

TEKSTİLDE YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ¹

LIFE CYCLE ANALYSIS IN TEXTILE

Fevzi DİKBAŞ
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ
Tekstil Mühendisliği Anabilim
Dalı

ÖZET

Yaşam döngüsü analizi, bir ürünün hammaddesinin elde edilişi, üretimi, nakliyesi, kullanılması, bertarafı aşamalarında (tüm yaşam döngüsü boyunca – beşikten beşiğe) çevreye olan etkilerini hesaplamakta, üretimin sorunlu noktalarını saptamakta ve sorunların kaynağına inmekte kullanılan bir araçtır.

Tekstil sektöründe yaşam döngüsü analizi çalışmaları ele alındığında, başarılı bir çevresel yönetimin finansal başarılar getirdiği görülmektedir. Tekstil sektöründe uygulanan bu çevresel yönetim anlayışı ve farkındalık, doğru hammadde kullanımı ve enerji tasarruflarını da beraberinde getirmektedir. Bunun yanı sıra yaşam döngüsü analizi ile firmalar çevreye dost bir üretim yaparken iç ve dış pazarlarda rekabet şanslarını da artırırlar. Üretilen katma değeri yüksek ürünler tüketicinin ürün seçiminde piyasada kendine daha fazla yer bulmasıyla sonuçlanmaktadır. Bu noktada tekstil sektöründe çevre dostu ürün taleplerine karşı yapılacak çalışmalarda yaşam döngüsü analizi etkili bir yöntemdir. Bu çalışmada amaç, tekstil sektöründe yaşam döngüsü analizinin yeri konusunda yapılan çalışmalar örnek gösterilerek bir rehber niteliği taşımak ve yapılacak olan çalışmaların geliştirilmesi için bir basamak oluşturmaktır.

Anahtar Kelimeler: Yaşam Döngüsü Analizi, Karbon Salınımı, Tekstil, Carbon Ayakizi

ABSTRACT

Life-cycle analysis is a tool used to calculate the environmental impact of a product's raw material production, transport, use, disposal, and from the cradle to the cradle (throughout the life cycle - from cradle to cradle), to identify problematic points of production and to address the source of problems.

When the life cycle analysis studies in the textile sector are considered, it is seen that successful environmental management brings financial success. This environmental management approach and awareness applied in the textile sector brings with it the right raw material usage and energy savings. In addition, with life-cycle analysis, companies increase their chances of competing in domestic and

¹ Aynı başlıklı Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

foreign markets while producing environmentally friendly production. Produced products with high added value result in the consumer finding more place in the market for product selection. At this point, life cycle analysis is an effective method in the studies against the demands of environmentally friendly products in the textile sector. The aim of this study is to provide a guide for the studies carried out on the place of life cycle analysis in textile sector and to provide a step for the development of the studies to be conducted.

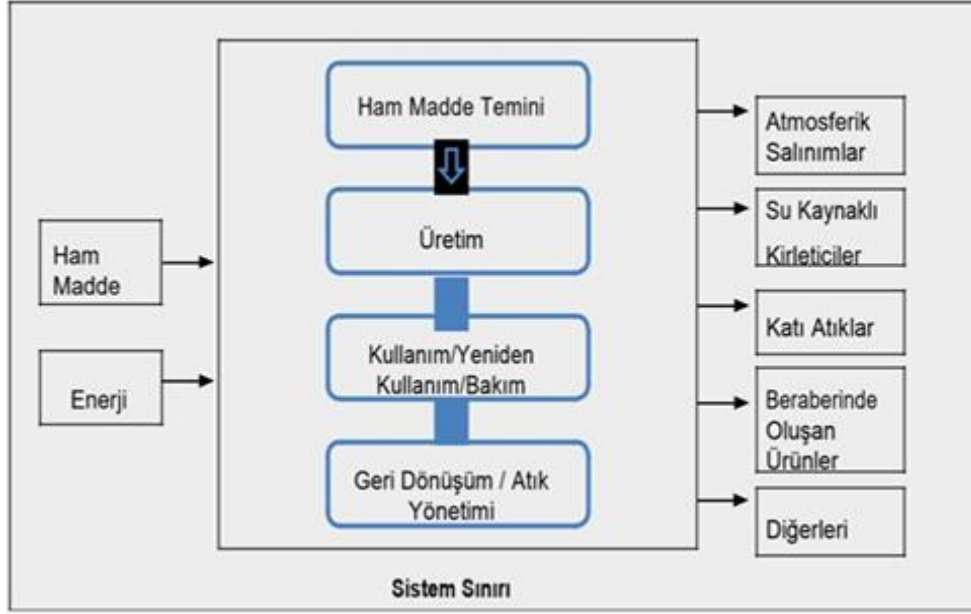
Key Words: Life Cycle Analysis, Carbon Emission, Textile, Carbon Footprint

Giriş

Dünyada her geçen yıl insanların ihtiyaçları doğrultusundaki tüketim miktarlarındaki artış, bilinçsiz tüketim faaliyet alanları ve yanlış kaynak kullanımı küresel ısınma sorununu ortaya çıkartmıştır. Bu sorunun ortaya çıkmasıyla birlikte gelecek için yaşanabilir bir çevre arayışının gündeme gelmiştir.

