

MÜHENDİSLİK ALANINDA TEORİ VE ARAŞTIRMALAR

EDİTÖR:
PROF.DR.ADNAN HAYALOĞLU

İmtiyaz Sahibi / Publisher • Yaşar Hız
Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel
Editörler / Editors • Prof. Dr. Adnan Hayaloğlu
Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Gece Kitaplığı

Birinci Basım / First Edition • © Eylül 2020
ISBN • 978-625-7243-56-8

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin
almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

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

Gece Kitaplığı / Gece Publishing

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

Ümit Apt. No: 22/A Çankaya / Ankara / TR

Telefon / Phone: +90 312 384 80 40

web: www.gecekitapligi.com

e-mail: gecekitapligi@gmail.com



Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

Mühendislik Alanında Teori ve Araştırmalar

Editör

Prof. Dr. Adnan Hayaloğlu

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

ÇOK AMAÇLI PROBLEMLER İÇİN MOEA / D-DE
ALGORİTMASININ PARAMETRE OPTİMİZASYONU

Mehmet BEŞKİRLİ 1

BÖLÜM 2

VERİ MADENCİLİĞİ İLE HASTALIK TESPİTİ ÜZERİNE YAPILAN
ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ

Ayşe BEŞKİRLİ & Eyyüp GÜLBANDILAR & İdiris DAĞ 15

BÖLÜM 3

ENDÜSTRİ 4.0 PERSPEKTİFİNDEN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
EĞİTİMİ VE İSTİHDAMI

Nuşin UNCU 29

BÖLÜM 4

TOPLU GIDA ÜRETİMİNDE KARŞILAŞILAN ÖNEMLİ GIDA
KAYNAKLI BAKTERİYEL PATOJENLER VE ÖNLEME YOLLARI

Mevhibe Terkuran 41

BÖLÜM 5

PVSYST İLE GÜNEŞ PANELİ KİRLİK ETKİLERİNİN İNCELENMESİ:
ŞANLIURFA GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ ÖRNEĞİ

Murat ALTINTAŞ & Serdal ARSLAN 65

BÖLÜM 6

AFRODİSİAS VE HİERAPOLİS ANTİK KETLERİ DOĞALTAŞLARI-
NIN KAYATOMİK ÖZELLİKLERİ VE ÇEVRE JEOLJİSİ AÇISINDAN
KARŞILAŞTIRMASI

Ramazan HACIMUSTAFAOĞLU & Fuzuli YAĞMURLU & Hakan ELÇİ
85

BÖLÜM 7

HARMONİ ARAMA ALGORİTMASI İÇİN EN UYGUN PARAMETRE
SEÇİMİ

Mehmet BEŞKİRLİ 115

Fulya ASLAY..... 435

BÖLÜM 24

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE GERİ DÖNÜŞÜM PROSESLERİ

Mihriban KALKANCI..... 449

BÖLÜM 25

FAY KAYAÇLARININ TARİHLENDİRİLMESİ

Elif AKGÜN..... 465

BÖLÜM 26

DERİ VE DERİ MAMULLERİ KARAKTERİZASYONUNDA
KULLANILAN GELİŞMİŞ TEKNİKLER

Meruyert KAYGUSUZ & Nuray Olcay IŞIK..... 485

BÖLÜM 27

İNCE FİLM KAPLAMALAR VE UYGULAMA ALANLARI

Canser GÜL & Sevda ALBAYRAK 503

Bölüm 24

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE GERİ DÖNÜŞÜM PROSESLERİ

Mihriban KALKANCI

1 Doç. Dr. Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Denizli, Türkiye. mkalkanci@pau.edu.tr

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir bir yaşam için tekstil ve hazır giyim sektöründe tasarım, üretim, geri dönüşüm ve atık değerlendirme süreçlerinde yeni stratejiler ön plana çıkmıştır. Bu çalışmada; pamuk, yün gibi doğal lifler ve poliester, poliamid gibi sentetik liflerden üretilmiş kumaş ya da tekstil yarı mamullerinin geri dönüşüm aşamaları incelenmiştir. Doğal ve sentetik liflerin geri dönüşüm olanakları birbirinden farklıdır. Karışım ipliklerde/ kumaşlarda geri dönüşüm işlemleri geri dönüşüm iplik üreticilerini zorlamaktadır.

