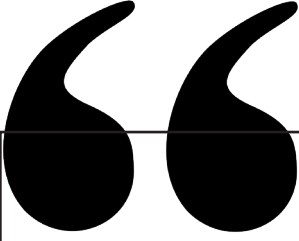
Duygu ERDEM AKGÜN..... 17

Bölüm 3

TEKSTÜRE İPLİK ÜRETİM TEKNİKLERİ

Gülbin FİDAN 35

Cemile Emel YAZ 35



Bölüm 1

VORTEX İPLİK EĞİRME SİSTEMİ

Gülbin FİDAN¹

¹ Dr.Öğr.Üyesi Gülbin FİDAN, Gaziantep Üniversitesi Naci Topcuoğlu Meslek Yüksekokulu, El Sanatları Bölümü, Halıcılık ve Kilimcilik Programı, 0000-0002-7958-2626

1. GİRİŞ

Kesikli liflerden iplik üretimi 1960'lı yılların sonuna kadar ring iplik makinelerinde üretilmekte ve kesikli lif ipliği üretiminde ring iplikçiliği tek yöntem olarak bilinmekteydi. Konvansiyonel ring eğirme tekniği dünya pazarındaki kullanım alanının çoğunluğuna sahip olsa da, kopça bilezik arasındaki sürtünmenin iş devrini sınırlandırması, farklı eğirme yöntemlerine olan gereksinimleri arttırmıştır (Günaydın, 2012). Günümüzde, ring iplikçilik sisteminde büküm verebilme potansiyeli belirli sınırlara ulaşmış ve iş devrileri 28.000 devir/dakika'ya kadar çıkmıştır (rieter.com). Ring iplik eğirme sisteminde, üretim hızının limit sınırlara gelmesi nedeniyle, yapılan geliştirme çalışmalarının yanında farklı eğirme teknolojileri ile ilgili yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Rotor, friksiyon, örtülü (sarımlı), vortex ve hava jetli iplik eğirme sistemleri endüstriyel açıdan kabul gören yeni iplikçilik sistemleri olarak sıralanabilmektedir (Örtlek ve Göksel, 2007).

Muratec firması tarafından geliştirilen Murata Vortex Spinner (MVS) iplik eğirme teknolojisi sayesinde 15 ve 70 Ne arasında, sentetik ve doğal-sentetik karışım ipliklerinin yanı sıra, %100 pamuk iplik üretimi de yapılabilir. İplik üretiminin 20-30 Ne numara arasında, 450 m/dk çıkış hızında iplik yapılabilmesinin mümkün olması, MVS sisteminin tercih edilme nedenlerindendir (Örtlek ve Göksel, 2007).

Yapılan araştırmalar sonucunda, yalancı büküm yöntemi içerisinde gösterilebilen ve hava jetli iplik üretim sisteminin yeni bir versiyonu olarak nitelendirilebilen vortex iplik üretim sisteminin, yeni iplikçilik sistemleri arasında önemli bir yere sahip olacağı görülmektedir (Örtlek ve Ülkü 2008).

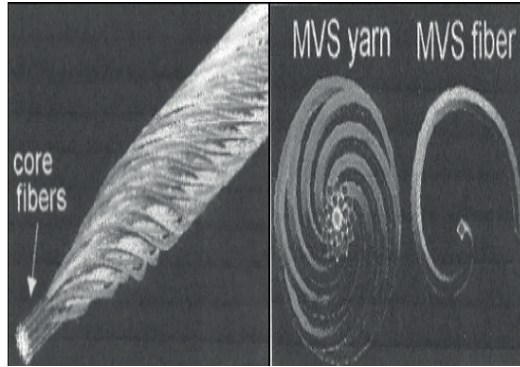
2. VORTEX İPLİK YAPISI

Vortex iplik yapısı merkez lifleri ve sargı liflerinden oluşmaktadır. Liflerin ön kısımları iplik oluşum bölgesine girerek hava jeti sayesinde büküm alır ve merkez liflerini oluştururlar. Liflerin arka uçları ise, Şekil 1'de görüldüğü üzere merkez liflerinin etrafına sarılarak sargı liflerini meydana getirmektedir. Başka bir ifadeyle vortex iplik yapısı, ortada (merkez) lif demetlerinin oluşturduğu çekirdek kısım ve çekirdek kısmı sarmalayan liflerden (sargı lifleri) oluşmaktadır.



Şekil 1. Murata vortex sisteminde iplik oluşumu (Örtlek ve Ülkü 2008)

Şekil 2’de, liflerin öncelikle merkez lifi olarak yer aldığı, diğer uçlarının ise helisel biçimde merkez liflerini sararak sarım liflerini oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 2. Vortex iplik yapısı (Erdumlu, 2010)

Murata hava jetli eğirme sisteminin (MJS), MVS iplik üretim makinelelerinden en önemli farkı, MJS’de ters yönlerde dönen iki farklı hava jeti kullanılırken, MVS’de tek bir jet kullanılmasıdır. Vortex iplik eğirme sisteminde hava, liflerin ön uçlarını merkez (öz) oluşturacak şekilde birleştirmek, lif arka uçlarını ise ipliğin dış tabakasını meydana getirecek şekilde merkez liflerin etrafında sarılması amacıyla kullanılmaktadır. Vortex iplik yapısı, daha fazla miktarda sargı lifi bulundurma ve iki katlı ipliklere benzerliği sayesinde hava jetli sistemden ayrılmaktadır (Günaydın, 2012).

Vortex iplik eğirme sistemi, lif tüketiminde önemli bir yeri olan pamuğun olduğu ABD’de, yaygın bir kullanıma sahiptir. Vortex iplik üretim teknolojisinin en önemli özelliği, yüksek eğirme hızının yanında, üretilen iplik karakteristik özelliklerinin ring iplik özelliklerine benzer olmasıdır. Ring eğirme sistemi ile üretilen ipliklerle karşılaştırıldıklarında vortex eğirme sistemi ile üretilen iplikler;

- Daha az tüylü bir yapıdadır.
- Yıkama ve aşınma direnci daha iyidir.
- Open-end rotor iplik üretim teknolojisindeki gibi fitil, ring ve bobin prosesleri elimine edilmiştir. Cer şeritleri apronlu bir çekim sahasında inceltilecek, iplik oluşumunun gerçekleştiği jetlere geçmekte ve jetlerdeki hava akımı sayesinde liflerin dönmesi suretiyle iplik oluşumu gerçekleştirilmektedir. Üretilen iplik, çıkış silindirlerinden sonra iplik temizleyicisinden geçirilmekte ve bobin halinde sarılmaktadır.
- Core yarn (özlü iplik) gibi özel ipliklerinin üretimi mümkündür.
- Vortex iplik eğirme sistemi, ring iplik üretim sistemine kıyasla enerji tüketimi açısından %30, makine yerleşimi için gereken alan açısından %50, iş gücü açısından ise %60 daha düşük maliyetlidir (Günaydın, 2012).

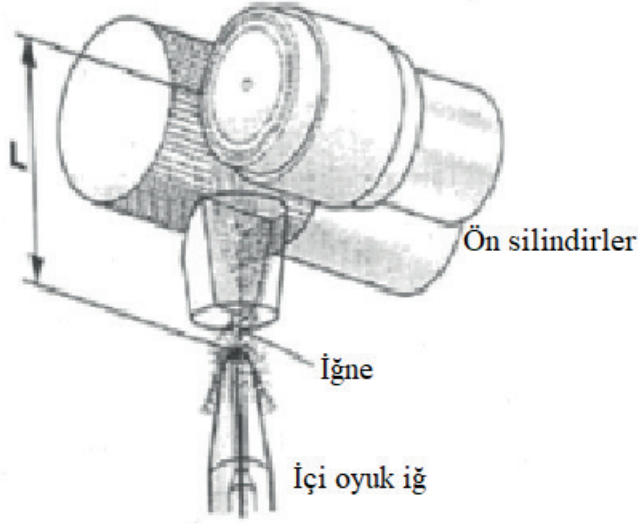
3.VORTEX SİSTEMİ İLE İPLİK EĞİRME PRENSİBİ

Vortex sistemine göre iplik oluşumu 3 ana bölümden oluşur:

1. Çekim ünitesi
2. İplik oluşum ünitesi (hava jeti düzesi)
3. Sarım ünitesi

3.1.Çekim Ünitesi

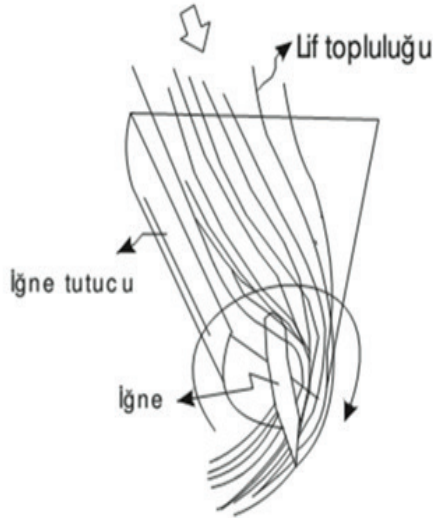
Vortex iplik eğirme sisteminde, genellikle 3 pasaj cerden geçirilen şeritler, dört silindir ve çift aprona sahip bir çekim sistemine beslenerek çekim işleminde tabi tutulup inceltilmektedir. İplik oluşumunun meydana geldiği sabit iğn girişine lifler birbirlerine paralel olarak taşınırlar. Liflerin taşınması esnasında, lif uçları ana elyaf grubundan ayrılır ve Şekil 3’te gösterildiği gibi, oluşan hava girdabı vasıtasıyla içi oyuk iğ (geçiş kanalı) içerisine çekilirler.



Şekil 3. MVS makinelerinde iplik oluşum bölgesi (Erdumlu, 2010)

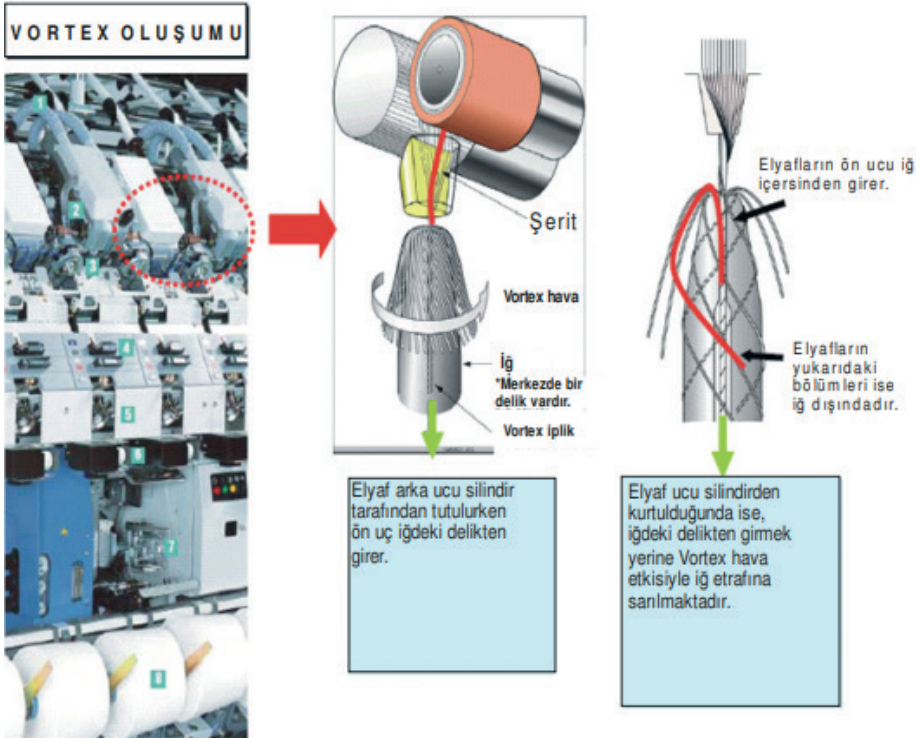
3.2. İplik Oluşum Ünitesi (Hava Jeti Düzesi)

İplik oluşum ünitesi, düze bloğu ile iğne tutucu kısımlarından oluşmaktadır. İğne tutucu, belirli bir açı ile boylamasına uzanan bir rehber yüzey vasıtasıyla içi oyuk iğ içine yönlendirilmiş, dışarı doğru çıkan bir kılavuz iğneden oluşmaktadır.



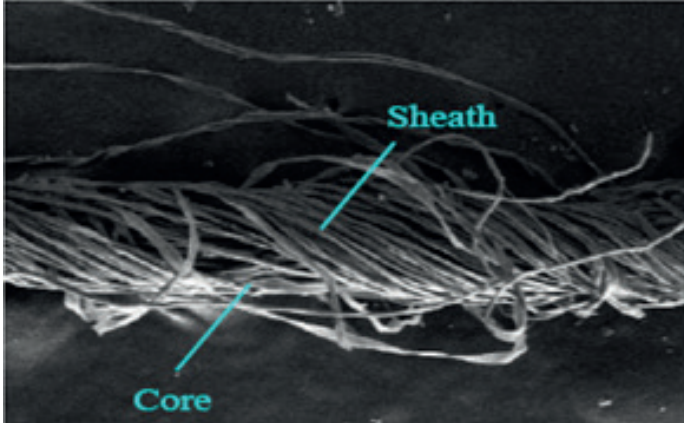
Şekil 4. İğne tutucu ile iğne (Örtlek ve Ülkü 2008)

Lifler, içi oyuk iğden farklı yönlerden belirli bir açıyla beslenen sıkıştırılmış havanın meydana getirdiğı kuvvet etkisiyle yalancı büküm almaktadırlar. Meydana gelen büküm yukarı kayma eğilimindedir ve iğne tutucudan dışarı sarkan iğne, bükümün yukarı kaymasını engellemektedir. Bu nedenle, bazı liflerin üst tarafları, çekim sisteminin çıkış silindirleri kısırtma çizgisinden ayrılarak açıkta kalmaktadır. Hava girdabının döndürme etkisi sayesinde iyice ayrılan ve açılan liflerin üst tarafları, içi oyuk iğ içerisine girip vortex iplik yapısının merkezini oluşturan liflerin n uçları etrafına, şekil 5'te görüldüğü gibi sarmal biçimde sarılmaktadır (Örtlek ve Göksel, 2007).



şekil 5. Vortex iplik yapısı oluşumu (Günaydın, 2012)

Böylelikle, şekil 6'da görülen 'Vortex İplik Yapısı' oluşmuş olur (Örtlek ve Göksel, 2007). Eğirme düzesi içerisindeki liflerin 2/3' birbirine paralel durumda iplik merkezini oluşurmaktadır. Kalan liflerin, nde olanları iplik merkezine entegre olurken, arka kısımları iplik merkezinin etrafına paralel bir şekilde sarılmaktadırlar.



Şekil 6. Elektron mikroskobu altında vortex iplik görünümü (Örtlek ve Göksel, 2007)

3.3.Sarım Ünitesi

Hava jetinden çıkan iplik, temizleme ünitesinden geçirilmektedir. Temizleme ünitesi sayesinde iplik üzerindeki kalın, ince yerler gibi hatalı kısımlar ayrılmaktadır. Splicer denilen otomatik düğümlleme aparatı sayesinde alt ve üst ucu birleştirilen iplik, bobin formunda istenen gerginlik ve metrajda sarılmaktadır.



Şekil 7. Vortex iplik makinesi sarım ünitesi

4.VORTEX İPLİK MAKİNELERİNDE İPLİK YAPISI VE ÖZELLİKLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Vortex iplik makinelerinde kullanılan havanın basıncı, eğirme hızı, çekim sistemi ön silindirleri ve iğ arasındaki mesafe (L mesafesi), çekim koşulları, iğ çapı ile iğ tipi, düze açısı, üretilecek iplik inceliği, hammadde olarak kullanılacak lif tipi gibi parametreler iplik yapısını ve özelliklerini etkilemektedir.

4.1.Hava Basıncının Etkisi

Hava basıncının 6 kg/cm^2 'ye (0,6 Mpa) kadar arttırılması ile aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmektedir:

- İplik yapısındaki sargı liflerinin oranı artmaktadır.
- İplik bükümünde artış gözlenmektedir.
- Tüylülük azalmaktadır.
- Kopma mukavemeti ve aşınma dayanımı artmaktadır.
- Lif kaybı ve iplik düzgünsüzlüğü artmaktadır. Ancak hava basıncının 6 kg/cm^2 (0,6 Mpa) ve üzerinde olması halinde tersi bir durum gözlenmektedir (Erdumlu, 2010).

