

## PAPER DETAILS

TITLE: Döngüsel Ekonomi Yaklaşımıyla Sağlık Sektöründe Atık Yönetiminin Dönüşümü: Politika ve Uygulama Önerileri

AUTHORS: Ilknur Sayan

PAGES: 1421-1438

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3857267>

## DÖNGÜSEL EKONOMİ YAKLAŞIMIYLA SAĞLIK SEKTÖRÜNDE ATIK YÖNETİMİNİN DÖNÜŞÜMÜ: POLİTİKA VE UYGULAMA ÖNERİLERİ

### TRANSFORMATION OF WASTE MANAGEMENT IN THE HEALTHCARE SECTOR THROUGH CIRCULAR ECONOMY APPROACH: POLICY AND IMPLEMENTATION RECOMMENDATIONS

Dr. Öğr. Üyesi İlknur SAYAN<sup>1</sup>

#### ÖZ

Bu çalışma, döngüsel ekonomi (DE) yaklaşımının sağlık sektöründeki atık yönetimi uygulamalarına entegrasyonunu ve bu entegrasyonun politika ve uygulama düzeylerinde yaratabileceği potansiyel dönüşümleri derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır. 2014-2024 yılları arasındaki ulusal ve uluslararası literatürdeki pek çok çalışmayı derleyen bu araştırma, DE prensiplerinin sağlık sektöründeki atık yönetimi politikaları ve uygulamalarına başarıyla nasıl entegre edilebileceğini, bu entegrasyonun sağlık sektörüne özgü atık yönetimi üzerindeki etkilerini ve yenilikçi uygulama önerilerini çok boyutlu bir perspektiften değerlendirmektedir. Sağlık sektöründe DE prensiplerinin uygulanmasının, atık miktarının azaltılması, kaynak verimliliğinin artırılması ve çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi gibi önemli faydalar sağlayabileceği gözler önüne serilmektedir. Çalışmanın temel amacı, sağlık sektöründe sürdürülebilirlik vizyonuyla uyumlu atık yönetimi uygulamalarını yeniden şekillendirerek, bu alanda somut dönüşümler yaratmak ve böylece sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunmak için yasa yapıcılarda ve sağlık kurumları yöneticilerinde bir farkındalık yaratmaktır. Önerilen dönüşümlerin başarıyla uygulanabilmesi için, multidisipliner iş birlikleri ve tüm paydaşların aktif katılımı gerektiğine vurgu yapılarak sağlık sektöründe döngüsel ekonomiye geçiş sürecinde, atık yönetimi uygulamalarının sürdürülebilir bir şekilde iyileştirilmesine yönelik önemli bir farkındalık yaratılmak istenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Döngüsel Ekonomi, Atık Yönetimi, Sağlık Sektörü, Politika ve Uygulama Önerileri.

**JEL Sınıflandırma Kodları:** Q01, Q53, O44, O20.

#### ABSTRACT

The study aims to comprehensively examine the integration of the circular economy (CE) approach into waste management practices in the healthcare sector and explore the potential transformations this integration can bring about at policy and implementation levels. By compiling numerous studies from national and international literature between 2014 and 2024, the research evaluates how CE principles can be successfully integrated into waste management policies and practices in the healthcare sector, assesses the effects of this integration on healthcare-specific waste management, and provides innovative application recommendations from a multidimensional perspective. It highlights the significant benefits that the implementation of CE principles in the healthcare sector can offer, such as reducing waste generation, enhancing resource efficiency, and supporting environmental sustainability. The primary objective of the study is to create awareness among policymakers and healthcare institution managers by reshaping waste management practices in the healthcare sector in alignment with the vision of sustainability, thereby facilitating tangible transformations and contributing to sustainable development goals. Emphasis is placed on the need for multidisciplinary collaborations and active participation of all stakeholders for the successful implementation of the proposed transformations. The study aims to raise significant awareness for the sustainable enhancement of waste management practices in the transition to a circular economy in the healthcare sector.

**Keywords:** Circular Economy Approach, Waste Management, Healthcare Sector, Policy and Implementation Recommendations.

**JEL Classification Codes:** Q01, Q53, O44, O20.

<sup>1</sup>  İstanbul Kent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, ilknur.sayan@kent.edu.tr

## EXTENDED SUMMARY

### Purpose and Scope:

The study aims to investigate the integration of circular economy (CE) approach into waste management practices in the health sector and the potential transformations that this integration can create at policy and practice levels. Through a comprehensive literature review of national and international literature between 2014 and 2024, it examines how the principles of CE can be successfully integrated into waste management policies and practices in the health sector. The main objective of the study is to analyze how a waste management in line with the sustainability vision can be reshaped in the health sector and to create concrete transformations in this field. It also aims to investigate how CE principles can be seamlessly integrated into waste management practices in the healthcare sector and reshape healthcare waste management in line with the sustainability vision.

### Design/methodology/approach:

The research evaluated the impact of CE principles on the waste management of the healthcare sector. For this purpose, a review of national and international articles, reports and studies published between 2014 and 2024 is conducted. The analysis is conducted through a literature review to reveal the potential advantages and challenges of integrating CE into waste management in the healthcare sector. The review provides a detailed examination to understand how CE can be applied to the healthcare sector and the challenges of implementation, so that strategic roadmaps for implementation can be developed.

### Findings:

The research shows that CE applications in the healthcare sector can provide significant benefits such as reducing consumption, efficient use of resources and promoting sustainable growth. The research findings highlight the significant advantages of integrating CE into healthcare waste management, including reduced waste generation, increased efficiency in resource utilization and improved sustainability. The adoption of CE principles has resulted in significant cost savings, better resource allocation and reduced environmental impacts. The study shows that successful integration depends on intensive collaboration between stakeholders at various levels, such as policy makers, healthcare providers and waste management professionals. In particular redesigning waste management practices and aligning them with CE principles can contribute to lower costs, more efficient use of resources and increased environmental sustainability. Furthermore, it has been determined that multidisciplinary collaborations and active participation of individuals are critical in this transformation process. The detailed analyses of national and international articles, reports and studies on the subject show that CE practices are encouraged, which help to promote innovative waste management strategies that are economically sustainable and environmentally friendly. The detailed analysis of the literature revealed several main themes. Firstly, the integration of CE can reduce the environmental impact of healthcare waste by promoting recycling and reuse and reduce reliance on landfill sites. Second, the adoption of CE encourages innovations in waste management technologies and practices that can lead to more sustainable healthcare environments. Third, the study discusses barriers that may hinder the implementation of CE in the healthcare sector, such as regulatory challenges, lack of awareness and the need for initial funding, and strategies to overcome these barriers. The findings argue that reshaping waste management practices in line with the principles of CE provides significant environmental and economic benefits and improves the overall resilience of the health system.

### Conclusion and Discussion:

The study emphasizes that significant changes in legal regulations and health policies are required for the successful implementation of the CE approach in the health sector. The comprehensive review contributes to a better understanding of how CE principles can transform waste management in healthcare and highlights both the potential benefits and challenges of such a shift. By focusing on sustainable practices, the healthcare sector can play an important role in protecting the environment and improving resource efficiency, ultimately contributing to a more sustainable future. In this context, the development and implementation of sustainable waste management practices play an important role in helping the sector achieve its sustainable development goals. The research results reveal that reshaping waste management in the healthcare sector and integrating waste management principles can provide significant environmental and economic benefits. Therefore, the research emphasizes the importance of multidisciplinary collaboration and the active participation of all stakeholders and states that concrete steps should be taken for the transition to a circular economy in the health sector. The study outlines future research directions, including conducting empirical studies to validate the benefits of CE in healthcare waste management, developing detailed methodologies to measure the effectiveness of CE practices, and investigating the role of technological innovations in facilitating CE adoption.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde artan sağlık hizmeti talebi, sürdürülebilirlik ve çevresel duyarlılık konularını ön plana çıkarmaktadır. Bu bağlamda, sağlık sektöründe atık yönetimi uygulamaları özellikle çevresel etkilerini minimize eden ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu çözümleri gerektiren hayati bir konu haline gelmiştir (Geissdoerfer vd., 2017; Kirchherr vd., 2017). Döngüsel ekonomi yaklaşımı, atıkları değerli birer kaynak olarak görerek, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yeniden değerlendirme süreçlerini teşvik eder; böylece atık yönetimine yenilikçi bir perspektif kazandırır (Balbay vd., 2021). Bu çalışma, 2014-2024 yılları arasında yayımlanan literatürü sistematik bir inceleme ile analiz ederek, sağlık sektöründe döngüsel ekonomi prensiplerinin atık yönetimi uygulamalarına entegrasyonunun politika ve uygulama düzeylerinde yaratabileceği dönüşümleri derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır.

Sağlık sektörü, artan nüfus ve yaşlanan demografi ile, kaliteli hizmetlerin sürdürülebilir bir şekilde sunulması konusunda büyük bir baskı altındadır. Sağlık hizmetlerin sunumu sırasında ortaya çıkan atıklar, sektörün karşılaştığı önemli çevresel zorluklardır. Bu zorluklar, döngüsel ekonomi yaklaşımının ilkeleri ile atık üretiminin azaltılması, mevcut kaynakların daha verimli kullanılması ve atıkların değerlendirilmesi yoluyla ortadan kaldırılabilir (Zhang vd., 2018). Ancak, bu potansiyelin gerçekleştirilmesi, sektörel politikalar ve uygulamalarda önemli değişiklikler gerektirmektedir (Kazançoğlu vd., 2021). Özellikle, atık yönetimi süreçlerinin döngüsel ekonomi prensipleriyle uyumlu hale getirilmesi, sağlık sektöründeki sürdürülebilirlik çabalarını önemli ölçüde güçlendirecektir (Kane vd., 2017; Lieder ve Rashid, 2016). Bu yeniden tasarım, kaynak kullanımını optimize ederken atık miktarını azaltmayı ve sağlık sektörünün genel çevresel etkisini minimize etmeyi amaçlamaktadır.