Tekstil telef ve atıkları sistemli bir şekilde toplanıp değerlendirilmeye alındığı takdirde tekstil geri kazanım sanayisi uygulanabilir ve varlığını sürdürebilir bir endüstridir [1]. Eskiyip çöpe atılan tekstil ürünlerinin, yakılarak, çürümeye bırakılarak, depolanarak veya başka bir şekilde yok edilirken çevreye ve insanlara zarar vermemesi gerekir. Bu alanda en önemli çözüm recycling'dir [2]. Yani eskiyen tekstil ürünlerinin liflerinin tekrar kullanılmasıdır [3]. Üretim sırasında kullanılan hammadde, makine parkı, enerji çeşitleri ve maliyetleri, süreçlerde ortaya çıkan çevresel etkileşimler ve ürünlerin geri dönüşüm potansiyelleri aynı olmadığından tekstil ürünlerinde geri dönüşüm konusunun tek bir başlık altında değerlendirilmesi oldukça zordur [4].

Tekstil atıklarından liflerin geri kazanılması ve ileride konvasiyonel tekstil işlemlerinde kullanılabilmesi için, atıkların liflerine açılması ve ayrılması gerekmektedir. İplik açma bileşenlerinin dahil edildiği kumaş parçalama makineleri, liflerin açılmasını sağlamaktadır. Parçalama işlemi sonrasında lif bileşenlerinin ayrılması, karışım haldeki atıklardan değerli liflerin kazanılmasındaki en önemli adımdır [5] İpliğin son kullanım amacına bağlı olarak lifler birleşik halde kalabilir. Ardından taraklama işlemi ile lifler temizlenip karıştırılarak, sonraki dokuma veya örme işlemleri için eğrilmeye hazır hale getirilir [6].

Tekstil sektöründeki büyük üretim miktarlarının sonucu olarak Türkiye'de her yıl yaklaşık olarak bir milyon ton civarında tekstil atığının ortaya çıktığı görülmektedir. Bu geri kazanım tamamıyla gerçekleştirilebilirse; elde edilecek geri dönüştürülen pamuk miktarı ülke kütlü pamuk üretiminin %17'sini karşılayacaktır [7].

Geri dönüşüm büyük oranda iplikçilikte gerçekleşmekte olup özellikle ring iplikçilik sistemine göre daha kısa liflerin kullanıldığı open-end rotor iplikçilik sisteminde geri dönüştürülmüş lifler büyük bir oranda kullanılmaktadır [8]. Ancak tekstil üretim sürecinin son safhası olan konfeksiyon aşamasında ortaya çıkan atıklar, kumaş top başı ve sonu kumaş parçaları (toplam kumaşın yaklaşık %15'i), postal kesiminde oluşan kırpıntılar ve hatalı kumaş parçalarıdır [9]. Bir ring işletmesinde karde iplik

üretimi aşamasında ortaya çıkan telef miktarı yaklaşık %5,5-10,5, penye iplik üretiminde yaklaşık %12, kumaş üretimi ve konfeksiyon aşamalarında ise bu oran %23'lere kadar çıkmaktadır [10]. Konfeksiyon ve iplik üretimi sırasındaki atıklar değerlendirildiğinde ciddi bir hammadde kazanımı elde edilebilmektedir.

Tekstil atıkları genel olarak iki şekilde sınıflandırılabilir:

a.) Elyaf işlemeden kaynaklanan veya tekstil üretimi sırasında meydana gelen tüketici öncesi tekstil atığı veya endüstriyel atıklar

b.) Tüketici sonrası tekstil atıkları, tüketicilerin istemedikleri herhangi bir tekstil veya ev tekstili ürünlerinden oluşur. Bu atığın bir kısmı ikinci bir kullanım için genellikle yeniden satış / geri dönüşüm şeklinde veya yakılmak üzere toplanır.

Özellikle lif karışımları (örneğin polyester / pamuk), boyama şekli ve geri kazanılan tekstildeki her türlü aksesuar, tekstilden tekstile geri dönüşümü çok karmaşık ve maliyetli hale getirmektedir.

Tekstil atıklarının geri kazanımı yöntemleri genel olarak aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir[11].

- A) Mekaniksel yöntemler
- B) Termo-mekaniksel yöntemler
- C) Kimyasal yöntemler
- D) Enerji elde etme
- E) Diğer yöntemler



Mekaniksel yöntemle atıklar, iplik, kumaş ve dokusuz yüzeylerin üretiminde kullanılacak lifli forma getirilirken, termo-mekaniksel yöntemde, yeniden eritilerek granül haline getirilmekte ve elde edilen granüller plastiklerin ve liflerin üretiminde kullanılmaktadır.

Mekanik geri dönüşüm, esas olarak malzemeyi neredeyse lifli bir forma dönüştürmek için parçalama esasına dayanmaktadır. Bu işlem sayesinde lif mukavemetini kaybedebilmekte ve bu nedenle işlenmemiş lifle karıştırılması gerekmektedir (özellikle pamuk ve yün liflerinde). Bu işlem uzun yıllardır kullanılmaktadır.