4.2.Eğirme Hızının Etkisi

Eğirme hızının yüksek olması durumunda, lifler eğirme bölgesinde daha kısa sürede kaldığından hava akımının etkisinde daha az kalmaktadır. Bu durumun sonucunda:

- Sargı liflerinin oranı azalmaktadır.
- İplik bükümü azalmaktadır.
- İplikteki düzgünsüzlük, ince yer ve kalın yer hataları artmaktadır.
- İplik tüylülük artmaktadır.
- Kopma mukavemeti ve kopma uzaması düşmektedir.
- Aşınma dayanımı azalmaktadır.

Eğirme hızının düşük olduğu durumda ise, lifler daha uzun sürede hava akımına maruz kaldıklarından iplik bükümü artarak ve iplik çapı azalmaktadır (Erdumlu, 2010).

4.3.Çekim Sistemi Ön Silindirleri ile İğ Arasındaki Mesafenin (L) ve Çekim Koşullarının Etkisi

Vortex iplik üretiminde, yeterli sargı lif oranının oluşabilmesi için gereken L mesafesinin, hammadde olarak kullanılan liflerin ortalama uzunluğundan daha kısa olması gerekmektedir. Vortex iplik makinesinde, 'L' mesafesi 19-22 mm arasında ayarlanmalıdır. 'L' mesafesinin kısılması sonucunda,

lif kontrolü daha etkin olup daha az döküntü oluşmaktadır. Bu durum sonucunda:

- Sarım oluşturacak elyaf ucu azalmaktadır,
- İplik düzgünsüzlüğü daha iyi olmaktadır,
- İplik tüylülük azalarak iplik mukavemeti artmaktadır.

'L' mesafesinin artması elyaf ucunun artmasına ve iplikte sarımsız bölgelerin azalmasına neden olmaktadır (Erdumlu, 2010).

4.4.İğ Çapının Etkisi

İğ çapının düşük olması sonucunda, liflerin hareketleri kısıtlanmakta ve lifler arasındaki sürtünmenin artması ile sargı lifleri daha sıkı bir şekilde sarım yapabilmektedirler. Böylelikle, iplik tüylülüğü azalmakta, mukavemet artmakta ve iplik düzgünsüzlüğü iyileşmektedir. Geniş çaplı iğ kullanımı sonucunda ise, liflerin iğ içerisinde hareketliliği artacağından bükümün bir kısmının kaybolmaktadır. Sonuç olarak daha gevşek sarımlı, daha hacimli ve daha yüksek tüylülükte iplik üretimi elde edilmektedir (Erdumlu, 2010).

4.5.İğ Tipinin ve Düze Açısının Etkisi

Düz kesitli iğ kullanılması, yuvarlak kesitli iğ kullanılmasına göre, üretilen iplikte daha yüksek tüylülük, iplik düzgünsüzlüğünün ve hataların artması ile kopma mukavemeti ve uzamasını azaltacak etkilere neden olmaktadır.

Vortex iplik eğirme teknolojisinde, hava jetinde ipliğin oluşum bölgesine havanın sevk edilmesini sağlayan açıklık ve hava jeti ekseninde bulunan açı 'düze açısı' olarak isimlendirilmektedir. Düze açısının değeri, hava akımının hızını etkilemektedir ve açının artması hava akımının hızının artmasını sağlamaktadır. Bu durum da iplik bükümünün artmasına, düzgünsüzlüğünün iyileşmesine ve tüylülüğünün azalmasına neden olur (Erdumlu, 2010).

4.6.İplik İnceliğinin ve Lif Tipinin Etkisi

Vortex makinesinde üretilecek iplik inceldikçe, sargı lif oranı artmakta ve merkez lif oranı azalmaktadır. Bu durum;

- İplik düzgünsüzlük değerlerinin ve iplik hatalarının artmasına,
- İplik mukavemeti ve uzaması azalmasına,
- İplik rijitliğinin azalmasına,
- Aşınma dayanımının azalmasına neden olmaktadır.

Yukarıda belirtilen tüm parametrelerin yanı sıra vortex iplik üretiminde kullanılan hammadde tipi, üretilen iplik özelliklerine direkt olarak etki etmektedir. Örneğin hammadde olarak pamuk ve polyester karışımı kullanıldığında, karışımdaki pamuk oranı fazla olan vortex ipliklerde iplik düzgün-

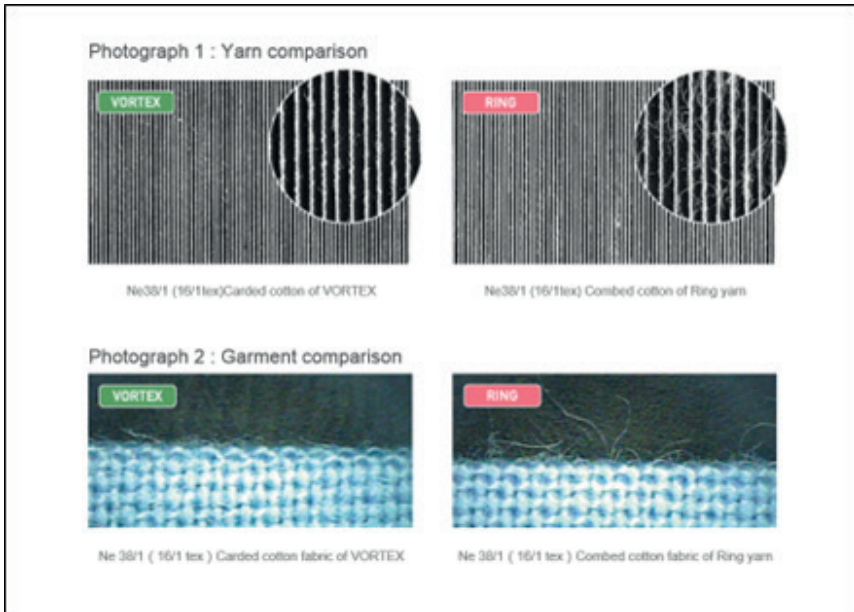
süzlüğü yüksek ve iplik hataları fazla olurken, karışımdaki polyester oranı arttıkça iplik tüylülüğünün azaldığı, eğilme rijitliği ve aşınma dayanımının arttığı gözlenmiştir.

5.VORTEX İPLİK VE KUMAŞ ÖZELLİKLERİ

Vortex iplik makinesinde üretilen iplikler daha az tüylülüğe sahip olmakla birlikte, yıkanma ve aşınmaya karşı daha fazla miktarda direnç gösterebilmektedir. Daha çok su çekebilme ve çabuk kuruyabilme özelliği gösterebilmektedir. Ayrıca core yarn gibi iplikleri üretebilmek gibi geniş bir seçenek imkânı sunmaktadır. Vortex iplikler düşük mukavemetleri nedeniyle triko iplik üretiminde, dokuma iplik üretimine nazaran daha geniş kullanım alanı bulmuştur. Gerek %100 pamuk, gerekse %100 sentetik veya karışım harmanlar eğrilebildiğinden her türlü dış giyim, baskı altı gibi kumaşlar için iplik üretimi yapılabilmektedir. Aşağıda vortex ipliklerden üretilen kumaşların özellikleri detaylandırılmıştır.

5.1.Düşük Tüylülük

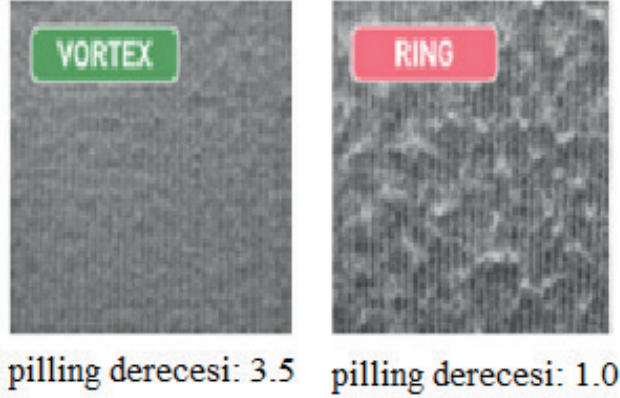
Vortex iplikler, diğer stapel iplik tiplerine göre oldukça düşük tüylülüğe sahiptir. Bu özellik vortex iplikleriyle üretilmiş kumaşlara düşük pilling ve yüksek aşınma direnci kazandırmaktadır. Bu durumun yanı sıra yıkama sonrasında kumaşlarda görülen deformasyonun vortex ipliklerle üretilen kumaşlarda daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Vortex ve ring iplik ve kumaş üretimlerinin tüylülüklerinin karşılaştırması
(muratec-vortex.com)

5.2.Pilling Dayanımı

Pilling, sürtünme sonucunda kumaş yüzeyindeki liflerin biraraya gelerek topaklanmaları sonucunda oluşmaktadır. Vortex ipliklerde, yüzeyde uzun tüylerin bulunmaması ve sabit iplik yapısı nedeniyle lif hareketlerinin azalması, kumaşlardaki pilling eğilimini düşürmektedir (muratec-vortex.com).

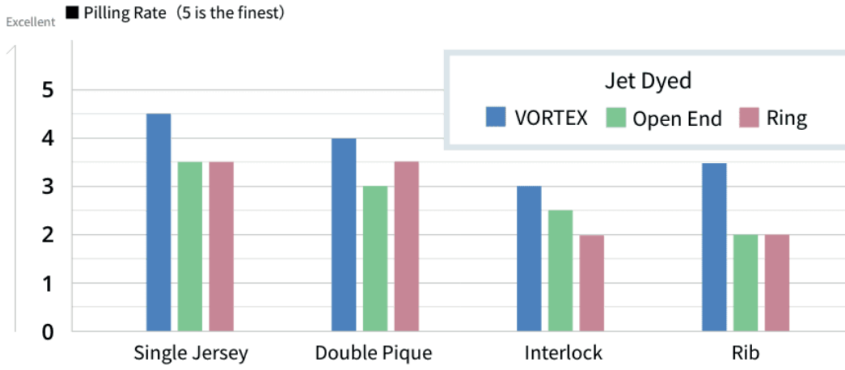


Şekil 9. 30/1 Ne rayon + 40 d poliüretan vortex ve ring iplik-kumaş üretimlerinin ICI metodu ile pilling dayanımlarının karşılaştırması (muratec-vortex.com)

Vortex ve diğer eğirme sistemleri ile üretilen kumaşların pilling sonuçları incelendiğinde Şekil 10'da görüldüğü gibi, vortex kumaşların yüzeylerinin daha düzgün oldukları görülmektedir.



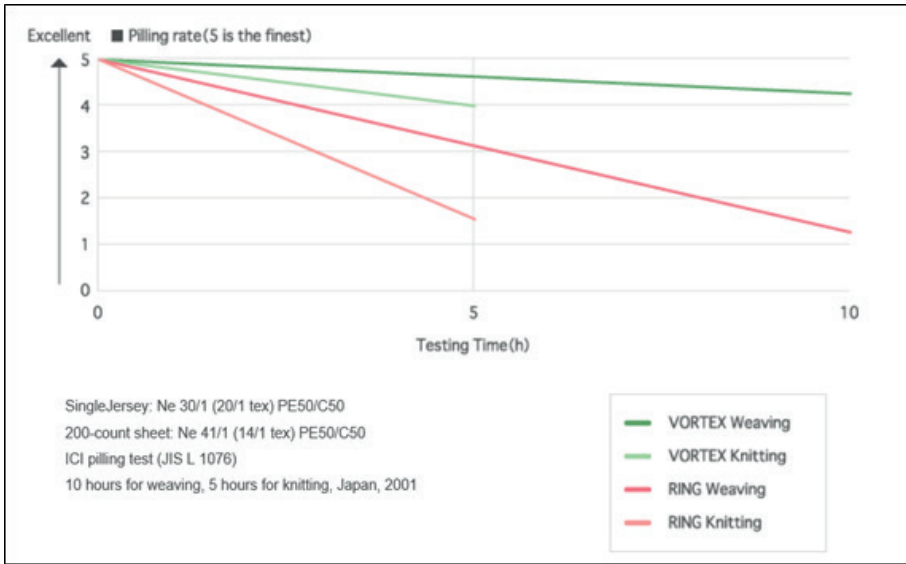
Şekil 10. Vortex ve diğer eğirme sistemleri ile üretilen kumaşların pilling dayanımları (muratec-vortex.com)



Single Jersey: Ne 30/1 (20/1 tex), 28 gauge
 Double Pique: Ne 40/2 (15/2 tex), 18 gauge
 Interlock: Ne 40/1 (15/1 tex), 24 gauge
 Rib: Ne 20/1 (30/1 tex), 14 gauge, 1 x 1 rib
 Random pilling test 60 min exposure (ASTM), U.S.

V.A.

Şekil 11. %100 karde pamuk hammaddesi ile üretilen örme kumaşların pilling test sonuçlarının karşılaştırılması (muratec-vortex.com)



Şekil 12. %50/50 polyester/pamuk hammaddesi ile üretilmiş örme ve dokuma kumaşlara ait pilling test sonuçlarının karşılaştırılması (muratec-vortex.com)

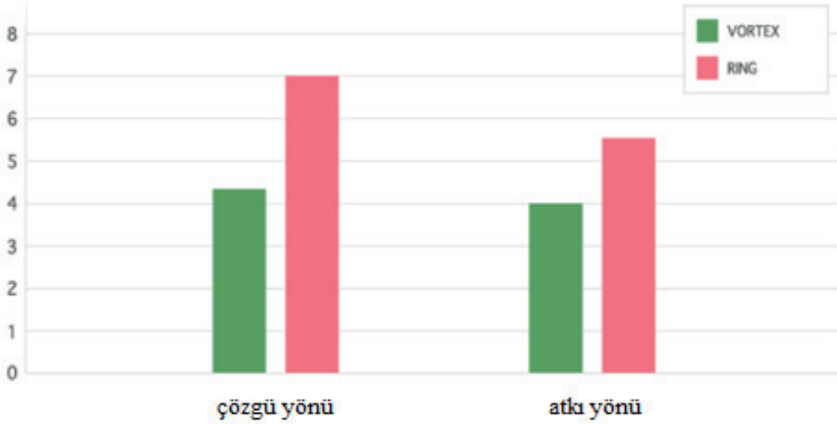
5.3.Yıkama Dayanımı

Birçok yıkama ve kurutma işlemi sonrasında vortex kumaşlar, tiftiklenmeye (hav oluşturma) karşı daha yüksek dayanım göstermektedirler. Bu du-

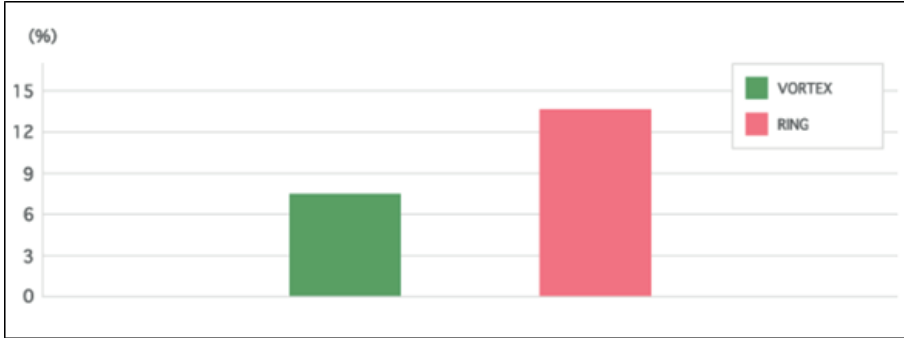
rum, vortex ipliklerinin diğer eğirme sistemlerine göre yapılarındaki liflerin iplik gövdesine daha etkin biçimde sarılmasının bir sonucudur. Aynı sebeplerden vortex kumaşlarında, birçok yıkama ve kurutma sonrası deformasyonunun ve renk vermenin daha az olduğu görülmektedir (muratec-vortex.com).