Döngüsel ekonomi yaklaşımı, sadece atık yönetimi pratiklerini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda sağlık sektörünün karbon ayak izini azaltmaya ve küresel sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmaya yönelik geniş çapta bir katkı da sunmaktadır (Apaydın, 2020). Bu çerçevede, sağlık sektöründe döngüsel ekonomi yaklaşımının etkin bir şekilde nasıl uygulanabileceğine dair bir yol haritası çizmek, politika yapımcılar, uygulayıcılar ve akademisyenler için kritik öneme sahiptir. Bu çalışma, sağlık sektöründe döngüsel ekonomi yaklaşımının uygulanmasının potansiyel faydalarını, karşılaşılan zorlukları ve bu iki alan arasındaki etkileşimi güçlendirecek stratejileri ayrıntılı bir şekilde tartışmaktadır. Ayrıca, sektördeki atık yönetimi uygulamalarının döngüsel ekonomi vizyonu ile nasıl yeniden şekillendirilebileceğini ve bu dönüşümün sağlık sektöründe sürdürülebilirlik çabalarına nasıl katkı sağlayabileceğini keşfetmeyi amaçlamaktadır.

## 2. DÖNGÜSEL EKONOMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Döngüsel ekonomi, kaynak kullanımını optimize ederek ve atık oluşumunu minimize ederek sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen bir yaklaşımdır. Bu sistem, kaynakların yeniden kullanımını, yeniden işlenmesini ve geri dönüşümünü teşvik ederek hem çevresel hem de ekonomik faydalar sunar (Geissdoerfer vd., 2017). Döngüsel ekonomi prensipleri, ürün yaşam döngüsünün her aşamasında ve farklı sektörlerde uygulanabilir, üretimden tüketime, atık yönetiminden kaynakların yeniden entegrasyonuna kadar geniş bir yelpazeyi kapsar (Stahel, 2016). Sürdürülebilirlik, özellikle kaynak tüketimi ve atık yönetimi konularında, günümüzde tüm sektörlerde öncelikli bir hedef haline gelmiştir. Döngüsel ekonomi, sürdürülebilirlik kavramını destekleyen bir yaklaşımdır; kaynakların yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve yeniden değerlendirilmesi yoluyla atık miktarını azaltmayı ve doğal kaynakların korunmasını hedefler (Kirchherr vd., 2017).

Sürdürülebilirlik, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları ile karmaşık bir konsepttir ve DE, bu üç boyutun dengelenmesinde önemli bir rol oynar. Geissdoerfer vd. (2018) tarafından yapılan çalışma, DE'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için nasıl yenilikçi bir paradigma sunabileceğini tartışırken, kaynak verimliliği ve atık azaltma stratejilerine odaklanmanın önemine vurgu yapmaktadır. Lieder ve Rashid (2016) imalat endüstrisinde DE uygulamalarının ekonomik sürdürülebilirliği nasıl destekleyebileceğini gösterirken, bu yaklaşımın aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği de teşvik ettiğini belirtmektedir.

## 3. SAĞLIK SEKTÖRÜNDE ATIK YÖNETİMİ UYGULAMALARI

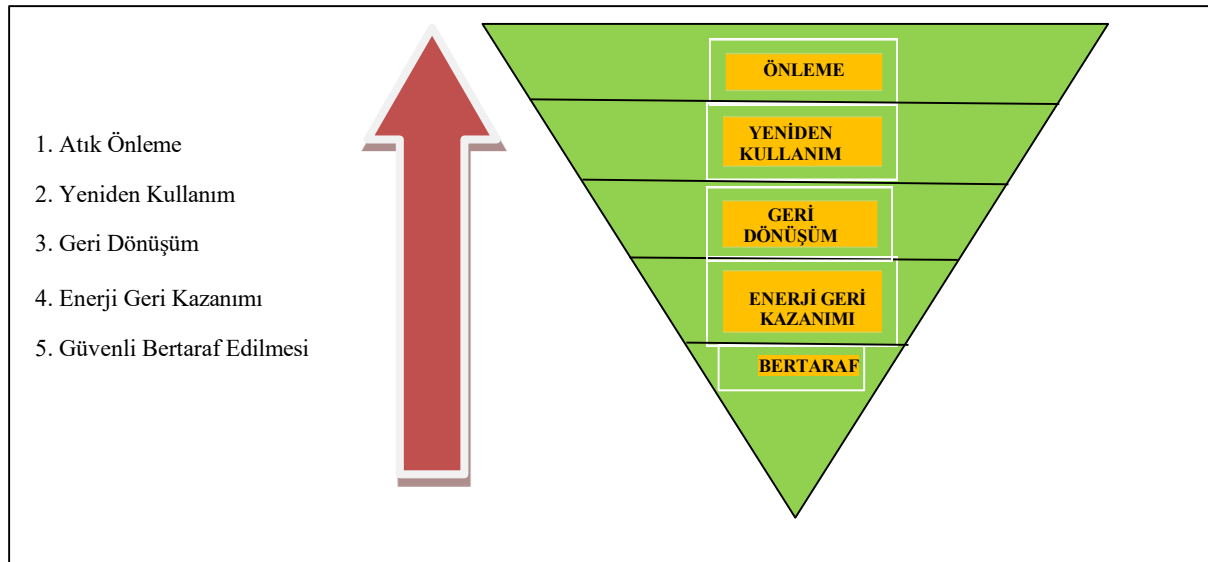
Sağlık sektöründe atık yönetimi, çevresel sürdürülebilirlik ve halk sağlığı açısından kritik öneme sahiptir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2014) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre, sağlık atıkları genel ve tehlikeli olmak üzere iki ana kategoride değerlendirilir. Tehlikeli atıklar, enfeksiyon riski taşıyan, kesici veya delici özelliklere sahip, kimyasal içerikli ve farmasötik atıkları içerir. Bu sınıflandırma, atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde ve

tehlikeli atıkların uygun şekilde işlenmesinde temel bir rol oynar. Sağlık atıklarının yönetimi, etkili sterilizasyon, otoklav, kimyasal dezenfeksiyon, mikrodalga işleme, kuru ısı sterilizasyonu ve yakma gibi yöntemlerle gerçekleştirilir (Windfeld ve Brooks, 2015). Ancak, bu yöntemler çeşitli zorlukları da beraberinde getirir; örneğin, yakma işlemi tehlikeli gazların atmosfere salınımına yol açabilirken, kimyasal dezenfeksiyon çevreye zararlı kimyasalların sızdırılmasına neden olabilir. Buna bağlı olarak Avrupa Birliği (AB) atık yönetimi politikalarının temel unsurları, atık oluşumunun önlenmesi, geri dönüşümün teşvik edilmesi, kaçınılmaz atıkların bir kaynak olarak kullanılması ve yeni doğal kaynakların çıkarılmasının en aza indirilmesiyle kaynak verimliliği ve sürdürülebilir büyümeyi sağlamayı amaçlar (Veral ve Yiğitbaşıoğlu, 2018).

Atık yönetimi, üretim ve tüketim kalıplarıyla sıkı bir ilişki içinde olan döngüsel ekonominin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Günümüzde, atık yönetimi anlayışının genişletilmesi ve tüm değer zincirlerinin üretim ve tüketim kalıplarını dikkate alarak kaynak gereksinimlerinin hesaplanması gerekmektedir. Atık yönetimi, sadece atıkların önlenmesi, toplanması, arıtılması ve bertaraf edilmesinin ötesinde, sosyoekonomik kalkınma, hükümet düzenlemeleri, politika seçimleri ve kaynak yönetimini kapsayan geniş bir alan olarak ortaya çıkmaktadır. Atık yönetimi, merkezi hükümetlerin stratejileri belirleyip ulusal planlar oluşturmaları, bölgesel ve yerel otoritelerin politikaları tasarlayıp uygulaması ve atık toplama, arıtma ve bertarafını organize etmesini içeren çok seviyeli bir yönetim sistemi kapsamaktadır. Avrupa Birliği'nin atık yönetimi politikaları, "kirlenen öder", "üreticinin sorumluluğu", yeterli tesis sağlama, atığın üretildiği yere yakın değerlendirilmesi ve atık yönetimi hiyerarşisi gibi temel ilkeleri içermektedir. Avrupa Birliği'nin 2008/98/AT sayılı Atık Çerçeve Direktifi, atıkların önlenmesini ve atık yönetimi hiyerarşisinin uygulanmasını teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Akdemir, 2021).

Şekil 1'de gösterilen atık hiyerarşisinde, ana hedef hiç atık oluşmamasını sağlamak ve bertaraf edilmesi gereken atık miktarını mümkün olduğunca azaltmaktır. Bu amaca ulaşmak için öncelikli olarak, atıkların üretim aşamasında önlenmesi ve hem miktar hem de tehlike düzeyinin düşürülmesi gerekmektedir. Bunu, atıkların yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi ve enerji elde edilmesi amacıyla geri kazanılması izler. Hiyerarşinin en alt seviyesinde ise geri kazanılması mümkün olmayan atıkların, çevreye zarar vermeden yakılması veya güvenli bir şekilde depolanarak bertaraf edilmesi yer alır. Başlangıçta yalnızca üç aşamadan (önleme, geri dönüşüm ve güvenli bertaraf) oluşan atık hiyerarşisi, 2006/12 sayılı Atık Çerçeve Direktifi ile yeniden kullanım ve geri kazanım basamakları eklenerek beş aşamalı hale getirilmiştir (Veral ve Yiğitbaşıoğlu, 2018).

**Şekil 1. AB Atık Önleme Hiyerarşisi**



Kaynak: (Veral ve Yiğitbaşıoğlu, 2018).

Kazançoğlu vd., (2021) tarafından yapılan bir çalışma, sağlık sektöründe döngüsel ekonomi uygulamalarının engellerini aşmak için büyük veri analitiği gibi modern teknolojilerin potansiyelini vurgular. Bu, sağlık sektöründe atık yönetimi uygulamalarına yenilikçi yaklaşımlar getirerek süreçlerin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Nimgare (2020) ve Rai (2020) tarafından yapılan çalışmalar, sağlık atıklarının çevresel ve sağlık üzerindeki etkilerinin, atık türüne ve yönetim yöntemlerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koyar. Uygun olmayan yönetim pratikleri hem çevreye hem de insan sağlığına zarar verebilir.

Özellikle enfeksiyöz atıkların uygun şekilde işlenmemesi, hastalıkların yayılmasına neden olabilirken, kimyasal ve farmasötik atıkların çevreye sızması su kaynaklarının kirlenmesine ve ekosistemlerin bozulmasına yol açabilir. Bu durum, sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarının önemini vurgular ve bütünsel atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinin gerekliliğini ortaya koyar (Kazançoğlu vd., 2021).

