

Tekstil ve Hazır Giyim Ürünlerinin Dijital Kimliği: Dijital Ürün Pasaportu

Esra Dirgar*, Okşan Oral, Alime Aslı İlleez

Emel Akın Meslek Yüksekokulu, Ege Üniversitesi, Türkiye

*(esra.dirgar@ege.edu.tr)

(Received: 30 September 2025, Accepted: 05 October 2025)

(5th International Conference on Frontiers in Academic Research ICFAR 2025, September 25-26, 2025)

ATIF/REFERENCE: Dirgar, E., Oral, O. & İlleez, A. A. (2025). Tekstil ve Hazır Giyim Ürünlerinin Dijital Kimliği: Dijital Ürün Pasaportu Tekstil ve Hazır Giyim Ürünlerinin Dijital Kimliği: Dijital Ürün Pasaportu, *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(10), 115-121.

Özet- Avrupa Birliği pazarındaki mevcut tekstil ürünlerinin, 2030 yılına kadar, geri dönüştürülebilir ve sürdürülebilir olmasını zorunlu kılan yeni Avrupa Komisyonu düzenlemeleri, Tekstil ve hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren firmaları, dögüsel bir iş modeline doğru yönlendirmektedir. Dögüselleşme için, ürün yaşam dögüsü boyunca veri toplama, depolama ve paylaşımını kolaylaştırmak ve ürün izlenebilirliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamak için Dijital Ürün Pasaportlarının kullanımı gerekmektedir. Bu çalışmada, dijital ürün pasaportlarının sağlayacağı avantajlar, hazır giyim sektöründe uygulanmasındaki zorluklar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler - Dijital Ürün Pasaportu, Dögüsel Ekonomi, Dijital Dönüşüm, Hazır Giyim Sektörü, Ürün Yaşam Dögüsü.

I. GİRİŞ

Avrupa Parlamentosu tarafından 2021 yılında kabul edilen Dögüsel Ekonomi Eylem Planı kararı Avrupa Yeşil Mutabakat yapısını oluşturan en önemli konulardan birisidir. Dögüsel Ekonomi Eylem Planı, ürünü, yaşam dögüsü boyunca ele almakta, ürün tasarımını, dögüsel ekonomi süreçlerinin desteklenmesini, sürdürülebilir tüketimin güçlendirilmesini ve kullanılan kaynakların mümkün olan en uzun zaman dilimi süresince AB ekonomisi içinde kalmasını amaçlamaktadır [1].

Doğrusal ekonomide, hammaddeler büyük miktarlarda israf edilmekte, sistemdeki malzeme akışı çok hızlı olmakta, bu ise, ürünlerin çok kısa bir kullanım süresinden sonra israf olmaya başladığı anlamına gelmektedir. Ürün ve malzemeleri daha verimli bir şekilde kullanmanın bir yolu, dögüsel ekonomiye doğru ilerlemeyi gerektirmektedir [2]. Hammade, enerji ve ürünlerin yalın ve verimli kullanımı, dögüsel ekonominin anahtarıdır. Ayrıca, ikinci ve hatta üçüncü kullanım dögüleriyle, ürünlerin kullanım ömürlerini uzatmak gerekmektedir. Dögüsel ekonomi, yalnızca bir değer zincirinin belirli bir bölümünü optimize etmek yerine, değer zincirindeki operasyonları ve ürünlerin yaşam dögüsünü optimize etmeyi hedefler. Amaç, sürdürülebilir ürünler sunmak için yaşam dögüsünü kapsayan minimum etki ve maksimum değer için tasarım yapmaktır. Gerçekten dögüsel ve sürdürülebilir ürünler ve iş modelleri

oluşturmak, değer zincirinde bütünsel bir tasarım gerektirir. Bu tür tasarımlar, ancak sistem düzeyindeki değer zinciri operasyonlarına, malzeme akışları, değer zincirindeki tüm aktörler için değer birikimi ve sürdürülebilirlik etkileri de dahil olmak üzere veri tabanlı bir bakış açısına sahip olduğunda uygulanabilir. Buna ulaşmak için, değer zinciri genelinde ilgili ve güvenilir verilerin toplanması ve paydaşlar arasında paylaşılması gerekir. Farklı aşamalarda hangi verilerin mevcut olduğunu ve bu verilere nerede ve nasıl erişileceğinin bilinmesi önemlidir. Verilerin anlamlı bilgilere dönüştürülmesi ve ilgili verilerin ve bilgilerin bütünsel bir tasarım ve operasyonel çerçevede birleştirilmesi gerekir. Günümüzde pek çok işletmede bu verilere erişmek mümkün olmamaktadır [3].