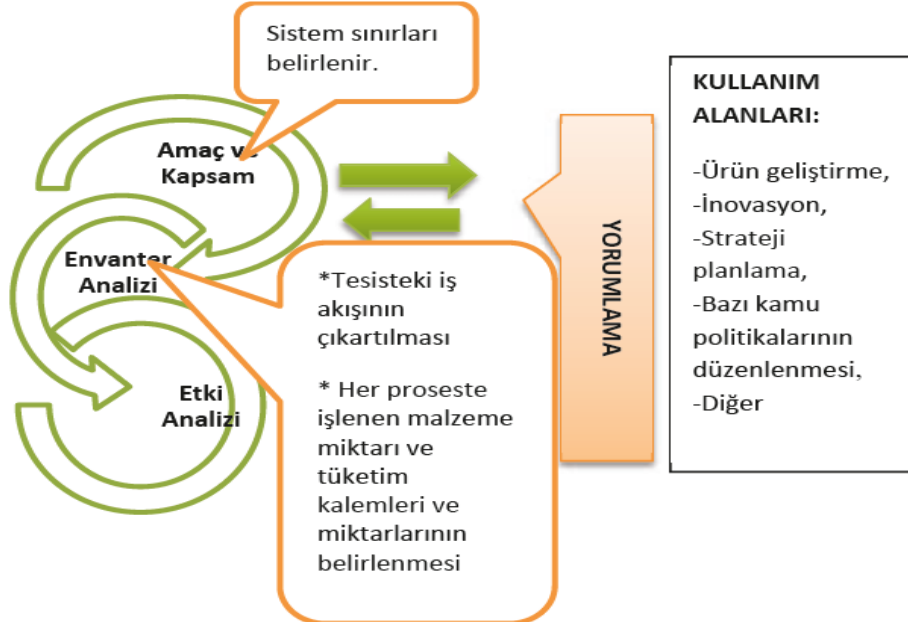
Çalışmalar sonucunda yanlış kaynak kullanımının bir örneği olan, fosil yakıtların kullanılması sonucu sera etkisine yol açan karbondioksit gazı oluşumu karbon ayak izi (carbon footprint), kavramını ortaya çıkarmıştır. Karbon ayak izi, bir kişinin, kurumun ya da herhangi bir ürünün doğaya saldığı sera gazlarının genel toplam içindeki payı olarak ifade edilmektedir. Bu konuda etkilerin azaltılması, endüstride yeni kaynak ve materyaller kazanılması günümüzde yürütölen çalışmalar ve yöntemlerle sağlanmaya çalışılmaktadır. Söz konusu endüstride çevreye verilen zararın hesaplanmasına geldiğinde, tüm dünyada ISO 14040 serisinde ayrıntılı biçimde tanımlanmış ve standardize edilmiş bilimsel bir analiz metodu olan yaşam döngüsü analizidir.

Yaşam döngüsü analizi, bir ürünün hammaddesinin elde ediliş, üretimi, nakliyesi, kullanılması ve bertarafı aşamalarında çevreye olacak etkilerini hesaplamakta, üretimin sorunlu noktalarını saptamakta ve sorunların kaynağına inmekte kullanılan bir araç niteliği taşımaktadır. Konu özelinde hazırlanmış yazılımlar kullanılarak pek çok çevresel etki rakamsal verilerle ortaya konulabilmektedir. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin önemli bir özelliği, üreticilerin tasarımdan bertarafa kadar ürünlerinden kaynaklanan kirliliğin sorumluluğunu almalarıdır. Bu çerçevede yapılan yaşam döngüsü analizinin aşamaları Şekil 1'de göröldüğü gibidir.



