



**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**AVRUPA BİRLİĞİ ÜLKELERİNDE SOSYOEKONOMİK
DİNAMİKLER, PLASTİK ATIK ÜRETİMİ VE GERİ
DÖNÜŞÜMÜ: DÖNGÜSEL EKONOMİ ÜZERİNE BİR
DEĞERLENDİRME**

**Hazırlayan
Setenay OKTAY**

**Danışman
Doç. Dr. Emrah KOÇAK**

Yüksek Lisans Tezi

**Kasım 2024
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**AVRUPA BİRLİĞİ ÜLKELERİNDE SOSYOEKONOMİK
DİNAMİKLER, PLASTİK ATIK ÜRETİMİ VE GERİ
DÖNÜŞÜMÜ: DÖNGÜSEL EKONOMİ ÜZERİNE BİR
DEĞERLENDİRME
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Setenay OKTAY**

**Danışman
Doç. Dr. Emrah KOÇAK**

Kasım 2024, KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Setenay OKTAY

İmza



T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

Öğrenci No : 4030330156
Anabilim Dalı : İktisat Anabilim Dalı
Program Adı : İktisat
Tez Başlığı : Avrupa Birliği Ülkelerinde Sosyoekonomik Dinamikler, Plastik Atık Üretimi ve Geri Dönüşümü: Döngüsel Ekonomi Üzerine Bir Değerlendirme

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının a) Giriş, b) Ana bölümler ve c) Sonuç kısımlarından oluşan (Kapak, Önsöz, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) toplam 74 sayfalık kısmına ilişkin 18/11/2024 tarihinde **Turnitin** intihal programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre tezin benzerlik oranı: % **14'** tür.

Filtrelemeye **alıntılar dâhil** edilmiştir. Filtrelemede **yedi (7) kelimedenden daha az** örtüşme içeren metin kısımları hariç tutulmuştur.

Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez İntihal Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmasının herhangi bir intihal içermediğini, aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim. 18/11/2024

Danışman: Doç. Dr. Emrah KOÇAK

Öğrenci: Setenay OKTAY

KILAVUZA UYGUNLUK

“Avrupa Birliği Ülkelerinde Sosyoekonomik Dinamikler, Plastik Atık Üretimi Ve Geri Dönüşümü: Döngüsel Ekonomi Üzerine Bir Değerlendirme” başlıklı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Setenay OKTAY

Danışman

Doç. Dr. Emrah KOÇAK

İktisat Bölümü ABD Başkanı

Prof. Dr. Cüneyt DUMRUL

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Doç. Dr. Emrah KOÇAK danışmanlığında **Setenay OKTAY** tarafından hazırlanan “**Avrupa Birliği Ülkelerinde Sosyoekonomik Dinamikler, Plastik Atık Üretimi Ve Geri Dönüşümü: Döngüsel Ekonomi Üzerine Bir Değerlendirme**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü **İktisat** Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

05/11/2024

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Emrah KOÇAK

Üye : Doç. Dr. Melike DEDEOĞLU

Üye : Doç. Dr. Bekir ÇELİK

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulu’nun /.../2024 tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

..... /...../

Prof. Dr. Atabey KILIÇ

Enstitü Müdürü

ÖN SÖZ

Yüksek lisansa başladığım günden itibaren karşılaştığım tüm zorluklarda yanımda olup bana yol gösteren, güler yüzü ve samimi desteğiyle bu süreci kolaylaştıran, konu seçiminden itibaren çalışmanın her aşamasında değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, ihtiyaç duyduğum her anda sabrını ve vaktini esirgemeyen kıymetli danışmanım Doç. Dr. Emrah KOÇAK'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Değerli vakitlerini ayırarak tez savunma sınavıma katılan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak tezime katkıda bulunan saygıdeğer hocalarım Doç. Dr. Melike DEDEOĞLU ve Doç. Dr. Bekir ÇELİK'e teşekkür ederim.

Bu süreçte bana verdiği manevi destekle beni güçlendiren, her zor anımda yanımda olan, her mutlu anıma en az benim kadar sevinen, lisans hayatımın bana kazandırdığı kıymetli dostum Arzu'ya gönülden teşekkür ederim.

Zorlandığımı hissettiğim her an beni sabırla dinleyerek destek olan sevgili kuzenim Hakan'a, bu süreçteki eşsiz katkıları için minnettarım. Son olarak aldığım her kararda arkamda olan, benden desteklerini asla esirgemeyen, güçlü bir duruşa sahip olmamı sağlayan sevgili aileme tez yazım sürecinde de bana göstermiş oldukları anlayış ve sevgi için teşekkür ederim.

Setenay OKTAY, Kayseri, 2024

AVRUPA BİRLİĞİ ÜLKELERİNDE SOSYOEKONOMİK DİNAMİKLER, PLASTİK ATIK ÜRETİMİ VE GERİ DÖNÜŞÜMÜ: DÖNGÜSEL EKONOMİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Setenay OKTAY

**Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Kasım 2024
Danışman: Doç. Dr. Emrah KOÇAK**

ÖZET

Hızla gelişen sanayileşme ile üretim sürecinde sürekli yeni girdilere ihtiyaç duyulmaktadır. Döngüsel ekonomi ve atık yönetimi üzerine yapılan çalışmalar ile kaynakların sürdürülebilir kullanımının hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli bir etkiye sahip olduğunu anlaşılmıştır. Bu çalışmalar bir yandan çevreyi korurken bir yandan da ekonomik büyüme ve kalkınmayı amaç edinmiştir. Bu nedenle atık yönetiminin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisi incelenirken ampirik çalışmalar tercih edilmiştir. Bu çalışma 25 Avrupa Birliği ülkesinin, 2004 - 2021 yıllarını kapsayan yıllık verileri kullanılarak ve STIRPAT modelinden faydalanılarak panel veri analizi ile yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin mevcut olduğu ortaya koyulmuştur. Değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve esneklik katsayılarını belirlemek için ise Panel Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) ve Panel Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) testleri uygulanmıştır. FMOLS ve DOLS test sonuçlarına göre kişi başına gayrisafi yurt içi hâsıla (GSYH) ve sanayinin GSYH'ye katkısı ile kişi başına plastik ambalaj atığı üretimi arasında pozitif yönde, okullaşma ve kentleşme oranı ile kişi başına plastik ambalaj atığı üretimi arasında ise negatif yönde bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir. Kişi başına GSYH, okullaşma ve kentleşme oranının geri dönüşüm oranı üzerinde pozitif yönde bir etkisi varken; sanayinin GSYH'ye katkısının geri dönüşüm oranı üzerinde negatif yönde bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Sürdürülebilirlik, Plastik Atık, Geri Dönüşüm

SOCIOECONOMIC DYNAMICS, PLASTIC WASTE PRODUCTION AND RECYCLING IN EUROPEAN UNION COUNTRIES: AN ASSESSMENT ON THE CIRCULAR ECONOMY

Setenay OKTAY

**Erciyes University, Graduate School of Social Sciences
Master's Thesis, November 2024
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Emrah KOÇAK**

ABSTRACT

With rapidly developing industrialization, new inputs are constantly needed in the production process. With the studies on circular economy and waste management, it has been understood that the sustainable use of resources has a significant impact both economically and environmentally. These studies aim to achieve economic growth and development while protecting the environment. Therefore, empirical studies have been preferred to examine the impact of waste management on sustainable development. This study was conducted with panel data analysis using annual data of 25 European Union countries covering the years 2004 - 2021 and utilizing the STIRPAT model. According to the findings, it is revealed that there is a long-run relationship between the variables. Panel Fully Modified Least Squares (FMOLS) and Panel Dynamic Least Squares (DOLS) tests were applied to determine the direction of the relationship between the variables and the elasticity coefficients. According to FMOLS and DOLS test results, there is a positive relationship between GDP per capita and industry's contribution to GDP and plastic packaging waste generation per capita, and a negative relationship between schooling and urbanization rate and plastic packaging waste generation per capita. While GDP per capita, schooling and urbanization rate have a positive effect on the recycling rate, the contribution of industry to GDP has a negative effect on the recycling rate.