### 3.1. Sağlık Atıklarının Çevresel ve Sağlık Üzerine Etkileri

Sağlık atıkları, çeşitliliği ve potansiyel tehlikeleri ile önemli bir çevresel ve halk sağlığı sorunu teşkil eder. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlık atıklarını, tehlikesiz ve tehlikeli olmak üzere iki ana kategoriye ayırır. Tehlikeli atıklar, enfeksiyöz atıklar, patolojik atıklar, kesici ve delici atıklar, kimyasal atıklar ve farmasötik atıklar gibi alt kategorilere ayrılır (World Health Organization [WHO], 2014). Bu sınıflandırma, atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir role sahiptir ve bu atıkların uygun şekilde işlenmesini zorunlu kılar.

Sağlık atıklarının çevresel ve sağlık üzerindeki etkileri, atık türüne ve yönetim stratejilerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Enfeksiyöz atıkların uygun şekilde işlenmemesi, hastalıkların yayılmasına neden olabilir; kesici ve delici atıklar yaralanma ve enfeksiyon risklerini artırabilir; kimyasal ve farmasötik atıkların çevreye sızması ise su kaynaklarının kirlenmesine ve ekosistemlerin zarar görmesine yol açabilir (Smith, 2016).

Perez (2017) sağlık sektöründe atık yönetiminin önemi ve uygulamaları üzerine yapılan araştırmaların, yönetim metodlarının etkinliğinin yanı sıra bu metodların çevresel etkilerini de değerlendirmektedir. Sağlık sektöründe sürdürülebilir uygulamaları teşvik eden yenilikçi atık işleme teknolojileri ve minimizasyon stratejileri kritik öneme sahiptir (Jones ve Bartlett, 2015).

Van den Noortgate vd. (2019) çalışmalarında, sağlık hizmeti atık yönetiminin temel etkilerini incelemekte, özellikle düşük gelirli ülkeler için uygun yönetim yaklaşımlarının önemini vurgulamaktadır. Nimgare (2020) sağlık hizmeti atıklarının büyük bir kısmının evsel atıklara benzer nitelikte olduğunu, ancak daha küçük bir kısmının tehlikeli atık olarak sınıflandırıldığını ve bu nedenle özel tedavi ve bertaraf yöntemleri gerektirdiğini belirtir.

Rai vd., (2020) modern hastane uygulamalarının ve tıbbi teknolojiye hızlı büyümenin, çeşitli tehlikeli ve enfeksiyonlu atıklar ürettiğini, bu atıkların uygun olmayan yönetiminin insanlara ve çevreye zarar verebilecek ciddi sorunlara yol açabileceğini belirtir.

Sağlık sektöründe döngüsel ekonomi prensiplerinin başarılı bir şekilde uygulanması, sektördeki politika yapıcılar, sağlık kuruluşları ve tedarik zinciri ortakları arasında iş birliği ve koordinasyonu gerektirir. Bu yaklaşım, sağlık hizmetlerinin çevresel ayak izini azaltma ve kaynak verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir, böylece hem ekonomik hem de ekolojik sürdürülebilirliğe katkıda bulunur (George vd., 2015).

Sağlık atıklarının çevresel ve sağlık üzerine etkilerini azaltmak için, sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarının ve politikalarının geliştirilmesi ve uygulanması zorunludur. Bu süreç, sektördeki sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir adımı temsil eder ve döngüsel ekonomi prensiplerinin sağlık sektöründe etkin bir şekilde uygulanmasını sağlayabilir.

### 3.2. Sağlık Sektöründe Döngüsel Ekonomiye Geçiş

Sağlık sektöründe döngüsel ekonomiye geçiş, atık yönetimi sistemlerinin yeniden tasarlanmasını ve yenilikçi çözümler geliştirilmesini gerektirir. Tek kullanımlık tıbbi malzemeler, ilaç ambalajları ve elektronik atıklar gibi sağlık atıklarının yönetimi, döngüsel ekonomi prensiplerine göre optimize edilerek çevresel ayak izinin azaltılması hedeflenir. Bu çerçevede, Zhang vd. (2018)'nin Çin'deki bir hastanede yaptığı bir çalışma, döngüsel ekonomi prensiplerinin uygulanmasının atık yönetiminde önemli iyileştirmeler sağladığını göstermiştir. Atıkların yeniden kullanımı, geri dönüştürülmesi ve enerjiye dönüştürülmesi gibi yöntemler, kaynakların daha verimli kullanılmasına ve atık miktarının azaltılmasına olanak tanır.

Döngüsel ekonominin sağlık sektöründe etkin bir şekilde uygulanabilmesi için modern teknolojiler ve büyük veri analitiği gibi araçlar önemli bir rol oynar. Kazançoğlu vd. (2021), sağlık sektöründe döngüsel ekonomi girişimlerinin engellerini aşmak için büyük veri analitiğinin potansiyelini vurgular. Bu veri odaklı yaklaşım, atık

yönetimi süreçlerini optimize ederek kaynak kullanımını maksimize eder. Kane vd. (2017) ile Lieder ve Rashid (2016) de, medikal ürünlerin tasarım aşamasında döngüsel ilkelerin entegrasyonunun önemini vurgulayarak, atık miktarının azaltılmasına yönelik stratejiler sunar. Hossain vd. (2012)'ne göre, klinik katı atıkların insan sağlığı ve çevre için risk oluşturmalarının nedeni, patojenik mikroorganizmaların varlığıdır. Bakteriler, virüsler, mantarlar ve prionlar gibi çeşitli zararlı mikroorganizmalar içerebilir, bu durum atıkları bulaşıcı veya tehlikeli hale getirir. Klinik atıkların artımıyla ilgilenen personel, bu patojenlere cilt yoluyla temas, cilt penetrasyonu veya solunum yoluyla maruz kalabilir. Bu emisyonlar, işçi güvenliği, halk sağlığı ve çevre üzerinde ciddi olumsuz etkilere yol açabilir.

Döngüsel ekonomi, aynı zamanda karbon ayak izini azaltma ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir araçtır. Greenwood ve Roberts (2018), bu yaklaşımın sağlık sektöründe karbon ayak izini azaltma konusundaki potansiyelini ele alır. Döngüsel ekonomi, kaynak kullanımını en üst düzeye çıkararak ve atık oluşumunu en aza indirerek, ekonomik faaliyetlerle çevresel refahı sürdürülebilir bir şekilde bütünleştirmeyi amaçlar. Bu bağlamda, döngüsel ekonomi prensiplerinin uygulanması, sağlık hizmetlerinin çevresel ayak izini azaltma ve kaynak verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir. George vd. (2015), sağlık sektöründe döngüsel ekonomi uygulamalarının başarısının, politika yapımcılar, sağlık kuruluşları ve tedarik zinciri ortakları arasında iş birliği ve koordinasyon gerektirdiğini belirtir.

Doğrusal ekonomi modeli, sanayi devrimiyle birlikte gelişen ve "al-yap-kullan-at" anlayışına dayanan bir ekonomik modeldir. Bu model, doğal kaynakların sınırsız ve ucuz olduğu varsayımına dayanır. Ancak, özellikle artan nüfus, refah düzeyi ve kaynak talebi nedeniyle çevresel sınırların zorlandığı anlaşılmıştır. Doğrusal ekonomide hammaddeler tüketim sürecinden sonra atık olarak bertaraf edilir ve geri dönüşüm oranları oldukça düşüktür. Bu nedenle, bu model, çevreye ve doğal kaynaklara olan etkisi nedeniyle eleştirilmektedir (Thomas vd., 2024). Döngüsel ekonomi modeli ise, kaynakların mümkün olduğunca uzun süre döngüde kalmasını ve atıkların en aza indirilmesini hedefler. Ürünlerin yeniden kullanımı, onarımı ve geri dönüşümü gibi süreçlere odaklanarak, malzeme ve enerji tüketimini azaltır (Veral, 2021).

Döngüsel ekonomi modeli, sağlık sektöründe de önemli bir rol oynar. Plastik bazlı tıbbi malzemelerin büyük bir kısmı sadece bir kez kullanıldıktan sonra atılmakta ve geri dönüşüme dahil edilmemektedir. Bu, kaynak israfına ve çevresel kirliliğin artmasına neden olur. Bazı tehlikeli tıbbi atıklar da uygun şekilde bertaraf edilmediğinde halk sağlığını tehdit edebilir (Stefanakis vd., 2024). Döngüsel ekonomi, tıbbi atık bertaraf yöntemlerinin çevresel etkilerini azaltmayı hedefler. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), döngüsel ekonomiye geçişin sağlık sistemlerinin ve çevrenin olumsuz etkilerini azaltabileceğini belirtmektedir (WHO Regional Office for Europe, 2018).

Döngüsel ekonomi ile doğrusal ekonomi modellerinin sağlık sektöründeki farklılıklarını anlamak, sürdürülebilir atık yönetimi ve çevresel hedeflere ulaşmada kritik öneme sahiptir. Doğrusal ekonomi, genellikle kısa vadeli hijyen avantajları sağlayan tek kullanımlık tıbbi malzemelerin yaygın kullanımı ile karakterizedir. Ancak bu yaklaşım, uzun vadede büyük miktarda atık üretir ve bu atıklar çevresel kirlilik sorunlarına yol açar (Roni ve Afridi, 2023). Döngüsel ekonomi ise, tedarik zincirlerinde malzemelerin daha uzun ömürlü olmasını ve geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımını teşvik eder, bu da çevresel sürdürülebilirliği artırırken sağlık hizmetlerinin maliyetlerini düşürebilir (Paul ve Sinharoy, 2024).

Döngüsel ekonominin sağlık sektöründe uygulanması bazı engeller ve zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu engellerin aşılması için modern teknolojilerin kullanımı ve büyük veri analitiği gibi araçların entegrasyonu önerilmektedir (Kazançoğlu vd., 2021). Ayrıca, politika yapımcılar, sağlık kuruluşları ve tedarik zinciri ortakları arasında iş birliği ve koordinasyonun güçlendirilmesi gerekmektedir (George vd., 2015). Döngüsel tedarik zinciri yönetimi, atık yönetiminde geri dönüşüm ve yeniden kullanım prensiplerinin benimsenmesi, eğitim ve farkındalık programlarının artırılması ve yasal düzenlemelerin güçlendirilmesi bu geçişin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesini sağlayabilir (Mısır ve Arıkan, 2022).