Şekil 1. Yaşam döngüsü analizinin aşamaları (Demirer, 2017)

Yapılan çalışmalar ürünün yaşam döngüsünün hangi aşamasında yapıldığına bağlı olarak “beşikten mezara”, “beşikten kapıya”, “beşikten beşiğe” ve “kapıdan kapıya” olmak üzere gruplandırılabilir. “Beşikten mezara” bir ürün ya da sürecin tüm yaşam döngülerini kapsayan analiz çalışmaları için kullanılan bir tanımlama olup hammadde eldesinden “beşik” ortaya çıkan atıkların tasfiyesine “mezar” kadar geçilecek tüm süreçleri içine alır. “Beşikten kapıya” bir ürün ya da süreci, ham madde eldesinden “beşik” itibaren fabrikaya iletiildiği aşamaya “kapı” kadar olan süreçleri yani yaşam döngüsünü kısmen kapsar. “Beşikten mezara” yaklaşımının en son yaşam döngüsü olan atık tasfiyesi aşamasında atıkların geri kazanımı söz konusu ise bu “beşikten beşiğe” yaklaşımı olarak anılmaktadır. “Kapıdan kapıya” bir ürün ya da sürecin tek bir aşamasına ait yaşam döngüsünün ele alındığı bir yaklaşımdır (Mezarıcıöz, 2018). Bu çerçevede yapılan yaşam döngüsü değerlendirmesinin aşamaları Şekil 2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2. Yaşam döngüsü değerlendirme aşamaları (Mezarcıöz, 2018)

Yaşam döngüsü değerlendirme aşamaları aşağıda verilmiştir;

Hedef ve Kapsam Tanımı: Bu aşamada çalışmanın amacı, kapsamı, sınırları ve detaylandırma düzeyi tanımlanır.

Envanter Analizleri: Bu aşamada çalışılan sistemin kapsamı dahilinde gerçekleşecek enerji, su, ham madde kullanımı ve bunlara bağlı çevresel emisyonları belirlenir.

Etki Analizleri: Envanter analizi aşamasında belirlenen enerji, su, hammadde kullanımı ile çevresel emisyonların insan sağlığı ve çevresel değerler üzerindeki olası etkileri değerlendirilir.

Yorumlama: Envanter ve etki analizi aşamalarının sonuçları değerlendirilerek karşılaştırılanlar arasından tercih edilecek ürün, süreç ya da hizmet seçilir. Bu seçim esnasında yapılan tahminler ve var olan belirsizlikler LCA kapsamında açık bir şekilde belirtilir.

Materyal ve Metot Materyal

Tekstil sektöründe ürünlerin üretim süreçleri birbirinden farklı ve oldukça uzun prosesler gerektirmektedir. Bu üretim süreçlerinin her birinde kullanılan hammadde, ara mamul veya kullanılan yardımcı kimyasal, enerji çeşidi, makine parkı gibi girdiler birbirinden çok farklıdır. Yapay lifler kullanılarak elde edilen tekstil

ürünü ile doğal lifler kullanılarak elde edilen tekstil ürünü veya dokusuz yüzey yöntemi ile oluşturulan üzeri renkli baskılı bir tekstil ürünü ile üzerinde nakış bulunan bir dokuma kumaşın üretim süreçleri birbirinden çok farklıdır. Üretim sırasında kullanılan hammadde, makine parkı, enerji çeşitleri ve maliyetleri, süreçlerde ortaya çıkan çevresel etkileşimler ve ürünlerin geri dönüşüm potansiyelleri çok farklı olduğundan tekstil ürünlerinde geri dönüşüm konusunun tek bir başlık altında değerlendirilmesi oldukça zordur.

Yaşam döngüsü analizi, tekstil ürünün üretiminde, kullanımında ve kullanım sonrasında ne kadar hammaddenin ve enerjinin kullanıldığını, ne kadar atık yaratıldığını ve her aşamada çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkiyi belirlemek için kullanılmaktadır.

Hammadde üretimi ve tedariki boyunca yer alan tüm aktörler, tekstil ürünlerinin çevresel izlerini azaltmada önemli rol oynamaktadır. Hepsinden önce üreticiler, lif üretimi sırasında, boyama, baskı ve bitirme işlemleri sırasında önemli etkiler meydana getirmektedir; aynı zamanda tüketicilerde kullanım esnasında ciddi olumsuz çevresel etkilere sebebiyet vermektedir. Örneğin, pamuklu bir giysinin yaşam döngüsünde kullanılan enerjinin çoğu, satın alım sonrası yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen yıkama ve kurutma sırasında tüketilmektedir. Tekstil sürdürülebilirliği bir bütündür ve düşük miktarlarda su, zirai ilaç, böcek öldürücü, tehlikeli kimyasallar veya daha düşük karbon salınımı kullanarak üretim proseslerini geliştirmek, perakendeciler ve üreticiler için büyük önem arz etmektedir. Bununla birlikte, giyim ve diğer tekstil ürünlerinin seçimi, bakımı ve elden çıkarılması gibi tüketici davranışı da aynı derece de öneme sahiptir (ec.europa.eu, 2013).

Bu belirtilen etkiler göz önüne alınarak, özellikle pamuk ve polyesterin tekstil çevresel ayak izlerini azaltmak için birçok sayıda kar amacı gütmeyen girişim ortaya çıkartılmıştır. Bu alanda ortaya çıkan çeşitli çalışmalar perakendeciler tarafından da yakından takip edilmektedir. Daha sürdürülebilir tekstil ürünlerine yönelim her geçen gün daha fazla önem kazanmaya devam etmektedir.