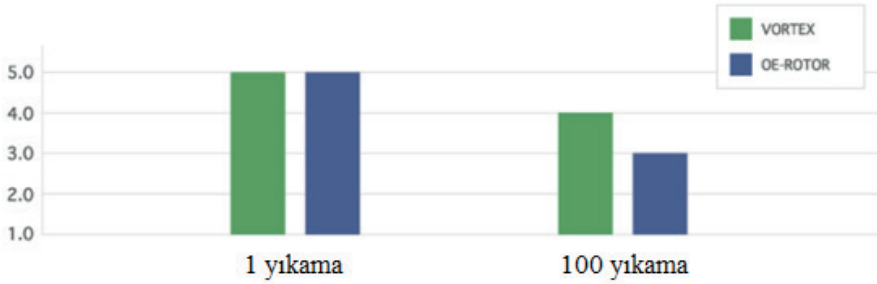
Şekil 13. Yıkama sonrası vortex, ring ve OE üretim sistemleri ile üretilen kumaşların görünümü (muratec-vortex.com)



Şekil 14. % 100 penye-pamuk 40/1 Ne Vortex ve ring ipliklerden üretilen süprem kumaşlarda yıkama sonrası çekme oranları (muratec-vortex.com)



Şekil 15. %100 penye-pamuk 40/1 Ne Vortex ve ring ipliklerden üretilen süprem kumaşlarda yıkama sonrası dönme oranları (muratec-vortex.com)



Şekil 16. Vortex ve open-end ipliklerden üretilen kumaşlarda yıkama sonrası renk verme (muratec-vortex.com)

5.4.Baskı Kalitesi

Vortex ipliğinin düşük tüylü yapısından dolayı, vortex kumaşlara yapılan baskılar daha net, keskin ve göz alıcı olabilmektedir. Aynı baskı desenlerinin 30/1 Ne, %100 viskon, vortex ve ring ipliklerden üretilmiş kumaşlara uygulanmasıyla Şekil 17’de görülen sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 17. 30/1 Ne, %100 viskon vortex ve ring kumaşların baskı sonrası görünümleri (muratec-vortex.com)

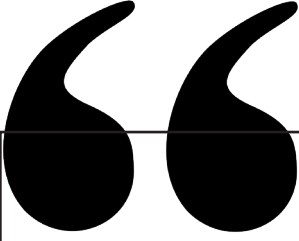
6.VORTEX İPLİKLERİNİ DİĞER İPLİK TÜRLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI HAKKINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Vortex ve ring iplikçiliğinin karşılaştırıldığı çalışmalar özetlendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Düzgünsüzlük değerleri açısından, vortex ipliklerin, ring ipliklerden daha yüksek düzgünsüzlük sonuçlarına sahip oldukları görülmüştür.
- IPI değerleri açısından, vortex ipliklerin, ring ipliklerden daha yüksek değerlere ulaştıkları görülmüştür.
- Tüylülük değerleri açısından, vortex ipliklerin, ring ipliklerden daha iyi tüylülük değerlerine sahip oldukları görülmüştür.
- Mukavemet değerleri açısından, vortex ipliklerin, ring ipliklerden göre daha düşük mukavemette oldukları sonuçlarına varılmıştır (Ortlek ve Onal, 2008; Erdumlu ve ark, 2013; Beceren ve Nergis, 2008).
- Vortex iplik eğirme sisteminde, hammadde olarak kullanılan elyaf inceliğine bağlı olmakla birlikte 15-60 Ne aralığında iplik üretimi yapılabilmektedir. Üretim parametreleri ve lif özellikleri, liflerin iplik yapısı içerisinde yerleşmelerine etki etmektedir. İplik düzgünsüzlüğü, iplik yapısı içerisindeki liflerin yerleşimi ve kesitte bulunan lif sayısından etkilenmektedir. İnce ipliklerde kesitteki lif sayısının azalması, liflerin iplik yapısı içerisine düzenli bir şekilde yerleşimlerini zorlaştırmaktadır. Ayrıca, üretilen iplikte incelme sonucunda, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, neps gibi IPI değerlerinde, diğer eğirme sistemlerinde olduğu gibi artış görülmektedir. Bu durum, iplik inceldikçe yapısındaki sarım liflerinin artması, dolayısıyla merkez liflerinin azalmasından kaynaklanmaktadır (Erdumlu, 2010; Günaydın ve Abdulla, 2015).

REFERANSLAR

- Erdumlu N, (2010). Murata Vortex Spinner (MVS) İplik Eğirme Sisteminde Elde edilen İpliğin Yapısı ve İplik Özelliklerini Etkileyen Faktörler. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(1), 99-108.
- Erdumlu, N., Oxenham, W., Özipek, B. (2013). Vortex, Konvansiyonel Ring ve Kompakt Ring İpliklerin Özellikleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(2), 7-15.
- Beceren, Y., Nergis, BU. (2008). Comparison of the Effects of Cotton Yarns Produced by New, Modified and Conventional Spinning Systems on Yarn and Knitted Fabric Performance. *Textile Research Journal*, 78(4), <https://doi.org/10.1177/0040517507084434>.
- Günaydın, GK. (2012). Murata Vortex İplik Eğirme Sisteminde İplik Eğirme Düzesinin Özelliklerinin ve Konstrüksiyon Yapısının İplik Parametrelerine Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Günaydın, GK., Abdulla G. (2015). MVS 810 Vortex İplik Makinasında Üretilen Farklı İncelikteki İpliklerin Düzgünsüzlük, Hata ve Tüylülük Değerlerinin Karşılaştırılması. *Yekarum e-Dergi*, 3(1), 12-24.
- Örtlek, HG., Onal L. (2008). Comparative Study on the Characteristics of Knitted Fabrics Made of Vortex-Spun Viscose Yarns. *Fibers and Polymers*, 9(2), 194-199.
- Örtlek, HG., Göksel F. (2007). Murata Vortex İplik Eğirme Sistemi: Tekstildeki Yeri ve Önemi. *Tekstil ve Mühendis*, 14(66), 1-7.
- Örtlek, HG., Ülkü Ş. (2008). MVS Sistemi ile Pamuk İpliği Üretiminde Düze Basıncı Değişiminin İplik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 13(1), 47-57.
- Stalder, H. Rieter İplikçilik El Kitabı, Cilt 6 – Alternatif Eğirme Sistemleri. <https://www.muratec-vortex.com/>
<https://www.rieter.com/>



Bölüm 2

ELEKTRONİK TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ATIK YÖNETİMİ

Duygu ERDEM AKGÜN¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi Duygu ERDEM AKGÜN, Selçuk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım
Fakültesi, Moda Tasarımı Bölümü, ORCID: 0000-0002-8277-3589

1. Giriş

Sanayi Devrimi ile teknolojik gelişmelerin hızlı bir şekilde artması ve araştırmacıların disiplinler arası çalışmalara yönelmesi, yenilikçi ürünlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Disiplinler arası çalışmalar sonucunda ortaya çıkan en önemli teknolojik gelişmelerden biri de giyilebilir teknolojilerdir (Yetmen, 2017). “Giyilebilir teknoloji” kavramı, doğrudan vücuda giyilen giysi ve aksesuarlara dahil edilen teknoloji olarak tanımlanmaktadır ve tekstil, malzeme, elektrik-elektronik ve bilgisayar bilimlerinin bir arada çalışması sonucunda ortaya çıkmıştır (Gao vd., 2015; Smith, 2007). Giyilebilir teknolojiler, dijital araçların günlük hayatımıza kolaylıkla ve kullanıcıya rahatsızlık vermeden entegre edilmesini sağlar (Du vd., 2022).

Küresel giyilebilir teknoloji ürünleri için pazar büyüklüğü 2022’de 61,30 milyar ABD doları olarak bildirilmiştir ve 2023-2030 yılları arasında pazarın yıllık %14,6’lık bileşik büyüme oranıyla genişlemesi beklenmektedir. Giyilebilir teknolojilerin tüketiciler tarafından kabul edilme oranı giderek artmakta ve sektör büyümesi de bu durumdan pozitif yönde etkilenerek büyüme göstermektedir. Tüketiciler tarafından en çok kullanılan giyilebilir ürünlerin başında akıllı saatler gelmektedir. Koşucular, bisikletçiler, yüzücüler gibi sporcular ve kişisel sağlığına dikkat eden bireyler arasında akıllı saatlere olan talep oldukça yüksektir. Çünkü akıllı saatler yakılan kalori, saatlik aktivite ve hareketsiz kalınan süreyi izlemeye yardımcı olmaktadır. Akıllı saatler sadece spor aktivitelerini takip etmekle de kalmayıp aramaları yanıtlama, mesaj alma ve iletme gibi birçok özelliği sayesinde de tüketiciler tarafından yüksek oranda tercih edilerek pazarda büyük bir pay sahibidir. Akıllı saatleri, akıllı gözlükler, akıllı ayakkabılar ve akıllı giysiler takip etmektedir (Grand View Market Research, n.d.). 2014 yılında yapılan bir çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa’dan 16.200 tüketiciye üzerinde sensör bulunan bir cihazı kullanma tercihleri sorulmuştur. Sonuçlar, tüketicilerin üçte birinden fazlasının bu cihazları bileklik formunda kullanmayı tercih ettiklerini göstermiştir. Bilekliği sırası ile giysiye takılan ve giysiye yerleştirilen sensör seçenekleri takip etmiştir (Weinswig, 2016).

Özellikle fiziksel, kimyasal ve elektrofizyolojik veri toplama için kullanılan giyilebilir teknoloji ürünleri cilt ile uzun süreli temas gerektirmektedir. Ancak, elektronik bileşenlerin sert veya yarı esnek formu cildin yumuşak ve düzgünsüz yüzeyiyle her zaman tam anlamıyla temas edememekte ve yakın bir şekilde arayüz kuramamaktadır. Bu mekanik uyumsuzluk, kullanıcıya rahatsızlık vermenin yanı sıra veri toplama esnasında da düşük bir sinyal-gürültü oranına (SNR) neden olmaktadır. Bu noktada kullanıcı konforu için nefes alabilirlik, kullanıcının cildini tahriş etmeden cildin düzensiz yüzeyine uyum sağlama, elektronik tekstil ürününün ölçüm doğruluğunu ve güvenilirliğini düşürmeden esneme, bükülme ve dönme dahil olmak üzere doğal vücut hareketlerine karşı şekil değiştirilebilirlik, tekrarlı kullanıma ve

çamaşır makinesinde yıkama işlemine karşı dayanıklılık ve fark edilebilir yan etkiler olmaksızın cilt üzerinde uzun süreli kullanım için biyoyumluluk özellikleri sayesinde tekstil ürünleri iyi bir arayüz malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır (Cho vd., 2022).

Giyilebilir teknoloji kavramından yola çıkılarak geliştirilen bir diğer kavram ise “elektronik tekstiller” kavramıdır (Wagner et al., 2002). İnsanoğlunun en yaygın kullandığı malzeme olan tekstil ürünlerine elektronik bileşenlerin dahil edilmesiyle yeni bir işlevsellik kazandığı bir dönem başlamıştır. Hem tekstil hem de elektronik endüstrisinde yaşanan hızlı gelişmeler, elektronik bileşenlerin boyutunun küçülmesi ve maliyetinin azalması sayesinde elektronik bileşenleri giysilere entegre etmenin yolları da çeşitlenmiştir (Hughes-Riley et al., 2018).

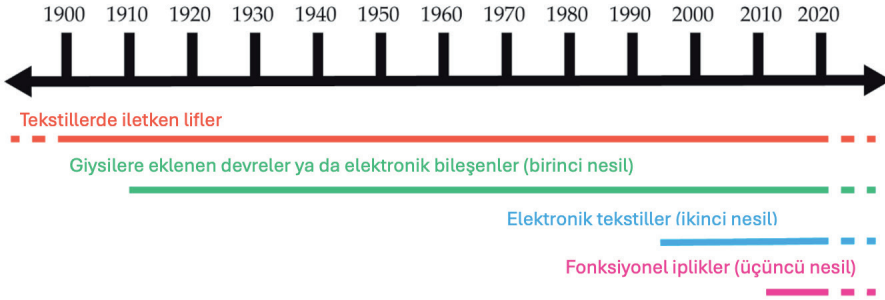
Elektronik komponentlerin tekstil malzemelerine daha yüksek düzeyde entegre edilmesi yeni zorlukları da beraberinde getirmektedir. Bunlardan biri de ortaya çıkan atıkların geri dönüşümüdür. Entegrasyon düzeyi malzemelerin geri dönüşümü üzerinde dikkate değer bir etkiye sahiptir. Tekstil atıklarının geri dönüşümüyle ilgili izlenen yol haritası bellidir. Aynı durum elektronik ürünler için de geçerlidir. Elektronik tekstiller de ağırlıklı olarak tekstil malzemelerinden oluşurlar ancak elektronik bileşenler süreci karmaşık hale getirir. Elektronik tekstillerin geri dönüştürülmesi sadece tekstil ürünlerinin geri dönüşüm süreciyle değil aynı zamanda elektrikli ve elektronik ekipmanların güvenli bir şekilde atılmasına ilişkin mevzuatlar ışığında da değerlendirilmelidir.

1.1. Elektronik Tekstil Kavramı

Elektronik tekstiller, hızla gelişmeye devam eden tekstil ve elektronik endüstrilerinden gelen malzemelerin, tasarım araçlarının ve üretim yöntemlerinin birleşiminden ortaya çıkan teknik ve işlevsel ürünlerdir (Ethridge, 2002). Elektronik tekstillerin ilk örnekleri, 1883 yılında La Farandole bale gösterisinde ışıklı kafa bantlarının kullanımına kadar uzanmaktadır (Hughes-Riley et al., 2018). İlk elektronik tekstil ürünleri geleneksel elektronik bileşenlerin giysiye tutturulması esasına dayanarak tasarlanmışken, malzeme bilimi ve elektronikteki son gelişmeler çok çeşitli elektronik işlevleri gerçekleştirirken aynı zamanda da esnek ve nefes alabilen tekstilleri mümkün hale getirmiştir. Bu tür ürünler hem akademik çalışmalarda hem de endüstride büyük ilgi görmüş ve nesnelerin interneti, yapay zeka, vücut hareket takibi, basınç haritalama, rehabilitasyon ve sağlık alanındaki birçok alanda elektronik tekstil ürünleri geliştirilmiştir (Du et al., 2022).

Elektronik bileşenlerin tekstil malzemelerine entegrasyonu için temel olarak üç farklı yol kullanılmaktadır. Bunlardan ilki bir giysiye ya da tekstil malzemesine elektronik bir bileşen ya da devre eklemek (birinci nesil), ikinci si sensör ya da anahtar görevi görmek üzere tasarlanmış fonksiyonel kumaş-

ların geliştirilmesi (ikinci nesil) ve üçüncüsü de fonksiyonel ipliklerdir (üçüncü nesil). Elektronik tekstillerin evrimini gösteren bir zaman çizelgesi Şekil 1'de gösterilmiştir. Her bir nesil tekstil malzemelerinin özellikleri üzerinde farklı bir etki bırakmıştır. Örneğin, elektronik bileşenler doğrudan giysiye tutturulduğunda kumaşın esneklik özelliği kötü yönde etkilenirken, fonksiyonel kumaşların geliştirilmesi aşamasında tekstil malzemesinin bu özelliği korunabilmiştir (Hughes-Riley et al., 2018).

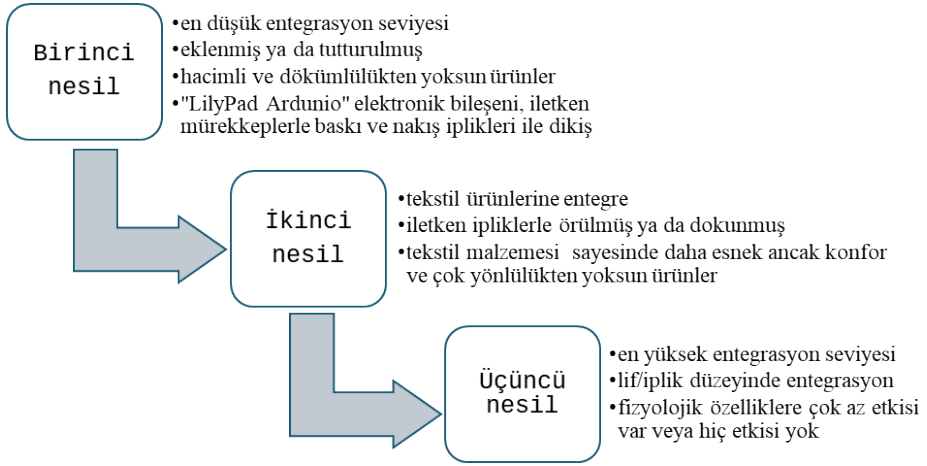


Şekil 1. Elektronik tekstillerin evrimi (Hughes-Riley et al., 2018).