Kimyasal yöntemde ise, özellikle sentetik esaslı atıklar, genellikle kimyasal depolimerizasyon yöntemleri ile hammaddeye veya ara ürüne kadar geri döndürülmekte ve elde edilen ürünler, tekstil bitim maddeleri, lifler, doymamış reçineler gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Kimyasal geri dönüşüm, istenen hammaddeyi elde etmek için kimyasal bir dizi işlem içermektedir. Daha değerli bir ürünün geri kazanılmasına izin vermektedir ve günümüzde geri dönüşüm endüstrisi bu tür bir geri dönüşüm

üzerinde aktif olarak çalışıyor olsa da, teknolojik veya ekonomik olarak henüz olgunlaşmamıştır. Tablo 1, geri dönüşüm türlerinin tipik işlem gelirlerini ve çıktıları özetlemektedir.

Tablo 1. Tekstillerin Mekanik ve Kimyasal Geri Dönüşümü [26,27].

	 Mekanik Yöntem	 Kimyasal Yöntem
Proses	Aşağı dönüşüm Yüksek Değerli Geri Dönüşüm	Yüksek Değerli Geri Dönüşüm
Girdi	Bitkisel esaslı Hayvansal esaslı Petrol esaslı	Bitkisel esaslı Petrol esaslı
Çıktı	Non-woven yüzey Yeni iplik	Yeni iplik

Ger i dönüşüm teknolojileri 4 gruba ayrılabilir[12]:

Birincil geri dönüşüm bir ürünün orijinal haline geri dönüştürülmesidir; ikincil geri dönüşüm, atığın, orijinal halinden farklı bir uygulama alanına sahip olabilen ve daha düşük fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerde yeni bir ürüne dönüştürülmesidir; üçüncül geri dönüşüm, atığın piroliz, gazlaştırma ve hidroliz yoluyla basit kimyasallara veya yakıtlara dönüştürülmesidir; dördüncül geri dönüşüm ise katı atıkların yakılması ile oluşan ısıdan yararlanılmasıdır

Buna göre; birincil yaklaşım, atıkla eşit değerde ürünler üretmek için endüstriyel hurdaları kullanmaktır. Günümüzde “geri dönüştürülmüş elyaftan yapılmış” olarak satılan hemen hemen tüm tekstil ürünleri, birincil yaklaşıma göre endüstriyel hurdalardan üretilmektedir [28].

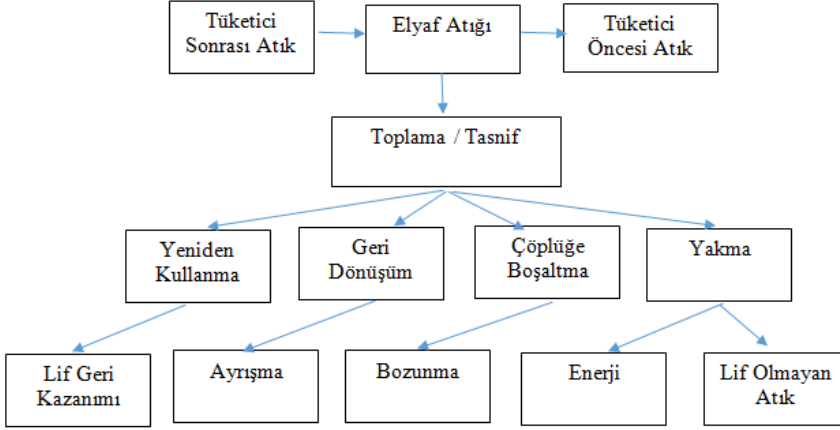
İkincil yaklaşım, tüketici sonrası ürünlerin mekanik olarak işlenmesidir. Polyester ve naylon gibi eritilip yeniden ekstrüde edilebilen termoplastik polimerler için mekanik geri dönüşüm mümkündür. Ham atık madde ile eşit değerde bir polimer elde etmek için, atık kontaminasyonu çok düşük olmalıdır. Bu yaklaşım, örneğin geri dönüştürülmüş PET şişelerden yünlü giysi yapımında kullanılır. Mekanik geri dönüşüm, taranabilen ve yeni iplikler halinde eğrilebilen pamuk ve yün için de geçerlidir [28].

Üçüncül yaklaşım, polimerlerin tamamen veya kısmen depolimerize edildiği kimyasal geri dönüşümdür. Monomerler veya oligomerler daha sonra yeni polimerler üretmek için besleme stoğu olarak kullanılabilir. Japon şirketi Teijin, bu alandaki öncülerden biridir ve polyester tekstil elyaflarının dimetil tereftalata depolimerizasyon ve ardından tekstil elyaflarına

yeniden polimerizasyon yoluyla geri dönüştürülmesi için bir kapalı döngü sistemi geliştirmiştir [28].