Tekstil pazarında farklı bir takım gönüllü çevresel etiketleme logoları ve şemaları da bulunmaktadır. Sektördeki girişim de şu anda Sürdürülebilir Kıyafet Koalisyonu (SAC) tarafından geliştirilmektedir. Bu çalışmaların hedeflerinden biri, şirketlerin malzeme çeşitlerini, ürünlerini, tesislerini ve proseslerini ürün tasarım ve çeşitli çevre seçeneklerine dayalı olarak değerlendirmesini sağlayan ve gösterge tabanlı bir giysi aracı olan Higg Endeksi'nin geliştirilmesini sağlamaktır (Toksöz, 2018).

Bir tişört üretimi yaşam döngüsü değerlendirmesi kapsamında kabaca ele alındığında; hammadde eldesi, hammaddenin işlenip önce iplik sonra kumaş haline getirilmesi bu sırada terbiye işlemlerinden geçirilmesi ardından kesim ve dikimden oluşan imalat, paketleme, nakliye, kullanım ve kullanım ömrü bittiğinde atık-geri dönüşüm-tekrar kullanım olanakları ile yaşam döngüsünü tamamlayacağı Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Bir tişörtün yaşam döngüsü değerlendirilmesi (Mezarcıöz, 2018)

Metot

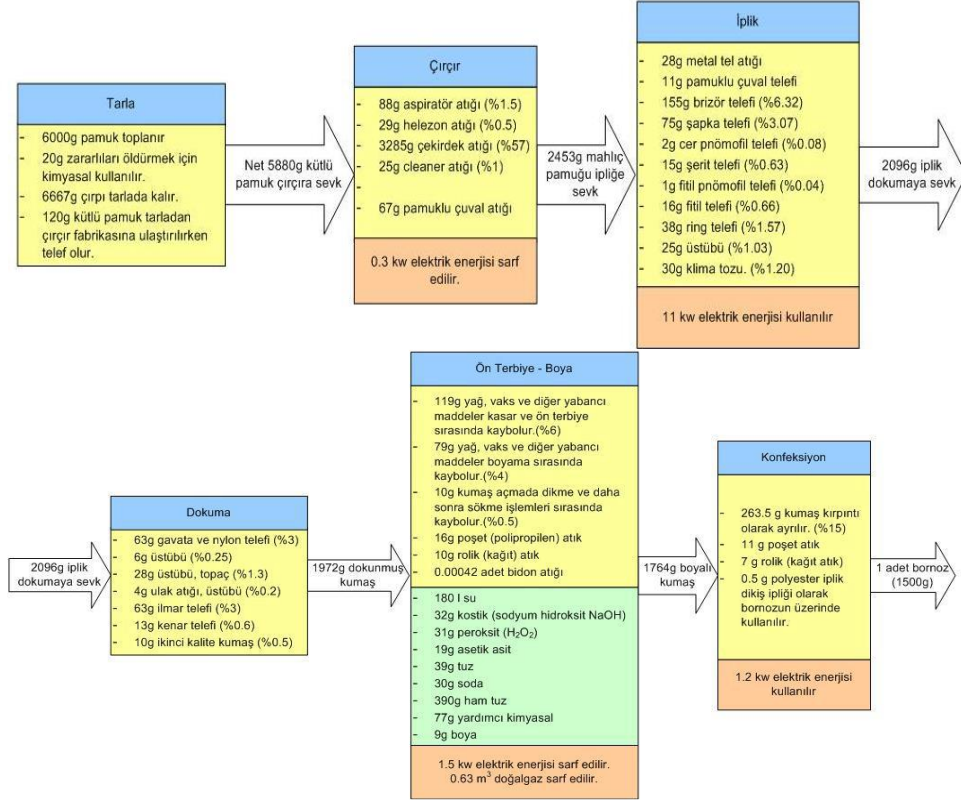
Tekstilde yaşam döngüsü çalışmalarına bu başlık altında yer verilecektir.

Tekstilde Yaşam Döngüsü Analizi Çalışmaları

Güngör A. ve Ark. (2009), tekstil ürünleri üretiminde ortaya çıkan çevresel etkiler ve geri dönüşüm olanaklarının araştırılması ve tekstil ürünlerinden örnek olarak seçilen bir bornozun yaşam döngü analizi yaparak, ürünün “doğumdan-mezara” ortaya çıkardığı atık, fire ve telefler ve çevreyle etkileşimi incelemiştir.