Günümüzde üretilen elektronik tekstil ürünlerinin mevcut durumu incelendiğinde, birinci nesil entegrasyona pek rastlanılmazken ağırlıklı olarak ikinci nesil ve üçüncü nesil entegrasyonun kullanıldığı göze çarpmaktadır (Ghosh ve Dhawan, 2006).

1.2. Elektronik Tekstillerde Entegrasyon Derecesi

Elektronik tekstil ürünleri genellikle sensörler, aktüatörler, dahili ya da harici iletişim cihazları, veri işlemcisi ve bir güç kaynağından oluşurlar. Bu parçaların çoğu genellikle organik bir yarı iletkenle kaplanmış bir veya iki ince metal telden oluşan iletken polimerler veya transistörlerden oluşurlar. Veri işlemcisi gibi diğer bazı parçalar ise doğrudan tekstil malzemeleri kullanılarak üretilemezler ancak bulunduğumuz çağda elektronik bileşenlerin minyatürleşmesinin artışı ile tekstil yapılarına daha fazla entegre edilebilir hale gelmişlerdir. Diğer birçok elektronik parça tekstil yüzeylerine dikilerek ya da tutturularak entegre edilirken günümüzde birçok komponent lif veya iplik seviyesinde de entegre edilebilmektedir. Günümüzde, elektronikleri sadece giyilebilir hale getirmek için tekstil kullanan ürünlerden tamamen entegre ürünlere kadar çeşitli entegrasyon seviyeleri bulunmaktadır (Ehrmann ve Ehrmann, 2021). Bu entegrasyon seviyeleri ve temel özellikleri Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Elektronik tekstillerde entegrasyon derecesi (Tyler vd., 2019)

Elektronik bileşenlerin tekstil malzemelerine daha yüksek düzeyde entegre edilmesiyle birlikte yeni zorluklar da ortaya çıkmaktadır. Tekstil malzemeleri esnektir ve hatta çoğu zaman gerilebilme özelliğine sahiptir. Bu özellikler tekstil ürünlerinin konfor özelliklerini artırma yönünde avantaj sağlayan özellikler olmasına rağmen entegre elektronikler üzerinde güçlü mekanik etkilere neden olur. Diğer yandan çıkarılamayan elektronik bileşenler tekstillerin yıkanabilirlik özellikleri üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Ehrmann ve Ehrmann, 2021). Bir diğer zorluk ise ortaya çıkan atıkların geri dönüşümüdür. Entegrasyon derecesi arttıkça atıkların ayrıştırılması, tasniflenmesi ve geri dönüştürülmesi de zorlaşmaktadır.

2. Atık ve Atık Yönetimi Kavramları

İnsanların artık ihtiyaç duymadıkları ve kurtulmak istedikleri şeyler atık olarak tanımlanabilir (Yalcin-Enis vd., 2019). İnsan aktivitelerinin çoğu atık üretir. Buna rağmen, atık üretimi tarih öncesi dönemlerden beri her zaman olduğu gibi önemli bir endişe kaynağı olmaya devam etmektedir. Son zamanlarda üretilen atık miktarı giderek artmaktadır. Atık miktarı arttıkça üretilen atığın çeşitliliği de artmaktadır (Amasuo ve Baird, 2016).

Atık türleri fiziksel durumlarına göre katı, sıvı veya gaz olarak sınıflandırılır. Farklı atık türleri orijinal kullanımlarına (ambalaj atığı, tekstil atığı, yiyecek atığı vb.), malzemelerine (cam, kağıt vb.), fiziksel özelliklerine (yanıcı, kompostlanabilir, geri dönüştürülebilir vb.), kökenine (evsel, ticari, tarımsal, endüstriyel vb.) ve güvenlik seviyesine (tehlikeli veya tehlikesiz) göre ayrılabilir (Yalcin-Enis vd., 2019). Etkili bir endüstriyel atık planının geliştirilebil-

mesi için temel gerekliliklerden biri de atık karakterizasyonudur. Atıkların kontrolü ve arıtımı için stratejiler oluşturmada önce, atığın tehlikeli bileşenler içerip içermediğinin bilinmesi gerekir. Endüstriyel atıkların karakterizasyonu için en basit sistemlerden biri, tehlikeli atık üretme potansiyeli yüksek olduğu gösterilen endüstrileri (örneğin, elektrokaplama, petrol, tabaklama, pestisit, kurşun asitli akü endüstrileri vb.) incelemek ve atığın doğası hakkında bilgi toplamaktır (Misra ve Pandey, 2005).

Evsel atık ve ticari atık birlikte kentsel katı atık olarak sınıflandırılır. Bu atıklar hanelerden, ofislerden, küçük ölçekli kurumlardan ve ticari işletmelerden toplanan bir kentin katı atıkları olarak ortaya çıkmaktadır. Tipik olarak mutfak atıkları, bahçe atıkları, kağıt ve karton, plastik ve kauçuk, metal, cam, elektronik atık, inert malzemeler ve çeşitli çöplerden oluşur. Mutfak atıkları ve bahçe atıkları birlikte kentsel katı atıkların organik fraksiyonunu oluşturur. Kentsel katı atıkların tüm bileşenleri arasında, tekstil, kumaş, biyomedikal atıklar (örneğin, kesici aletler ve gözlükler), kişisel hijyen ürünleri, sağlık ürünleri, kozmetikler, ilaçlar, evcil hayvan kumu, deri, kauçuk ve polimerik kalıntıları içeren çeşitli çöpler en heterojen olanıdır (Yalcin-Enis vd., 2019; Nanda ve Berruti, 2021). Dünya genelinde yılda 2 milyar tondan fazla kentsel katı atık üretilmekte ve bunun 2050 yılına kadar yüzde 70 artması beklenmektedir (Lama, 2024).

Katı atık yönetimi, erken dönemlerde halkın sağlığını tehdit edebilecek potansiyeldeki atıkların yaşam alanlarından uzaklaştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ancak sadece bu amacı yerine getirebilmek için atıkların kontrolsüz bir biçimde ortadan kaldırılmasının ya da imha edilmesinin tehlikeli olduğu anlaşılmış ve farklı yollar aranmıştır. Bunun neticesinde atıkların tamamı imha edilmesi gereken nesneler olarak görülmemesi gerektiği sonucuna varılarak atıklar birer kaynak olarak değerlendirilmiş ve katı atık yönetim stratejileri tamamen değişmiştir. Günümüzde katı atık yönetimi, kavramı katı atıkların ilk kaynağında oluşmasından bertarafına kadar gerçekleşen bütün işlemleri içeren faaliyetler bütünüdür (Bilgili, 2020).

Atık yönetimi, öncelikle atık üretimini azaltmak ve kompostlama için organik maddeler de dahil olmak üzere yeniden kullanım için malzemelerin kalitesini artırmak amacıyla potansiyel geri dönüştürülebilir maddeleri kaynağa ayırmaktır. Azaltılamayanlar mümkünse yeniden kullanılmalıdır. Yeniden kullanılamayan veya azaltılamayan özellikle metal ve kağıt gibi maddeler geri dönüştürülmelidir. Geri dönüştürülemeyen atıklar genellikle bakteriyolojik ayrışma yoluyla geri kazanılmalı veya yakılmalı veya çöplüklere atılmalıdır (Samiha, 2013). Azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüştürme (3R) yaklaşımı, tüm atık üreten sektörlerden gelen katı atıkların yönetimini optimize etmeyi ve tüm paydaşları (atık üreticileri, hizmet sağlayıcılar, düzenleyiciler, hükümet ve topluluk/mahalleler) dahil etmeyi amaçlayan küresel atık yönetiminin temelini oluşturur (Memon, 2010; Sakai vd., 2011).

Atık yönetimindeki ilk adım olan azaltma adımı üretilen atığı kaynağında azaltarak oluşumunu önlemeye çalışmak, bir diğer deyişle atıktan kaçınmaktır. Bunun en iyi yollarından birisi ise hammadde tüketimini sınırlamaktır. Ortaya çıkacak atığı azaltmak ayrıca plastik poşet kullanımını azaltmak, plastik ve kağıt tabak, bardak vb. kullanımını azaltmak ve daha fazla yeniden kullanılabilir ürün tüketmek yoluyla da yapılabilir. Azaltmanın mümkün olmadığı durumlarda üretilen atık yeniden kullanılmalıdır. Yeniden kullanım aşamasında atığın yeniden işlenmesine gerek duyulmadığı için bu işlem geri dönüşüme tercih edilir. Plastik poşetler için tüketiciden ekstra ücret alınarak yeniden kullanılabilir poşetlerin teşvik edilmesi ve yeniden doldurulabilir şişelerin kullanımı yeniden kullanıma örnektir. Japonya ve diğer sanayi ülkelerinde, bir sanayinin atığının bir diğerinin kaynağı olduğu “endüstri kümeleri” planlanmıştır. Atık yönetimindeki son adım ise geri dönüşüm adımıdır. Geri dönüşüm, kullanım ömrünün sonunda bir ürün veya malzemeyi alıp onu başka bir ürün yapmak için kullanılabilir bir ham maddeye dönüştürmektir. Geri dönüştürülebilir atıkların haneler, işletmeler ve inşaat sahaları dahil olmak üzere birçok kaynaktan toplanması gerekir. Daha sonra toplanan bu geri dönüştürülebilir atıklar, üreticilere gönderilmeden önce ayrıştırılıp işlendiği bir malzeme geri kazanım tesisine taşınır (Samiha, 2013).

3. Tekstil Atıklarının Yönetimi

Tekstil endüstrisi, imalat endüstrisindeki en büyük ve en karmaşık üretim süreçlerinden birine sahiptir. Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler neticesinde tekstil ürünleri yalnızca giysi imalatında değil, çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Tekstil ürünlerinin yaşam döngüsü hammadde üretimi ve çıkarılması, elyaf ve iplik üretimi, kumaş üretimi, giysi üretimi, paketleme, nakliye ve dağıtım ve son olarak kullanım, geri dönüşüm ve nihai bertaraf olmak üzere birçok aşamayı kapsar. Bunun yanı sıra, mevcut moda eğilimleri hızlı tüketimi destekler niteliktedir ve tüketiciler arasında sürekli değişim ve yenilik arzusunu teşvik etmektedir. Dolayısıyla, moda, tekstil sektörünün arkasındaki itici güçtür ve sürekli yeni ürünlerin satın alınması yönünde beklenti yaratarak atık miktarını artırmaktadır. Yenisi satın alındığında eski olarak adlandırılan ürünler artık kullanılmayarak çöplüklere atılmakta ve bu tür davranışlar büyük miktarda atık oluşmasına neden olmaktadır (Rapsikevičienė vd., 2019).

Tekstil atıklarının bir kısmı ise üretim esnasında ortaya çıkar. Bunlardan bazıları kullanılan hammaddelerin doğası gereği ortaya çıkarken bazıları da üretim süreçlerindeki verimsizliklerle ilişkilidir. Özellikle giyim ve moda alanındaki bazı atıklar, iki boyutlu bir kumaşın giysi üretimi esnasında üç boyutlu bir insan formuna uydurulması için düzensiz şekillerde kesilmesinden kaynaklanır. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa’da her yıl tüm kaynaklardan yaklaşık 10 milyon ton tekstil atığının çöp sahalarına gönderildiği tahmin edilmektedir. Bu büyüklükteki atık miktarları önemli miktarda

israf edilmiş ekonomik kaynağı temsil eder ve ayrıca çevre üzerinde ciddi olumsuz etkilere sahip olabilir. Elyaf üretimi söz konusu olduğunda, enerji ve suyun verimsiz kullanımından kaynaklanan atıklar göz ardı edilirse, iki temel üretim atığı türü vardır. Birincisi, örneğin makinenin başlatılması veya kapatılması sonucu oluşan doğrudan elyaf atığıdır. Bu atık bazen elyaf üretim akışına yeniden entegre edilebilir. İkinci tür, bu şekilde özümselemeyen malzemedir. En iyi koşullar altında, başka bir ürünün (muhtemelen başka bir üretici tarafından) hammaddesi olabilir. Ancak, bu yan ürünler bu şekilde kullanılamıyorsa, genellikle çöplükte son bulurlar (Timmins, 2009).

Tekstil malzemelerinin geri dönüştürülmesi fikri, İngiltere’de Sanayi Devrimi sırasında ortaya çıkmıştır (Yalcin-Enis vd., 2019). Artan ürün tüketimi, dünya çapında üretilen atık miktarının artmasının bir göstergesidir ve bu da gelişmiş ülkelerdeki katı mevzuatlarla güçlendirilen çevresel farkındalığı ve sosyal sorumluluğu artırmıştır ve daha verimli atık yönetimi uygulamalarının yaratılmasına yol açmıştır (Pinheiro ve Francisco, 2016).

Bir tişört ve bir çift pamuklu kot pantolon üretimi için sırasıyla 2720 litre ve 10.850 litre suya ihtiyaç duyulduğu düşünüldüğünde, tekstil atıklarının yeniden kullanılmasının veya geri dönüştürülmesinin önemi daha da belirginleşmektedir. Ancak, tekstil ürünlerinin geri dönüştürülmesinin diğer malzemelerin geri dönüştürülmesinin gerisinde kaldığı görülmektedir. Tekstil malzemelerinin %15-20’si geri dönüştürülürken, çeliğin %80’i, kağıdın %65’i ve plastiklerin %30’u geri dönüştürülmektedir. Tekstil atıkları endüstriyel ve tehlikesiz atık kategorisine aittir ve temel olarak üç gruba ayrılabilir: üretim atığı, tüketici öncesi atık ve tüketici sonrası atık (Şekil 3) (Yalcin-Enis vd., 2019).

Üretim atığı	Tüketici öncesi atık	Tüketici sonrası atık
• Elyaf • İplik • Kumaş parçaları • Kadife tozu • Döküntü • Kumaş kırpıntısı • Kumaş rulo uçları • Kumaş kenarları	• Satılmayan ürünler • Hasarlı ürünler	• Yıpranmış ürünler • Hasarlı ürünler • Bollaşan ürünler • Modası geçmiş ürünler

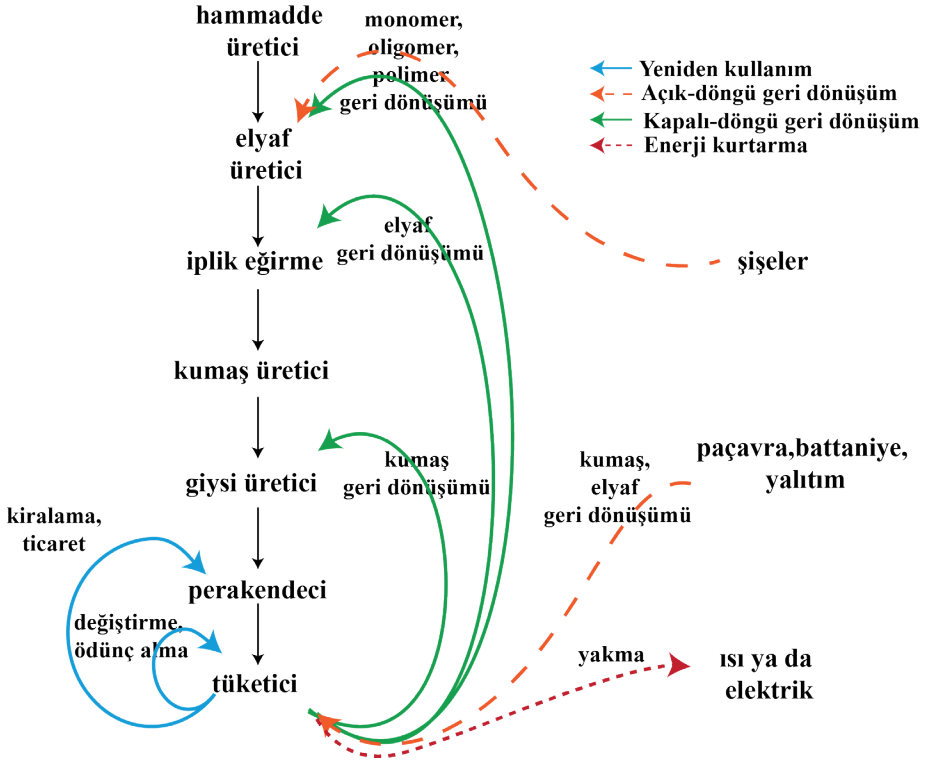
Şekil 3. *Tekstil atık türleri (Yalcin-Enis vd., 2019).*

Tekstil atıklarının yeniden kullanımı ve geri dönüşümü, tekstil ürünlerinin yaşam döngüsünde bazı süreçlerden kaçınılabilmesini sağladığı için çevresel etkiyi azaltabilir ve yakma ve çöplüğe atmaya kıyasla daha sürdürülebilir. Tekstil ürünlerinin yeniden kullanımı genellikle fiziksel ve çev-

rimiçi ikinci el mağazaları, bit pazarları ve hayır kurumları tarafından kolaylaştırılan kiralama, ticaret, takas ve ödünç alma yöntemleri ile uygulanır. Tekstiller ikinci el pazarında kullanılmak üzere tasarlanmışsa temiz, kuru ve giyilmemiş olmalıdır. Temel bir insan ihtiyacı olması nedeniyle birçok kişi giysilerin atılması konusunda ahlaki kaygılar taşır (Piribauer ve Bartl, 2019; Juanga-Labayen, 2022).