Sonuç olarak, sağlık sektöründe döngüsel ekonomi modeli, çevresel ve ekonomik sorunlara sürdürülebilir çözümler sunan, yenilikçi bir yaklaşımdır. Döngüsel ekonomiye geçiş, doğal kaynakların korunmasını ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyerek uzun vadeli çözümler sunabilir. Bu yaklaşım, sağlık sektörünün çevresel zorluklarla başa çıkabilmesi ve sürdürülebilir bir geleceğe ulaşması için önemli bir adımdır.

#### 4. DÖNGÜSEL EKONOMİ VE ATIK YÖNETİMİNİN DÖNÜŞÜMÜ

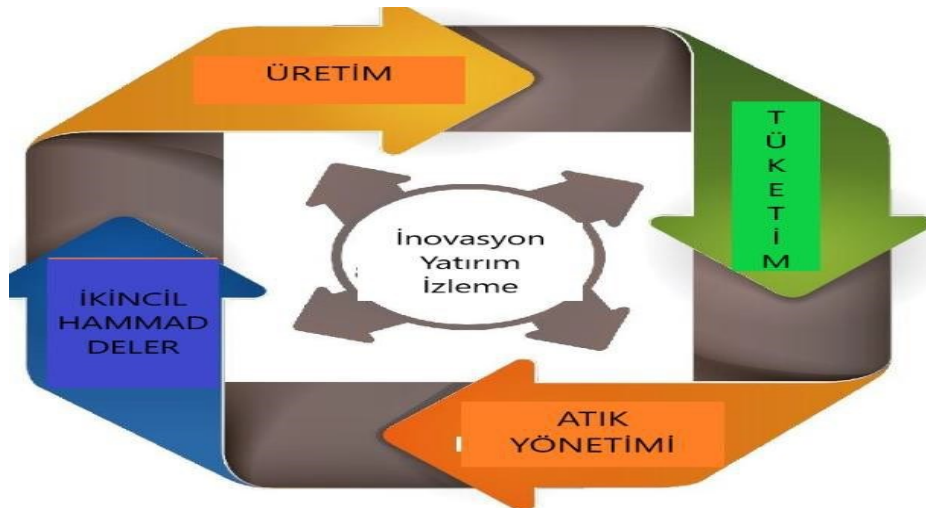
Atık yönetimi, atıkların başlangıcından nihai bertarafına kadar toplama, taşıma ve arıtma aşamalarında yönetilmesi için gereken tüm faaliyet ve eylemleri ifade eder. Atıkların uygun şekilde yönetilmesi, azaltılması ve değerlendirilmesi, toplumumuzu sürdürülebilir ve sıfır atıklı bir çevreye doğru dönüştürmek için sağlam bir CE gereklidir. Uygun bir atık yönetimi sistemi, atılmış, yıpranmış ve/veya eski ürünlerin toplanarak doğaya bırakılmasını ve çevreyi kirletmesini önler (Ranjbari vd., 2021). Atık ve kirliliğin önlenmesi, bir CE geliştiriminin temeli, 2014-2020 yılları arasında döngüsel ekonomi ve atık yönetiminin dönüşümü üzerine yapılan araştırmalar, bu alanın hızla evrildiğini ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada merkezi bir rol oynadığını göstermiştir.

Döngüsel ekonomi ise ürünlerin, malzemelerin ve kaynakların maksimum değerde tutulmasını ve atık oluşumunun en aza indirgenmesini hedefleyen bir yaklaşımdır (Kirchherr vd., 2017). Bu modelin benimsenmesinin belirli sektörlerde önemli ekonomik avantajlar sağlayabileceğini göstermektedir (MacArthur, 2013). Genel olarak, bu model, mevcut sistemin kaynak arzı, emtia fiyatları ve fiyat dalgalanmaları üzerindeki baskısını azaltmaya yardımcı olabilir. Kirchherr vd. (2017) tarafından yapılan bir analiz, döngüsel ekonomi tanımlarının ve uygulamalarının derinlemesine incelenmesini sağlamış ve bu yaklaşımın potansiyel faydalarını ortaya koymuştur.

Atık yönetimi ve döngüsel ekonomi, günümüzün önemli çevresel ve ekonomik zorluklarına yenilikçi çözümler sunmaktadır. Balbay vd. (2021) ve Geissdoerfer vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar, döngüsel ekonomi prensiplerinin atık azaltımı, yeniden kullanım ve geri dönüşüm yoluyla katma değer yaratma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu çalışmalar, kaynakların etkin kullanımı ve atık yönetimi süreçlerinin optimize edilmesi konularında önemli bulgular sunmaktadır.

Döngüsel ekonominin çeşitli sektörlerde uygulanabilirliği ve bu süreçte karşılaşılan zorluklar da literatürde ele alınmaktadır. Lieder ve Rashid (2016), imalat sektöründe döngüsel ekonomiye geçişin potansiyelini ve bu süreçte karşılaşılan engelleri ele alırken, Hopkinson vd. (2018) ve Ranta vd. (2018) gibi çalışmalar, döngüsel ekonomi modelinin benimsenmesi sürecindeki zorluklar ve başarılar üzerine derinlemesine vaka çalışmaları sunmaktadır. De los Rios ve Charney (2017) ve Sarc vd. (2019) ise döngüsel ekonomi odaklı atık yönetimde dijitalleşme ve robot teknolojilerinin potansiyel katkılarını incelemektedir. Bu teknolojik gelişmeler, döngüsel ekonomi stratejilerinin etkinliğini artırmak için yenilikçi yollar sunmaktadır.

**Şekil 2.** Döngüsel Ekonomi Paketi Temel Eylem Alanları (EC, 2015)



Kaynak: (Veral ve Yiğitbaşıoğlu, 2018).

Tüketim hedefleri; ürünlerin tamiri, yeniden kullanımı ve tüketicilere güvenilir bilgi sağlanmasıdır. Eylemler, ürün etiketlemesi, eko-etiket uygulamaları, çevresel ayak izi hesaplamaları ve paylaşım ekonomisinin desteklenmesini içerir. Atık yönetimi hedefleri; AB atık hiyerarşisine uygun olarak atık yönetiminin iyileştirilmesi, geri dönüşüm kapasitesinin artırılması ve yatırımların daha tutarlı hale getirilmesidir.

İkincil hammadde pazarı hedefleri; geri dönüştürülmüş hammaddelerin ve suyun kullanımının artırılması ve kimyasalların güvenli yönetimidir. Bu kapsamda, kalite standartlarının belirlenmesi ve atık taşınması için elektronik sistemlerin geliştirilmesi planlanmaktadır (Veral ve Yiğitbaşıoğlu, 2018).

Bunun yanı sıra, Zhang vd. (2019), Çin'de döngüsel ekonomiye geçişte karşılaşılan engelleri ve bu engellerin aşılmasında gerekli stratejileri ele alırken, Bao ve Lu (2020) inşaat ve yıkım atık yönetiminde döngüsel ekonomi uygulamalarının önemini vurgulamaktadır. Bu çalışmalar, döngüsel ekonominin farklı sektörlerdeki uygulanabilirliğine dair değerli içgörüler sunmakta ve sektörler arası karşılaştırmalar yaparak çok yönlü bir perspektif sağlamaktadır.

Sonuç olarak, döngüsel ekonomi ve atık yönetiminin dönüşümü üzerine yapılan araştırmalar, bu konseptin teorik temellerini güçlendirmekle kalmayıp, aynı zamanda çeşitli sektörlerdeki uygulanabilirliğine dair önemli içgörüler sunmaktadır. Döngüsel ekonomi modeli, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada hayati bir rol oynayabilir. Bu bağlamda, Tablo 1, 2014-2020 yılları arasında döngüsel ekonomi ve atık yönetimi üzerine yapılan literatür incelemesini içermektedir.

Tablo 1, 2014-2020 yılları arasında döngüsel ekonomi ve atık yönetimi üzerine yapılan literatür incelemesini içermektedir.

**Tablo 1.** Döngüsel Ekonomi ve Atık Yönetimi Üzerine Literatür İncelemesi (2014-2020)

| Yazar(lar)                | Yayın Yılı | Makale Başlığı                                                                                                           | Yayınlandığı Dergi                                                                                                        | Anahtar Bulgular                                                                                                         |
|---------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dünya Sağlık Örgütü       | 2014       | Safe management of wastes from health-care activities                                                                    | <a href="https://www.who.int/publications/i/item/9789241548564">https://www.who.int/publications/i/item/9789241548564</a> | Sağlık hizmeti faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların güvenli yönetimi hakkında kapsamlı bir rehber sunar.               |
| Windfeld ve Brooks        | 2015       | Medical waste management - A review                                                                                      | Journal of Environmental Management                                                                                       | Tıbbi atık yönetimi üzerine kapsamlı bir inceleme, mevcut durumun analizi ve iyileştirme önerileri.                      |
| Jones ve Bartlett         | 2015       | Environmental impact of medical waste disposal: From public health to environmental health                               | Journal of Environmental Health Studies                                                                                   | Tıbbi atık bertarafının çevresel ve halk sağlığı üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışma.                            |
| Stankovska ve Dimitrieska | 2017       | Waste management and circular economy                                                                                    | Economics and Management                                                                                                  | Atık yönetimi ve döngüsel ekonomi arasındaki ilişkiyi inceler, ekonomik yönetim perspektifinden stratejiler önerir.      |
| Yadav ve Samadder         | 2017       | Environmental impact assessment of municipal solid waste management options using life cycle assessment: A case study    | Environmental Science and Pollution Research                                                                              | Belediye katı atık yönetimi seçeneklerinin çevresel etki değerlendirmesi için yaşam döngüsü değerlendirmesini kullanır.  |
| Shi, Liu, Li, ve Xu       | 2017       | An integrated decision making approach for assessing healthcare waste treatment technologies from a multiple stakeholder | Waste Management                                                                                                          | Sağlık atığı tedavi teknolojilerinin değerlendirilmesi için çok paydaşlı bütünlük bir karar verme yaklaşımı sunulmuştur. |