Dörtlü yaklaşım, lifin enerji içeriğini geri kazanmayı amaçlayan enerji geri kazanımıdır. Günümüzde üretilen ısının yakılması ve kullanılması en etkili yöntemdir [28].

Bu dört yaklaşımın yer aldığı bir süreç şeması Şekil 1'de verilmektedir [13].



Şekil 1. Tekstil atıklarının geri dönüşüm olanakları [13].

Şekil 1'e göre tekstil atıkları tüketici öncesi (veya sanayi sonrası) atıklarını ve tüketici sonrası atıklarını içermektedir. Tüketici öncesi atık, tekstil ürünlerinin endüstriyel ve ticari olarak işlenmesinden veya giysi imalatından kaynaklanan malzemeleri (hurda, fazla stok, hasarlı veya kusurlu malzemeler, numuneler) kapsamaktadır. Tüketici sonrası atık ise; geri çağrılan envanter, tüketici tarafından iade edilen veya atılan ürünler gibi ürünlerin son kullanımını içerir.

Tekstil atıkları, hem üretim aşamaları sırasında hem de tüketim aşamasında oluşmaktadır. Üretim birimleri bu katı atıkların bir kısmını geri dönüşüm için hurdacılara satmakta, bir kısmını da çöpe atmaktadır veya yakmaktadırlar. Şekil 2'de tekstil üretim atıklarından başlayan ve son ürüne kadar olan ara aşamalar örnekler ile verilmiştir.



a. Tekstil üretim atıkları



b. Atıkların açılması



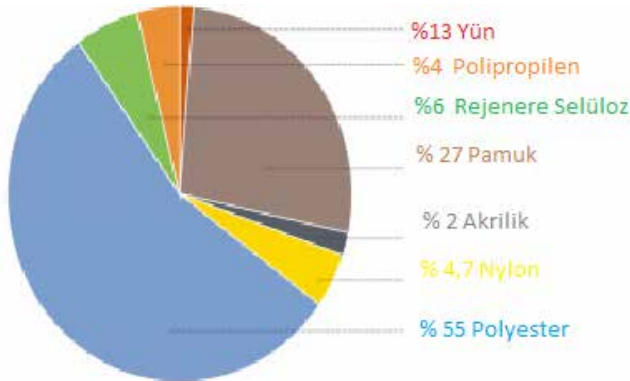
c. Ara ürün örnekleri



d. Bitmiş ürün örnekleri

Şekil 2. Tekstil atıklarından ürün elde edilmesi ve bitmiş ürün örnekleri [11].

Küresel elyaf pazarına polyester ve pamuk (% 82) olmak üzere iki elyaf hakimdir. Sentetik liflerin, özellikle de polyesterin kullanımı artmaya devam etmektedir. Polyester şu anda küresel elyaf kullanımının yarısından fazlasını temsil etmektedir (Şekil 3):



Şekil 3. Tüm elyafların 2015 yılı küresel tüketim oranı [24].

Küresel tüketim oranlarına göre, Polyester, naylon, pamuk ve yünün tekstil elyafı geri dönüşümü, genel olarak elyaftan elyafa (f2f) geri dönü-

şümü ve elyaf karışımı geri dönüşümü teknolojilerinin özeti (ticari ölçekte geliştirilen veya gösterilen mekanik ve kimyasal geri dönüşüm seçenekleri) Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Polyester, Naylon, Pamuk ve Yün için Mevcut Geri Dönüşüm Seçeneklerinin Genel Özeti [26, 27].

Elyaf	Mekanik Geri Dönüşüm	Minimum Elyaf Giriş Oranı %	Kimyasal Geri Dönüşüm	Minimum Elyaf Giriş Oranı %		
Polyester	Kapalı döngü	✓	100 (f2f-liften life)	Kapalı döngü	✓	70-80 /100 (çeşitli polycotton karışım oranları)
	Diğer uygulamalar (açık döngü ya da aşağı dönüşüm)	✓	Ticari ölçekte çeşitli karışımlar (sanayii sonrası)			
Nylon	Kapalı döngü	✓	100 (f2f-liften life)	Kapalı döngü	✓	100
	Nispeten düşük hacimli	✓	Aynı tip olmalı (nylon 6 ya da nylon 6,6)			
Pamuk	Diğer uygulamalar (açık döngü ya da aşağı dönüşüm)	✓	Ticari ölçekte çeşitli karışımlar (sanayii sonrası)	Kapalı döngü	✓	100 (çeşitli polycotton karışım oranları)
	Kapalı döngü	✓	100 (f2f-liften life)			
Yün	Kapalı döngü	✓	>80 (f2f-liften life)	Kapalı döngü	X	X
	Diğer uygulamalar (açık döngü ya da aşağı dönüşüm)	✓	30-100 arası Ticari ölçekte çeşitli karışımlar (uygulamaya bağlı)			