Toplanan tekstil malzemelerinin taşınması, sınıflandırılması ve paketlenmesi için ekstra enerji gerekirken, ikinci el bir ürünle değiştirilen her bir kilogram saf pamuk 65 kWh, her bir kilogram saf polyester ise 90 kWh enerji tasarrufu sağlar. Bu nedenle, büyük miktarda ikinci el giysinin çevre üzerinde olumlu bir etkisi olabilir. Şu anda toplanan ikinci el giysilerin çoğu gelişmekte olan ülkelere gönderilmektedir. Bununla birlikte, bu uygulamanın yerel tekstil endüstrilerini yok ettiği yönünde endişeler de bulunmaktadır (Piribauer ve Bartl, 2019).

Atık oluşumu mümkünse önledikten ya da ürünlerin yeniden kullanımı sağlandıktan sonra, önem sırasına göre bir sonraki strateji geri dönüşümdür. 2008/98/EC Direktifine (Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi, 2008) göre geri dönüşüm, atık malzemelerin orijinal veya diğer amaçlar için ürünlere, malzemelere veya maddelere yeniden işlendiği herhangi bir geri kazanım işlemi anlamına gelir. Organik malzemenin yeniden işlenmesini içerir, ancak enerji geri kazanımını ve yakıt olarak veya geri doldurma işlemleri için kullanılacak malzemelere yeniden işlenmesini içermez. Tekstil geri dönüşümü ise tüketici öncesi ve sonrası tekstil atıklarının yeni tekstil veya tekstil dışı ürünlerde kullanılmak üzere yeniden işlenmesini ifade eder. Tekstil ürünlerinin yeniden kullanım ve geri dönüşüm rotaları Şekil 4'te gösterilmiştir (Piribauer ve Bartl, 2019; Juanga-Labayen, 2022).



Şekil 4. Tekstil ürünlerinin yeniden kullanım ve geri dönüşüm rotaları (Juanga-Labayen, 2022).

Tekstil atıkları ayırma işleminden geçirilerek tasnif edildikten sonra mekanik, kimyasal ya da termomekanik işlemlerden geçirilir. Mekanik geri dönüşüm, elde edilen atığı dekorasyon, inşaat, tarım ve bahçecilik kullanımına dönüştürür. Kimyasal geri dönüşüm, polimerlerin depolimerize edildiği (polyester) veya çözüldüğü (pamuk ve viskon) bir işlemi içerir. Kimyasal geri dönüşüm, saf malzemelerle karşılaştırıldığında eşit kalitede lifler üretebilir. Bu işlemler atık malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısına göre ürünlere farklı şekillerde etki edecektir. Bazı atık malzemelerin kimyasal ve fiziksel yapısı geri dönüşüm sürecinde değiştirilemez, buna örnek olarak elyafların dolgu malzemesi olarak kullanılması verilebilir. Bazı durumlarda atık malzemenin fiziksel yapısı değişir ancak kimyasal yapısı değişmez. Polyester esaslı tekstil malzemelerinin eritilmesi ve ardından yeni elyaflara dönüştürülmesi bu şekilde kategorize edilebilir. Son olarak, atık malzemenin hem kimyasal hem de fiziksel yapısının değiştirildiği hammadde geri dönüşümü vardır, elyaf malzemelerin monomerlerine de-polimerizasyonu bu kategorideki ana elyaf ile ilgili uygulama olacaktır (Juanga-Labayen, 2022; Piribauer ve Bartl, 2019; Türemen vd., 2019).

Geri dönüşüm süreçlerinin avantajları kadar dezavantajları da olabilmektedir. Bazı işlemler esnasında harcanan petrol miktarı kazanılan petrol miktarından daha fazla olabilir ve emisyonlar nedeniyle doğaya verilen zarar artabilir. Bu gibi durumlar göz önünde bulundurularak, geri dönüşüm prosesi öncesinde bir etüt çalışması yapılması, yaşam döngüsü ve maliyet analizi yapılarak ideal bir plan oluşturulması gerekmektedir (Türemen vd., 2019).

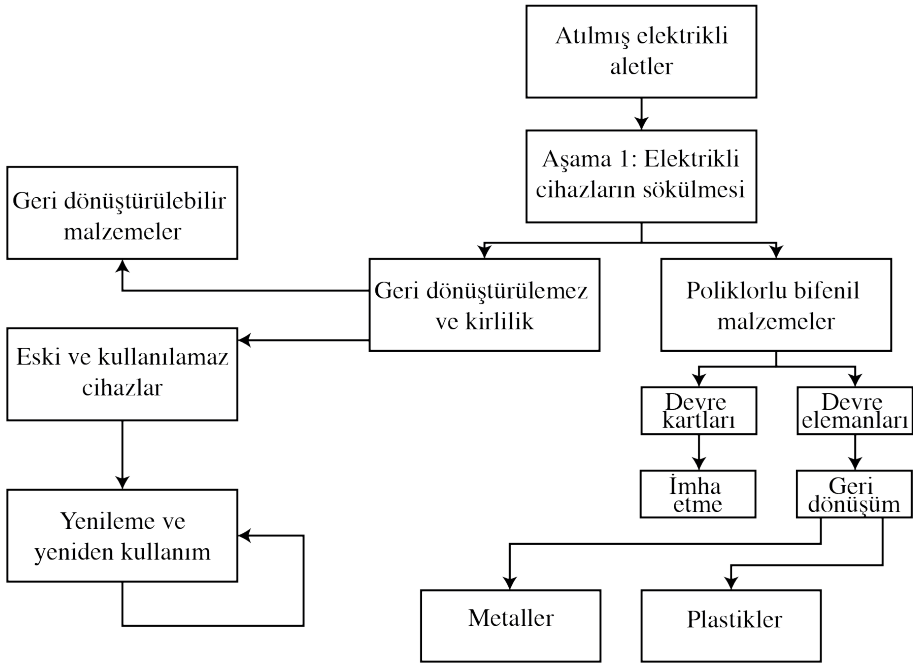
4. Elektronik Atıkların Yönetimi

Elektronik atık yönetimi, dünya genelinde atık akışının en hızlı büyüyen alanlarından biridir. Yeni teknolojiler kullanılarak geliştirilen akıllı cihazlar birçok elektronik ürününün hızla eskimesine neden olmakta, analog cihazların yerini almakta ve bu cihazların düzenli depolama alanlarına atılmasına neden olmaktadır. Dünya çapında bilgi ve iletişim teknolojilerinin taleplerinden kaynaklanan hızla büyüyen elektronik endüstrileri, çekici tüketici tasarımları, pazarlama ve bazı ürünlerde yaşanan uyumluluk sorunları nedeniyle birçok elektronik ürünün kullanım ömrü önemli ölçüde kısalmıştır. Kullanım ömrü sonundaki atık yönetim seçeneklerinin eksikliği ise atık akışının sürdürülemez yönetimine yol açmıştır. Örneğin bilgisayarlar, çoğu toksik olan 1.000'den fazla malzemeden üretilir ve yıllık yaklaşık 20 ila 50 milyon ton olduğu tahmin edilen e-atık akışına önemli ölçüde katkıda bulunurlar. Yeni bir bilgisayarın ortalama kullanım ömrü 1992'de 4,5 yıldan 2005'te tahmini 2 yıla düşmüştür ve daha da azalmaktadır, bu da gelişmekte olan ülkelere atılmak veya ihraç edilmek üzere çok daha fazla sayıda bilgisayara yol açmaktadır (Heacock vd., 2016; Herat, 2007; Kiddee vd., 2013).

Dünya Sağlık Örgütü tarafından sunulan raporda, 2022 senesinde küresel olarak tahmini 62 milyon ton elektronik atık üretildiği ve bu atıkların sadece %22,3'ünün resmi olarak toplandığı ve geri dönüştürüldüğünün belirtildiği belirtilmiştir. Elektronik ürünler çok sayıda ve farklı türlerde toksik madde içerir. Bu maddeler, kurşun, cıva ve krom gibi tehlikeli bileşenler, plastiklerdeki bazı kimyasallar ve alev geciktiriciler içerdiğinden güvenlik endişelerine sebep olmaktadır. Kullanım esnasında kullanıcıların bu ürünlerle temas etme olasılığı düşüktür. Atık haline geldiklerinde ise uygun bir şekilde yönetilmezse toksik maddelerin çevreye salınma ihtimalleri ortaya çıkar. Elektronik atık sahalarında görülen sağlıksız uygulamalar; çöp toplama, karaya veya su kütlelerine dökme, normal atıklarla aynı çöp alanında depolama, asit banyoları veya sızdırma, plastik kaplamaların soyulması veya parçalanması ve ekipmanın manuel olarak sökülmesidir. Bu faaliyetler, geri dönüşüm sahalarında ve komşu topluluklarda havayı, toprağı, tozu ve suyu kirleten toksik kirleticiler saldıkları için çevre ve sağlık açısından tehlikeli kabul edilmektedir. Açıkta yakma ve ısıtma, yaratılan toksik dumanlar nedeniyle en tehlikeli faaliyetler olarak kabul edilir. Bu toksik kirleticiler, çevreye girdikten sonra kirlenme noktasından önemli mesafeler kat edebilir ve uzak bölgelerdeki insanları tehlikeli maddelere maruz bırakabilir. Sağlık üzerinde

gözlemlenen olumsuz etkileri ve artan elektronik atık sahaları, insan sağlığını ve çevreyi elektronik atık kontaminasyonundan korumayı giderek artan bir zorunluluk haline getirmektedir (Electronic waste (e-waste), 2024; Heacock vd., 2016).

Elektronik atıklardaki hızlı artış, üretim endüstrisinde ve devlet nezdinde yenilenebilir ve yenilenemez kaynakların daha iyi yönetimi için elektrik ve elektronik malzeme geri dönüşümü üzerinde daha sıkı çalışmayı gerektirmektedir. Aşağıda, Şekil 5'te gösterildiği gibi Elektronik atık geri dönüşüm tesislerinde yaygın olarak uygulanan sıradan bir geri dönüşüm ve ayırma stratejisi bulunmaktadır (Aboughaly ve Gabbar, 2020).



Şekil 4. Küresel elektronik atık ayırma ve geri dönüşüm stratejilerinin şematik diyagramı (Aboughaly ve Gabbar, 2020).

Birçok ülkenin kendi elektronik atık yönetim ve kontrol yönetmelikleri olmasına rağmen, uluslararası kuruluşlar tarafından yayınlanan ve ülkelerin uydukları direktifler de bulunmaktadır. Çevre Koruma Ajansı (EPA), elektrik ve elektronik atık üretimi, elektronik atık işleme ve geri dönüşümü için yasa ve yönetmelikleri belirten en ünlü kuruluşlardan biri olarak kabul edilir. Avrupa Birliği (AB), aşağıdaki direktifler aracılığıyla elektronik üreticilerine elektronik atıkların toplanması, geri dönüştürülmesi ve depolanmasını içeren temel yasalar koymaktadır:

- Belirli tehlikeli maddelerin kullanımının kısıtlanması (RoHS)
- Atık elektrikli ve elektronik ekipman (WEEE) yönetmelikleri
- Ömrünü tamamlamış araç (ELV) yönetmelikleri

Tüm üreticiler atık elektrikli ve elektronik ekipmanların üretimi, yeni-den kullanımı, onarımı, geri dönüştürülmesi ve bertarafı sırasında iç malzeme ve ürün yönetmelikleriyle ilgili Çevre Koruma Ajansı yasalarına ve yönetmeliklerine uymak zorundadır (Aboughaly ve Gabbar, 2020).

WEEE Direktifi (Direktif 2002/96/EC), AB üye ülkelerindeki üreticilerin ve ithalatçıların ürünlerini tüketicilerden geri almalarını ve çevreye duyarlı yöntemler kullanılarak bertaraf edilmesini sağlamalarını gerektirir. Direktif, birinci öncelik olarak elektrikli ve elektronik ekipman atığının üretimini önlemeyi amaçlamaktadır. Ek olarak, atık bertarafını azaltmak için elektrikli ve elektronik ekipman atığının yeniden kullanımını, geri dönüşümünü ve diğer geri kazanım biçimlerini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Elektrikli ve elektronik ekipman yaşam döngüsünde yer alan tüm operatörlerin, örneğin üreticiler, dağıtımıcılar ve tüketicilerin ve özellikle atıkların işlenmesine doğrudan dahil olan operatörlerin çevresel performansını iyileştirmeyi amaçlamaktadır. İlk direktifte her üye ülkenin, kişi başına yıllık 4 kg oranında hane halkı elektrikli ve elektronik ekipman atığını ayrı ayrı toplaması gerektiği belirtilmiştir. Önerilen revizyon ile yeni hedef önceki iki yılda piyasaya sürülen ürünlerin ortalama ağırlığının % 65'i olarak belirlenmiştir (Ongondo vd., 2011; Stewart, 2012).

Belirli tehlikeli maddelerin kullanımının kısıtlanması (RoHS Direktifi 2002/95/EC), kurşun, kadmiyum, cıva, heksavalent krom, polibromlu bifenil (PBB) ve polibromlu difenil eter (PBDE) alev geciktiricilerin kabul edilenden daha fazla seviyesini içeren yeni elektrikli ve elektronik ekipmanların AB pazarına sürülmesini yasaklamaktadır. RoHS Direktifi, elektrikli ve elektronik ekipman faydalı ömrünün sonuna geldiğinde, atıklarının bertarafı ve geri dönüşümü sırasında ana çevre sorunlarına yol açan maddelerin yerine ikame edilmesini gerektirerek, elektrikli ve elektronik ekipmanın çevresel etkisini azaltmayı amaçlamaktadır (Ongondo vd., 2011; Stewart, 2012).

5. Elektronik Tekstil Atıkları

Elektronik ve tekstil endüstrilerini bir araya getiren elektronik tekstillerde atık yönetimi dikkatle ele alınması gereken bir konudur. Elektronik tekstiller, diğer tüm ürünlerde de olduğu gibi kullanım ömürlerinin sonunda kaçınılmaz olarak atığa dönüşecektir. Var olan elektronik ürünlerin oldukça kısa hizmet ömürleri vardır ve elektronik tekstiller de benzer eğilimde olacaktırlar. Dahası giyim sektöründeki hızlı moda trendleri nedeniyle bu süre daha da kısalabilir. Dolayısıyla elektronik tekstil ürünlerinden çıkan atıklarının da büyük atık akışlarına neden olması beklenebilir. Elektronik atığı

ve tekstil atığı, Avrupa ülkeleri arasında farklılık gösteren farklı toplama ve geri dönüşüm sistemlerine sahiptir. Ancak genel olarak, Avrupa Birliği'ndeki tekstil ve elektronik atık toplama süreçleri hala geliştirilme aşamasındadır ve elektronik atık toplama işlemi tekstil atık toplama işlemine göre daha gelişmiş durumdadır. Hem elektronik hem de tekstil geri dönüşümünde verimli ve yüksek kaliteli bir işlem gerçekleştirebilmek için dikkatli bir ayırma gerekir ve her iki ürün grubu için de karmaşık ürün bileşimleri göz önüne alındığında geri dönüşüm oranı oldukça düşüktür (Eppinger vd., 2022; Köhler vd., 2011).