Döngüsel ekonomi, üretim süreçlerinde atıkların azaltılmasını ve malzeme verimliliğini sağlarken, tedarik zinciri boyunca şeffaflık ve izlenebilirlik sağlayarak etik bir yapı oluşturur [4]. Sodhi ve Tang (2019) için şeffaflık, şirketin tedarik zinciri operasyonları ve ürünlerinde tüketicinin beklediği normlara uyum konusunda 'tüketicilere, yatırımcılara ve diğer paydaşlara' açıkladığı bilgi olarak görülmektedir. Bu radikal şeffaflığı hayata geçirmek için, şeffaflık için izlenebilirlik kapsamının yalnızca tedarik zincirine değil, bitmiş ürüne de genişletilmesi gerekir [5]. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), izlenebilirliği, incelenen ürünün geçmişini, uygulamasını ve konumunu izleme yeteneği olarak tanımlar ve bu, malzeme ve parçaların menşeyini, işleme geçmişini ve teslimattan sonra ürünün dağıtımını ve konumunu içerebilir [6].

A. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Sürdürülebilirlik

Küresel tekstil ve hazır giyim sektörü, Avrupa ve dünya çapında önemli istihdam ve gelir akışları sağlayarak en etkili ve ekonomik açıdan en güçlü endüstriler arasında yer almakta [7] ve aynı zamanda da küresel kirliliğe en çok katkıda bulunan ikinci sektör olarak kabul edilmektedir [8]. Tekstil üretimi, hammadde temini, iplik, dokuma, örme, boyama, terbiye ve giysi üretim gibi karmaşık bir operasyon zincirini kapsar ve her aşama, su kirliliği, sera gazı emisyonları ve işgücü sömürsü de dahil olmak üzere önemli çevresel ve sosyal zorluklara katkıda bulunur [9], [10].

Avrupa Çevre Ajansı, 2020 yılında Avrupa Birliği genelinde tekstil tüketiminin kişi başına ortalama 270 kg CO₂ emisyonuna yol açtığını ve bunun toplam 121 milyon ton sera gazına denk geldiğini bildirmiştir. Tekstil üretimi ayrıca, boyama ve terbiye işlemlerinden kaynaklanan küresel tatlı su kirliliğinin yaklaşık %20'sinden sorumludur. Bu çevresel etkilerin üstesinden gelmek için Avrupa Birliği, 2050 döngüsel ekonomi hedefleri kapsamında tekstil ürünlerinin yaşam döngüsünü ve geri dönüştürülebilirliğini uzatırken tekstil atıklarını azaltmaya kararlıdır [7].

Giyim ve diğer tekstil ürünleri için ürün düzeyindeki veriler, genellikle ürün etiket bilgileri ile sınırlıdır. İşletme içindeki malzeme akışları ile ilgili bilgiler mevcuttur, ancak, bölgesel veya değer zinciri düzeyindeki veriler büyük ölçüde eksiktir. Bu durum, yeni işletmelerin potansiyel pazarlarını ölçmek ve anlamakta zorlanması nedeniyle yeniden kullanım ve geri dönüşüm iş modellerinin ve operasyonlarının benimsenmesini yavaşlatır.

Tekstil değer zincirleri genellikle küresel olduğundan, üreticiler ve marka sahipleri sürdürülebilir bir tedarik zinciri oluşturmak için malzemeler hakkında her zaman güvenilir bilgiye ulaşamaz. Uygulamada, örneğin üreticiler ve tedarikçiler yalnızca önceki üretim adımından bilgi alır ve kendi üretimlerinden sonraki adıma bu bilgileri iletebilir. Ürün sürdürülebilirliğini anlamak için ayrıntılı veriler genellikle eksiktir; toplanmayabilir veya verileri paylaşmak için herhangi bir uygulama yoktur. Minimum gerekli bilgi ve veri doğrulama standartları eksiktir ve üreticiler ve marka sahipleri genellikle tedarik zinciri verilerini elle yönetmeye başvururlar. Ancak kapsamlı ve güvenilir ürün verileri, sürdürülebilir bir tedarik zincirini yönetmek ve sürdürülebilir tüketici tercihlerini mümkün kılmak için temel oluşturur.