2. DOĞAL ELYAFLARDA GERİ DÖNÜŞÜM PROSELERİ

Tüketici öncesi ve sonrası doğal lifli atıklar, yeniden ipliklere ve ardından kumaş haline dönüştürülebilmektedir. Tekstil atıklarından liflerin geri kazanılması ve ileride konvansiyonel tekstil işlemlerinde kullanılabilmesi için, atıkların liflerine açılması ve ayrılması gerekmektedir. İplik açma bileşenlerinin dahil edildiği kumaş parçalama makineleri, liflerin açılmasını sağlamaktadır. Parçalama işlemi sonrasında lif bileşenlerinin ayrılması, karışım haldeki atıklardan değerli liflerin kazanılmasındaki en önemli adımdır [13].

2.1. Pamuk

Pamuk, pamuk bitkisinden elde edilen doğal bir elyaftır. Pamuk, insan yetiştiriciliği altındaki en eski liflerden biridir ve arkeolojik alanlardan elde edilen 7.000 yıldan daha eski pamuk izleri vardır. Pamuk da günümüzde var olan en çok kullanılan doğal elyaflardan biridir ve her sınıftan ve milletten tüketiciler pamuğu çeşitli uygulamalarda giyer ve kullanır. İster yeni dünya pamuğu, ister daha uzun, daha yumuşak elyaflı, ister daha kısa ve daha kalın eski dünya çeşitleri olsun, dünya çapında binlerce dönümlük pamuk üretimine ayrılmıştır. Pamuk lifinin geri dönüşümü önce bu malzemenin diğer atıklardan ayrılmasıyla gerçekleşir. Ayırıştırma işleminden sonra seçilen pamuk lifi hidrolik pres kullanılarak paketlenir. Son olarak, pamuk lifi balyası daha sonra ikincil hammadde olarak depolanır. Yün lifi için de aynı tip prosedür uygulanabilir.

Pamuk ipliği üretimi sırasında iplik hazırlama ve eğirme kısmında; brizör telefi, şapka telefi, cer pnömofil telefi, cer şerit telefi, fitil pnömofil telefi, fitil telefi, ring pnömofil telefi gibi atıklar ortaya çıkar. İplik aktarma işleminde ortaya çıkan teleflerin tamamı üstübü telefidir. Bu atıkların dışında iplik üretim sürecinde oluşan diğer atık çeşidi klima tozudur. İşletme içindeki emiş ünitelerinin filtrelerinde biriken tozlar klima tozu telefi olarak toplanmaktadır [9]. Pamuk iplik hazırlık kısmında oluşan teleflerin bir kısmı geri kazanılabilmekte ve elde edilen lifler, rotor iplik makinelerinde, vatka, döşemelik ve dokusuz yüzey imalatında kullanılabilir. Pamuk iplik fabrika atıkları; işlenerek tekrar iplik ve elyaf haline, atık kumaşlar ise yeniden pamuk haline getirilebilmektedir. Kağıt yapımı, dolgu malzemesi, yalıtım malzemesi, yeni ip üretiminde de tekstil atıkları kullanılabilir [14].

Pamuktan elde edilen çekirdek atığı yağ üretiminde ve küspe olarak özellikle tavuk yemi olarak, çekirdek üzerinde kalan kısa lif- linterler de rejenere lif üretiminde hammadde olarak ya da kâğıt para yapımında kullanılmaktadır. Çırçırdan atık olarak gelen fire temizleme işleminden geçirilerek her 5 kg'ından yaklaşık 1 kg pamuk elyaflı elde edilebilecek şekilde ayıklanmaktadır. Atık içinde bulunan kabuk ve yaprak kırıntılıları ile çekirdek kabukları yem yapımında kullanılarak hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir [9, 15].

Pamuğun mekanik geri dönüşümü en köklü geri dönüşüm sürecidir, ancak yine de hacim olarak sadece küçük bir yüzdeyi temsil etmektedir. Geri dönüşüm işlemi, telefi renge göre ayırmak ve ardından yeni ipliklere dönüştürülmeden önce parçalamaktan oluşur.

Pamuğun kimyasal geri dönüşümü ise, halihazırda laboratuvar düzeyindedir. Pamuk tüketici sonrası atık giysilerden alınır, moleküler bir seviyede çözüldürülerek viskon ve lyocell ürünleri yapmak için çözünen bir hamur haline getirilir[25].

2.2. Yün

Yün, çeşitli tekstillerde dokunmuş veya örülmüş olarak bulunabilir. Yün, yüksek derecede alev dayanıklıdır ve bu nedenle şilteler ve kilimler için sıklıkla kullanılır. Aynı zamanda oldukça dayanıklıdır, ıslakken% 50'ye, kuruyken% 30'a kadar esneyebilir. Buna ek olarak, yün, kullanıcıya ıslak veya ıslak hissetmemesi için nemi lifin çekirdeğine çekerek mükemmel nem emme özelliklerine sahiptir.