Keywords: Circular Economy, Plastic Waste, Recycling, Sustainability

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
KILAVUZA UYGUNLUK	iii
KABUL VE ONAY TUTANAĞI	iv
ÖN SÖZ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

DÖNGÜSEL EKONOMİ KAVRAMI

1.1. Döngüsel Ekonominin Tanımları	5
1.2. Döngüsel Ekonominin Kapsamı	8
1.3. Doğrusal Ekonomiden Döngüsel Ekonomiye Geçiş	11
1.4. Döngüsel Ekonominin Faydaları	17
1.4.1. Döngüsel Ekonominin Kaynak Bakımından Faydaları	17
1.4.2. Döngüsel Ekonominin Çevresel Faydaları	18
1.4.3. Döngüsel Ekonominin Ekonomik Faydaları	19
1.4.4. Döngüsel Ekonominin Sosyal Faydaları	21
1.5. Döngüsel Ekonominin Önündeki Engeller	22

İKİNCİ BÖLÜM

ATIK YÖNETİMİ

2.1. Atık Kavramının Tanımı	24
2.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması	26
2.2.1. İnşaat Atıkları	31
2.2.2. Endüstriyel Atıklar	33
2.2.3. Evsel Atıklar	36
2.2.4. Tarımsal Atıklar	39
2.2.5. Tıbbi Atıklar	41

2.3. Atık Yönetimi Hiyerarşisi	44
2.4. Sürdürülebilir Kalkınma Fikrinin Tarihsel Süreci ve Atık Yönetimi.....	51

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AB'DE PLASTİK ATIK ÜRETİMİNİ VE GERİ DÖNÜŞÜMÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN TAHMİNİ

3.1. Literatür Değerlendirmesi.....	56
3.2. Model ve Veri Seti.....	63
3.3. Yöntem	65
3.4. Ampirik Bulgular.....	66
3.4.1. Panel Birim Kök Testi Sonuçları.....	66
3.4.2. Panel Eşbütünleşme Testi Sonucu.....	67
3.4.3. Panel Eşbütünleşme Katsayı Tahminçileri Test Sonuçları.....	68
SONUÇ	72
KAYNAKÇA.....	75

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
BEBKA	: Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı
ÇEBİD	: Çevre Biyoçeşitlilik ve İklim Değişikliği
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DE	: Döngüsel Ekonomi
DEİK	: Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü (WHO: World Health Organization)
EEA	: Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency)
EMF	: Ellen MacArthur Vakfı
EUROSTAT	: Avrupa İstatistik Ofisi
GDP	: Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
GSYH	: Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
IPS	: Im, Peseran, Shin Panel Birim Kök Testi
LLC	: Levin, Lin & Chu Panel Birim Kök Testi
OSB	: Organize Sanayi Bölgeleri
SBB	: Türkiye Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı
SKH	: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
TİKA	: Türk İşbirliği ve Koordinasyon Ajansı Başkanlığı
TTGV	: Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TÜBA	: Türkiye Bilimler Akademisi
UNECE	: United Nations Economic Commission for Europe
UNEP	: United Nations Environment Programme
WDI	: Dünya Kalkınma Göstergeleri
WEF	: World Economic Forum

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Döngüsel Ekonomi Modeli Diyagramı.....	7
Şekil 1.2.	Döngüsel Ekonomi Modeli Kelebek Diyagramı	10
Şekil 1.3.	Ekonomik Modellere Göre Kaynak Kullanımı.....	12
Şekil 1.4.	AB’de (27 Ülke) Yıllara Göre Döngüsel Malzeme Kullanım Oranı %	14
Şekil 1.5.	Döngüsel Ekonomi Modelinin İlkeleri	16
Şekil 2.1.	AB’de 2020 Yılı Ekonomik Faaliyetlere Göre Atık Üretimi	27
Şekil 2.2.	Ülkelere Göre Atık Üretimi, 2020 (Kişi Başına Kg).....	28
Şekil 2.3.	Endokrin Bozucu Kimyasalların İnsan Besin Zincirine karışması.....	30
Şekil 2.4.	AB’de (27 Ülke) Belediye Atıklarının Geri Dönüşüm Oranı %	38
Şekil 2.5.	AB’de (27 Ülke) Belediye Katı Atıklarının Bileşimi	39
Şekil 2.6.	Atık Yönetimi Hiyerarşisi	46
Şekil 2.7.	Sürdürülebilir Kalkınma Fikrinin Tarihsel Süreci	51

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 3.1. Ampirik Literatür.....	61
Tablo 3.2. Modelde Kullanılan Değişkenler.....	64
Tablo 3.3. AB Üyesi 25 Ülke.....	65
Tablo 3.4. Panel Birim Kök Test Sonuçları.....	66
Tablo 3.5. Pedroni Eşbütünleşme Testi (Sabitli-Trendli) Sonuçları.....	68
Tablo 3.6. Panel Fully Modified Least Squares (FMOLS).....	68
Tablo 3.7. Panel Dynamic Least Squares (DOLS)	69
Tablo 3.8. Panel Fully Modified Least Squares (FMOLS).....	70
Tablo 3.9. Panel Dynamic Least Squares (DOLS)	70

GİRİŞ

Sanayileşme sürecine bakıldığında meydana gelen talep artışlarının karşılanması için genellikle daha yüksek seviyelerde üretim seviyelerine ihtiyaç duyulmuştur. Ancak üretim seviyesi arttıkça daha fazla girdiye ihtiyaç duyulacaktır. İhtiyaç duyulan bu girdi, doğadaki sınırlı kaynaklardan karşılanmaktadır. Doğrusal ekonomi modelinin yerleşmiş anlayışı olan al – kullan – at anlayışı kaynakların bir defa girdi olarak kullanılmasını ve sonuçta kullanılmayan kısmın atık olarak salınımı anlamına gelmektedir. Hem kaynakların sınırlı olması hem de atık üretim miktarındaki artış doğrusal ekonomik anlayışın değişmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sürdürülebilir atık yönetiminin hem ekonomik hem sosyal hem de çevresel faydaları olacaktır. Sürdürülebilirlik anlayışının önemi kendisini döngüsel ekonomi alanında göstermiştir. Döngüsel ekonomi, günümüzde artan tüketim ve atık sorunlarına sürdürülebilir çözümler arayan bir yaklaşım olarak kendini göstermektedir. Geleneksel lineer ekonomi modelinin al – kullan – at anlayışının aksine, döngüsel ekonomi kaynakların mümkün olduğunca uzun süreli kullanımını ve geri dönüşümünü önererek hem ekonomik hem sosyal hem de çevresel faydaları amaçlamaktadır. Sadece büyüme ve kalkınmayı hedeflemek yerine çevreyi koruyan, kaynak verimliliğine ve geri dönüşüme önem veren böylece üretim maliyetlerini düşüren ve atık üretimini azaltan döngüsel ekonomi modeli dünya genelinde kendini hızla kabul ettirmiştir.

Hem ekonomilerde meydana gelen büyümeler hem de nüfusun hızla artması üretilen atık miktarının günden güne artmasıyla atık sorununu da gündeme getirmiştir. Gün geçtikçe büyüyen bir çevresel endişe haline gelen katı atık salınımı, sürdürülebilirlik anlayışının yayılmasıyla ekonomilerde önem arz eden konular arasında yerini almıştır. Artan nüfus ve tüketim alışkanlıkları, dünyanın dört bir yanında katı atık üretimini

artırmıştır. Bu atıklar, iklim değışikliğı, su kirliliğı ve biyoçeşitlilik kaybı gibi doğaya zarar verici etkilerinin yanında insan sağılığını da tehdit edebilecek güçtedirler.

Kontrolsüz ya da yetersiz atık yönetimiyle çevreye salınan atıklar içme sularına karışabilmekte, verimli arazileri işgal edebilmekte, ekolojik dengeye zarar vermekte ve hatta insan hayatını tehlikeye atabilmektedir. Atık yönetimindeki etkinlik tüm bu zararları minimize ederken kaynakları kapalı döngüde tutarak maliyetleri de düşürmektedir. Atık miktarının azaltılabilmesi için hem politika yapıcılar doğru politikaları belirlemeli hem de geri dönüşüm bazında toplumsal bilinç artmalıdır.