Bugüne kadar, şirketlerin ürünlerini takip etmek için dijital teknolojilerden yararlandığına dair çok sayıda örnek bulunmaktadır. Bir ürün tanımlandıktan sonra, tasarımı, durumu, bileşenleri veya konumu ile ilgili veriler kolayca alınabilir ve sürekli güncellenebilir. Başlıca depolama ve paylaşım teknolojileri Bulut, dijital platformlar, Büyük Veri veya Blockchain'in dijital kayıt özelliğidir. Farklı sektörlerdeki pek çok firma bu teknolojileri kullanarak ürünleri ile ilgili bilgilerin kaydını tutmaktadır. Ancak, bu bilgiler, değer zincirleri arasında neredeyse hiç paylaşılmamaktadır ve sonuç olarak, etkilenen kullanıcıların çoğu önemli ürün verilerine erişememektedir.

Bilgi teknolojisi, dögüsel ekonomi için önemli bir destekleyicidir, ancak değer zinciri boyunca veri paylaşımı da aynı derecede önemlidir.

II. DİJİTAL ÜRÜN PASAPORTU

Son yıllarda Dijital Ürün Pasaportu (Digital Product Passport-DPP), ürün izlenebilirliğini artırmak, dögüsel ekonomi girişimlerini güçlendirmek ve yasal düzenlemelere uyumu kolaylaştırmak için merkezi bir mekanizma olarak ortaya çıkmıştır [11]. DPP, ürünlerin çevresel sürdürülebilirliği hakkında bilgi sağlayarak, tüketicilerin ve işletmelerin bilinçli satın alma kararları almalarına yardımcı olacak ve kamu otoritelerinin daha etkili kontroller ve denetimler gerçekleştirmesine olanak tanıyacaktır [12]. DPP, ürünlerin menşei, bileşimi, onarım seçenekleri, sökme prosedürleri ve kullanım ömrü sonu işlemleri hakkında net takip ve izleme bilgileri sağlamayı amaçlamaktadır.

Adisorn ve arkadaşları (2021), DPP'yi, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca onarılabilirliği ve geri dönüştürülebilirliği hakkında bilgi sunarken bileşenleri, malzemeleri ve kimyasal bileşimi özetleyen kapsamlı bir veri kümesi olarak nitelendirmektedir [13].

King ve arkadaşları (2023), alternatif olarak, bunu, bir ürünün yaşam döngüsü aşamaları boyunca sürdürülebilirlik, tehlikeli maddeler ve değerli malzemeler hakkında ayrıntılı veriler sunan ve değer zinciri paydaşları tarafından ortaklaşa sahip olunan, bilinçli ve sürdürülebilir karar almayı mümkün kılan bütünlük bir sistem olarak tanımlamaktadır [14]. Avrupa Komisyonu (EC), dijital ürün pasaportunu, üreticiler, düzenleyici kurumlar ve tüketiciler de dahil olmak üzere tedarik zinciri boyunca ürün bilgilerinin dijital olarak tutulmasını, işlenmesini ve yayılmasını sağlamak için bir veri taşıyıcısı vasıtasıyla elektronik olarak erişilebilir bir veri kümesi olarak daha ayrıntılı olarak açıklamaktadır. Bu nedenle DPP, bir ürünün kökeni, malzemeleri, onarım ve geri dönüşüm seçenekleri hakkında kritik veriler sağlayarak, önleyici bakım, yeniden üretim ve geri dönüşüm gibi dögüsellik stratejilerini desteklerken, aynı zamanda tüketiciler ve paydaşlar için ürünlerin ve malzemelerin sürdürülebilirlik belgeleri hakkında şeffaflığı artırır [15]. Benzer şekilde, Durand ve arkadaşları (2022), DPP'yi, benzersiz bir tanımlayıcı aracılığıyla erişilebilen ve belirli kullanıcı gruplarına göre düzenlenmiş erişim haklarına sahip, ürünle ilgili verilerin organize bir koleksiyonu olarak tanımlamaktadır [16].