Yün lifinin mekanik geri dönüşüm sürecinde, girdi malzemesi esas olarak tüketici öncesi yün atığıdır. Yün ticari olarak en az 200 yıldır geri dönüştürülmektedir. Atıkları renge göre ayırmaktan ve ardından yeni ürünler yapmak için giysiyi lifli hale geri çevirmekten ibarettir.

Yün liflerin elde edilmesinde hayvanın postu üzerindeki yünler tefrikçi tarafından sınıflandırılarak lif oluşuna uygun olmayan kalitedeki lifler ayrılarak atık oluştur ayrıca iplik üretimi sırasında, pamuk ipliği üretiminde olduğu gibi üretim basamaklarının her birinde atık oluşmaktadır. Yün liflerinin elde edilmesi sırasında oluşan atıklar keçe yapımında değerlendirilir. Ayrıca iplik üretimi sırasında da telef oluşur. Oluşan telefler daha sonra iplik yapımında ya da keçe üretiminde kullanılarak geri kazandırılmaktadır. Yünün yağından kozmetik sanayinde yararlanılır [15].

2.3. İpek

İpek özellikle yüksek kaliteli tekstil mamulleri için kullanılan çok değerli bir hayvansal lifdir. İpek üretiminde kozanın işlenmesi sırasında filament iplik olarak çekilemeyen atıklar ortaya çıkmakta ve deşe ipek olarak adlandırılan bu atıklar önemli miktarlara ulaşmaktadır. Deşe ipeklerin sınıflandırırızak; Koza atıkları (koza pamuğu, hatalı kozalar, çifte koza, çipez koza, delik koza, şekilsiz koza, ezik kozalar), çekim atıkları (Kamçıbaşı, kaynamış, tava dibi), iplik atıkları (bunlar ipek iplik yapımıyla ilgili çeşitli aşamalarda temizlik ve düğüm atıklarından oluşur) [16]. İpek üretiminde oluşan deşe ipeğinin önemli bir kısmından dikiş ipliği yapımında, geri kalanından da kumaş üretiminde ve halıcılıkta yararlanılır.

3. SENTETİK ELYAFLARDA GERİ DÖNÜŞÜM PROSELERİ

3.1. Polyester

Polyester atık kumaş ve polipropilen çuval atıklarının kompozit yapılarda değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır [17]. Cam, po-

lipropilen ve akrilik lifleri ve tekstillerin hepsi betonun, sıvaların ve diğer inşaat malzemelerinin çatlamasını önlemede kullanılmaktadır. Betonların kuvvetlendirilmesi, kopma ve eğilme mukavemetlerinin artırılması amacıyla lif kullanmak artık tüm inşaat sektöründe yaygın olarak başvurulan bir yöntemdir [18]. Sentetik lif üretim atıkları, üretimin herhangi bir aşamasında istenmeden ortaya çıkan ve bir işlem görmeden yeniden kullanılamayan maddelerdir. Sentetik lif üretimi sırasında oluşan atık miktarı yaklaşık olarak %3-7 civarındadır. Sentetik lif üretimi sırasında ortaya çıkan atıkların nedenleri; üretim parametrelerinin değişmesi, makine ve işçi hatası, hammadde hataları, teknolojik yetersizlikler ve enerji dalgalanmaları gibi sebeplerden biridir [19]. Şekil 4'te polyster atıklarından elde edilmiş ürün örnekleri görülmektedir.

Polietilen tereftalat (PET), yaklaşık% 95'i PET şişe geri dönüşümünden gelir. Geri dönüştürülmüş polyster, tüm işlenmemiş polyster üretiminin yaklaşık % 7'sini temsil etmektedir[25].

Geri dönüşüm ile sentetik lifli tekstil atıklarından iplik elde edilmesi, mekanik veya kimyasal geri dönüşüm yöntemleri ile mümkün olabilmektedir. Bu teknolojiler, plastik şişelerin lif haline geri dönüştürülmesinde kullanılan metotlara dayanmaktadır [13, 20]. Poliester esaslı malzemelerde, geri dönüşüm giysinin küçük parçalara kesilmesiyle başlar. Parça kumaşlar granüle edilerek poliester cipsleri haline getirilir. Bu cipsler eritilerek yeni filament lifler çekilir ve yeni poliester kumaşlar üretilir. Plastik PET kaplar ise, tür ve renge göre sınıflandırılır. Daha sonra etiketler çıkarılır ve şişe yıkanır, ezilir ve cipsler halinde kesilir. Cipsler kurutulur ve 220 derece sıcaklıkta dönen bir düzeden gönderilir. Daha sonra bir kanala girer ve diğer tarafta ince uzun iplikler olarak ortaya çıkar ve bunlar daha sonra ipliklere dönüştürülür [13, 21, 25].