Bu çalışmada, doğal bir elyaf olan pamuk elyafı kullanılarak yapılmış olan bir bornozun, yaşamı boyunca yarattığı çevresel etkiler değerlendirildiğinde düşünüldüğü kadar çevre dostu olmadığı görülmüştür. Bu bağlamda pamuklu tekstil üretim sürecinde ortaya çıkan atıkların kısmen değerlendirilebildiği, öte yandan kullanılmış tekstil ürünlerinin ise geri dönüşümünde daha fazla yol alınması gerektiğini belirlemiştir. Bu çalışmada, doğal elyaf olması açısından çevre dostu olarak kabul edilen pamuğun ürün haline gelmesi ve kullanım aşamaları çevre

açısından pek çok olumsuzluğa neden olduğu belirlenmiştir. Tarlada pamuğun yetiştirilmesi aşamasından, konfeksiyonda bornozun oluşumuna kadar süren tüm üretim aşamalarının çevre etkileri Şekil 4. 'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4. Tarladan konfeksiyona kadar 1,5 kg ağırlığındaki bornozun çevre etkileri (Güngör ve ark., 2009)

Çalışmanın başlangıç noktası olan bornozdan hareketle diğer pamuklu ev tekstillerine ve daha sonra da tüm tekstil ürünlerine bakıldığında tekstil ürünlerinin tamamı üretim, kullanım ve geri dönüşüm aşamalarında önemli oranlarda çevre kirliliğine yol açmaktadırlar. Yapılan çalışmada 1,5 kg ağırlığında bir bornoz elde edebilmek için 150 lt su ve çok miktarda kimyasal kullanıldığı gözlemlenmiştir. Üretim aşamalarında enerji kaynağı olarak doğal gaz, fuel oil ve elektrik enerjileri başta olmak üzere kömür, LPG ve buhar gücü kullanıldığı bilinmektedir. Üretim sırasında enerjinin en yoğun olarak kullanıldığı işlemler dokuma ve iplik eğirme süreçleridir. En fazla zararlı kimyasal atığın oluştuğu proses ise yaş işlemler ve kurutma süreçlerindeki boyama-bitim işlemleridir.

Günümüzde modern pamuk tarımı sırasında kullanılan, gübre ve haşere mücadele ilaçları toprak, su, çevre kirliliği ve insan sağlığı açısından önemli tehditler oluşturmaktadır. Yani organik pamuk tarımı yapılması ve organik tekstil ürünü kullanımının yaygınlaşması pamuklu tekstil ürünlerinin doğaya verdiği zararı azaltacaktır sonucuna varmışlardır.

Baydar G. ve Ark. (2017), yaptıkları çalışmada konvansiyonel tişört ile üç farklı eko-pamuklu tişört üretiminin çevresel etkilerini karşılaştırmışlardır. Potansiyel çevresel etkileri, bu bağlamda seçilen pamuklu tişörtler için pamuk yetiştirme ve hasat, hammadde tedariki, çırçırılama, eğirme, yaş kumaş terbiyesi ve apreleme, kullanım ve bertaraf aşamaları olarak hesaplamışlardır. Ürünler sürdürülebilir tarım yöntemleri ve eko-verimli boyama reçeteleri dikkate alınarak karşılaştırılmışlardır. Konvansiyonel ve eko tişörtün kimyasal, enerji ve su tüketim değerleri Çizelge 1.'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 1. Konvansiyonel ve eko tişörtün kimyasal, enerji ve su tüketim değerleri (Baydar ve ark., 2017)

Proses	Alt Proses	Kimyasal Tüketimi (kg/kg tekstil)		Enerji Tüketimi (MJ/kg tekstil)		Su Tüketimi (L/kg tekstil)	
		I	II	I	II	I	II
Hazırlama	Ağartma	0,118	0,023	8,34	3,21	50	20
Renklendirme	Boyama	0,95	0,95	1,86	1,86	10	10
	Yıkama	0,02	0,02	12,63	7,84	80	50
Terbiye	Yumuşatma	0,04	0,04	0,57	0,57	10	10
	Kurutma	-	-	1,80	1,80	-	-
Toplam		1,128	1,033	25,20	15,28	150	90

I: Konvansiyonel Tişört, II: Eko Tişört

Çalışmanın sonucunda birbirinden farklı yaşam döngüsü aşamalarındaki müdahalelerin, ürün sürdürülebilirliğinin artmasını sağladığını belirlemişlerdir. Bu sonuçlar pamuk yetiştirme ve hasat aşamalarında kullanılan tarımsal makineler tarafından tüketilen dizel yakıtın, kimyasal tarım ilaçlarına ek olarak, birçok çevresel etkiye neden olduğunu göstermektedir. Bu noktada ürün verimliliği azaldıkça bu etkilerin arttığını gözlemlemişlerdir. Böylece dizel yakıt yerine tarım makinelerinde, tercihen tarımsal atık ve biyodizel kullanılması, biyodizelin sürdürülebilir hammadde üretilmesi şartıyla, teorik olarak son ürünün sürdürülebilirliğini daha da artıracaklarını belirlemişlerdir. Buna ek olarak elektrik tüketiminin de ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca, en çok da kullanım aşamasında, diğer çevresel etki kategorileriyle birlikte özellikle GWP'ye önemli