| Yazar(lar)                                             | Yayın Yılı | Makale Başlığı                                                                                                  | Yayınlandığı Dergi                    | Anahtar Bulgular                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geissdoerfer, Savaget, Bocken ve Hultink               | 2017       | The Circular Economy A new sustainability paradigm?                                                             | Journal of Cleaner Production         | Döngüsel ekonomi, sürdürülebilirlik paradigmasını yeniden şekillendirerek, ürün yaşam döngülerinin optimize edilmesini ve kaynak verimliliğinin artırılmasını hedeflemektedir. |
| Perez                                                  | 2017       | Innovative waste management approaches in the health sector: A review of successful practices                   | Medical Waste Management Journal      | Sağlık sektöründe atık yönetimi için yenilikçi yaklaşımlar ve başarılı uygulamaları inceleyen bir derleme.                                                                     |
| Ali, Wang, Chaudhry ve Geng                            | 2017       | Hospital waste management in developing countries: A mini review                                                | Waste Management & Research           | Gelişmekte olan ülkelere hastane atık yönetimi üzerine kapsamlı bir inceleme sunar, mevcut zorlukları ve çözüm yollarını tartışır.                                             |
| Moreau, Sahakian, Van Griethuysen ve Vuille            | 2017       | Coming full circle: Why social and institutional dimensions matter for the circular economy                     | Journal of Industrial Ecology         | Döngüsel ekonomi için sosyal ve kurumsal boyutların neden önemli olduğunu, bu boyutların döngüsel uygulamaları nasıl etkileyebileceğini araştırır.                             |
| Cesaro ve Belgiorno, V.                                | 2017       | Sustainability of Medical Waste Management in Different Sized Health Care Facilities                            | Waste and Biomass Valorization        | Farklı büyüklükteki sağlık bakım tesislerinde tıbbi atık yönetiminin sürdürülebilirliğini değerlendirir.                                                                       |
| de los Rios ve Charnley                                | 2017       | Skills and capabilities for a sustainable and circular economy: The changing role of design                     | Journal of Cleaner Production         | Sürdürülebilir ve döngüsel ekonomi için gerekli beceri ve yetenekleri tartışır, tasarımın değişen rolüne odaklanır.                                                            |
| Kalmykova, Sadagopan ve Rosado                         | 2017       | Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools                 | Resources, Conservation and Recycling | Döngüsel ekonomi teorileri ve uygulamalarını gözden geçirir, uygulama araçlarının geliştirilmesine yönelik önerilerde bulunur.                                                 |
| Hopkinson, Zils, Hawkins ve Roper                      | 2018       | Managing a complex global circular economy business model: Opportunities and challenges                         | California Management Review          | Küresel döngüsel ekonomi iş modelinin yönetimi üzerine fırsat ve zorlukları tartışır, karmaşıklığı yönetme stratejileri sunar.                                                 |
| Geissdoerfer, Morioka, de Carvalho ve Evans            | 2018       | The Circular Economy – A new sustainability paradigm?                                                           | Journal of Cleaner Production         | Döngüsel ekonominin sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini derinlemesine analiz eder, ekonomik ve çevresel faydalarını vurgular.                                              |
| Sarc, Curtis, Kandblauer, Khodier, Lorber ve Pomberger | 2019       | Digitalisation and intelligent robotics in value chain of circular economy oriented waste management - A review | Waste Management                      | Atık yönetimi değer zincirinde dijitalleşme ve akıllı robotiğin rolünü inceleyerek, döngüsel ekonomiye yönelik yenilikçi çözümler sunar.                                       |

| Yazar(lar)                                                   | Yayın Yılı | Makale Başlığı                                                                                               | Yayınlandığı Dergi                                                | Anahtar Bulgular                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ferronato ve Torretta                                        | 2019       | Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues                                       | International Journal of Environmental Research and Public Health | Gelişmekte olan ülkelerde atık yönetimsizliğinin küresel sorunlarını inceleyen bir çalışmadır.                                                       |
| Margallo, Rodriguez, Vázquez-Rowe, Aldaco, Irabien ve Kahhat | 2019       | Enhancing waste management strategies in Latin America under a holistic environmental assessment perspective | The Science of the total environment                              | Latin Amerika'da bütüncül bir çevresel değerlendirme perspektifinden atık yönetimi stratejilerinin nasıl iyileştirileceğine dair bir inceleme sunar. |
| Zhang, Venkatesh, Li, Wan, Qu ve Huinsigh                    | 2019       | Barriers to smart waste management for a circular economy in China                                           | Journal of Cleaner Production                                     | Çin'de döngüsel ekonomi için akıllı atık yönetiminin önündeki engelleri belirler, aşılması için stratejiler önerir.                                  |
| Rai, Kothari ve Singh                                        | 2020       | Assessment of available technologies for hospital waste management                                           | Waste Management                                                  | Hastane atık yönetimi için mevcut teknolojilerin değerlendirilmesi ve öneriler.                                                                      |
| Morseletto                                                   | 2020       | Targets for a Circular Economy                                                                               | Resources, Conservation & Recycling                               | Döngüsel ekonomi için hedefler belirler ve bu hedeflere ulaşmada karşılaşılabilecek zorlukları ve fırsatları inceler.                                |

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 1, 2014-2020 yılları arasında döngüsel ekonomi, sürdürülebilir atık yönetimi, sağlık sektöründe atık yönetimi ve diğer ilgili sürdürülebilirlik konularını ele alan çeşitli akademik çalışmaları özetlemektedir. Sunulan araştırmalar, katı atık yönetiminden plastik atıkların yönetimine, tıbbi atık yönetiminin sürdürülebilirliğinden döngüsel ekonomi modellerinin geliştirilmesine kadar geniş bir konu yelpazesi sunmakta ve bu alanlardaki zorluklar ile çözüm önerilerini tartışmaktadır. Bu çalışmalar, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma çabalarına önemli katkılar sağlamakta ve gelecekteki politika yapıcılar, araştırmacılar ve uygulayıcılar için değerli bir referans kaynağı oluşturmaktadır.

## 5. DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Döngüsel ekonomi (de) modeli, yalnızca atıkların en aza indirilmesini değil, aynı zamanda atıkların üretim süreçlerine geri döndürülmesini de öngörmektedir. Bu doğrultuda, de politikalarına ilişkin çalışmalar, atık arıtımı üzerine yoğunlaşır ve üretim sürecine dayalı atıkların ortadan kaldırılmasını amaçlayan yaklaşımlar üzerinde durur. Literatürdeki temel bulgular, atık azaltma fırsatlarının üretim süreci ve ürün yaşam döngüsü boyunca mevcut olduğunu ve bu fırsatları değerlendirmek için üreticilerin analiz, endüstriyel yeniden yapılandırma ve işçi eğitimi gibi alanlara kaynak ayırması gerektiğini ortaya koymaktadır (Hartley vd., 2020). Ancak, de modeline geçiş süreci, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önemli fırsatlar sunarken bir dizi zorluğu da beraberinde getirir. Literatürde ve uygulamada belirlenen bazı ana zorluklar şunlardır:

- **Tedarik Zinciri Yönetimi Zorlukları:** Bir CE tedarik zinciri, tedarik zincirinin tüm seviyeleri arasında iyi oluşturulmuş bir koordinasyona ve bilgi alışverişine dayanır. Bunun temelinde, mevcut tedarik zincirlerinin daha döngüsel olacak şekilde uyarlanması için asgari düzeyde bilgi birikimi bulunmaktadır. Tahmin konusunda da açık sorunlar vardır; ürünler zorunlu olarak değil, ihtiyaç duyuldukça sipariş edilmektedir (Mahjoob vd.,2023).
- **Sektör Zorlukları:** Sağlık sektörünün merkezinde, maliyet, zaman ve emek etkileri nedeniyle dönüşüme karşı açık bir direnç bulunmaktadır. Gerçekçi bir CE iş modelinin olmaması, zorluklar yaratmaktadır; çünkü bu olmadan sektörün dönüşüm için ekonomik bir teşviki yoktur. Ayrıca, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, CE uygulamalarını vurgulayan sağlık hizmeti sürdürülebilirliği konusunda dikkate değer bir eğitim ve öğretim eksikliği bulunmaktadır (Mahjoob vd.,2023).