Polyesterin kimyasal olarak geri dönüşümünde ise; materyal önce monomer adı verilen bir baz kimyasal moleküle depolimerize edilir. Daha sonra çiplere ekstrüde edilmeden önce, kimyasal katkı maddeleri (tipik olarak mathanoliz, glikosiz veya hidroliz) yardımıyla yeniden polimerize edilir[25].

Kullanılmış giysi atıklarından iyi durumdakiler ikinci el giysi olarak, daha kötü durumdakiler 3. Dünya ülkelerine yardım olarak, iyi durumda olmayanlar ise mekanik yöntemlerle geri kazanım ile değerlendirilmektedir[15,22].

Kullanım dışı kalan ürünler değişik yöntemlerle geri kazanım merkezlerine ulaştırılması durumunda, geri kazanım sürecinin içerisine dâhil edilmektedir. Geri kazanım merkezlerine getirilen tekstil atıkları mevcut sağlamlık, renk ve malzeme bileşenlerine göre ayrıştırılmaktadırlar. Daha sonra iyi durumda olanlar belli temizlik işleminden sonra ihtiyacı

Günümüzde sosyal sorumluluk projeleri çerçevesinde H&M, Levi Strauss & Company, Adidas, Nike, Timberland gibi birçok üretici firma ürünlerinde geri dönüştürülmüş malzemeler kullanılmaktadır. Dünya çapında polyester, naylon ve pamuk gibi hammaddelerden geri dönüşüm iplik ve kumaş üreten farklı firmalar (Repreve®-Unifi, Produced by Unifi, Repreve®, Ecocircle® - Tenjin, Econyl®- Aquafil) yeni ürünler geliştirmekte, geri dönüşüm iplik ve kumaşların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde de Türkiye'nin önemli tekstil merkezlerinden Uşak'ta, tekstil atıklarından toprak, traktör, su, boya ve hiçbir kimyasal madde kullanmadan hazır renkli pamuk ve iplik elde edilmektedir. İkinci kalite iplikler, orijinalinin üçte biri fiyatına satılmaktadır. Türkiye'nin ve dünyanın çeşitli yerlerinden toplandıktan sonra Uşak'a getirilen konfeksiyon atıkları, kentteki firmalarda önce renk renk ayrıldıktan sonra kesim işlemi uygulanmaktadır. Daha sonra şifanoz makinasıyla pamuk haline getirilen atıkların bir kısmıyla keçe yapılarak otomobil sanayi, yatak yapımı gibi birçok noktada kullanılırken, iplik haline getirilenlerden ise ev tekstil ürünleri, perde, kıyafet, koltuk kılıfı üretilmektedir. Bir yandan geri dönüşümle bu atıklar tekrar ekonomiye kazandırılırken, diğer yandan toprak, traktör, su, boya ve hiç bir kimyasal madde kullanmadan hazır renkli pamuk elde edilmektedir [23].

Tekstil kullanım atıklarının büyük kısmı geri kazanılabilen atıklardır. Tekstil atıklarının geri kazanılmasına yönelik etkin önlemler uygulayan kuruluşlar desteklenmeli, tekstil sanayi kuruluşlarının işbirliği içinde geri kazanım ve atık bertaraf tesisleri inşa etmeleri sağlanmalı, bunun için cezai yaptırım uygulama veya vergi indirimi gibi özendirici düzenlemeler yapma yoluna gidilmelidir.

Tekstil üretim sürecinde oluşan atıkların geri kazanılmasından ziyade atık miktarının azaltılması için verimliliği artırıcı çalışmalar yapılmalıdır. Tekstil sanayinde atık üretiminin azaltılmasına yönelik proses ve teknolojilerin uygulanması, çevre dostu ileri teknolojilerden yararlanılması, teknolojik alt yapının yenilenmesi ile maliyetlerin azaltılması, kalitenin ve verimliliğin artırılması sağlanabileceği gibi atık miktarını da azaltacağı unutulmamalıdır.