katkısı olduğunu saptamışlardır. Çalışmalar sonrası kumaş üretim ve terbiye tesislerindeki enerji verimliliğini ve yenilenebilir kaynak kullanım oranını artırarak, evlerdeki elektriğin ekonomik kullanılmasını sağlayarak eko tişörtlerin çevresel performansı daha da iyileştirilebileceğini belirlemişlerdir. Kullanılan tişörtlerin ve benzer tekstil ürünlerinin sürdürülebilirliğini artırmadaki başarı insan faktörüne bağlı olduğunu ve çiftçileri organik tarıma ikna etmenin bu girişimdeki ilk ve en önemli iş olduğunu açıklamışlardır.

Toksöz (2018), yaptığı çalışmada tekstil sektöründeki sürdürülebilirlik uygulama ve araçlarını kumaş üretim performansları ve onun oluşturduğu çevresel etkiler üzerinden incelemiştir. Çalışma kapsamında HIGG malzemeleri sürdürülebilirlik endeksi yaşam döngüsü aracı vasıtasıyla birbirinden farklı pamuk türü içeren 4 denim dokuma kumaş sadece ana giriş hammaddesi değiştirilip diğer parametreler aynı tutulacak şekilde yaşam döngüsü analizine tabi tutulmuştur. Aynı kumaşlar fiziksel performans testlerine de maruz bırakılmıştır. Testleri gerçekleştirilen denim kumaşlara ait MSI sonuçları Çizelge 2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Numune denim kumaşlara ait MSI Sonuçları (Toksöz, 2018)

Parametreler	Konvansiyonel Numune	BCI Numune	Organik Numune (GOTS)	Geri dönüşüm Numune (GRS)
İklim Değişikliği MSI skoru	18,35	17,01	16,94	16,16
Ötrofikasyon MSI Skoru	26,56	29,80	20,62	17,80
Su kaynaklarının tükenmesi / Kıtık MSI skoru	50,63	1,68	8,01	1,71
Kaynakların yok edilmesi, fosiller ve mineraller MSI skoru	14,41	13,41	13,48	13,18
Kimyasal etki MSI skoru	12,57	11,85	7,00	10,42
Toplam materyal MSI Skoru	122,52	73,75	66,06	59,28

Çalışma sonucunda, sadece ana hammadde değişimi yapılarak düşük ekstra maliyetle çok ciddi bir pazar payı eldesinin sağlanabileceği görülmüştür.

Aydın ve Çiner (2016), yaptıkları çalışmalarında, dünyada hızla değişen tekstil trendlerinin beraberinde bu ürünlerin hızla tüketimine ve çevresel sorunların artmasına neden olduğunu belirtmiştir. Buna bağlı olarak yaşam döngüsü değerlendirmesinin bu aşamada çevresel yükü belirlemede kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıktığını belirtmişlerdir. Çalışmada, pamuklu ev tekstil ürünlerinden %100 pamuklu boyalı çarşafın üretim süreçlerinden başlayıp nihai ürünün oluşturularak kullanıcıya ulaşip atık olana kadar geçen süreç için yaşam döngü değerlendirmesi uygulanmıştır. Uygulama sonucunda ürünün yaşam döngüsü süresince kullanım aşamasında en büyük çevresel etkiyi oluşturduğu

belirtilmiştir. Üretim safhasında ise en büyük çevresel etkiyi oluşturan boyalı çarşafın boya terbiye işlemi ile düz beyaz çarşafın terbiye işlemleri karşılaştırılmıştır. Boyama prosesinin çevresel etki kategorilerindeki zararlı etkisi belirlenmiştir (Aydın ve Çiner, 2016).

Esteve-Turrillas ve Guradia (2017), giysi kırpıntılarında geri dönüştürülmüş pamuk lifleri ile geleneksel ve organik yollarla üretilen pamuk liflerini yaşam döngüsü çevresel etkileri açısından karşılaştırmışlardır. Üretim adımını yeşil yolla gerçekleştirmek için geleneksel pamuk yetiştiriciliğinden organik tarıma geçmenin avantajları olduğunu göstermişlerdir. Bununla birlikte, organik pamuğun kullanımının da sürdürülebilir bir uygulama olmaktan uzakta ve çevre üzerinde zararlı etkileri olan bir boyama işlemi gerektirdiğini bulmuşlardır. Tersine, geri dönüştürülmüş hammaddelerin ve renkli liflerin akıllı seçimine dayanan geri dönüşüm teknolojisinin kullanımının hem pamuk ekimi hem de çevresel yan etkilerin ortaya çıkmasını önleyecek ve geleneksel yöntemdeki çirçirlamanın çevresel etkilerini kesme/parçalama adımının etkileriyle yer değiştirebilecek bir seçenek olarak sunmuşlardır. Ayrıca, endüstriyel pamuk atıklarının geri dönüşümünün, ürün için ikinci bir kullanım ömrü sunduğunu, bunun da çevresel etkiler ile bertaraf maliyetlerini azalttığını belirtmişlerdir (Esteve-Turrillas ve Guradia, 2017).