- **Yetersiz Altyapı ve Kaynaklar:** Gelişmekte olan ülkelerde, atık toplama, taşıma ve işleme hizmetleri için gerekli altyapı ve kaynaklar sıklıkla yetersizdir (Guerrero vd., 2013). Bu durum, atık yönetimi süreçlerinin etkin bir şekilde yürütülmesini engelleyebilir ve döngüsel ekonomi uygulamalarının başarısını olumsuz yönde etkileyebilir.
- **Yasal ve Yönetmelik Zorlukları:** Döngüsel ekonomiye geçişi destekleyen politikaların ve yasaların eksikliği, bu sürecin önündeki önemli engellerden biridir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, bu tür düzenlemelerin hayata geçirilmesi zordur (Veral, 2021). Atık yönetimi ile ilgili etkili politikaların ve yasal düzenlemelerin eksikliği veya yetersizliği, DE'nin uygulanmasını sınırlayabilir (Joshi ve Ahmed, 2016). Bu durum, atık yönetimi süreçlerinin standartlaştırılmasını ve uygun bir çerçevenin oluşturulmasını engelleyerek, döngüsel ekonomi stratejilerinin etkinliğini azaltabilir.
- **Kültürel ve Davranışsal Engeller:** Döngüsel ekonomi, tüketici ve üretici davranışlarında köklü değişiklikler gerektirir. Ancak, bu değişikliklerin gerçekleşmesi zaman alabilir ve dirençle karşılaşılabilir (Veral, 2021). Toplumda atık ayrıştırma, geri dönüşüm ve yeniden kullanım gibi DE ilkelerine uygun davranışların benimsenmesi konusunda kültürel ve davranışsal engellerle karşılaşılabilir (Kumar vd., 2017). Bilinç eksikliği, alışkanlıkların değişmesini engelleyebilir ve sürdürülebilir atık yönetimi pratiklerinin benimsenmesini zorlaştırabilir.
- **Teknolojik Yetersizlikler:** Döngüsel ekonomiye geçişte en büyük zorluklardan biri, mevcut teknolojilerin yetersizliğidir. İleri teknoloji gerektiren geri dönüşüm ve yeniden kullanım süreçleri, birçok ülke için maliyetli ve karmaşıktır (Andrews, 2015). Atık yönetimi için gelişmiş teknolojilere erişimde ve bu teknolojilerin uygulanmasında yaşanan zorluklar, DE sürecinin etkin bir şekilde yürütülmesini engelleyebilir (Zhang vd., 2019). Özellikle, atık işleme ve geri dönüşüm teknolojilerinin maliyeti ve karmaşıklığı, uygulamadaki önemli zorluklardan biridir. Teknolojik altyapı şu anda atık bertarafı için büyük ölçüde ilkel yakma veya depolama yöntemlerine dayanmaktadır ve çevre dostu bertaraf yöntemlerinin dikkate değer bir eksikliği vardır. Teknolojiyi CE yaklaşımını izleyecek şekilde dönüştürmek zordur. Ayrıca, hastaneler genellikle yükümlülükler, maliyet, bakım ve onay sorunları nedeniyle yeniden üretim olasılığından kaçınırlar. Tıbbi atıkları izlemek için kullanılan bilgi sistemleri genellikle etkisizdir. Ürünleri izleyememek, yaşam döngülerini uzatmak için yeniden üretimlerini zorlaştırır (Mahjoob vd.,2023).
- **Ekonomik ve Finansal Zorluklar:** Doğrusal ekonomiden (CE) geçiş, önemli miktarda ilk yatırım gerektirir. Atıkların yeniden işlenmesi, geri dönüştürülmesi veya yeniden kullanılması ile ilgili maliyetler, bu süreci mali açıdan zorlayıcı hale getirebilir. Geri dönüşüm işlemleri genellikle pahalıdır ve düşük verimlilikle sonuçlanabilir; bu da malzeme kaybına ve çapraz kontaminasyona yol açabilir. Paydaşlar, genellikle maliyetleri en aza indirmek ister ve bu yüzden, atıkları bertaraf etmek için en kolay yolları tercih ederler. Ancak, bu yollar genellikle en ucuz fakat en az çevre dostu seçeneklerdir. Bu durum, paydaşların sürdürülebilir yatırımlar yapma konusunda isteksiz olmasına neden olur (Mahjoob vd.,2023).

Bu zorlukları aşmak için sağlık kurumları yöneticilerine ve politika yapıcılara yönelik bazı çözüm önerileri sunulabilir. Bu bağlamda sağlık kurumları yöneticilerine ve politika yapıcılara bazı çözüm önerilerini aşağıda sunmak uygun olacaktır.

- **Mevzuatın Güçlendirilmesi ve Standartların Belirlenmesi:** Döngüsel ekonomiye geçişin başarılı olabilmesi için hükümetlerin mevcut mevzuatı güçlendirmesi ve yeni standartlar belirlemesi gerekmektedir. Özellikle ürünlerin yeniden kullanımını, geri dönüşümünü ve yeniden üretimini teşvik eden düzenlemeler oluşturulmalıdır. Hükümetlerin, sağlık hizmetleri atık yönetiminde döngüsel ekonomi uygulamalarını teşvik eden politikalar geliştirmesi ve uygulaması önemlidir. Bu, düzenleyici standartların belirlenmesini ve sürdürülebilir uygulamalar için teşviklerin sağlanmasını içerir (Dagilienė, 2021). Politika geliştirme, sağlık hizmetleri atık yönetiminde dönüşümün hızlandırılmasında kilit rol oynayabilir (Mmereki vd., 2016). Avrupa Birliği'nde yapılan bir çalışma, DE politikalarının etkinliğini artırmak için daha güçlü üretim standartlarına ve geri dönüşümdeki engelleri ortadan kaldırmaya yönelik düzenlemelere ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır (Hartley, vd., 2020). Ayrıca, hükümet teşvikleri ve sürdürülebilir üretim ve tüketim uygulamalarına yönelik kamu farkındalığının artırılması da gereklidir (Murray vd., 2017).
- **Yeşil Kamu Alımları ve Yenilikçi Tedarik:** Yeşil kamu alımları, DE'nin temel ilkelerinden biri olarak, sürdürülebilir ürünlerin kamu alımlarında önceliklendirilmesini sağlar. Bu süreç hem kamu hem de özel sektörün DE ilkelerine uygun ürün ve hizmetleri tercih etmesini teşvik eder. Bu kapsamda, AB genelinde

yeniden kullanım, onarım ve yeniden üretimi destekleyen yeşil kamu alım politikaları önerilmektedir (Milios, 2017). Ghisellini vd., (2016) tarafından yapılan bir inceleme, döngüsel ekonomi modelinin, hammadde tüketiminin azaltılması, enerji kullanımının optimize edilmesi ve atık miktarının düşürülmesi yoluyla çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sunduğunu ortaya koymuştur.

- Ekonomik Teşvikler ve Finansal Destekler: DE'nin uygulanmasını hızlandırmak için ekonomik teşvikler ve finansal desteklerin artırılması gereklidir. Örneğin, Kenya'da yapılan bir araştırma, finansman mekanizmalarının yetersizliğinin DE'nin uygulanmasında önemli bir engel olduğunu göstermiştir. Bu engeli aşmak için devletin finansal teşvikler sağlaması önerilmektedir (Muriithi ve Ngare, 2023).
- Bilinçlendirme Kampanyaları ve Eğitim Programları: Tüketici ve üretici davranışlarını değiştirmek için eğitim ve farkındalık kampanyaları düzenlenmelidir. Bu sayede, döngüsel ekonominin faydaları daha geniş kitlelere ulaşacaktır (Veral, 2021). Atık ayrıştırma, geri dönüşüm ve yeniden kullanım gibi DE ilkeleri hakkında toplumsal bilincin artırılması için eğitim programlarının ve kampanyaların düzenlenmesi gerekmektedir (Pardini vd., 2020). DE'nin toplum genelinde benimsenmesini sağlamak için bilinçlendirme kampanyaları ve eğitim programları hayati öneme sahiptir. Bu tür kampanyalar, geri dönüşüm, yeniden kullanım ve atık azaltma konularında toplumsal bilinci artırabilir (Kirchherr vd., 2018).
- İnovasyon ve Teknolojik Gelişmelerin Desteklenmesi: Döngüsel ekonomiye geçişi hızlandırmak için ileri teknolojiye yatırım yapılmalıdır. Bu, geri dönüşüm ve yeniden kullanım süreçlerinin daha verimli hale gelmesini sağlayacaktır (Veral, 2021). DE'nin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için inovasyonun teşvik edilmesi gerekmektedir. Özellikle, malzeme döngüsünü kapatmaya yönelik teknolojik yenilikler, kaynak verimliliğini artırmada kilit rol oynar. Hükümetler, geri dönüşüm tesislerinin, atık yönetim sistemlerinin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine öncelik vermelidir. Araştırma kurumları ve özel sektörle iş birliği yaparak döngüsel uygulamaları destekleyecek teknolojik yenilikler teşvik edilmelidir (Riesener vd., 2019). Lieder ve Rashid (2016)'ın çalışması, döngüsel ekonomi uygulamalarının, yenilikçi iş modellerinin ortaya çıkmasını teşvik ederek ekonomik büyümeyi destekleyebileceğini belirtmiştir.
- Entegre Atık Yönetimi Sistemlerinin Geliştirilmesi: Atık azaltma, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı gibi DE stratejilerini içeren kapsamlı atık yönetimi planlarının geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir (Pardini vd., 2020). Bu, atık yönetimi süreçlerinin optimize edilmesini ve döngüsel ekonomi ilkelerinin daha etkin bir şekilde hayata geçirilmesini sağlayabilir.
- Tedarik Zinciri Karmaşıklığının Yönetimi: Döngüsel ekonomi modeline geçiş, mevcut tedarik zincirlerinde önemli değişiklikler gerektirir. İşletmeler, tedarik zinciri ortaklarıyla yakın iş birliği yaparak uygulamaları döngüsel ekonomi ilkeleriyle uyumlu hale getirmelidir (Bressanelli vd., 2018).
- Kültürel ve Davranışsal Zorlukların Aşılması: Kültürel direnç ve yerleşik davranışlar, döngüsel ekonomi modeline geçişte önemli zorluklar oluşturur. Bu engelleri aşmak için kapsamlı eğitim ve farkındalık kampanyaları düzenlenmeli, paydaşların tutumlarını değiştirmek ve döngüsel uygulamaları benimsemelerini teşvik etmek için atölye çalışmaları ve iş birliği platformları oluşturulmalıdır (Hahladakis vd., 2020).
- Altyapı Yatırımı: Döngüsel ekonomi ilkelerinin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için altyapıya yatırım yapılması gerekmektedir. Bu, atık arıtma tesislerinin modernizasyonunu ve ileri teknolojilerin entegrasyonunu kapsar (Elsayed vd., 2020). Yatırımlar, atık yönetim süreçlerini daha verimli ve çevre dostu hale getirebilir.
- Paydaş Katılımı: Sağlık hizmeti sağlayıcıları, atık yönetimi şirketleri ve toplum gibi paydaşların aktif katılımı, döngüsel ekonomi uygulamalarının başarılı bir şekilde hayata geçirilmesi için kritik öneme sahiptir. İşbirlikçi çabalar, yenilikçi çözümler ve ortak faydalar sağlayabilir (Bao ve Lu, 2020). Paydaş katılımı, uygulama sürecinde karşılaşılan zorlukların aşılmasına yardımcı olabilir.
- Eğitim ve Öğretim: Sağlık çalışanları ve atık yönetimi personeline yönelik eğitim ve öğretim programları düzenlenmelidir. Bu, döngüsel ekonomi uygulamalarının etkin bir şekilde hayata geçirilmesini destekler ve sürdürülebilir atık yönetiminin avantajları hakkında farkındalık yaratır (Ali vd., 2017). Eğitim, uygulamaların benimsenmesini kolaylaştırabilir.
- Araştırma ve Geliştirme: Sağlık hizmetleri atık yönetiminin sürdürülebilirliğini artıracak yeni teknolojiler ve yöntemler üzerine sürekli araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütülmelidir. Bu, akıllı atık yönetim sistemlerinin potansiyelinin keşfedilmesini de kapsar (Avilés-Palacios vd., 2021). Araştırma ve geliştirme, yenilikçi çözümlerin ortaya çıkmasına olanak tanıyabilir.