Eppinger ve arkadaşları tarafından 2022 senesinde yapılan anket uygulamasında Almanya, Litvanya, Polonya, İspanya ve Macaristan'da bulunan geri dönüşüm işletmelerinden alınan yanıtlar incelenmiştir. Mevcut işleme konseptlerine bakıldığında, tekstil ve elektronik ayıklama ve geri dönüşüm şirketlerinin %28,6'sı halihazırda elektronik tekstil atığı işlediklerini belirtmiştir. Baskılı ve esnek devre kartları her iki alt sektörde de (elektronik geri dönüşümü ve tekstil geri dönüşümü) bulunurken, işlemeli devrelere ve entegre tekstil devre kartlarına sahip elektronik tekstiller yalnızca tekstil geri dönüşüm işletmelerinde rastlanmıştır. Bunlar termal geri kazanım dışında bir işleme tabi tutulmazken, baskılı devre kartlarına sahip olanlar ya ikinci el pazarlarına iletilmekte ya da tekstil ve elektronik bileşenlere ayrılarak elektronik ve tekstil geri dönüşümü kapsamında daha fazla işleme tabi tutulmaktadır (Eppinger vd., 2022).

Geleneksel elektronik bileşenlerin üretiminde kullanılan bazı malzemeler çevreye zarar verebilir ve bunların güvenli kullanımı ve imhası ile ilgili Avrupa Birliği çapında girişimler bulunmaktadır. Bunlardan biri "Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları (WEEE)" direktifi, ikincisi ise "Tehlikeli Maddelerin Kısıtlanması (RoHS)" direktifidir. Her iki direktif de ilk olarak 2003 yılında yürürlüğe girmiş ancak atık akışı beklenenin üzerinde gerçekleşince WEEE direktifi revize edilerek 2014 yılında yeni haliyle tekrar yürürlüğe girmiştir. WEEE direktifi çeşitli türlerdeki tüketici ekipmanlarını kapsayan on bir ürün türü için geçerlidir. Ürün tipi 3 (Bilgi Teknolojileri ve Telekomünikasyon), 4 (Tüketici Ekipmanı), 7 (Oyuncaklar, Boş Zaman ve Spor Gereçleri), 8 (Tıbbi Cihazlar) ve 9 (İzleme ve Kontrol Ekipmanları) elektronik tekstillerle ilgili görünmektedir. WEEE direktiflerinin elektronik tekstil ürünlerinde geçerli olup olmadığı ise ürünün birincil amacı dikkate alınarak anlaşılabilir. Örneğin bir akıllı ceketin birincil amacı ısıtmak ise bu bir giysi olarak ele alınmalı ancak esas olarak kalp atışı takibi için kullanılacaksa kullanım ömrünün sonunda bir elektronik ekipman olarak ele alınmalıdır. WEEE direktifleri dikkate alındığında ise elektronik tekstil ürünlerinin kullanım ömrünün sonunda ürünün en az %70'ini geri kazanmak ve ardından en az %50'sini geri dönüştürmek gerekmektedir. Elektronik tekstilleri verimli bir şekilde geri dönüştürmek için çeşitli gereksinimler bulunmakta-

dır. Bu gereksinimler arasında kolay sökmeye izin veren ürün tasarımı, elektronik bileşenlerin güvenilir bir şekilde tanımlanması, tüketicilerin e-tekstil atıklarını nasıl düzgün bir şekilde bertaraf edeceklerini anlamalarına yardımcı olacak net atık düzenlemeleri, hem tekstil hem de elektronik bileşenleri işleyebilen entegre fabrikaların geliştirilmesi, güvenilir veriler için süreçlerin belgelenmesi ve değerlendirilmesi ve elektronik atık ve tekstil atıklarının geri dönüşüm süreçlerinin genel olarak iyileştirilmesi yer almaktadır. Hem elektronik hem de tekstil atıkları çok düşük bir marjla işlenmektedir ve daha fazla ürün için yüksek kaliteli kaynakları geri kazanma süreçleri hala pahalıdır. Kullanım ömrünün sonunda geri kazanım ve geri dönüşüm sağlayabilmek kadar öğelerin veya öğelerin parçalarının geri dönüştürülmesine, yeniden kullanılmasına ve uygun şekilde atılmasına izin veren tasarım ve üretim stratejilerinin geliştirilmesi de atıkların yönetilmesine katkı sağlayacaktır (Timmins, 2009; Eppinger vd., 2022).

6. Sonuç ve Öneriler

Elektronik tekstiller (e-tekstil), elektronik ve tekstil ürünlerinin entegrasyonu sonucunda ortaya çıkmış yeni bir tür yüksek teknoloji ürünüdür. Elektronik tekstillerin geri dönüştürülmesi sadece tekstil ürünlerinin geri dönüşüm süreciyle değil aynı zamanda elektrikli ve elektronik ekipmanların güvenli bir şekilde atılmasına ilişkin mevzuatlar ışığında da değerlendirilmelidir. Ancak atık yönetimi sadece tüketim sonrası süreçlerin değil aynı zamanda tasarım öncesi süreçlerin de düzgün bir şekilde planlanmasıyla daha verimli bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bunun için toksik malzemelerin geri dönüşümü zor atık akışları içinde dağılması gibi olası riskler, elektronik tekstiller kitle pazarına girmeden önce önlenmelidir. Elektronik sektöründeki deneyimler, çevresel performansın inovasyonun erken aşamasında alınan seçimlerle belirlendiğini göstermektedir. Tasarımın başlangıç aşamasında tercih edilen sürdürülemez tasarım seçimleri ilerleyen dönemlerde yerleşik hale gelerek bir alışkanlığa dönüşebilir. Bu ürünler pazarda yaygınlaştıktan sonra kullanıcılar yeni işlevlere hızla bağımlı hale gelir. Bu, çevre üzerinde istenmeyen yan etkileri (örneğin elektronik atık sorunları) yerleşik hale getiren sosyoekonomik olarak geri döndürülemez tüketim kalıplarına yol açabilir. Bu nedenle elektronik tekstiller için açık uyumluluk standartlarının oluşturulması önerilmektedir.

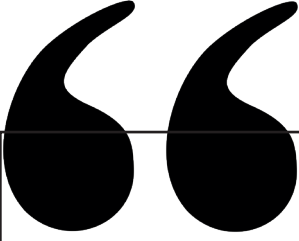
Ürün tasarımını ve elektronik tekstil atık arıtımını yönetmek için, WEEE Direktifi kapsamının genişletilmesinin verimli olacağı düşünülmektedir. Örneğin, WEEE Direktifindeki küçük ekipman tanımı elektronik tekstilleri de içerecek şekilde ayarlanabilir.

REFERENCES

- Aboughaly, M., & Gabbar, H. A. (2020). Recent technologies in electronic-waste management. *E-waste Recycling and Management: Present Scenarios and Environmental Issues*, 63-80.
- Amasuomo, E., & Baird, J. (2016). The concept of waste and waste management. *J. Mgmt. & Sustainability*, 6, 88.
- Cho, S., Chang, T., Yu, T., & Lee, C. H. (2022). Smart electronic textiles for wearable sensing and display. *Biosensors*, 12(4), 222.
- Bilgili, M. Y. (2020). Katı atık yönetiminde kullanılan bazı kavramlar ve açıklamaları. *Avrasya Terim Dergisi*, 8(2), 88-97.
- Du, K., Lin, R., Yin, L., Ho, J. S., Wang, J., & Lim, C. T. (2022). Electronic textiles for energy, sensing, and communication. *IScience*, 25(5).
- Ehrmann, G., & Ehrmann, A. (2021). Electronic textiles. *Encyclopedia*, 1(1), 115-130.
- Erdem Akgün, D. (2023). Elektronik Tekstil Atıklarının Yönetimi. S. Yiğit (Ed.), 6. International Scientific Researches and Innovation Congress (s. 156-157) içinde. İksad Yayınevi.
- Electronic waste (e-waste). (2024, 1 Ekim). [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-\(e-waste\)#:~:text=E%2Dwaste%20is%20one%20of,collected%20and%20recycled%20\(2\).](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-(e-waste)#:~:text=E%2Dwaste%20is%20one%20of,collected%20and%20recycled%20(2).)
- Eppinger, E., Slomkowski, A., Behrendt, T., Rotzler, S., & Marwede, M. (2022). Design for Recycling of E-Textiles: Current Issues of Recycling of Products Combining Electronics and Textiles and Implications for a Circular Design Approach. In *Recycling Strategy and Challenges Associated with Waste Management Towards Sustaining the World*. IntechOpen.
- Ethridge, E. (2002). Electrotextiles-technology to applications. MRS Online Proceedings Library (OPL), 736, D1-1.
- Gao, Y., Li, H., & Luo, Y. (2015). An empirical study of wearable technology acceptance in healthcare. *Industrial Management & Data Systems*, 115(9), 1704-1723.
- Grand View Market Research-Wearable Technology Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Head & Eyewear, Wristwear), By Application (Consumer Electronics, Healthcare), By Region (Asia Pacific, Europe), And Segment Forecasts, 2023 – 2030. (n.d.). <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/wearable-technology-market#:~:text=Report%20Overview,consumers%20is%20driving%20industry%20growth.>
- Ghosh, T., & Dhawan, A. (2006). Electronic textiles and their potential. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 31(1), 170.
- Heacock, M., Kelly, C. B., & Suk, W. A. (2016). E-waste: the growing global problem and next steps. *Reviews on environmental health*, 31(1), 131-135.
- Herat, S. (2007). Sustainable management of electronic waste (e-waste). *Clean-Soil, Air, Water*, 35(4), 305-310.

- Hughes-Riley, T., Dias, T., & Cork, C. (2018). A historical review of the development of electronic textiles. *Fibers*, 6(2), 34.
- Juanga-Labayen, J. P., Labayen, I. V., & Yuan, Q. (2022). A review on textile recycling practices and challenges. *Textiles*, 2(1), 174-188.
- Köhler, A. R., Hilty, L. M., & Bakker, C. (2011). Prospective impacts of electronic textiles on recycling and disposal. *Journal of Industrial Ecology*, 15(4), 496-511.
- Lama, N. (2024, 26 Nisan). The World has a problem. How to fix it? <https://efeverde.com/the-world-has-a-waste-problem-heres-how-to-fix-it-nuru-lama/>
- Memon, M. A. (2010). Integrated solid waste management based on the 3R approach. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 12, 30-40. s
- Misra, V., & Pandey, S. D. (2005). Hazardous waste, impact on health and environment for development of better waste management strategies in future in India. *Environment international*, 31(3), 417-431.
- Nanda, S., & Berruti, F. (2021). Municipal solid waste management and landfilling technologies: a review. *Environmental chemistry letters*, 19(2), 1433-1456.
- Kiddee, P., Naidu, R., & Wong, M. H. (2013). Electronic waste management approaches: An overview. *Waste management*, 33(5), 1237-1250.
- Ongondo, F. O., Williams, I. D., & Cherrett, T. J. (2011). How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste management*, 31(4), 714-730.
- Pinheiro, E., & Francisco, A. C. (2016). Management and characterization of textile solid waste in a local productive arrangement. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 4 (118), 8-13.
- Piribauer, B., & Bartl, A. (2019). Textile recycling processes, state of the art and current developments: A mini review. *Waste Management & Research*, 37(2), 112-119.
- Rapsikevičienė, J., Gurauskienė, I., & Jučienė, A. (2019). Model of industrial textile waste management. *Environmental Research, Engineering and Management*, 75(1), 43-55.
- Sakai, S. I., Yoshida, H., Hirai, Y., Asari, M., Takigami, H., Takahashi, S., ... & Chi, N. K. (2011). International comparative study of 3R and waste management policy developments. *Journal of material cycles and waste management*, 13, 86-102.
- Samiha, B. (2013). The importance of the 3R principle of municipal solid waste management for achieving sustainable development. *Mediterranean journal of social sciences*, 4(3), 129-135.
- Smith, D. (2007). Smart clothes and wearable technology. *Ai & Society*, 22(1), 1-3.
- Stewart, R. (2012). EU legislation relating to electronic waste: the WEEE and RoHS Directives and the REACH regulations. In *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (pp. 17-52). Woodhead Publishing.

- Timmins, M. (2009). Environmental and waste issues concerning the production of smart clothes and wearable technology. In *Smart clothes and wearable technology* (pp. 319-331). Woodhead Publishing.
- Türemen, M., Demir, A., & Özdoğan, E. (2019). Tekstil endüstrisi için geri dönüşüm ve önemi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(7), 805-809.
- Tyler, D., Wood, J., Sabir, T., McDonnell, C., Sayem, A. S. M., & Whittaker, N. (2019). Wearable electronic textiles. *Textile Progress*, 51(4), 299-384.
- Wagner, S., Bonderover, E., Jordan, W. B., & Sturm, J. C. (2002). Electrotexiles: concepts and challenges. *International Journal of High speed electronics and systems*, 12(02), 391-399.
- Weinswig D. The wearables report 2016: reviewing a fast changing market. Fung Global Retail and Technology, 2016; 1-19.
- Yalcin-Enis, I., Kucukali-Ozturk, M., & Sezgin, H. (2019). Risks and management of textile waste. *Nanoscience and biotechnology for environmental applications*, 29-53.
- Yetmen, G. (2017). Giyilebilir teknoloji. *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(9), 275-289.



Bölüm 3

TEKSTÜRE İPLİK ÜRETİM TEKNİKLERİ

Gülbin FİDAN¹

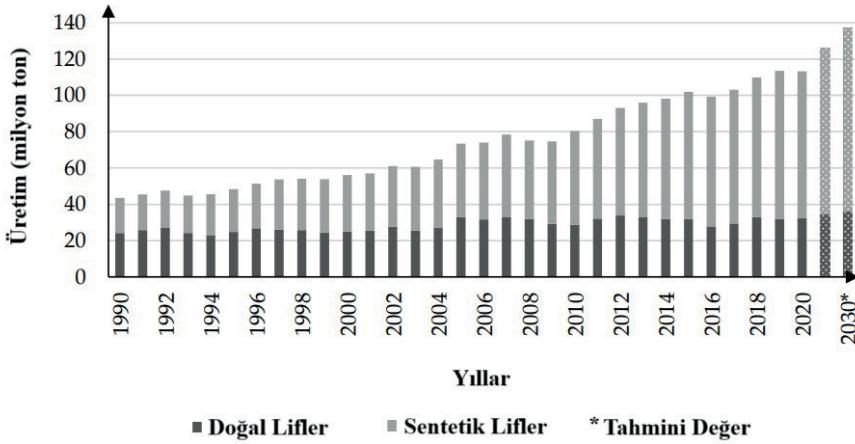
Cemile Emel YAZ²

1 Dr.Öğr.Üyesi Gülbin FİDAN, Gaziantep Üniversitesi Naci Topçuoğlu Meslek Yüksekokulu, El Sanatları Bölümü, Halıcılık ve Kilimcilik Programı, 0000-0002-7958-2626

2 Dr.Öğr.Üyesi Cemile Emel YAZ, Gaziantep Üniversitesi Naci Topçuoğlu Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Tekstil ve Halı Makineleri Programı, 0000-0003-4456-4898

1. Giriş

Tekstil sektöründe artan ve değişen tüketici talepleri karşısında doğal lif olanaklarının sınırlı olması nedeniyle, sentetik lifler gittikçe popülerlik kazanmaktadır. Ancak, doğal liflerle kıyaslandığında tutum, hacimlilik gibi bazı özelliklerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır ve bu sebepten tekstüre teknikleri önem arz etmektedir. Şekil 1’de doğal ve sentetik liflerin geçmiş yıllara göre ve yakın geleceğe dair öngörülen üretim miktarları görülmektedir.