Hem kaynak verimliliğine verilen önem hem de çevresel etkilerin minimuma indirilmesi arzusu döngüsel ekonomiye önem kazandırmıştır. Bu önem döngüsel ekonomi ve çevresel konularla ilgili birçok ampirik çalışmanın yapılmasının önünü açmıştır. Bu çalışmalar döngüsel ekonomik anlayışın etkinliğini, verimli kaynak kullanımının önündeki engelleri, verimli kaynak kullanımının sağladığı faydaları incelemektedir. Kimi çalışmalar karbondioksit emisyonu üzerinden çevresel etkiyi incelerken kimi çalışmaları katı atık üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu alanda yapılan ilk çalışmalar daha çok atık önlenme yöntemi olarak atık oranında verginin ödemenin atık oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Daha sonraki yıllarda ise araştırmaların kapsamı genişlemiş ve ülkelerin kişi başına gayrisafi yurt içi hâsılasından faydalanarak atık oluşum miktarını incelemişlerdir.

Çevresel etkilerin belirleyicilerini ortaya koyan modellerden biri olan IPAT modelinde ($I = PAT$) çevreyi etkileyen üç temel faktör nüfus (P), refah (A) ve teknoloji (T) olarak belirlenmiştir. IPAT modelinin stokastik analiz kapsamında genişletilmiş olan STIRPAT modeli bu etkilerin ölçülmesinde kullanılmaktadır.

Bu çalışma 25 Avrupa Birliği ülkesinde kişi başına GSYH miktarının, kentleşme oranının, eğitimin ve sanayinin GSYH içerisindeki payının kişi başına üretilen plastik ambalaj atığı ve geri dönüşümü üzerindeki etkisini STIRPAT modeli kapsamında araştırmıştır. Araştırmada kullanılan veriler Dünya Bankası ve Avrupa İstatistik Ofisi'nden çekilmiştir. 2004 – 2021 yılları arasını kapsayan bu çalışmada kullanılan veriler yıllık olarak seçilmiştir. 25 AB ülkesini ve 2004 – 2021 yılları arasını kapsaması panel veri analizi yöntemine uygun bir veri sağlamaktadır. Bu analizde iki adet bağımlı

değişkenimiz bulunmaktadır. Bunlar kişi başına üretilen plastik ambalaj atığı ve geri dönüşüm oranıdır.

Bu çalışmanın amacı, AB’de kişi başına üretilen plastik ambalaj atığı ve geri dönüşümünün belirleyicilerini STIRPAT modeli kapsamında incelemektir. Çevresel etkiyi ortaya koymak için nüfus (P), refah (A) ve teknoloji (T) değişkenlerine uygun temsilciler belirleyerek bu değişkenlerinin etki yönü ve etki gücü ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Kişi başına GSYH, kentleşme, okullaşma oranını ve sanayinin GSYH içerisindeki payının kişi başına üretilen plastik ambalaj atığı ve geri dönüşüm oranı üzerindeki etkisini araştıran bu çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Öncelikle döngüsel ekonomi kavramı olarak ele alınmıştır. Bu bölümde döngüsel ekonomi anlayışı tanımlanmış, kapsamı belirtilmiş ve döngüsel ekonominin önündeki engellerden bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümü atık kavramını açıklamaya ayrılmıştır. Bu bölümde atık kavramı tanımlanmış, kategorilere ayrılmış ve atık yönetiminin gerekliliğinden bahsedilmiştir. Atık yönetiminde kullanılan atık yönetimi hiyerarşisinin adımları ayrıntılı olarak incelenmiş ve yetersiz atık yönetiminde medyana gelebilecek tehlikelerden bahsedilmiştir.

Çalışmanın son bölümü ise ampirik incelemeye ayrılmıştır. İlk olarak atık salınımı ve geri dönüşüm ile ilgili olarak yapılan ampirik literatür taraması paylaşılmış ve elde edilen bilgiler kronolojik olarak yazılı ve tablolandırılmış halde sunulmuştur. Devamında tahmin için kullanılan model ve değişkenler kaynaklarıyla birlikte açıklanmıştır. Analizde kullanılan yöntemler ve elde edilen bulgular paylaşılmış ve yorumlanmıştır. Elde edilen katsayılar göre değişkenler arası ilişki belirlendikten sonra sonuç bölümünde konu bütünsel olarak ele alınmış ve politika önerilerine yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

DÖNGÜSEL EKONOMİ KAVRAMI

İnsanoğlu, dünyada yaşamaya başladığından beri doğal kaynakları kendi çıkarları doğrultusunda kullanmıştır (Öcal, 2010). Sanayi Devrimi'nin etkisiyle teknoloji ve kentsel nüfus artışı hızla gelişmiş, bu durum çarpık kentleşmeye ve sınaî tüketim talebinin artmasına yol açmıştır. Dolayısıyla doğaya salınan atık miktarlarında önemli ölçüde artış görülmüştür. Nüfus artışı ve ekonomik büyümeyle ortaya çıkan yoğun talebi karşılamak için yapılan üretim, doğal kaynakların azalması ve iklim değişikliği gibi çeşitli olumsuz çevresel etkilere neden olmuştur (Kazel Bozkurt, 2022). Zaman içinde ekolojik denge bozulmaya başlamış ve bu bozulma beraberinde insan sağlığını da etkilemeye başlamıştır. İnsanlar bu zararı anlamaya başladıkça çevre konularına daha duyarlı olmuş ve doğaya verilen zararı en aza indirme çabalarına girişmişlerdir. Bu çabalar, çevre bilincinin artmasını ve çevre bilimi ile ekoloji gibi alanların gelişmesini sağlamıştır (Öcal, 2010). Ekosistemlerdeki gözlemlenebilir değişimler ve bozulmalar, dünya çapında politika yapıcıların hem yerel hem de küresel düzeyde sürdürülebilir kalkınmaya öncelik vermesini sağlamıştır. Ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğin ön koşulunun sağlıklı bir çevre olması, çevresel sürdürülebilirliğin önemine dikkat çekmektedir (Bilgili vd., 2020).

Bu durum, 1980'lerden itibaren üretim ve tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi gerekliliği üzerine sıkça vurgulanmıştır. Bu bağlamda, kullanılan ilk kavram sürdürülebilir kalkınma olarak dile getirilmişken, son yıllarda ise literatürde en dikkat çeken kavram döngüsel ekonomi olmuştur (Kazel Bozkurt, 2022).

Sürdürülebilir kalkınma terimi, ilk olarak 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından hazırlanan Brundtland Raporu'nda kullanılmıştır. Bu Rapora

göre sürdürülebilir kalkınma, “Gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini bugünkü gereksinimleri karşılamadan sürdürebilir bir şekilde sağlayan kalkınma” olarak tanımlanmıştır (Yılmaz, 2018).

Kenneth Boulding tarafından 1966 yılında öne sürülen döngüsel ekonomi ilkeleri, resmi olarak ilk kez 1990 yılında İngiliz çevre ekonomistleri David Pearce ve Kerry Turner tarafından benimsenmiştir. Pearce ve Turner’ın çalışmalarında, ekonomik faaliyetler ile çevre arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalıştıkları ve “Her şey bir başka şeyin girdisidir” ilkesinden yola çıkarak, kapalı döngülü bir materyal akışı önerdikleri görülmektedir. Bu yaklaşımlarıyla, doğrusal (döngüsel olmayan) ekonomi modeline karşı kapalı bir ekonomi modelini savunmuşlardır. Bu yeni modelde, kaynakların sürekli olarak yeniden kullanımı teşvik edilerek, kaynakların devamlı bir döngü içinde kalması sağlanarak uzun vadede daha fazla değer yaratılması hedeflenmiştir (Bolayır, 2023).