- BT Araçlarının Kurulması ve Sürdürülebilir Akıllı Atık Yönetimi: Bilgi teknolojisi araçlarının entegrasyonu, sürdürülebilir ve akıllı atık yönetimi mekanizmalarının geliştirilmesine destek olacaktır. Bu, verimli atık toplama ve ayrıştırma yöntemlerinin uygulanmasını ve atık hiyerarşisinin en üst basamaklarına ulaşılmasını mümkün kılacaktır (Ranjbari, 2021). BT araçları, süreçlerin daha etkili yönetilmesini sağlayabilir.
- Atık Yönetiminde Tek Sağlık Yaklaşımı: Atık yönetimde tek sağlık yaklaşımının benimsenmesi ve bu doğrultuda politika önerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, çok disiplinli sektörlerin entegrasyonu için yenilikçi çözümler arayışında olunmalıdır (Ranjbari, 2021). Tek sağlık yaklaşımı, atık yönetimindeki bütünsel sorunlara çözüm sunabilir.

Bu öneriler, sağlık sektöründe döngüsel ekonomi prensiplerinin etkili bir şekilde uygulanmasını sağlayarak, atık yönetimini sürdürülebilir bir şekilde dönüştürme potansiyeline sahiptir. Bu dönüşüm, çevresel sürdürülebilirliği artırmakla kalmayacak, aynı zamanda maliyetleri düşürerek ve sağlık hizmetlerinin kalitesini iyileştirerek ekonomik ve sosyal faydalar da sağlayacaktır.

Sonuç olarak, döngüsel ekonomiye geçiş süreci karmaşık ve zorluklarla doludur. Ancak, stratejik planlama, paydaş katılımı ve altyapı ile eğitim yatırımları yoluyla bu zorlukların üstesinden gelmek mümkündür. 2014-2020 yılları arasındaki dönemde atık yönetimde döngüsel ekonomiye geçiş üzerine yapılan çalışmalar, bu modelin çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik açısından sağladığı çeşitli avantajları ortaya koymuştur. Döngüsel ekonomi, sürdürülebilir bir geleceğe doğru önemli bir adım olarak, kaynakların etkin kullanımını, atık miktarının azaltılmasını ve çevresel ayak izinin minimize edilmesini sağlamaktadır. Bu modelin başarısı, etkili politikalar, yenilikçi iş modelleri ve toplumun tüm kesimlerinin katılımıyla mümkün olacaktır.

## 6. SONUÇ

Bu çalışma, sağlık sektöründe döngüsel ekonomi prensiplerinin benimsenmesi aracılığıyla sürdürülebilir atık yönetimi stratejilerinin nasıl geliştirilebileceği ve uygulanabileceği konusunda kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu çerçeve, atık azaltımı, yeniden kullanım ve geri dönüşüm ilkelerini temel alarak, sağlık sektöründeki atık yönetiminin çevresel, ekonomik ve sosyal açılarından iyileştirilmesi için stratejik öneriler içermektedir. Çalışmada belirtilen politika ve uygulama önerileri, sağlık sektöründe döngüsel ekonomi yaklaşımının benimsenmesinin önemini vurgulamakta ve sürdürülebilir atık yönetimi politikalarının geliştirilmesi, atık azaltma ve geri dönüşüm programlarının uygulanması, personel eğitiminin güçlendirilmesi ve yenilikçi teknolojilerin atık yönetimi süreçlerine entegrasyonu gibi çeşitli önlemleri önermektedir. Ayrıca, döngüsel ekonomi modelinin sağlık sektöründe uygulanmasının atık miktarının azaltılması, kaynak verimliliğinin artırılması ve çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılarda bulunabileceği üzerinde durulmaktadır. Sağlık sektöründe döngüsel ekonomi prensiplerinin uygulanması, atık yönetimde önemli dönüşümler yaratma potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, sağlık sektöründe döngüsel ekonomi uygulamaları hem çevresel hem de ekonomik faydalar sağlayabilir.

Çalışmada ele alınan eserler, döngüsel ekonomi prensiplerinin sağlık sektöründeki atık yönetimi pratiklerini nasıl dönüştürebileceğine dair değerli içgörüler sunmaktadır. Özellikle, Shi vd. (2017)'nin sağlık hizmetleri atık yönetimi için optimum tedavi teknolojilerinin seçimi üzerine yaptıkları çalışma, karar verme süreçlerinin karmaşıklığını ve bu süreçte birden fazla paydaşın dikkate alınmasının önemini ortaya koymaktadır. Torkayesh vd. (2021)'nin sunduğu çok amaçlı optimizasyon modeli ise, ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları göz önünde bulundurarak optimize edilmiş kararların alınmasını desteklemektedir. Cesaro ve Belgiorno'nun (2017) vurguladığı gibi, sağlık hizmeti atıklarının sınıflandırılması ve ayrıştırılması, yönetim sistemlerinin teknik ve ekonomik optimizasyonunda kritik bir role sahiptir. Ali vd. (2017)'nin gelişmekte olan ülkelerin hastane atıklarının yönetiminde yetersiz altyapı ve farkındalık eksikliği gibi önemli engellerle karşılaştığını vurgulamaktadır. Bu zorluklar, yenilikçi çözümler gerektiren hızlı tıbbi atık üretimi ile daha da artmaktadır. Öncelikle, döngüsel ekonomi prensiplerinin sağlık sektöründe uygulanması, atık yönetimde önemli iyileştirmeler sağlayabilir.

Balbay vd. (2021) döngüsel ekonomi ve endüstriyel sürdürülebilirliğe ilişkin küresel ve Türk perspektiflerini tartışmaktadır. Döngüsel ekonomi ilkelerinin sağlık sektörü atık yönetimine entegre edilmesinin önemli çevresel ve ekonomik faydalar sağlayabileceğini savunmaktadırlar. Bressanelli vd. (2020), WEEE (Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlar) endüstrisinin sağlık sektörü için bir model oluşturabileceğini öne sürerek bu görüşü desteklemektedir.

Avilés-Palacios vd. (2021) Çin'de akıllı atık yönetiminin önündeki teknolojik sınırlamalar ve mevzuat boşlukları gibi engelleri tespit etmiştir. Bu engeller Çin'e özgü olmayıp, gelişmekte olan birçok ekonomide yaygındır. Bao ve Lu (2020), Çin'in Shenzhen kentinde atık yönetiminde etkin döngüsellüğün politika müdahaleleri ve paydaş katılımı yoluyla sağlanabileceğini gösteren içgörüler sunmaktadır. Bu yaklaşım, atık yönetimi uygulamalarını geliştirmek için sağlık sektörüne uyarlanabilir.

Cesaro ve Belgiorio (2017), çeşitli sağlık tesislerinde tıbbi atık yönetiminin sürdürülebilirliğini vurgulayarak tesis büyüklüğü ve kapasitesine göre özel çözümlere ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir. Chartier (2014), sağlık hizmeti atıklarının güvenli yönetimi için döngüsel ekonomi ilkelerini içerecek şekilde uyarlanabilecek kapsamlı kılavuzlar sunmaktadır. Özellikle, tehlikeli tıbbi atıkların güvenli bir şekilde yönetilmesi ve geri dönüştürülmesi, ciddi sağlık riskleri oluşturabilir. Bu nedenle, döngüsel ekonomi stratejilerinin uygulanmasında, sağlık ve güvenlik standartlarının titizlikle takip edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmaların ortak noktası, geleneksel atık yönetimi sistemlerinin yeniden kullanım ve geri dönüşüm gibi sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarını yeterince desteklememesi ve bu eksikliğin çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlara yol açmasıdır. DE yaklaşımı, bu sorunlara yenilikçi çözümler sunarak, sağlık sektöründe atık yönetiminin sürdürülebilir bir şekilde iyileştirilmesi için güçlü bir temel oluşturur. Bu yaklaşım, hem çevresel ayak izinin azaltılmasına katkıda bulunacak hem de sağlık sektöründe ekonomik ve sosyal faydalar sağlayacaktır. Başarılı bir uygulama için, sektör genelinde multidisipliner iş birlikleri ve tüm paydaşların aktif katılımı gereklidir.

Gelecek araştırmacılar için şu öneriler sunulabilir:

Sıfır atık sistemlerinin etkinliğini artırmak için, araştırmalar ekosistemler için sıfır atık hedeflerine odaklanmalı ve bu doğrultuda boşaltma alanlarının ve açık çöplüklerin kapatılmasını değerlendirmelidir. Sıfır atık sistemlerinin çevresel etkileri azaltma potansiyeli, bu stratejilerin etkinliğini araştıran çalışmalarla daha da netleşebilir.

Ayrıca, geri dönüşüm ve geri kazanım süreçlerinde teknolojik yeniliklerin entegrasyonuna yönelik çalışmalar teşvik edilmelidir. Bu alanlardaki araştırmalar, sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarının geliştirilmesine önemli katkılar sunabilir.

Sonuç olarak, sağlık sektöründe döngüsel ekonomi prensiplerinin uygulanması, atık yönetimini sürdürülebilir bir şekilde dönüştürme potansiyeline sahiptir. Bu dönüşüm, atık miktarının azaltılması, kaynakların yeniden kullanımı ve geri dönüştürülmesi yoluyla sadece çevresel sürdürülebilirliği artırmakla kalmayacak, aynı zamanda maliyetleri düşürerek ve sağlık hizmetlerinin kalitesini iyileştirerek ekonomik ve sosyal faydalar sağlayacaktır. Bu süreç, kapsamlı bir strateji, disiplinler arası iş birliği ve tüm paydaşların eşgüdümünü gerektirir, böylece sağlık sektöründe döngüsel ekonomiye geçiş, daha sürdürülebilir ve sağlıklı bir gelecek için önemli bir adım olacaktır. Sağlık sektörü, bu önerileri benimseyerek atık yönetimi uygulamalarını dönüştürebilir, çevresel sürdürülebilirliğe ve halk sağlığına katkıda bulunabilir.