AB pazarında, DPP, destekleyici düzenlemelerle birlikte, dögüsellğe bağlı yenilikçi üreticileri, sürdürülebilirliğe daha az odaklanmış rakiplerden ayırabilir [13]. AB'nin önemli küresel üretim etkisi göz önüne alındığında, DPP, eko-tasarımla birleştirildiğinde, dünya çapında daha sürdürülebilir üretim sistemlerine doğru daha geniş bir geçişin sinyalini verebilir [13]. Hammaddeden tüketiciye kadar tüm tedarik zincirinin dijitalleştirilmesi, markalar, üreticiler ve tüketiciler arasındaki ilişkileri de güçlendirecektir.

A. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe DPP

Dijital Ürün Pasaportu, Avrupa Yeşil Mutabakatı ile oluşturulan ve "Avrupa Komisyonu'nun Sürdürülebilir Ürünler için Ekotasarım Yönetmeliği ile uyumlu olan Sürdürülebilir Tekstiller ve Ekotasarım AB Stratejisi kapsamında belirlenmiş olup, 2030 yılına kadar zorunlu bir elektronik kayıt haline gelecektir. Dijital Ürün Pasaportu, bu sektörde şeffaflığı sağlamak ve teşvik etmek için hayati bir araç olarak öngörülmektedir [17],[18]. Çevreye duyarlı malzemelerin benimsenmesi ve uzun yaşam ömrünü sağlamak için tasarım yapılması da dahil olmak üzere dögüsel ekonomiyi vurgulayan yeni iş modelleri esastır. Bu değişim, yenilenebilir, geri dönüştürülebilir veya biyolojik olarak parçalanabilir malzemelere öncelik verilmesini ve su ve enerji tüketimini en aza indiren üretim yöntemlerinin uygulanmasını gerektirir. Ürün ömrünü uzatmak için dayanıklı malzemeler ve bakım gereksinimleri tasarıma entegre edilmelidir. Aynı zamanda, kolayca ayrıştırılıp geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımına öncelik verilmelidir [17], [18].

Dijital ürün pasaportunun tekstil dögüsellğine katkısı şöyle sıralanabilir.

- Tekstillerin içeriği hakkında ayrıntılı bilgi (elyaf ve iplikler, kimyasallar, renkler, terbiye işlemleri hakkında bilgiler) içerebilir ve bu bilgiler, tekstilin kullanım ömrünün sonunda en uygun geri dönüşüm yönteminin kullanılmasına yardımcı olabilir.

• Tekstil atığının yeri, hacmi ve içeriği hakkındaki bilgiler, tekstil atığının uygun bir kimyasal tekstil geri dönüşüm tesisine gönderilmesinde kullanılabilir. Günümüzde özellikle elyaf karışımları ve elastan gibi hangi tür malzemelerin işlenebileceği konusunda sınırlamalar vardır ve bu da kimyasal geri dönüşüm için sınırlama getirmektedir.

• Tekstil atıklarının verilere dayalı olarak daha doğru bir şekilde ayrıştırılması ve seçilmesi, atıkların ticari değerini artırır. Geri dönüştürülmüş tekstil elyaflarında en yüksek kaliteye ulaşmak için belirli tekstil atığı türleri (örneğin %100 pamuk) aranır ve bu nedenle bu tür tekstil atıkları en yüksek ekonomik değere sahiptir.

DPP'ler büyük hacimli yapılandırılmış ürün verileri ürettiğinden, yapay zeka araçları sürdürülebilirlik performansı, malzeme verimliliği veya tüketici tepkisindeki eğilimleri belirleyebilir. Örneğin markalar, hangi kumaş kombinasyonlarının en düşük çevresel etkiye sahip olduğunu belirleyebilir veya hangi sertifikalı özelliklerin çevrimiçi dönüşüm oranlarını artırdığını tahmin edebilir.

Döngüsel ekonomiye geçiş sürecinde firmalar kendi stratejilerini belirleyip, bu yönde ilerlemeye çalışmaktadırlar. Buna örnek olarak; H&M, döngüsel ekonomiye geçiş stratejisini üç ana unsurdan oluşan bir temele oturtmuştur:

- Döngüsel ürünler,
- Döngüsel tedarik zincirleri ve
- Döngüsel müşteri yolculukları.