Pearce ve Turner, tükenebilir ve yenilenebilir kaynaklar arasındaki farkı ortaya koymaktadırlar. Tükenebilir kaynakların kullanımı, bu kaynakların stoklarını azaltırken, yenilenebilir kaynaklar kendini yenileme kapasitesine sahip olabilmektedir. Bu durum, yenilenebilir kaynakların tükenmeyen ve çoğalabilen niteliği ile döngüsel bir ekonomi bağlamında “sonlu kaynak tabanı” sorununa yönelik bir çözüm sunmaktadır (Ekins vd., 2019).

1.1. Döngüsel Ekonominin Tanımları

Döngüsel ekonominin genel tanımı “kaynakların verimli kullanımıyla dünyanın sınırlı kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi” olarak bilinmektedir. Ancak, döngüsel ekonominin kapsamı geniş ve çeşitlidir; bu nedenle bugüne kadar 150’den fazla tanımı yapılmıştır. Bu tanımlar, döngüsel ekonominin çeşitli yönlerini ve uygulama alanlarını yansıtarak konunun geniş kapsamlı olmasını ve önemini vurgulamaktadır. Bu tanımlar arasında en çok kullanılanı ise Dame Ellen MacArthur tarafından kurulan Ellen MacArthur Vakfı (EMF)’nin yapmış olduğu tanımdır (Dimovski vd., 2022).

EMF, 2010 yılı Eylül ayında, iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, artan atık miktarları ve çevre kirliliği gibi küresel risklerle mücadele etmeyi hedefleyen rejeneratif

döngüsel ekonomiye geçişi hızlandırma amacıyla kurulmuştur. Vakıf, döngüsel ekonomi anlayışını ileri taşıyarak, iş dünyası, akademi, politika yapıcılar ve kuruluşlarla iş birliği yaparak sistem çözümlerini küresel düzeyde teşvik etmekte ve uygulamaktadır (Dimovski vd., 2022).

EMF'nin tanımına göre döngüsel ekonomi; işletmeler, toplum ve çevre için yararlı olan bir ekonomik gelişim modelidir. Bu yaklaşım, doğrusal olan “kullan – yap – imha et” modeline karşıt olarak tasarlanmıştır. Döngüsel ekonomi, kaynakları kademeli olarak tüketmek yerine yenileyici bir şekilde kullanarak sınırlı kaynakların korunmasını hedeflemektedir. Endüstriyel ekonomiyi onarıcı bir niyetle tasarlar ve doğal ile sosyal sermayenin yeniden inşası için etkin malzeme, enerji, işgücü ve bilgi akışının aracılığıyla ekonomideki her şeyi değerli bir kaynak olarak ele alarak enerji kullanımını azaltmayı ve tasarım aracılığıyla yenilenebilir enerjiye geçişi hızlandırmayı hedeflemektedir (Polman, 2013).

Avrupa Parlamentosu'na göre döngüsel ekonomi, mevcut malzemelerin ve ürünlerin mümkün olduğunca uzun süre paylaşılması, kiralanması, yeniden kullanılması, onarılması, yenilenmesi ve geri dönüştürülmesini içeren bir üretim ve tüketim modelidir. Bu yaklaşım, ürünlerin yaşam döngüsünü uzatarak atıkların en aza indirilmesini sağlamaktadır. Bir ürün ömrünü tamamladığında, malzemeleri geri dönüşüm yoluyla ekonomide tutarak, bu ürünlerin yeniden verimli bir şekilde kullanılmasını ve böylece daha fazla değer yaratılmasını amaçlamaktadır (European Parliament, 2023).

Dünya Ekonomi Forumu'na göre genel ekonomik çerçevede kaynak verimliliğinde belirgin bir iyileşme arayışı işletmelerin ürünleri veya bileşenleri yeniden kullanarak değerli malzemeler, enerji ve işgücü girdilerini daha fazla geri kazanma yollarını araştırmalarına öncülük etmiştir. Döngüsel ekonomi, niyeti ve tasarımıyla onarıcı veya yenileyici bir endüstriyel sistem olarak tanımlanmaktadır (EMF; McKinsey & Company, 2014).

Türkiye Döngüsel Ekonomi Platformu'na göre döngüsel ekonomi, kaynakları mümkün olduğunca uzun süre ekonomi içinde tutarak fiziksel kaynakların değerini koruyan ve hammadde tüketimini, atığı ve değer zinciri risklerini en aza indirmeyi amaçlayan bir

piyasa ekonomisidir. Ürünlerin kullanım ömrü sona erdiğinde değerlerini yakalamayı hedefleyerek, ekonomik süreçlerde sürdürülebilirlik ve verimlilik sağlamaktadır (Türkiye Döngüsel Ekonomi Platformu, t.y.).

Tanımların içeriğinin farklılaşması, döngüsel ekonominin ekonomi üzerinde doğrudan ve dolaylı etkilerinin geniş bir yelpazeye yayılmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, konunun büyüme potansiyelini vurgulamaktadır. Uygulamalar yaygınlaştıkça, yeni bakış açıları ortaya çıkacak ve ortak zeminler genişleyecektir (Ekren, 2022).

Şekil 1.1. Döngüsel Ekonomi Modeli Diyagramı



Kaynak: Hedefler için İş Dünyası Platformu ve Dcube Döngüsel Ekonomi Kooperatifi (2020).

Avrupa Birliği'ne göre, ürünlerin, girdilerin ve kaynakların ekonomide mümkün olduğunca uzun süre değerlendirildiği ve atık üretiminin en aza indirildiği döngüsel bir ekonomiye geçiş, AB'nin sürdürülebilir, düşük karbonlu, kaynakları verimli kullanan ve rekabetçi bir ekonomi geliştirme çabalarına önemli katkı sağlamaktadır. Bu yaklaşım, ekonomik büyümenin çevresel etkilerini minimize ederek uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemekte ve kaynak yönetiminde verimliliği artırmayı amaçlamaktadır

(European Commission, 2015). Döngüsel ekonomik sistem, “3R” kavramıyla özetlenebilmektedir. Bu kavram, İngilizce “Recycle” (geri dönüşüm), “Reuse” (yeniden kullanım) ve “Reduce” (azaltma) kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Bu ilkeler, sırasıyla kaynakların geri dönüşümü, yeniden kullanımı ve tüketimde azaltımı teşvik ederek, ekonomik süreçlerin sürdürülebilirliğini ve kaynak verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır (Önder, 2018).

1.2. Döngüsel Ekonominin Kapsamı

Jean-Claude Juncker’ın başkanlığındaki Avrupa Birliği Komisyonu, 1 Kasım 2014 tarihinde göreve başladıktan sonra, 2015 yılı sonunda yalnızca atık hedeflerini değil, ekonomik döngünün tümünü kapsayan yeni bir paket sunacağını duyurarak kapsamlı bir danışma süreci başlatmıştır. Bu sürecin sonucunda, Döngüsel Ekonomi için Eylem Planı ve ekleri 2015 Aralık ayında kabul edilmiştir. Döngüsel Ekonomi Paketi’nin ana hedefi, daha fazla geri dönüşüm ve yeniden kullanım sağlayarak üretim yaşam döngülerini kapatarak hem çevresel hem de ekonomik olarak ortak faydalar elde etmektir. Bu paket, atık yönetimi mevzuatının yenileme teklifinde, atık azaltımı için net hedefler belirlenmiş ve üye devletlerdeki çeşitli koşullar ve engelleri aşmak için somut tedbirler önermiştir (Sapmaz Veral, 2018).

Avrupa Komisyonu’nun Döngüsel Ekonomi Eylem Planı kapsamında getirilecek tedbirlerin amaçları şu şekilde sıralanmıştır (The European Commission, 2020):

- Avrupa Birliği’nde sürdürülebilir ürünleri standart hale getirmek,
- Tüketicileri ve kamu alıcılarını daha güçlü hale getirmek,
- Daha az atık salınımını sağlamak,
- İnsanlar, bölgeler ve şehirler için döngüsel ekonominin faydalı olmasını sağlamak,
- Döngüsel ekonomiye ilişkin küresel çabalara öncülük etmek,
- Özellikle kaynakları yoğun olarak kullanan ve döngüsel ekonomi potansiyeli yüksek olan sektörlerle odaklanmaktır. Bunlar elektronik ve bilgi işlem

teknolojileri, piller ve araçlar, ambalaj, plastik, tekstil, inşaat ve binalar, gıda, su ve besin maddeleri gibi alanları içermektedir.