Farklı lif karışımlarında ve karışım oranlarında geri dönüşüm liflerinden üretilen ipliklerden yapılan kumaşların çeşitli mekanik ve fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi ve bu konuda iyileştirmelerin yapılması gelecek çalışmalara konu olarak önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Hawley, J.M., 2008, “Economic Impact of Textile Recycling”, <http://krex.kstate.edu/dspace/bitstream/2097/1228/1/EconImpactHawley2008.pdf> (Accessed June 15, 2018.)
2. Chen, H., Burns, L.D., “Environmental Analysis of Textile Products”, *Clothing and Textile Research Journal*, 24, 3, 248-26, 2006.
3. Bayraktar, T., “Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Ekoloji ve Ekolojik Etiketler”, İTKİB AR&GE ve Mevzuat Şubesi, 2005.
4. Güngör, A., Palamutçu, S., İkiz, Y., “Pamuklu Tekstiller ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 197-205, 2009.
5. Lu, J.J., Hamouda, H., (2014), Current Status of Fiber Waste Recycling and its Future, *Advanced Materials Research*, 878, 122-131. 28
6. Eryuruk, S.H., (2012), Greening of the Textile and Clothing Industry, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20, 6A(95), 22-27.
7. Altun, Ş., “Tekstil Üretim ve Kullanım Atıklarının, Geri Kazanımı, Çevresel ve Ekonomik Etkileri”, Uşak Ticaret ve Sanayi Odası Raporu, 26 syf, 2016.
8. A.A. Merati, M. Okamura, Producing medium count yarns from recycled fibers with friction spinning. *Text. Res. J.* 74(7) (2004) 640-645.
9. Güngör, A., Palamutçu, S., İkiz, Y., “Pamuklu Tekstiller ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 197-205, 2009.
10. Ş. Altun, Türkiye’deki Tekstil ve Hazır Giyim Atıklarının ve Geri Kazanım İmkanlarının Genel Profilinin Çıkarılması, Proje No: 109Y008, (2010).
11. Ş. Altun Tekstil Geri Kazanım Sektörü Raporu, Uşak TSO, 2014.
12. Wang, Y., Wu, H.C., Li, V.C., (2000), Concrete Reinforcement with Recycled Fibers, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 12, 4, 314-319.
13. Eser, B., Çelik, P., Çay, A., Akgümüş, D., (2016): Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları, *Tekstil ve Mühendis*, 23: 101, 43-60.
14. Lüy, E., Varınca, K. B., Kemirtlek, A., (2007), Katı Atık Geri Kazanım Çalışmaları: İstanbul Örneği, TÜRKAY 2007 - AB Sürecinde Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 28-31 Mayıs, İstanbul.
15. Yavaşcaoğlu, A., (2012), Tekstil Katı Atıkları, Katı Atık Oluşumunun Azaltılması ve Geri Kazanımı, *Mesleki Bilimler Dergisi*, 1(2): 137 – 148.

16. Altun, Ş., Ulcay, Y., (1999), Klasik Tekstil Üretimi Sırasında Ortaya Çıkan Atıklar, Nedenleri Ve Geri Kazanım Yöntemlerine Genel Bir Bakış ,Tekstil Maraton Dergisi, Syf: 48-64 .
17. Aral, N., Berkalp, Ö., B., Bakkal, M., Sandıkoğlu, T., G.,(2009), Atık Kumaş Takvyeli Polmer Matrisli Kompozitlerin Darbe Ve Çekme Davranışlarının İncelenmesi, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Sayı:2, Syf:139-14.
18. Kozak, M., (2010), Tekstil Atıkların Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Alanlarının Araştırılması, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 6, No: 1, Syf: 62-70 .
19. Altun, Ş., (1999), Poliester Lif Üretim Atıklarından Granül Eldesi için Ekstruder Dizayını ve Elde Edilen Granül Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Bursa.
20. Hagoort, S., (2013), Evaluating the Impact of Closed Loop Supply Chains on Nike's Environmental Performance and Costs, MSc Thesis, Operations Management and Logistics, Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
21. Eryuruk, S.H., (2012), Greening of the Textile and Clothing Industry, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 20, 6A(95), 22-27.
22. Altun, Ş., (2011), Tekstil Üretim Süreçlerinde Çevresel Etkiler ve Atık Geri Kazanımı, Lisansüstü Ders Notları, Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa.
23. <http://www.milliyet.com.tr/turkiye-nin-tekstil-atigi-usak-ta-iplige-usak-yerelhaber-2339877/> 16 Ekim 2017.
24. Textile Exchange Preferred Fibre Materials Market Report, 2016.
25. Rengel A., Recycled Textile Fibres and Textile Recycling, Commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN) December 2017.
26. GreenBlue Institute, "Chemical Recycling - Making Fiber-to-Fiber Recycling a Reality for Polyester Textiles," Patagonia and Steelcase, 2017.
27. Katherine Le, Textile Recycling Technologies, Colouring and Finishing Methods UBC Sustainability Scholar, 2018.
28. Peterson A., Towards Recycling of Textile Fibers Separation and Characterization of Textile Fibers and Blends, Master's thesis in Materials Chemistry and Nanotechnology, Department of Chemistry and Chemical Engineering Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden 2015.