Döngüsel ürünler temelinde H&M, sürdürülebilir ve geri dönüştürülmüş malzemelerden, defalarca tekrar dolaşıma girebilen dayanıklı ürünler üretmeyi hedeflemektedir. Döngüsel tedarik zincirleriyle, ürünleri tekrar dolaşıma dahil eden ve döngüsel üretim süreçlerini ve malzeme akışlarını destekleyen tedarik zincirleri oluşturmaya vurgu yapmaktadır. Döngüsel müşteri yolculuklarında ise, H&M, müşterilerin döngüsel moda katılımları için erişilebilir yollar sunmaya odaklanmaktadır. Bu yollar arasında ürünlerin onarımı, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü yer almaktadır. Bugün H&M, döngüsel hedeflerine ulaşmak için ürünlerinin yaşam döngüsünün her aşamasını yeniden tasarlamaları ve daha bütünsel bir yaklaşım benimsemeleri gerektiğini fark etmiş [19] ve bunu gerçekleştirmek için, DPP'leri tedarik zincirlerine entegre etmek için çalışmaya başlamıştır.

Yaklaşan AB düzenlemeleri, DPP'nin temel amacının tekstil ve giyim sektörünün sürdürülebilirliğini artırmak olduğunu gösterse de, gerçekte buna ulaşmak zor olacaktır. Her şeyden önce, sektörün ürünleri çok çeşitlidir ve hem dayanıklılık hem de sürdürülebilirlik açısından farklı kullanıcı beklentilerini yansıtır. DPP, giysinin yüksek katma değerli markalı veya fonksiyonel bir spor giyim ürünü mü, yoksa daha düşük katma değerli bir giysi mi olduğuna bağlı olarak farklı yaklaşımlar göz önünde bulundurularak her ürüne özel olarak uyarlanmalıdır. Seri üretilen katma değeri düşük ürünler için, DPP'nin belirli bir parti veya ürün serisi için oluşturulması daha olasıdır [20]. Bu arada, DPP, pahalı niş giysilere ayrıcalık sağlayarak onları daha yüksek bir katma değer ve döngüsel bir ürün yaşam döngüsüyle ilişkilendirebilir [21].

B. Dijital Ürün Pasaportu için Veri Gereksinimleri

Bir Dijital Ürün Pasaportu oluşturmak, tüm ürün yaşam döngüsünü kapsayan bilgi gereksinimleri için kesin ve amaca yönelik bir çerçeve gerektirir [15]. Bir DPP içindeki her veri noktası, özellikle ürünler ve yaşam döngüleri arasındaki çeşitli gereksinimler göz önüne alındığında, iyi tanımlanmış bir kapsam dahilinde olmalı ve kullanıcılarına somut faydalar sağlamalıdır. Bir DPP için veri gereksinimleri, belirli ürüne bağlı olarak büyük ölçüde değişir [15], [22], [23]. Bununla birlikte, bir DPP için veri kategorileri şunları içerebilir:

- Ürün Kimliği: Kesin izleme ve tanımlamaya olanak sağlamak için seri numaraları veya QR kodları gibi benzersiz tanımlayıcılar.
- Ürün Menşei: Şeffaflığı sağlamak ve sorumlu tedariki teşvik etmek için üretici, üretim yeri ve tedarik zinciri hakkında bilgiler.
- Ürün Bileşimi: Malzemeler, bileşenler, bileşimleri, sertifikalar ve çevresel etkiler hakkında bilgiler.
- Üretim Süreçleri: Üretim yöntemleri, teknikleri ve enerji kullanımını hakkında veriler.
- Onarım ve Bakım Bilgileri: Ürün ömrünü uzatmak ve atığı en aza indirmek için onarım seçenekleri, yedek parçalar ve yetkili servis sağlayıcıları hakkında rehberlik.