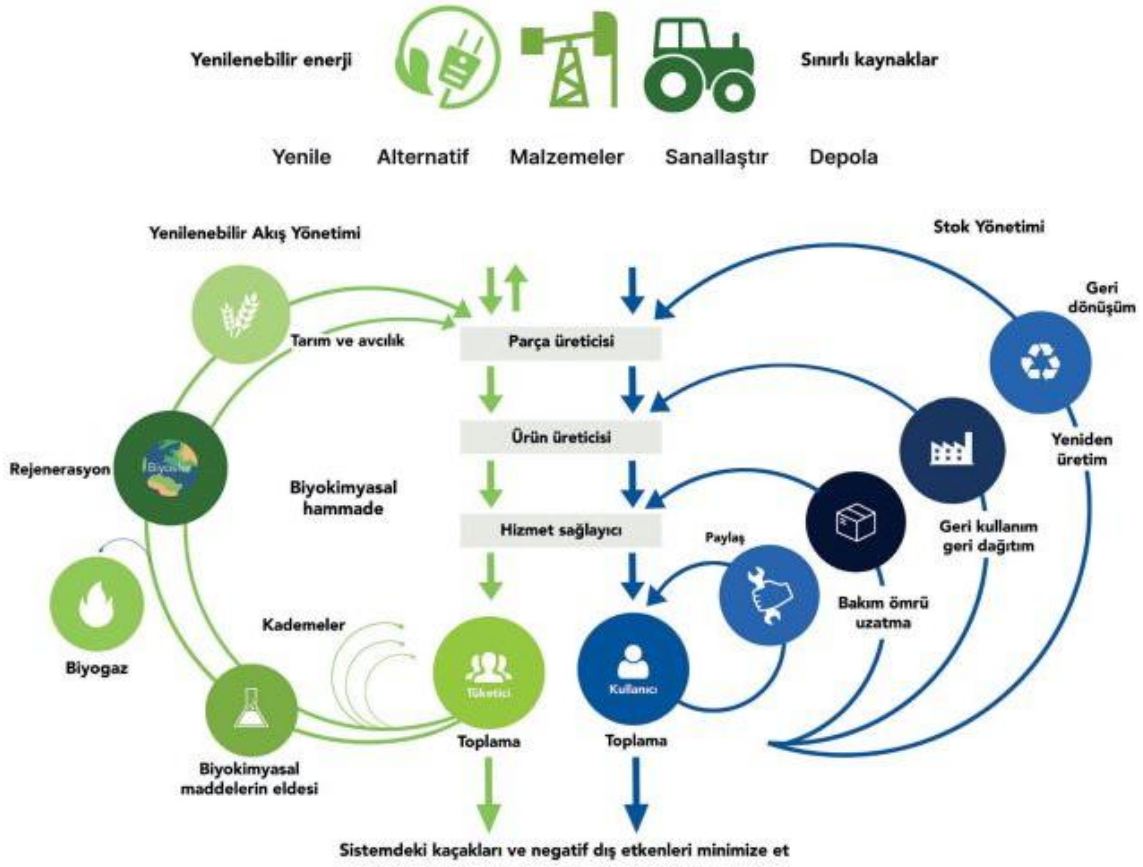
Bu hedefler; verimlilik, geri dönüşüm, geri kazanım, azaltma ve tasarım olmak üzere beş ana alanda sınıflandırılabilir. Yönetişim dünyasında, bu alanlar arasında belirgin farklılıklar bulunmamaktadır; çünkü yüksek düzeyde birbirleriyle ilişkilidirler ve bu ilişki farklı alanların örtüştüğü noktalar ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, atık azaltma hedefleri malzeme verimliliğiyle ilgili olabilirken, tasarımın diğer tüm alanlar üzerinde de etkileri olabilir. Bu bağlamda, sezgisel bir yaklaşımla, hedeflerin uygulanabilirlik alanlarını temsil eden döngüler arasındaki örtüşmeler vurgulanmaktadır (Morsetto, 2020).

Paketin odak noktaları üretim, tüketim, atık yönetimi ve ikincil hammaddeler olarak belirlenmiştir. İnovasyon, yatırım ve izleme ise tüm döngüyü kapsayan önemli unsurlardır. Özellikle biyokütle ve biyobazlı ürünler, plastikler, inşaat ve yıkım faaliyetleri, kritik hammaddeler ve gıda atıkları öncelikli sektörler olarak öne çıkarılmıştır (Sapmaz Veral, 2018).

Döngüsel ekonomi, iki temel alanda işleyiş gösterir. Birincisi mikro ölçekte; ürünler, işletmeler ve tüketiciler etkilidir. İkincisi ise makro ölçekte olmak üzere; şehirler, bölgeler, ülkeler ve uluslararası organizasyonlar öne çıkmaktadır. Her bir bileşen veya düzey dikkate alındığında, ana hedef sürdürülebilir kalkınmayı desteklemektir (Ekren, 2022).

Sektörel analiz perspektifinden döngüsel ekonomideki ilerlemeler hizmet sunumu, malzeme toplama ve işleme süreçleri ile onarım ve yenileme hizmetleri alanlarında yeni faaliyetlerin geliştirilmesini hedeflemelidir. Bu alanlar genellikle emek yoğun sektörlerle dahil olup, dolayısıyla istihdamın artmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca genellikle gayriresmi ve yetersiz çalışma koşulları altında gerçekleştirilen malzeme geri kazanım faaliyetlerinin resmileştirilmesi, verimliliği artırarak ek faydalar sağlayabilmektedir. Bu süreç, daha fazla istihdam ve gelirin tüketim artışına katkıda bulunmasını sağlayabilir; özellikle hizmet talebi ve üretimine yönelik genel talebi artırabilir (United Nations, 2021).

Şekil 1.2. Döngüsel Ekonomi Modeli Kelebek Diyagramı



Kaynak: EMF; McKinsey & Company, (2014).

Döngüsel ekonomide doğru ilerlemenin izlenmesi ile bu sürecin doğrudan ve dolaylı faydalarının analiz edilmesi son derece kritiktir. Bu yaklaşım, hem Avrupa Birliği hem de ulusal düzeydeki karar vericilerin politikalarının etkinliğini değerlendirme ve en iyi uygulamaları belirleme açısından önem arz etmektedir. Avrupa Komisyonu, daha önce 2018 yılında kabul edilen döngüsel ekonomi izleme çerçevesini 2023 yılında güncellemiştir. Bu güncelleme,

- Malzeme ayak izi ve kaynak verimliliği gibi yeni göstergeler ekleyerek malzeme kullanımının etkinliğini izlemeyi,
- Tüketim ayak izini kullanarak ise AB'nin tüketim alışkanlıklarının gezegensel sınırlarla uyumunu değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Yenilenen çerçeve, Avrupa Yeşil Anlaşması çerçevesinde AB'nin döngüsel ekonomi ve iklim nötrlüğü hedeflerini desteklemektedir. Bu hedefler, sürdürülebilir kalkınma için önemli adımlar atılmasını sağlamaktadır (European Commission, 2015).

Döngüsel ekonomi, Avrupa'da ve küresel çapta birincil kaynakların verimli kullanımını artırmayı sağlayacaktır. Yüksek değerli ürünlerde bulunan materyallerin korunması veya yüksek kaliteli ikincil hammaddeler olarak geri kazanılması yoluyla, birincil hammaddelere olan talebi azaltmada etkili olacaktır. Bu durum, Avrupa'nın dışa bağımlılığını azaltmaya yardımcı olacak ve birçok sanayi sektörünün uluslararası emtia piyasalarındaki fiyat dalgalanmaları ve arz belirsizliğinden daha az etkilenmesini sağlayacaktır (EEA, 2016).