Şekil 1. Doğal ve sentetik liflerin yıllara göre üretim miktarları (Engelhardt, 2020)

2. Tekstüre Nedir?

Doğal liflerin sentetik liflerle kıyaslandığında kıvrımlı ve dolayısıyla hacimli bir konstrüksiyona sahip oldukları söylenebilir. Bu özelliklerinden dolayı, doğal liflerden eğrilen iplikler ve sonrasında kumaş formuna getirilen tekstil yüzeyleri daha yumuşak tuşeye ve hacimli bir forma sahip olurlar. Sentetik filamentlerin ise mukavemet davranışları daha iyi olmasına karşın, düz ve kıvrımsız lif yapılarından dolayı hacimlilik, tüylülük gibi tutum özelliklerinin iyileştirilmesi beklenmektedir. Filament ipliklerin doğal ipliklere benzetilmesi ve karakteristik, hacimlilik gibi özelliklerini değiştirmek için tekstüre işlemi uygulanmaktadır. Sıkı ve paralel formdaki sentetik filamentlerin doğal lif görünümü ve tutumuna benzetilebilmesi için uygulanan tekstüre işlemi, termal, mekanik veya kimyasal işlemlerle gerçekleştirilmektedir. Tekstüre işleminin amacı sentetik filamentlere yüksek hacimlilik ve dolayısıyla yumuşak tutum, daha iyi hava ve nem geçirgenliği, yüksek uzama ve mukavemet özellikleri kazandırmaktır. Ayrıca tekstüre işlemi uygulanmış

ipliklerden üretilen kumaşlar form stabilitesi açısından, tekstüresiz ipliklerden üretilen kumaşlara göre daha yüksek performans göstermektedir. Bu durumun en önemli nedeni, filamentler arasındaki sürtünme kuvvetinin daha yüksek olmasıdır. Öte yandan, tekstürel ipliklerin kıvrımlı yapıları gereği esneklik davranışlarının da önemli bir artış görülmektedir ve bu durum tekstil ürünlerinde aranan bir özelliktir (Demir, 2006; Atkinson, 2012).

Tekstürel ipliklerde, filamentlerin paralel ve lineer yapıları bozularak, iplik yapısı içerisinde düzensiz konfigürasyonda yerleşmeleri sağlanır ve böylelikle sıkı olmayan bir yapı elde edilir. Filamentlerin bu formu ipliklerin ve dolayısıyla bu ipliklerden üretilen kumaşların daha iyi bir uzama ve esneme yeteneğine sahip olmasını sağlar. Bunun yanı sıra, artan filament hacimliliği yumuşaklığı da beraberinde iyileştirirken, kumaşın örtme faktörünü de artıran bir unsurdur (Demir, 2006).

Tekstüre işleminin temel prensibi, iplik merkezindeki simetrik gerilmelerin iplik eksenine asimetrik olarak değiştirilmesi esasına dayanır. Tekstüre işlemi uygulanan ipliklerdeki filamentler, üzerlerindeki kuvvetler kalkınca içyapıdaki gerilmelerin dengeye gelebilmesi için büzülür ve böylece iplik kıvrım kazanır. Tekstüre işleminin ipliklere ve bu ipliklerden üretilen tekstil maddelerine kazandırdığı başlıca özellikler aşağıdaki gibidir:

- Yüksek hacimlilik,
- İyileştirilmiş tutum (dolgunluk, yumuşak tuşe vb.),
- Artan uzama ve elastikiyet,
- Geliştirilmiş termal davranışlar (ısı tutma yeteneği, hava geçirgenliği, nem iletme vb.),
- Kumaşlarda daha iyi bir örtücülük ve form stabilitesi (Çirkin, 2006).

Tekstüre yöntemleri:

- Termo-Mekanik Tekstüre Teknikleri

- o Yalancı büküm

- o Yığma kutusu

- o Bıçak sırtı

- o Dişli çark

- o Örme-sökme

- Mekanik Tekstüre Teknikleri

- o Hava jetli

- o Puntalama

- Diğer Tekstüre Teknikleri (Demir, 2006).

3. Termo-Mekanik Tekstüre Teknikleri

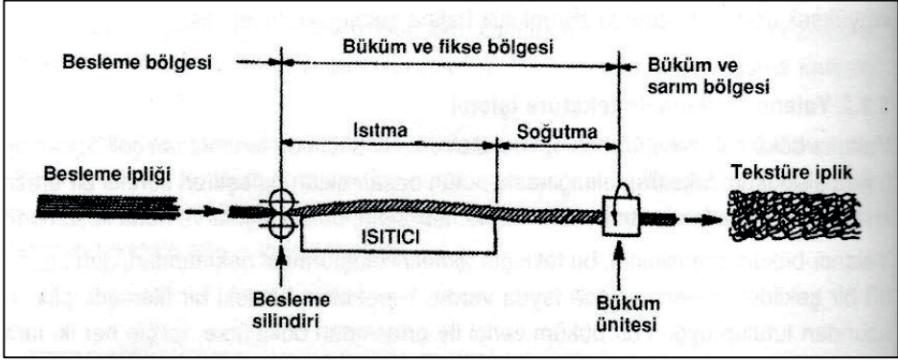
Termoplastik polimerlerden üretilen sentetik filamentlere tekstüre etkinin uygulanabilmesi için, mekanik kuvvetin yanı sıra termal işlemlere de maruz bırakılması gerekmektedir. Termo-mekanik tekstüre işlemlerinden yalancı büküm ile tekstüre işleminde gerçekleştirilen temel adımlar aşağıda verilmiştir:

- Termoplastik filament ipliklerin camsı geçiş sıcaklığı (T_g) ile erime sıcaklığı (T_m) arasında olacak şekilde ısıtılması,
 - Filament ipliklerin istenen şekle getirilebilmesi için deforme edilmesi,
 - Filament ipliğe form verildikten sonra T_g değerinin altına soğutulması,
 - Soğutulan ipliğin filamentlerinin tekrar düzenlenmesi ve daha hacimli hale gelmesi,
- şeklindedir (Demir, 2006).

3.1. Yalancı Büküm Tekstüre Tekniği

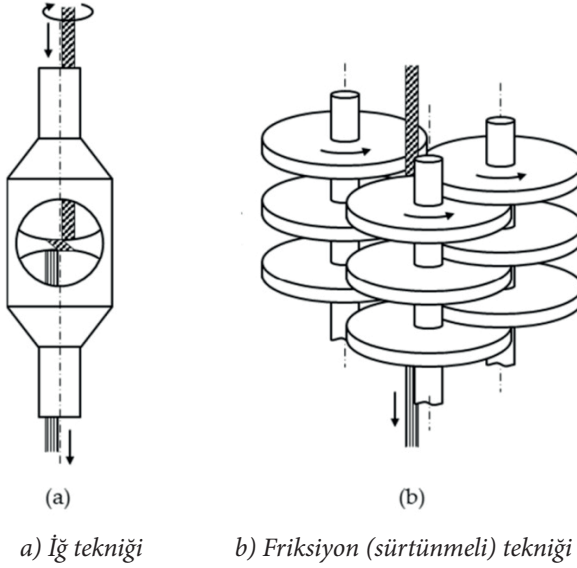
Yalancı büküm tekstüre yöntemi, ipliğe sıcaklık uygulandıktan sonra çekime uğratarak bükülmesi ve daha sonra bükümün açılması ile ipliğin helisel bir forma sahip olması esasına dayanır. Böylece, ipliğin düz geometrik formu kıvrımlı bir yapıya dönüştürülmüş olur.

Hareketsiz haldeki bir iplik iki ucundan tutulup, bir büküm aparatı ile orta kısmından büküldüğünde, ipliğin bir tarafın S büküm alırken, diğer tarafı Z büküm alacaktır ve iplik sabit kaldığı sürece gerçek bir büküm verilmiş olacaktır. Ancak, iplik hareket halinde olduğunda, besleme silindirinden sürekli dönen büküm elemanına doğru yol alırken üzerine büküm alacak, akabinde büküm elemanını geçtikten sonra alıcı silindire doğru yol alırken tersi yönde dönerek üzerine aldığı bükümü açarak sıfırlayacaktır. Sonuç olarak, gerçek bir büküm verilmiş olmayacaktır. Yalancı büküm tekstüre sistemlerinin temel prensibi de bu duruma dayanmaktadır.



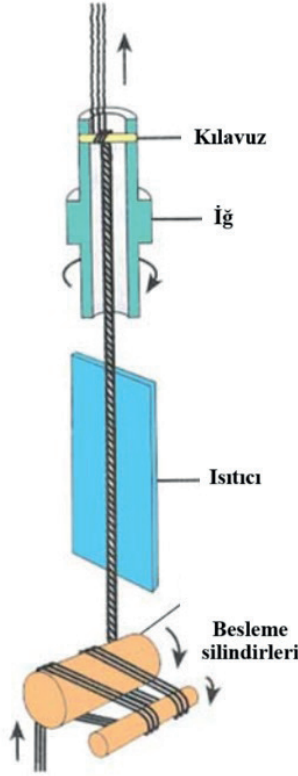
Şekil 2. Yalancı büküm tekstüre temel prensibi (Demir, 2006).

Yalancı büküm tekniğinde farklı tasarımlarda büküm elemanları kullanılabilir, ancak büküm iğleri ve friksiyon (sürtünme) diskleri günümüzde en bilinen sistemlerdir.



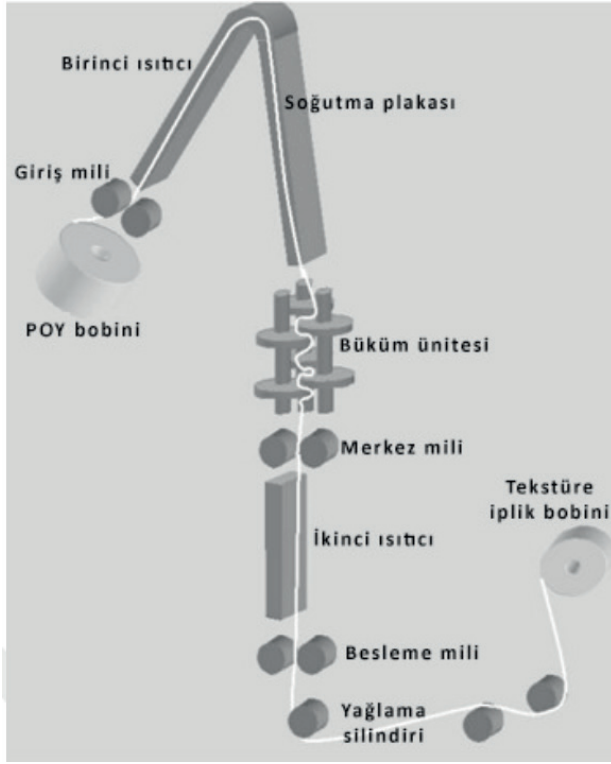
Şekil 3. İğ ve friksiyon teknikleri ile yalancı büküm (Ortega ve ark., 2024)

İğ tekniği ile yapılan yalancı büküm işlemi, ipliğin sürekli dönen bir iğ veya benzeri bir geçici büküm elemanına doğru hareket etmesi ve iğin diğer tarafına geçtikten sonra üzerindeki bükümü bırakması esasına dayanır. Bu sistemde, iğin dönmesi ile iplik büküm alır ve iğin her bir tam dönüşü ile ipliğe bir büküm verilir. Ardından, iğ içerisinde yatay şekilde konumlanan kılavuzun etrafından bir tur sarılarak geçen iplik üzerindeki büküm sıfırlanır.



Şekil 4. İğ tekniği ile ipliğe yalancı büküm verilmesi.

Friksiyon tekniği ile yapılan yalancı büküm işleminde, iplik birinci ısıtıcıdan geçerken T_g ve T_m arasında bir sıcaklık değerine ısıtılır ve akabinde ipliğin soğumasını sağlayan soğutma plakasından geçilir. Ardından, friksiyon disklerine doğru beslenen iplik, diskler arasından geçerken sürtünmenin etkisi ile büküm alır. Friksiyon disklerinin sayısı ipliğin alacağı bükümü etkilemekte ve disk sayısı ne kadar fazlaysa ipliğin alacağı büküm de o kadar fazla olmaktadır. Friksiyon ünitesinden sürekli geçen iplik, giriş diski üzerinden, yani sıcaklık üzerinden ayarlanmış bölgeye devamlı beslenmekte ve çıkış diskinden sonra bükümsüz olarak, kıvrılmış bir yapıda ikinci ısıtıcıya beslenmektedir.



Şekil 5. Barmag M, yalancı büküm tekstüre makinesinde işlem akışı (Yıldırım ve ark., 2009)

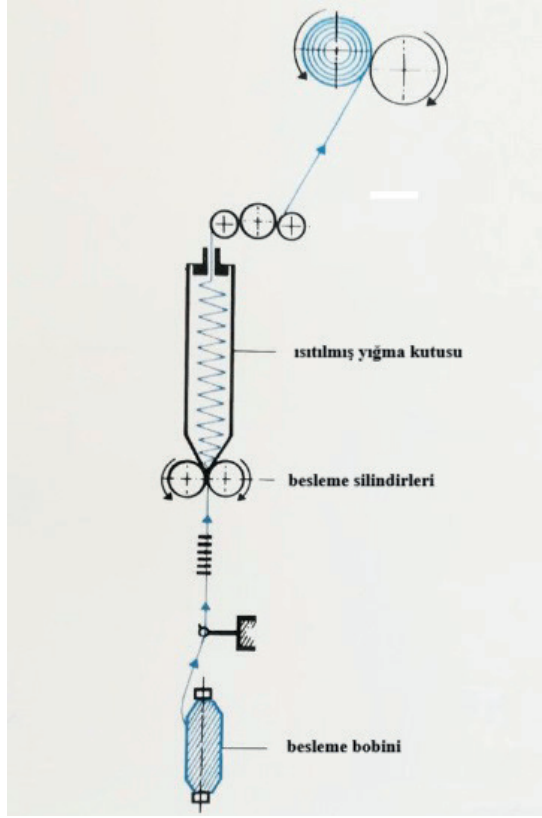
Ticari olarak en yaygın tercih edilen friksiyon diskleri poliüretan ve seramik disklerdir. Bu malzemelerin, üretilen iplik yüzeylerine olan etkileri birbirinden farklı olup birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Poliüretan diskler iplik yüzeyine zarar vermemekle birlikte, filament sayısı fazla olan ve yüksek numaralı ipliklerin tekstüre işlemlerinde çalışma gerginliği fazla olduğundan yapılarında deformasyonlar görülebilmektedir. Ayrıca, kullanım ömürleri seramik disklerle daha kısadır ve yüksek maliyetlidir. Seramik diskler ise sert yapıları gereği ipliğe zarar verebilmektedir. Bu durum iplikte mukavemet ve kopma uzama değerlerinde azalmalara neden olmaktadır. Poliüretan disklerle üretilen iplikler seramik disklerle üretilen ipliklere göre daha hacimli olup daha yumuşak tuşeli kumaş elde edilir (Özat, 2019). Şekil 6’da ticari olarak kullanılan friksiyon diskleri gösterilmiştir.



Şekil 6. Friksiyon diskleri

3.2. Yığma Kutusu Tekstüre Tekniği

Yığma kutusu metodu, ısıtılmış bir hazne içerisine beslenen ipliğin sıkıştırılarak iplik yapısının deforme edilmesi esasına dayanmaktadır. Mekanik ve termal etkiye maruz kalan ipliğin lineer yapısı bozularak buruşuk ve zikzaklı bir görünüm elde edilmektedir. Bu teknikle tekstüre edilen iplikler daha hacimli ve daha yumuşak bir yapıya sahip olmakla birlikte, uzama yetenekleri yalancı büküm yöntemi ile tekstüre edilen ipliklere kıyasla genelde daha düşük olması beklenmektedir (Hearle ve ark., 2001, swicofil.com). Şekil 7’de yığma kutusu tekstüre tekniğinin şematik gösterimi verilmiştir.