- Ürün Performansı: Tüketici karar alma süreçlerine yardımcı olmak için performans göstergeleri, enerji verimliliği ve test sonuçları hakkında veriler.
- Ürün Sahiplik Geçmişi: Şeffaflığı ve güvenilirliği sağlamak için sahiplik devir kayıtları.
- Kullanım Ömrü Sonu Yönetimi: Çevreye duyarlı imha yöntemleri de dahil olmak üzere, bir ürünün kullanım ömrü sonunda imha, geri dönüşüm veya yeniden kullanım talimatları.
- Sertifikasyon ve Uyumluluk: Sertifikaların, yasal düzenlemelere uygunluğun ve kalite ve güvenlik için endüstri standartlarının dokümantasyonu.
- Garanti ve Servis: Sürekli destek için garanti, servis geçmişi ve yetkili onarım sağlayıcıları hakkında ayrıntılar.
- Güvenlik ve Geri Çağırma Bilgileri: Tüketicileri olası riskler konusunda bilgilendirmek için uyarılar ve geri çağırma verileri.
- İmha ve Geri Dönüşüm: Belirlenmiş bırakma ve geri dönüşüm noktaları da dahil olmak üzere imha ve geri dönüşüm süreçleri hakkında yönergeler.
- Fikri Mülkiyet Hakları: Patentler, ticari markalar, telif hakları ve diğer ilgili fikri mülkiyet hakları hakkında bilgiler.

Bu verileri değer zincirindeki paydaşlar için erişilebilir kılmak, döngüsel ekonominin ilerlemesi için hayati önem taşımaktadır [16]. DPP'de kaydedilen bilgiler her bir ürünle ilgili olmalıdır; ancak genel onarım yönergeleri gibi bazı veriler, parti veya model düzeyinde raporlama için uygun olabilir [13], [16].

C. Dijital Ürün Pasaportu Fırsatları ve Zorlukları

Dijital Ürün Pasaportu, bir ürünün üretim döngüsü boyunca bilgilere kapsamlı erişimi kolaylaştırarak temel bir avantaj sunar. Bu şeffaflık, işletmelerin, tüketicilerin ve politika yapımcıların sürdürülebilirlik iddialarını desteklemelerini sağlayarak yenilikçi iş modelleri ve bakış açıları için fırsatlar yaratır [15], [11],

DPP'ler ayrıca, sera gazı emisyonları gibi metriklerin izlenmesini ve raporlanmasını sağlayarak tedarik zinciri uyumluluğu için dijital araçlar olarak hizmet eder [15]. Malzeme değerlendirmesini kolaylaştırır, çevresel etkileri azaltmaya yardımcı olur ve çevre dostu tasarım, kaynak temini, üretim ve satın alma kararlarını teşvik eder [11] ve daha sürdürülebilir iş modellerini desteklemek için kaynak yönetimini ve enerji verimliliğini iyileştirir. DPP'ler sayesinde hem şirketler hem de tüketiciler daha bilinçli kararlar alabilir, atıkları azaltmaya, kaynak kullanımını optimize etmeye ve ürün ömrünü uzatmaya yardımcı olur [24]. Bu yaklaşım, malzemelerin yeniden kullanımını teşvik ederek ve kısıtlı kaynaklara bağımlılığı en aza indirerek döngüsel ekonominin hedeflerini destekler. Firmalar, tekstil ürünlerini dijital olarak tanımlayarak, markaların sosyal ve çevresel sorumluluğunun giderek daha fazla farkına varan tüketiciler nezdinde itibarlarını artırırken daha sıkı çevresel hedeflere uyum sağladıklarını gösterebilirler [25].

Ancak, bir DPP'nin kapsamı gereken bilgi kapsamını tanımlamak temel bir zorluktur. Bu, şeffaflık standartlarını etkili bir şekilde karşılamak için bir ürünün yaşam döngüsü boyunca hangi verilerin (yeniden kullanım, geri dönüşüm ve onarım dahil) toplanması gerektiğine karar vermeyi içerir. Saklanan verilerin türü ve düzeyi, kurumsal gizliliği korumak için seçici erişim gerekliliğinin yanı sıra önemli bir husus teşkil eder [15]. Ayrıca, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca bir DPP'de güncel bilgilerin tutulması, özellikle fikri mülkiyet ve hassas kurumsal verilerle ilgili endişeler göz önüne alındığında, çözülmemiş bir zorluk olmaya devam etmektedir [11]. Bunun yanı sıra, tüketicilerin, üretici veya perakendecilerin ürün geri dönüşüm kabulü politikalarını anlamaları, ürünlerin nasıl geri dönüştürüleceği, yeniden kullanılacağı veya onarılacağına dair talimatları yorumlayabilmeleri gerekir. DPP'ler için gereken altyapı, düzenleyici etkiler, kavramsal tasarım ve entegrasyon hakkında birçok soru bulunmaktadır [13], [26].