Yan ve Ark. (2016), farklı tipte birçok kumaşı karbon ayak izi açısından değerlendirmişlerdir. Endüstriyel ölçekte karbon ayak izi büyükten küçüğe, yünlü kumaş, yün-poliester karışımı kumaş ve pamuklu kumaş olarak sıralanmaktadır. Pamuklu kumaşlar için karbon ayak izinin başlıca sebepleri hammaddeler, üretim teknolojisi ve renktir. Pamuk/polyester karışımı kumaş saf pamuklu kumaştan, süprem kumaş rib kumaştan, koyu renkli kumaşlar açık renkli kumaşlardan daha yüksek karbon ayak izine sahip olarak tespit edilmiştir. Tekstil kumaşlarının üretim sürecinde, dolaylı sera gazı ve elektrik emisyonlarının, kömür ve petrolün doğrudan yanmasından kaynaklanan emisyonlardan çok daha büyük olduğu bulunmuştur (Yan ve ark., 2016).

Manda ve Ark. (2015), SurFunCell projesi kapsamında antibakteriyel bir tişörtün beşikten mezara yaşam döngüsü değerlenmesini yapmışlardır. Antibakteriyel tişörtün konvansiyonel tişörtten %20 daha az iklim değişikliklerine sebep olduğunu bildirmişlerdir. Ticari ölçekteki uygulamaların çevresel etkilerinin daha az olduğunu ve üretim aşamasında en büyük etkinin, lif bitimi ve boyaması adımlarından kaynaklandığını bulmuşlardır. Tişört üretimindeki en büyük çevresel etkiler; temiz su ötrofikasyonu, doğal toprak dönüşümü, fosil kaynakların tükenimi ve asitleştirme olarak bulunmuştur. Tüketici kullanım aşamasının, tüm tişört yapılandırılmaları için baskın etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Manda ve ark., 2015).

Alper ve Toröz (2015), yaptıkları çalışmada, pamuk için Cropwat analiz programı ile Aydın, Adana, Antalya, Diyarbakır, İzmir ve Şanlıurfa illerinde su ayak izlerini hesaplamışlardır. Bu çalışmada "İyi Pamuk Uygulamaları" (BCI)'nin pamuk için tarlada su tüketimini azaltan bir uygulama olduğunu vurgulamışlardır. İyi Pamuk Uygulamaları ile pamuk üretiminde %23 'e kadar su tasarrufu

sağlanmaktadır. Çalışmalarının sonucunda İyi Pamuk Üretimi (Better Cotton Initiative)'nin pamuk üretiminin üreticilere daha iyi olanak sağlamaya, sektörün güvenliğini daha iyi bir noktaya getirmeye, sosyal ve olumsuz çevresel etkileri azaltmayı hedefleyen çok paydaşlı uluslararası bir organizasyon olduğunu belirtmişlerdir (Alper ve Toröz, 2015).

Tartışma ve Sonuçlar

Beşikten mezara kadar anlayışıyla yapılan yaşam döngüsü analizlerinde, üretimde yer alan her bir proste kullanılan hammaddelerin üretimi, hammadde kayıpları ve sistemde kullanılan enerji ve enerji kayıpları incelenen çalışmaların tümünde hesaplamalara dâhil edildiği görülmüştür.

. Çalışmalar incelendiğinde pamuk hammaddesinin yetiştirilmesinde kullanılan kimyasal gübreler, tarım ilaçları, tarım makinelerinde kullanılan dizel yakıt ve pamuğun işlenmesi için kullanılan elektrik enerjisi çevreye olan etkide büyük pay sahibidir. Bu hammaddelerin yetiştirilmesi ve hasatı sırasında kullanılan tarım makinalarının kullanmış oldukları dizel yakıtın küresel ısınma (GWP) etki kategorisinde büyük pay sahibi olduğu görülmüştür.