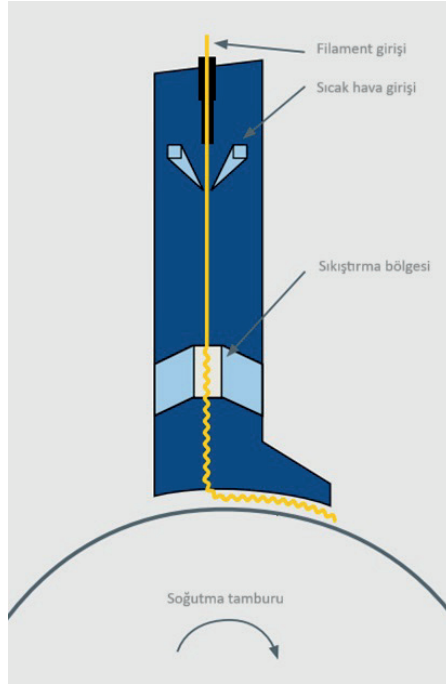


Şekil 7. Yığma kutusu tekstüre tekniği şematik gösterimi (swicofil.com)

Yığma kutusu, diğer tekstüre tekniklerine göre kalın ipliklerin tekstüre edilmesi için daha uygun bir teknik olarak bilinmektedir. Bu sebepten, BCF (bulk continuous filament) iplik üretim makinelerinde ipliğin tekstüre edilmesi yığma kutusu tekstüre metodu ile yapılmaktadır. BCF iplik üretim makinesinde eriyikten çekim metodu ile üretilen filamentler, spin-finish, germe-çekme, tekstüre ve puntalama işlemlerinden sonra bobinlere sarılmaktadır. Genellikle yüksek numaralarda eğrilen BCF ipliklerin konvansiyonel filament ipliklerden en önemli farkı, tekstürel ve puntalı olarak üretilmeleridir. BCF makinesinde, yığma kutusundan çıkan tekstürel filamentler, tekstüre ünitesinin hemen altında konumlanan soğutma tamburuna sevk edilmektedir. Sıcak haldeki kıvrımlı filamentler, soğutma tamburu üzerinden geçirilerek ortam havası ile soğutulur ve tekstüre efekti filamentlere fikselenir (Hearle ve ark., 2001, vandewiele.com, oerlikon.com).



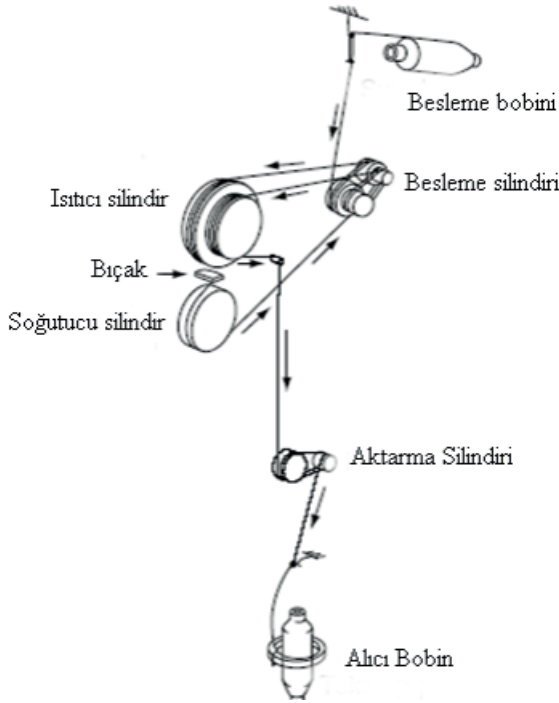
Şekil 8. BCF makinesi yığma kutusu ve soğutma tamburu (vandewiele.com)



Şekil 9. Tekstüre işlemi şematik gösterimi (yığma kutusu/sıkıştırma metodu) (truetzschler.com)

3.3. Bıçak Sırtı Tekstüre Tekniği

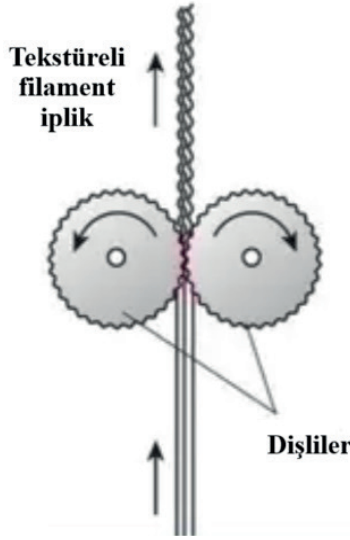
Bıçak sırtı tekstüre metodunda, ön ısıtmaya maruz bırakılan filament iplik, daha sonra soğuk bir bıçak üzerinden geçirilir. İpliğin bıçak üzerinden geçişi esnasında, iç kısımda kalan filamentler sıkışarak kısalır, dış kısımda kalan filamentler gerilerek uzamaktadır. Bıçak üzerinden akışı devam eden filament iplik, ısınıp kaybederek soğumaya devam eder. Günümüzde, üretim hızının düşüklüğü nedeniyle tekstil endüstrisinde tercih edilmemektedir (Hearle ve ark., 2001).



Şekil 10. Bıçak sırtı tekstüre tekniği (saurer.com)

3.4. Dişli Çark Tekstüre Tekniği

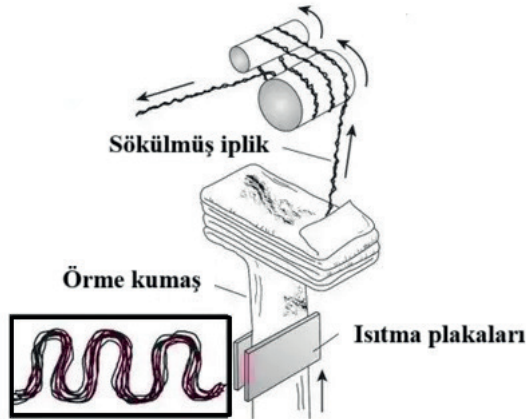
Dişli çark tekstüre tekniği, birbirine zıt yönlerde dönen ısıtılmış iki dişli arasından geçirilen filament ipliğin kıvrım kazanması prensibine dayanmaktadır. İpliğe verilen tekstüre efektini oluşturan kıvrımlar, çarkların diş sıklığı ve diş derinliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Dişli çark metodu, günümüzde ticari bir başarı elde edememiştir (Demir, 2006)



Şekil 11. Dişli çark tekstüre tekniği (textilestudycenter.com)

3.5. Örme-Sökme Tekstüre Tekniği

Örme-sökme tekstüre yöntemi, filament ipliklerin örülmesi, örme kumaşın ısıl işleme maruz tutularak fikselenmesi ve ardından ipliğin kumaş üzerinden sökülüp bobinlere sarılması şeklinde üç temel aşamadan oluşmaktadır. Bu yöntemle elde edilen tekstürel ipliklerin kıvrım yapısı, diğer tekstüre kıvrım formlarından farklılık göstermektedir ve ilmek şeklindedir. Ancak, örme-sökme tekniği sahip olduğu bu farklı form yapısına rağmen, sanayide yaygın bir kullanım alanına sahip değildir (Hearle ve ark., 2001; Demir, 2006).



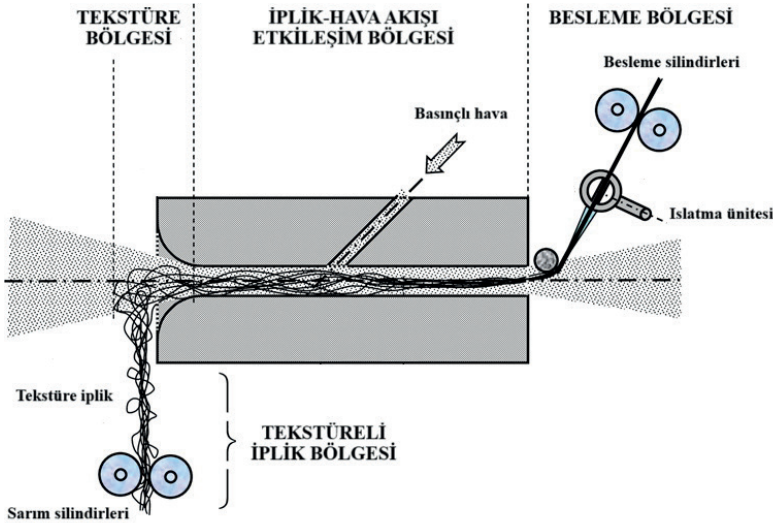
Şekil 12. Örme-sökme tekstüre tekniği (textilestudycenter.com)

4. Mekanik Tekstüre Yöntemleri

Mekanik tekstüre yöntemlerinde, termo-mekanik tekstüre tekniklerinde olduğu gibi ısı işlem kullanılmaz, yalnızca mekanik kuvvetlerin etkisiyle filament ipliklere tekstüre efekti verilir. Bu sayede, mekanik tekstüre metodlarıyla yalnızca termoplastik polimerler değil, aynı zamanda ısıl direnci yüksek malzemelere de tekstüre işlemi uygulanabilir.

4.1. Hava Jetli Tekstüre Tekniği

Hava jetli tekstüre tekniğinde, filament iplik üzerine gönderilen yüksek basınçlı ve türbülanslı havanın karıştırma etkisiyle, filamentlerin birbirine karışıp dolanması sonucu havlı ve hacimli tekstüre iplikler elde edilmektedir. Sistemin çalışması, jet içerisine beslenen ipliğin giriş hızının, jetten çıkış hızından daha yüksek olduğu aşırı besleme prensibine dayanmaktadır. Bu prensip, jetin giriş ve çıkışında konumlanan besleme ve sarım yapan silindirlerin hız farkı dolayısıyla oluşur. Besleme silindirinde çıkan filament iplikler jet içerisine girmeden önce, bir ıslatma işleminden geçirilir. Bu sayede, filamentler arası sürtünme katsayısı azalacağından iplik üzerinde hav oluşumunun daha verimli olması sağlanır. Jet içerisinde, basınçlı hava jet tasarımına bağlı olarak değişiklik gösterebilmekle beraber, genellikle 45° 'lik açıyla filament iplik üzerine gönderilir. Basınçlı havanın türbülans etkisi, jet içerisinde aşırı beslenmiş filamentler üzerinde dolaşıklık oluşturarak, doğal elyaflardan eğrilen tüylü ve havlı iplik yapısına benzer bir form sağlar. Hava jetli tekstüre tekniğinde, hava basıncı, aşırı besleme oranı, tekstüre hızı gibi işlem parametreleri tekstüre etkinliğini belirleyen temel faktörlerdir.



Şekil 13. Hava jetli tekstüre iplik oluşumu (Acar ve ark., 2006)

Hava jetli tekstüre tekniğinde, farklı sayılarda filament ipliklerin tekstüre edilmesi söz konusudur. Tek uç tekstüre metodunda, tek filament iplik jet içerisine beslenerek tekstüre edilir. Paralel tekstüre yönteminde ise, farklı özelliklere sahip (incelik, renk, kesit, hammadde vs.) birden fazla filament iplik, jet içerisine aynı aşırı besleme oranında gönderilerek homojen bir tekstüre iplik yapısı elde edilir. Ayrıca, fantezi tekstüre metodunda filament iplikler jet içerisine farklı aşırı besleme oranlarında sevk edilerek core-effect (merkez-efekt) yapısında tekstüre iplik üretilir. Bu sistemde, aşırı besleme oranı düşük olan iplik merkezde kalır ve yapıya mukavemet kazandırır. Aşırı besleme oranı yüksek olan iplik ise yüzeyi oluşturarak, hacimlilik ve yumuşaklık gibi özellikleri tekstüre iplik yapısına kazandırır (Acar, 1984; Demir, 2006; Hearle ve ark., 2001).

4.2. Puntalama Tekniği

Puntalama, mekanik tekstüre yöntemlerinden birisi olarak sınıflandırılır ancak filamentlerin bir arada tutulmasını sağladığından bir nevi büküm işlemine alternatif bir teknik olarak da değerlendirilmektedir, çünkü filamentlere kohezyon sağlayarak iplik formuna getirmektedir. Puntalama işlemi, daha önceden tekstüre edilmiş veya tekstüre edilmemiş filamentlere uygulanabilen bir yöntemdir. Puntalama jeti içerisinde geçen filamentlerin üzerine yüksek basınçlı havanın püskürtülmesi ile filamentlerde karışıklık/dolaşıklık sağlanması ile düğümler oluşturulur ve ipliğe punta verilmiş olur. Böylelikle, filamentler birbirlerine punta noktalarından tutunurlar. Hava basıncının artması genelde punta noktalarında filamentlerin daha fazla karışmasını ve dolayısıyla daha verimli bir puntalama işlemi yapılmasını sağlar. Puntalama işlemi, jet içerisinde sabit gerilimde ilerleyen iplik üzerine dik veya dile yakın bir açı ile gönderilen yüksek basınçlı hava akımının mekanik etkisiyle iplik üzerinde punta noktalarının oluşturulması esasına dayanır. Hava akımının iplik üzerindeki türbülans etkisi, filamentlerin birbirinden ayrılmasını sağlar, ardından hava akımının kısmen azaldığı bölgelerde filamentler birbirlerine sarılarak karışır ve neticede düzenli aralıklarla dolaşmış düğümlerle (punta) ipliğe kohezyon verilmiş olur. Punta jetinin hava basıncı ve iplik gerginliği, punta yoğunluğunu belirleyen temel parametrelerdendir (Demir, 2006; Hearle ve ark., 2001; Patil ve Dhavale, 2014).



Şekil 14. Puntalı iplik oluşumu (Demir, 2006)



Şekil 15. İplikte punta noktası (truetzschler.com)

Referanslar

- Acar, M. 1984. Analysis of the air-jet texturing process and development of improved nozzles. Ph.D. Thesis, Loughborough University of Technology, UK.
- Acar, M., Bilgin, S., Versteeg, H., Dani, N., Oxenham, W. (2006). The Mechanism of the Air-Jet Texturing: The Role of Wetting, Spin Finish and Friction in Forming and Fixing Loops. Textile Research Journal, DOI:10.1177/0040517506062614.
- Atkinson, C. False Twist Textured Yarns; Woodhead Publishing Limited (Elsevier): Sawston, UK; Amsterdam, The Netherlands, 2012; ISBN 978-1-84569-933-8.
- Çirkin, S., (2006). *Yalancı büküm tekstüre işleminde tekstüre değişkenlerinin iplik özellikleri üzerindeki etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 139s.
- Demir, A., (2006). *Sentetik filament iplik üretim ve tekstüre teknolojileri*. Şan Ofset. ISBN: 975-97055-2-4, İstanbul, 439s.
- Engelhardt, A. The Fiber Year 2020, 20th ed.; The Fiber Year GmbH: Freidorf, Switzerland, 2020.
- Hearle, J.W.S., Hollick, L., Wilson, D.K. (2001). Yarn Texturing Technology. Woodhead Publishing Limited: United Kingdom.
- Ortega, M., Saynisch, A., Yurtseven, B.M., Gries, T. (2024). A Review on False-Twist Texturing. Fibers, 12, 36. <https://doi.org/10.3390/fib12040036>.
- Özat, F. A., (2019). Polyester tekstüre ipliklerde filament kesit şeklinin ve tekstüre işlem parametrelerinin iplik ve kumaş özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bursa. 95s.
- Patil, A., Dhavale, A.J. (2014). Introduction to intermingling technology. Textile Today eMagazine. <https://www.textiletoday.com.bd/introduction-to-intermingling-technology-2>
- Saurer Textile Group, May 2004. Bicomponent Fibres. The Fiber Year 2003, Winthertur, Switzerland.
- Yıldırım, K., Altun, Ş., Ulca, Y., (2009). Relationship between yarn properties and process parameters in false-twist textured yarn. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 4(2), 26-32.
- <https://www.swicofil.com/consult/textile-applications/texturing/stuffer-box#:~:text=With%20stuffer%20box%20crimping%20or,on%20a%20specially%20constructed%20machine.>
- <https://vandewiele.com/machines/bxe-plus-3-colour>
- https://www.oerlikon.com/ecoma/files/DL_ONE_BCF_S8_en.pdf?download=1
- <https://www.jgtextilemachine.com/>
- <https://textilestudycenter.com/man-made-fibre-production/>
- https://www.truetzschler.com/fileadmin/user_upload/truetzschler_manmade_fibers/downloads/broschueren/MMF/Filament_EN.pdf