III. SONUÇ

Tekstil endüstrisi, yüksek su tüketimi, önemli sera gazı emisyonları ve aşırı atık üretimi ile çevresel bozulmaya en büyük katkıda bulunanlardan biri olarak kabul edilmektedir. Bu senaryo, daha sürdürülebilir iş modellerine doğru acilen geçilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Döngüsel ekonomi, kaynakların verimli kullanımına dayanır ve ürünlerin yaşam döngüsünün uzatılmasını, malzemelerin yeniden kullanılmasını ve atıkların sistematik olarak azaltılmasını savunur. Dijital ürün pasaportunun, tekstil sektörü için yenilikçi ve

dönüştürücü bir araç olduğu bilinmektedir. Bir ürünün kökeni, bileşimi ve çevresel etkisi hakkında ayrıntılı bilgi sağlayarak DPP, değer zinciri boyunca izlenebilirliği kolaylaştırır ve işletmeler ve tüketiciler için daha fazla şeffaflık sağlar. Ürünlerin yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve onarımı gibi uygulamaları teşvik eder. DPP, döngüsel ekonominin ilkeleriyle doğrudan uyumludur ve atık miktarını önemli ölçüde azaltmayı ve daha sorumlu ve dayanıklı iş modellerini teşvik etmeyi mümkün kılar.

Güçlü yönleri arasında tam izlenebilirlik, verimli kaynak yönetimi ve döngüsel ekonomiyi güçlendirmede kilit faktörler olan değer zincirindeki farklı aktörler arasında iş birliğinin teşvik edilmesi yer almaktadır. Öte yandan, yüksek ilk yatırım ve teknolojik entegrasyonun karmaşıklığı gibi zayıf yönler, uygulamanın pratik zorluklarını vurgulamaktadır. Fırsatlar, tüketiciler arasında farkındalık yaratma ve daha bilinçli ve daha sürdürülebilir seçimler yapmalarını sağlama konusunda önemli bir potansiyel ortaya koymaktadır. Ancak, küresel standartların eksikliği ve veri korumayla ilişkili riskler gibi tehditler, aracın olumlu etkisini sınırlayabilir. DPP'nin etkili bir şekilde uygulanması, şirketler, hükümetler ve tüketiciler arasında koordineli bir çaba gerektirmektedir. İyi bir şekilde uygulandığında, bu dijital çözüm tekstil sektörünü küresel olarak dönüştürme, çevresel etkileri azaltma, döngüsel ekonomiyi teşvik etme ve yeni sürdürülebilirlik standartları belirleme potansiyeline sahiptir. Toplu katılım ve yenilikçi stratejiler yoluyla DPP, tekstil sektörünün daha sürdürülebilir ve dengeli bir geleceğe geçişinde bir katalizör görevi görebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10790-avrupa-yesil-mutabakati-dongusel-ekonomi-eylem-plani-turk-is-dnyasina-neler-getirecek>
- [2] K. Niinimäki, Ed., *Sustainable Fashion in a Circular Economy*, Aalto ARTS Books, Espoo. pp. 12-41, 2018.
- [3] K. Niinimäki, K. Cura, P. Heikkilä, S. Järvinen, S. M. Mäkelä, I. Orko ve H. Tuovila, *How Data can Enhance Circular Economy of Textiles*, Series: Art + Design + Architecture, 2023.
- [4] G. A. Özkök, "Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde döngüsel iş modellerinin rolü ve önemi". *Uluslararası İktisadi ve İdari Çalışmalar Dergisi*, 2(2), 37-52, 2024.
- [5] M. S. Sodhi ve C. S. Tang, "Research opportunities in supply chain transparency". *Production and Operations Management*, 28(12), 2946–2959, 2019.
- [6] ISO 9000 - Quality management systems - Fundamentals and vocabulary, International Organization for Standardization (ISO), ISO (2015).
- [7] European Environment Agency: Textiles and the environment: the role of design in Europe's circular economy. Publications Office, LU (2022)
- [8] K. Niinimäki, G. Peters, H. Dahlbo, P. Perry, T. Rissanen, ve A. Gwilt, "The environmental price of fast fashion". *Nat. Rev. Earth. Environ.* 1(4), 189–200, 2020.
- [9] K. Fletcher, *Sustainable Fashion and Textiles*. London: Routledge, 2013.
- [10] A. K. Roy Choudhury, "Environmental impacts of the textile industry and its assessment through life cycle assessment". In: Muthu, S.S. (ed.) *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing: Environmental and Social Aspects of Textiles And Clothing Supply Chain*, pp. 1–39, Singapore: Springer, 2014.
- [11] J. Walden, A. Steinbrecher, ve M. Marinkovic, "Digital product passports as enabler of the circular economy". *Chem. Ing. Tech.* 93(11), 1717–1727, 2021.
- [12] Council of the European Union: Ecodesign regulation: Council adopts position, Council of the EU, Press release, 22 May 2023. Available at: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/05/22/ecodesign-regulation-council-adopts-position/>. (Accessed on 30 September 2025).
- [13] T. Adisorn, L. Tholen ve T. Götz, "Towards a digital product passport fit for contributing to a circular economy". *Energies*, 14(8), 2289, 2021.
- [14] M. R. N. King, P. D. Timms ve S. Mountney, "A proposed universal definition of a digital product passport ecosystem (DPPE): Worldviews, discrete capabilities, stakeholder requirements and concerns". *J. Clean. Prod.* 384, 2023.
- [15] T. Götz, H. Berg, M. Jansen, T. Adisorn, D. Cembrero, S. Markkanen, ve T. Chowdhury, "Digital Product Passport: the ticket to achieving a climate neutral and circular European economy?", 2022, <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/8049>. Available online: (Accessed on 30 September 2025).
- [16] A. Durand, T. Goetz, T. Hettesheimer, L. Tholen, S. Hirzel, ve T. Adisorn, "Enhancing evaluations of future energy-related product policies with the digital product passport", 2022. Available online: (Accessed on 30 September 2025).
- [17] N. Dahmani, K. Benhida, A. Belhadi, S. Kamble, S. Elfezazi, ve S. K. Jauhar, "Smart circular product design strategies towards eco-effective production systems: A lean eco-design industry 4.0 framework", *J. Clean. Prod.*, 320, 2021.