Direkt olarak organik pamuk üretimine geçiş zor olsa da, kimyasal bazı gübre ve tarım ilaçlarının etkisi kademeli olarak azaltılabilir. Türkiye, dünyadaki önemli organik pamuk üreticilerinden iken, doğrudan güvenilir tarım ve üretim veri kayıtlarına ulaşmak tam anlamıyla mümkün değildir. Bu noktada pamuğun verimliliği, cinsi ve kimyasal gübre ve tarım ilacı uygulama miktarları ülkelere, bölgelere ve arazilere göre büyük değişiklikler göstermektedir.

Organik pamuk üretim uygulamalarının geleneksel uygulamalara nazaran daha çevresel olduğu ortaya çıksa da toprağın verimliliği, iklim ve geleneksel tarım uygulamaları gibi bölgesel değişiklikler de son ürünün sürdürülebilirliğini genel anlamda etkileyebilmektedir. Çiftçiler bilinçlendirilerek organik pamuk tarımı yapılmalı ve organik tekstil ürünü kullanımının yaygınlaşması sağlanmalıdır.

Pamuk yetiştirme ve hasat aşamalarında kullanılan tarımsal makineler tarafından tüketilen dizel yakıtın yerine tarım makinalarında, tercihen tarımsal atık ve biyodizel kullanılarak teorik olarak son ürünün sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

Üretim proseslerinin çevresel etkiye katkıda bulunduğu bir diğer konu ise kimyasal atık oluşturmalarıdır. En fazla zararlı kimyasal atığın olduğu prosesler terbiye ve bitim prosesleridir.

Tekstil sektöründe üretim sonucu ortaya çıkan tüm çevresel atıkların arıtılmasıyla ilgili tüm taraflar bilinçlendirilmelidir. İşletmelerde atık kontrolü adım adım ele alınarak optimum koşullar sağlanmalıdır. Ortaya çıkan çevresel atıklar sınıflandırılarak ayrıştırılmalı ve değerlendirilmelidir. Kullanılmayacak durumdaki tekstil atıklarının değerlendirilmesine yönelik araştırma ve geliştirme projelerine destek verilmeli ve bu atıkların farklı sektörlerde kullanımları için teşvik çalışmaları yapılmalıdır.

Diğer çevresel etkiler incelendiğinde bir diğer ortak etkiyi elektrik tüketimi oluşturmaktadır. Elektrik tüketiminin tekstil ürünlerinin tüm yaşam döngüsü

boyunca küresel ısınmaya önemli bir katkısı vardır. Tekstil fabrikalarında iplik, dokuma ve terbiye tesislerindeki enerji verimliliğini ve yenilenebilir kaynak kullanım oranını artırmak bu etkiyi önemli ölçüde iyileştirebilir.

Kumaş üretiminde teknoloji altyapısı kullanılarak daha çevre dostu üretim yapabilen üretim tesisleri oluşturulmalıdır. Bu noktada tüm taraflar bilinçlendirilmelidir.

Hammadde alınan tedarikçi seçiminde uzaklık parametresi göz önüne alınıp daha yakın tedarikçiler seçilerek nakliye sırasındaki yakıt tüketimi azaltılmalıdır.

Kaynaklar

- ALPER, F., 2015. Sürdürülebilirlik Kavramı İçerisinde Su Ayak İzi: Tekstil Sektörü Örneği. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul:95-99.
- ANONYM, 2018, Retail Forum For Sustainability, April 2019, ec.europa.eu/environment/industry/retail/pdf/issue_paper_textiles.pdf:15-21.
- AYDIN, S., 2016. Pamuklu ev tekstil ürünlerinin üretim süreçleri ve nihai ürünlerin yaşam döngüsünün değerlendirilmesi. Cotton home textile products manufacturing processes and life cycle assessment of final products. Niğde Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde: 110-118.
- BAYDAR, G., CİLİZ, N., MAMMODOV, A., 2015. Life Cycle Assessment Of Cotton Textile Products In Turkey, Resour, Conserv Recycl, 104, 213-223.
- ESTEVE-TURRILLAS, GUARDÍA, M., 2017, Environmental Impact Of Recover Cotton In Textile Industry. Resources, Conservation and Recycling: 107-115
- GÜNGÖR, A., Palamutçu, S., İkiz, Y., 2009. Pamuklu Tekstiller Ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi. Cotton Textiles and The Environment: Life Cycle Assessment of A Bathrobe. Pamukkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Denizli: 197-205.
- MANDA, K., 2015, Application of Life Cycle Assessment for Corporate Sustainability, Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University, Utrech: 201-223.
- MEZARCIÖZ, S., 2018, Tekstil Terbiyesinde Sürdürülebilirlik Ve Yaşam Döngüsü Analizi, Tekstil Kimyasalları Ve Uygulamalarındaki Son Gelişmeler Kongresi, Gaziantep: 16-18.
- TOKSÖZ, M., 2018, Tekstil Sektöründe Sürdürülebilirlik Kavramı ve Yaşam Döngüsü Analizi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi: 12.