## YAZARIN BEYANI

**Katkı Oranı Beyanı:** Yazar, çalışmanın tümüne tek başına katkı sağlamıştır.

**Destek ve Teşekkür Beyanı:** Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.

**Çatışma Beyanı:** Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması söz konusu değildir.

## KAYNAKÇA

- Ali, M., Wang, W., Chaudhry, N. ve Geng, Y. (2017). Hospital waste management in developing countries: A mini-review. *Waste Management & Research*, 35(6), 581-592.
- Akdemir, P. (2021). Covid-19 pandemi sürecinde turizm işletmelerinde atık yönetimi: bir çözüm önerisi olarak döngüsel ekonomi. *İşletme Akademisi Dergisi*, 2(4), 366-380.
- Andrews, D. (2015). The circular economy, design thinking and education for sustainability. *Local Economy*, 30(3), 305-315.

- Apaydin, Ş. (2020). OECD ülkelerinde atık yönetimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: bir panel kantil regresyon yaklaşımı. *Third Sector Social Economic Review*, 55(1), 300-312.
- Avilés-Palacios, C., Rodríguez-Olalla, A., Wan, M., Qu, T. ve Huisingh, D. (2021). Barriers to smart waste management for a circular economy in China. *Journal of Cleaner Production*.
- Bao, Z. ve Lu, W. (2020). Developing efficient circularity for construction and demolition waste management in fast emerging economies: Lessons learned from Shenzhen, China. *The Science of the Total Environment*, 724, 138264.
- Balbay, Ş., Sarıhan, A. ve Avşar, E. (2021). Dünyada ve Türkiye’de “Döngüsel ekonomi/endüstriyel sürdürülebilirlik” yaklaşımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 557-569.
- Bressanelli, G., Sacconi, N., Pigosso, D. C. ve Perona, M. (2020). Circular Economy in the WEEE industry: a systematic literature review and a research agenda. *Sustainable Production and Consumption*, 23, 174-188.
- Cesaro, A. ve Belgiorno, V. (2017). Sustainability of medical waste management in different sized health care facilities. *Waste and Biomass Valorization*, 8(6), 1819-1832.
- Chartier, Y. (Ed.). (2014). *Safe management of wastes from health-care activities*. World Health Organization.
- Dagilienė, L., Varaniūtė, V. ve Bruneckienė, J. (2021). Local governments’ perspective on implementing the circular economy: A framework for future solutions. *Journal of Cleaner Production*, 310, 127340.
- De los Rios, I. C. ve Charnley, F. J. (2017). Skills and capabilities for a sustainable and circular economy: The changing role of design. *Journal of cleaner production*, 160, 109-122.
- Elsayed, A., Ibrahim, M. ve Diab, G. (2020). Hospital waste management system. *Menoufia Nursing Journal*, 5(1), 19-26.
- Ferronato, N. ve Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 1060.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. ve Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
- Guerrero, L. A., Maas, G. ve Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33(1), 220-232.
- Ghadimi, M. (2023). *Application of artificial intelligence to advance environmental health research: A review*. ResearchGate.
- Ghisellini, P. ve Ulgiati, S. (2020). Circular economy transition in Italy. Achievements, perspectives and constraints. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118360.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. ve Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
- Hahladakis, J. N., Iacovidou, E. ve Gerassimidou, S. (2024). Plastic waste in a circular economy. In *Environmental Materials and Waste* (pp. 99-134). Elsevier.
- Hartley, K., van Santen, R. ve Kirchherr, J. (2020). Policies for transitioning towards a circular economy: Expectations from the European Union (EU). *Resources, Conservation And Recycling*, 155, 104634.

- Hopkinson, P., Zils, M., Hawkins, P. ve Roper, S. (2018). Managing a complex global circular economy business model: Opportunities and challenges. *California Management Review*, 60(3), 71-94.
- Hossain, M. S., Balakrishnan, V., Rahman, N. N. N. A., Sarker, M. Z. I. ve Kadir, M. O. A. (2012). Treatment of clinical solid waste using a steam autoclave as a possible alternative technology to incineration. *International Journal of Environmental Research And Public Health*, 9(3), 855-867.
- Joshi, R. ve Ahmed, S. (2016). Status and challenges of municipal solid waste management in India: A review. *Cogent Environmental Science*, 2(1), 1139434.
- Jones, A. B. ve Bartlett, C. D. (2015). Environmental impact of medical waste disposal: From public health to environmental health. *Journal of Environmental Health Studies*, 12(2), 123-136.
- Kane, G. M., Bakker, C. A. ve Balkenende, A. R. (2018). Towards design strategies for circular medical products. *Resources, Conservation and Recycling*, 135(June), 38-47.
- Kazançoğlu, Y., Sağnak, M., Lafcı, Ç., Luthra, S., Kumar, A. ve Taçoğlu, C. (2021). Big data-enabled solutions framework to overcoming the barriers to circular economy initiatives in healthcare sector. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18.
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M. ve Rosado, L. (2017). Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 190-201.
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A. ve Hekkert, M. (2018). Barriers to the circular economy: Evidence from the European Union (EU). *Ecological Economics*, 150, 264-272.
- Kumar, A. ve Pandey, G. (2017). A review on the factors affecting the photocatalytic degradation of hazardous materials. *Mater. Sci. Eng. Int. J.*, 1(3), 1-10.
- Lieder, M. ve Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51.
- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 23-44.
- Mahjoob, A., Alfadhli, Y. ve Omachonu, V. (2023). Healthcare waste and sustainability: Implications for a circular economy. *Sustainability*, 15(10), 7788.
- Margallo, M., Ziegler-Rodriguez, K., Vázquez-Rowe, I., Aldaco, R., Irabien, Á. ve Kahhat, R. (2019). Enhancing waste management strategies in Latin America under a holistic environmental assessment perspective. *The Science of the Total Environment*, 689, 1255-1269.
- Milios, L. (2018). Advancing to a Circular Economy: three essential ingredients for a comprehensive policy mix. *Sustainability Science*, 13(3), 861-878.
- Mısır, A. ve Arıkan, O. (2022). Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye’de döngüsel ekonomi ve sıfır atık yönetimi. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(1), 69-78.
- Moreau, V., Sahakian, M., van Griethuysen, P. ve Vuille, F. (2017). Coming full circle: Why social and institutional dimensions matter for the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 497-506.
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation & Recycling*, 153, A: 104553.

- Murray, A., Skene, K. ve Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140, 369-380.
- Muriithi, J. K. ve Ngare, I. O. (2023). Transitioning circular economy from policy to practice in Kenya. *Frontiers in Sustainability*, 4, 1190470.
- Mmereki, D., Baldwin, A., Hong, L. ve Li, B. (2016). The management of hazardous waste in developing countries. *Management of Hazardous Wastes*, 6(8), 39-50.
- Nimgare, S. S. (2020). Management of healthcare waste. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 7(7), 1234-1241.
- Pardini, K., Rodrigues, J. J., Diallo, O., Das, A. K., de Albuquerque, V. H. C. ve Kozlov, S. A. (2020). A smart waste management solution geared towards citizens. *Sensors*, 20(8), 2380.
- Paul, T. ve Sinharoy, A. (2024). Emerging issues and their solutions related to the use of sewage sludge in waste treatment. *Application of Sewage Sludge in Industrial Wastewater Treatment*, 21-37
- Perez, G. L. (2017). Innovative waste management approaches in the health sector: A review of successful practices. *Medical Waste Management Journal*, 9(4), 234-245.
- Rai, A., Kothari, R. ve Singh, D. (2020). Assessment of available technologies for hospital waste management. *Waste Management*, 113, 49-60.
- Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., Ritala, P. ve Mäkinen, S. J. (2018). Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: A cross-regional comparison of China, the US, and Europe. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 70-82.
- Ranjbari, M., Saidani, M., Esfandabadi, Z. S., Peng, W., Lam, S. S., Aghbashlo, M., ... ve Tabatabaei, M. (2021). Two decades of research on waste management in the circular economy: Insights from bibliometric, text mining, and content analyses. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128009.
- Riesener, M., Dölle, C., Mattern, C. ve Kreß, J. (2019, October). Circular economy: Challenges and potentials for the manufacturing industry by digital transformation. In *2019 IEEE international symposium on innovation and entrepreneurship (TEMS-ISIE)* (pp. 1-7). IEEE.
- Roni, M. R. H. ve Afridi, M. A. (2023). Incorporating Health Impacts into the Circular Economy: A Comprehensive Assessment of Worker and Consumer Safety in the Plastic Production and Recycling Industries. *Engineering Proceedings*, 56(1), 250.
- Sarc, R., Curtis, A., Kandlbauer, L., Khodier, K., Lorber, K. E. ve Pomberger, R. (2019). Digitalisation and intelligent robotics in value chain of circular economy oriented waste management—A review. *Waste Management*, 95, 476-492.
- Shi, H., Liu, H.-c., Li, P. ve Xu, X.-G. (2017). An integrated decision making approach for assessing healthcare waste treatment technologies from a multiple stakeholder. *Waste Management*, 59, 508-517.
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7595), 435-438.
- Stankovska, A. ve Dimitrieska, S. (2017). Waste management and circular economy. *Economics and Management*.
- Torkayesh, A. E., Vandchali, H. R. ve Tirkolaei, E. B. (2021). Multi-objective optimization for healthcare waste management network design with sustainability perspective. *Sustainability*, 13(7), 3732.

- Veral, E. S. ve Yiğitbaşıoğlu, H. (2018). Avrupa Birliği atık politikasında atık yönetiminden kaynak yönetimi yaklaşımına geçiş yönelimleri ve döngüsel ekonomi modeli. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-19.
- Veral, E. S. (2021). Döngüsel ekonomi: engeller, stratejiler ve iş modelleri. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 8(1), 7-18.
- Windfeld, E. S. ve Brooks, M. S. (2015). Medical waste management A review. *Journal of Environmental Management*.
- World Health Organization. (2018). *European health report 2018: more than numbers—evidence for all*. World Health Organization. Regional Office for Europe.
- Yadav, P. ve Samadder, S. R. (2017). Environmental impact assessment of municipal solid waste management options using life cycle assessment: A case study. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Zhang, A., Venkatesh, V. G., Liu, Y., Wan, M., Qu, T. ve Huisin, D. (2019). Barriers to smart waste management for a circular economy in China. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118198.