- [18] C. Stretton, “Digital product passports (DPP): What, how, and why?,” 2022. <https://www.circularise.com/blog/digital-product-passports-dpp-what-how-and-why>. Available online: (Accessed on 30 September 2025).
- [19] B. Jæger, ve S. Myrøld, “Textile industry circular supply chains and digital product passports: Two case studies”. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, September 2023, pp. 350-363, Switzerland.
- [20] European Commission. (2022, March). Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for Setting Ecodesign Requirements for Sustainable Products and Repealing Directive. Retrieved 05.15, 2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=circulareconomyLEX:52022PC0142>
- [21] J. Domskienė, ve E. Gaidule, “An overview of technological challenges in implementing the digital product passport in the textile and clothing industry”. *AUTEX Research Journal*, 24(1), 2024.
- [22] M. Jansen, T. Meisen, C. Plociennik, H. Berg, A. Pomp ve W. Windholz, “Stop guessing in the dark: identified requirements for digital product passport systems” *Systems* 11(3), 123, 2023.
- [23] R.H.E.M. Koppelaar, S. Pamidi, E. Hajósi, L. Herreras, P. Leroy, H.Y. Jung, A. Concheso, R. Daniel, F.B. Francisco, C. Parrado, C.; et al. “A digital product passport for critical raw materials reuse and recycling”. *Sustainability*, 15, 1405, 2023.
- [24] L. Wicker, *Textiles in a Circular Economy: An Assessment of the Current Landscape, Challenges, and Opportunities in the United States*; National Institute of Standards and Technology: Gaithersburg, MD, USA, 2016. Available online: <https://www.nist.gov/publications/textiles-circular-economy-assessment-current-landscape-challenges-and-opportunities> (Accessed on 30 September 2025)
- [25] L. Alves, M. Sá, E.F. Cruz, T. Alves, M. Alves, J. Oliveira, M. Santos ve A.M. Rosado da Cruz, “A Traceability Platform for Monitoring Environmental and Social Sustainability in the T&C Value Chain: Towards a Digital Passport for Textiles and Clothing”. *Sustainability* 16 (1), 82. 2023.
- [26] C. Ducuing ve R.H. Reich, “Data governance: Digital product passports as a case study”. *Compet. Regul. Netw. Ind.* 24(1), 3–23, 2023.