1.3. Doğrusal Ekonomiden Döngüsel Ekonomiye Geçiş

Neoklasik ekonomi anlayışıyla birlikte yaygın olarak benimsenen doğrusal ekonomi kavramı, temel hedef olarak ekonomik büyümeyi sürdürülebilir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Bu model, Sanayi Devrimi'nden bu yana uygulanmakta olup, “al-yap-kullan-at” prensibi üzerine kuruludur. Basit ve doğrusal bir süreçle işleyen bu ekonomik sistem, birincil kaynakların (hammadde) çıkarılması, işlenerek malzeme ve/veya ürün haline getirilmesi, ardından kullanılarak tüketilmesi ve sonunda çevreye atık olarak bırakılması sürecini öngörmektedir (Özsoy, 2018).

Doğrusal ekonomide, üretim süreçleri genellikle neoklasik büyüme paradigması doğrultusunda planlanmakta, düşük maliyet, yüksek satış hacmi ve karlılık öncelikli hale gelmektedir. Bu yaklaşım aşırı nüfus artışı, hızlı sanayileşme ve kentleşme gibi faktörlerin etkisiyle çevresel sınırlamaları ikinci plana atmaktadır. Sonuç olarak, doğrusal ekonomik model, doğal kaynakların sınırlı olduğu ve çevre kirliliğinin arttığı bir ortamda sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada yetersiz kalmıştır. Bu durum, çevrenin korunması gerekliliğinin gerektirdiği önlemleri yeterince alamama ve uzun vadeli sürdürülebilirlik açısından eksik kalmayı beraberinde getirmiştir (Önder, 2018).

İnsanlık, doğrusal ekonominin doğaya verdiği zararların uzun süredir farkındadır. Ekonomik sistem, zamanla büyümesiyle birlikte uyumlu hale de getirilmiştir. Bu uyum belirli bir döngüsellik kazanılmasını sağlamıştır. Üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya

ıkan atıkların bir kısmı azaltılabilir ve geri dnstrlebilir olsa da bu srec ekonominin yeni kaynak ihtiyacını ortadan kaldırmamaktadır ancak azaltabilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artışına rağmen, fosil yakıtlar hala ana enerji kaynağı olarak önemini korumaktadır. Bu durum, ekonominin sürdürülebilirlik açısından daha az kaynak tüketen bir yapıya doğru evrilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır (Dimovski vd., 2022).

şekil 1.3. Ekonomik **Modellere** Göre Kaynak Kullanımı



Kaynak: T.C. evre, şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (tarih yok).

Doğrusal ekonomi modelinde üretim sreclerinde yaygın olarak fosil yakıtların kullanılması, atmosfere büyük miktarda sera gazı salınımı ve tüketim sürecinde meydana gelen kirlilikte artışla sonuçlanmaktadır. Bu durum, atmosferdeki sera etkisini güçlendirerek küresel ısınmaya hız kazandırmakta ve dolayısıyla iklim değişikliğini ivmelendirmektedir (Bayraktar, 2022).

İklim değişikliği endişeleri, geleneksel “al, kullan, at” doğrusal ekonomi ve iş modelleri üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Bu durum, artık “doğrusal ekonomi”nin sürdürülebilirlik açısından yetersiz kaldığı ve “döngüsel ekonomi”ye geçişin kaçınılmaz bir gereklilik haline geldiği anlamına gelmektedir. Bir ürünün tüm yaşam döngüsü-tasarım, üretim, tüketim ve atık yönetimi dâhil olmak üzere-malzeme ve enerji israfını en aza indirmek için her aşamada fırsatları değerlendirecek bir anlayışla dikkatle incelenmelidir (DEİK, 2022). Küreselleşme ekonomik aktiviteyi artırarak enerji tüketime ve emisyon seviyelerini yükseltmektedir. Ancak bilgiye dayalı ve hizmet odaklı bir ekonomiye geçiş, çevresel sorunları azaltabilir. Özellikle ticari açıklık ve

sermaye girişi, çevre kalitesini olumlu yönde etkiler ve diğerk ülkelerden daha çevre dostu teknolojilerin ithal edilmesine imkân tanımaktadır (Huo vd., 2023).

Doğrusal ‘al-yap-at’ ekonomik modeli, geniş miktarda kolayca ulaşılabilen kaynak ve enerjiye dayanmaktadır. Küresel ekonomiyi kaynak sınırlamalarından kurtarma çabalarımızın çoğu, üretim çıktısı başına tüketilen kaynakların ve fosil enerjinin azaltılması yoluyla ‘doğrusal’ verimlilik sağlamaya odaklanmaktadır. Ancak döngüsel ekonominin savunucuları, sadece verimliliğe odaklanmanın kaynakların sınırlı doğasını değiştirmeyeceğini ve en fazla kaçınılmaz sonu geciktirebileceğini belirtmektedir. Onlara göre, tüm işletim sisteminin köklü bir şekilde değiştirilmesi gerekmektedir (EMF; McKinsey & Company, 2014).

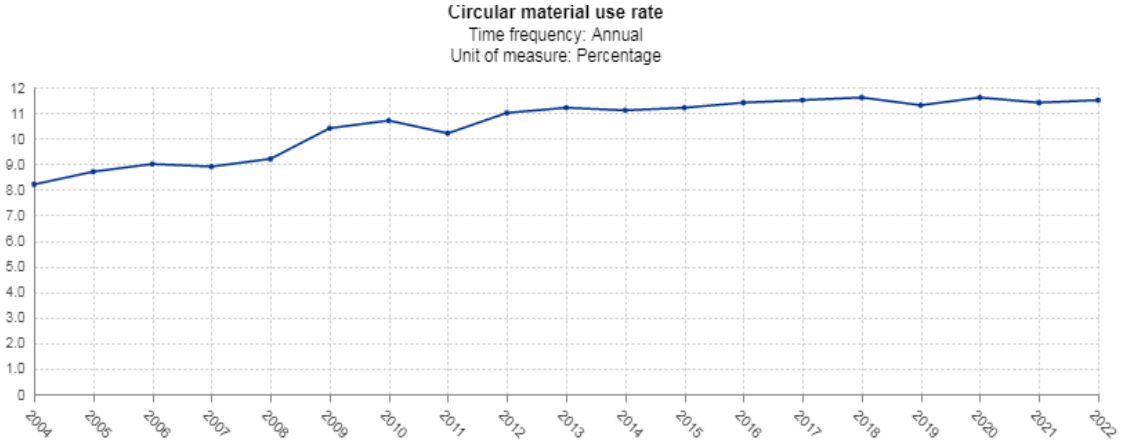
Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, AB Yeşil Mutabakatı çerçevesinde yayımlanarak kaynakların en etkin ve mümkün olan en uzun süre boyunca kullanılması, atık üretiminin azaltılması, ikincil hammaddelerin kullanımının teşvik edilmesi, sürdürülebilir ürünlerin standart hale getirilmesi, tüketicilerin ve kurumların bilinç düzeyinin artırılması, kamu alımlarında sürdürülebilir ürünlerin tercih edilmesi gibi amaçlar doğrultusunda çeşitli eylemleri içermektedir. AB Komisyonu, döngüsel ekonomi stratejisinin etkin olabilmesi için sağlam politika desteklerinin gerekliliğine dikkat çekmektedir (DEİK, 2022).

Eylem Planı, elektronik, bilişim, batarya, otomotiv, ambalaj, plastik, tekstil, inşaat, gıda ve tarım gibi sektörleri öne çıkarmaktadır. Bu sektörlerde döngüsel modellerin uygulanma potansiyelini yüksek görmektedir. Bu dönüşümün başarıya ulaşabilmesi için politika önlemlerinin yanı sıra davranış değişikliklerini teşvik eden faaliyetler de öngörülmektedir. Döngüsel Ekonomi Eylem Planı çerçevesinde, özellikle belirtilen sektörler olmak üzere, bu sektörlerle hammadde tedarik eden veya bu sektörlerle ticari ilişkileri olan tedarikçi firmalar da doğrudan veya dolaylı olarak etkilenme potansiyeline sahiptir (DEİK, 2022).

Doğrusal ekonomiyle karşılaştırıldığında döngüsel ekonomi, atık miktarını en aza indirerek hatta tamamen ortadan kaldırarak ve karbon dâhil kaynakların tekrar kullanımını sağlayarak ekonomik faaliyetleri malzeme ve enerji tüketiminden bağımsız hale getiren bir kapalı döngü oluşturmaktadır. Bu yaklaşım, tüm atık türlerini sadece

bertaraf etmek yerine uygun süreçlerle tekrar üretim sürecine dâhil ederek ekonomik değer yaratmayı amaçlamaktadır (Dimovski vd., 2022).

Şekil 1.4. AB’de (27 Ülke) Yıllara Göre Döngüsel Malzeme Kullanım Oranı %



Kaynak: EUROSTAT (2024).

İdeal bir endüstriyel ekosisteme pratikte tam olarak ulaşamayabilir; ancak sanayileşmiş dünyada yaşam standardını koruyabilmek ve geliştirmekte olan ülkelerin benzer seviyelere yükselmesini sağlayabilmek için üreticilerin ve tüketicilerin alışkanlıklarını daha sürdürülebilir bir yöne doğru değiştirmeleri gerekmektedir. Sanayileşmiş ve geliştirmekte olan ülkelerin bu değişiklikleri benimsemesi durumunda azalan hammadde kaynakları ve artan atık ile kirlilik sorunlarına karşı daha sürdürülebilir bir endüstriyel ekosistem geliştirmek mümkün olabilmektedir. Geliştirmekte olan ülkelerin, çevresel açıdan daha az sağlıklı olan eski teknolojileri terk ederek daha ekosistem dostu yeni yöntemlere geçiş yapmaları gerekecektir (Frosch & Gallopoulos, 1989).

Döngüsel ekonomi, işletmelerin enerji tüketimi ve atık üretimi konularında yeniden düşünmelerini teşvik ederek, sosyal, ekonomik ve doğal sermayeyi geliştiren bir modeldir. Bu yaklaşım, aşağıdaki üç temel ilkeye dayanmaktadır:

- **Kirliliği ve İsrafı Önlemek:** Ürün ve süreç tasarımında kirliliği ve israfı minimize etmeyi hedeflemektedir. Bu sayede çevresel etkiler azaltılmaktadır.

- Malzemeleri ve Ürünleri Kullanımda Tutmak: Malzemelerin ömrünü uzatmak, ürünlerin bakımını yaparak ve yeniden kullanımı teşvik ederek kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır.
- Doğal Sistemlerin Yeniden Oluşturulmasını Sağlamak: Doğal kaynakların sürdürülebilir şekilde yönetilmesini ve yeniden oluşturulmasını desteklemektedir.

Döngüsel ekonomi, küresel ve yerel düzeyde büyük ve küçük ölçekli işletmeler, kuruluşlar ve bireyler için uygulanabilir bir yaklaşımdır. Sadece doğrusal ekonominin olumsuz etkilerini azaltmakla kalmaz aynı zamanda uzun vadeli dayanıklılık sağlayan, iş ve ekonomik fırsatlar yaratan, çevresel ve toplumsal faydalar sunan sistemik bir değişimi de ifade etmektedir (T.C.Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı, 2020).

Döngüsel ekonomi, kaynak kullanımının verimliliğinin kaynak aşamasında başlaması gerektiğini vurgulayarak yeni bir bakış açısı geliştirmiştir. Bu yaklaşım, politika yapıcılarının iklim değişikliği ile mücadele hedefleriyle ekonomik hedefler arasında ortak bir zemin bulmalarına ve sürdürülebilirlik odaklı yeşil ekonomi kavramının gelişmesine katkıda bulunmaktadır. Döngüsel ekonomi, salt ekonomik bir model olmanın ötesinde, ekonomi ve çevre arasındaki ilişkili kavramları güçlü bir şekilde temsil etmektedir. Bu bağlamda, döngüsel ekonominin doğrusal modele tercih edilmesi gerekliliğini vurgulayan belirli stratejiler ışığında bu değişimi tanımladığı gözlemlenmektedir (Kazel Bozkurt, 2022).

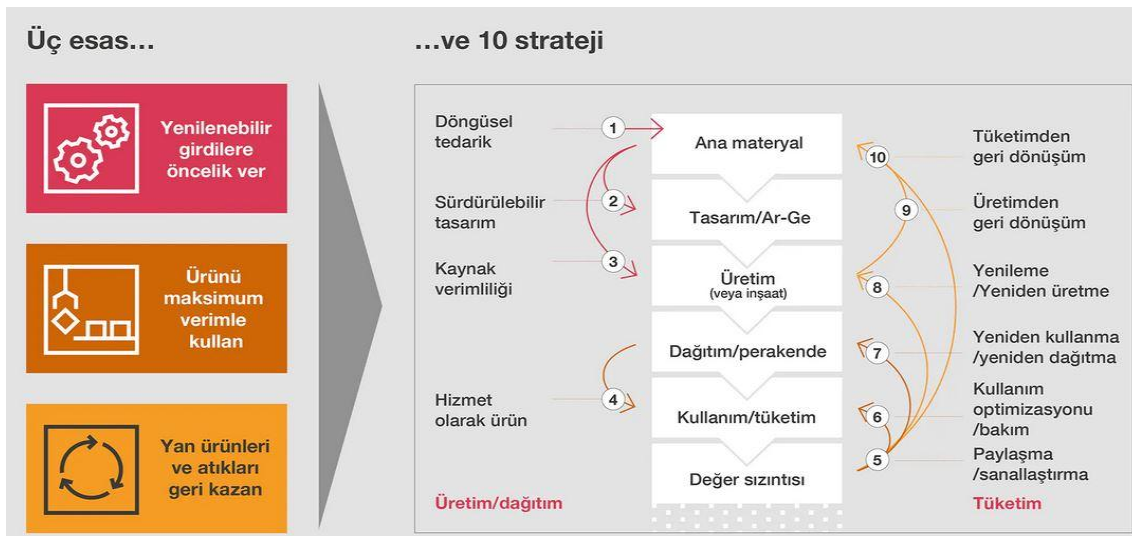
Doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye geçiş süreci, atık miktarının minimize edilmesini hedeflerken, kaynakların daha verimli kullanılmasını ve çevresel faydanın maksimize edilmesini hedeflemektedir. Döngüsel ekonomiye geçişte izlenmesi gereken temel adımlar:

- Tasarım Odaklı Yaklaşım: Ürünlerin tasarım aşamasında atık üretiminin azaltılması ve geri dönüşüm potansiyelinin artırılması önem taşımaktadır. Ürünlerin daha kolay geri dönüştürülebilir hale getirilmesi için tasarım değişiklikleri yapılmalıdır.

- **Atık Yönetimi:** Atıkların etkin bir şekilde toplanması, ayrıştırılması ve geri dönüşüm tesislerine yönlendirilmesi için sağlam bir atık yönetim sistemi oluşturulmalıdır.
- **Yeniden Kullanım ve Geri Dönüşüm:** Ürünlerin kullanım sürelerinin uzatılması ve atıkların geri dönüşümünün artırılması teşvik edilmelidir. Geri dönüşüm tesislerinin kapasitelerinin artırılması ve geri dönüşüm süreçlerinin hızlandırılması büyük önem taşımaktadır.
- **Politika ve Düzenlemeler:** Döngüsel ekonomiye geçiş için gerekli politika önlemleri ve düzenlemelerin yapılması önem arz etmektedir. Bu kapsamda atık yönetimi teşvikleri, geri dönüşüm sübvansiyonları, vergi avantajları gibi geri dönüşümü destekleyici önlemler alınmalıdır.
- **Farkındalık ve Eğitim:** Döngüsel ekonomi kavramının yaygınlaştırılarak, tüketicilerin ve işletmelerin gerekli bilinç seviyesine ulaştırılması gereklidir. Bu bağlamda eğitim programları ve bilinçlendirme seminerleri düzenlenerek döngüsel ekonomiye geçiş desteklenmelidir.

Bu adımların hayata geçirilmesiyle döngüsel ekonomiye geçiş sağlanabilir, atık miktarı azaltılabilir, doğal kaynakların daha verimli kullanılması sağlanabilir ve çevresel etkilerin minimize edilmesi hedeflenebilir (DEİK, 2022).

Şekil 1.5. Döngüsel Ekonomi Modelinin İlkeleri



Kaynak: PwC Türkiye (2019).

1.4. Döngüsel Ekonominin Faydaları

Döngüsel ekonominin oluşturacağı faydalar maddeler halinde özetlenebilmektedir (Hedefler için İş Dünyası Platformu ve Dcube Döngüsel Ekonomi Kooperatifi, 2020):

- Maliyetlerin düşürülmesi
- Ham madde fiyat dalgalanmalarının azaltılması
- Kaynak kullanımında verimliliğin artırılması
- İşletmelerin dayanıklılığının artırılması
- Rekabetçiliğin güçlendirilmesi
- Yeni iş fırsatlarının ve istihdamın artırılması
- Sürdürülebilir ürün ve hizmetlerin ihracatının teşvik edilmesi
- Sera gazı emisyonlarının ve israfın azaltılması

Avrupa Çevre Ajansı bu faydaları dört ana başlıkta incelemiştir. Bunlar; kaynak bakımından, çevresel, ekonomik ve sosyal faydalardır (EEA, 2016).

1.4.1. Döngüsel Ekonominin Kaynak Bakımından Faydaları

Döngüsel ekonomi, ürünlerin ve malzemelerin tekrar kullanılması, onarılması, yeniden üretilmesi ve geri dönüşümü gibi süreçleri teşvik ederek kaynak yönetimini optimize etmeye yardımcı olmaktadır. Bu yaklaşım, kaynakların daha az çıkarılmasını, enerji tüketiminin azaltılmasını ve atık oluşumunun en aza indirilmesini sağlamaktadır (Frosch & Gallopoulos, 1989).

Döngüsel ekonomi, Avrupa ve dünya genelinde birincil kaynak kullanımının verimliliğini artırabilir. Bu yaklaşım, yüksek değerli ürünlerde bulunan materyallerin korunması veya atıkların yüksek kaliteli ikincil hammadde olarak ekonomiye kazandırılmasıyla birincil kaynak talebinin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Bu durum, Avrupa'nın ithalata olan bağımlılığını azaltmaya yardımcı olacak ve birçok sanayi sektörünün uluslararası emtia piyasalarındaki fiyat dalgalanmaları ve arz belirsizliği gibi kıtlık veya jeopolitik risklere karşı daha az hassas olmasını sağlayacaktır (EEA, 2016).

Döngüsel ekonomi, AB'nin rekabet gücünü artırarak işletmeleri kaynak kıtlığı ve fiyat dalgalanmalarına karşı korumaktadır. Aynı zamanda yeni iş fırsatları oluştururken yenilikçi, daha verimli üretim ve tüketim yöntemlerinin geliştirilmesine de yardımcı olmaktadır. Bu ekonomik model, tüm beceri seviyelerinde yerel iş olanakları ve sosyal entegrasyon için fırsatlar sunmaktadır. Enerji tasarrufu sağlarken iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik, hava kalitesi, toprak ve su kirliliği gibi konularda Dünya'nın yeniden iyileşme kapasitesini aşan kaynak tüketimine bağlı geri dönüşü olmayan zararları önlemeye yardımcı olmaktadır (European Commission, 2015).

1.4.2. Döngüsel Ekonominin Çevresel Faydaları

Orman ekosistemleri, iklim değişikliğinin etkileriyle artan bir zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. AB'nin orman kaynakları, döngüsel ekonomi ilkelerinin mevcut iş modellerine entegre edilmesiyle önemli avantajlar sağlayabilir. Şirketler bu şekilde maliyetleri düşürebilir, kaynakları daha verimli kullanabilir ve yeni ürün ve hizmetler aracılığıyla değer ekleyebilirler (PwC Türkiye, 2019). Son raporlar, döngüsel ekonominin geniş faydalarına işaret etmektedir. Bunlar karbondioksit emisyonlarının azaltılması da dâhil olmak üzere çeşitli alanlarda görülmektedir. Dolayısıyla, döngüsel ekonomiye yönelik politika ve eylemler, AB'nin öncelikleri arasında yer alan istihdam, büyüme, yatırım, iklim ve enerji politikaları ile sosyal gündem ve endüstriyel inovasyon gibi alanlarda sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle güçlü bir şekilde bağlantı kurmaktadır (European Commission, 2015).

Döngüsel ekonomi, ürünleri ve malzemeleri daha uzun süre kullanarak atık miktarını azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Bu yaklaşım, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına, kirliliğin önlenmesine ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olmaktadır (Frosch & Gallopoulos, 1989). Döngüsellik, birçok durumda işletmelerin mevcut modellerini gözden geçirip dönüştürdüğü, böylece daha dirençli ve rekabetçi hale geldikleri bir alanı ifade etmektedir. AB'nin iklim hedeflerine ulaşabilmesi için orman yönetimi hem kaliteli hem de niceliksel olarak gelişmelidir. Sürdürülebilir geri dönüşüm, ağaçlandırma ve zarar görmüş ormanların restorasyonu, CO2 emisyonlarını azaltarak ormanların dayanıklılığını artırabilir ve biyo-ekonomik döngülerin teşvik edilmesine yardımcı olabilir. AB Komisyonu'nun 2030 biyoçeşitlilik

stratejisi temel alınarak ormanların sunduğu çeşitli hizmetleri destekleyen yeni bir AB orman stratejisi hazırlanması gerekmektedir (PwC Türkiye, 2019).

1.4.3. Döngüsel Ekonominin Ekonomik Faydaları

Doğrusal al-üret-tüket-at yaklaşımı, çevre ve insan sağlığı üzerinde önemli bir baskı oluştururken, aynı zamanda Avrupa endüstrisinin çeşitli sektörlerinde rekabet avantajı sağlama potansiyelini de sınırlamaktadır. Buna karşın döngüsel ekonomi, daha az doğal kaynak kullanarak ekonomik değer yaratma fırsatlarını artırabilecek yenilikçi teknolojiler ve iş modelleri için bir zemin sunmaktadır (EEA, 2016). Bu misyonla, yeni teknolojilerin geliştirilmesini teşvik eder ve inovasyonu destekler. Bu yaklaşım, yeni iş sahalarının ve istihdam fırsatlarının oluşmasına katkı sağlamaktadır (DEİK, 2022).

Döngüsel ekonomiye geçiş geri dönüşüm, yeniden üretim ve onarım hizmetleri gibi sektörlerde yeni iş olanakları ortaya çıkarmaktadır. Bu durum, istihdamın ve ekonomik büyümenin artmasına katkıda bulunmaktadır. Ürün tasarımı, üretim süreçleri ve iş modellerinde yenilikleri teşvik etmesiyle şirketleri ürün yaşam döngülerini uzatmak için yeni stratejiler geliştirmeye, daha sağlam ürünler üretmeye ve atık malzemeler için yeni kullanım alanları aramaya teşvik etmektedir (Frosch & Gallopoulos, 1989). Burada temel konu; atık malzemelerin aşağı dönüşüm, ileri dönüşüm ve endüstriyel simbiyoz yoluyla değerlendirilmesidir. Ham atıklar genellikle düşük maliyetle veya ücretsiz olarak elde edilebilirken, işlenmiş ikincil hammaddelerin piyasa değeri bulunmaktadır. Bu noktada dikkat çeken unsur, bitmiş ikincil hammaddenin işlenmemiş ham maddeye göre daha düşük bir maliyetle temin edilebilmesidir (T.C.Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı, 2020).

Aşağı Dönüşüm: Atık haline gelmiş bir malzeme veya ürününü daha düşük değerli bir ürüne dönüştürme sürecini ifade etmektedir. Bu işlem, malzemenin değerini düşürmektedir (Sustainable Future, 2022).

İleri Dönüşüm: Bir malzemenin ömrünü tamamlamasının ardından atık haline gelmesi, onun yeniden değer kazanması veya farklı bir amaç için uygun hale getirilmesi sürecini ifade etmektedir. İleri dönüşüm, malzemenin değerini artırmaktadır (Sustainable Future, 2022).

Endüstriyel Simbiyoz: Genellikle birbirine fiziksel olarak yakın olan ve normalde bağımsız olarak faaliyet gösteren iki veya daha fazla ekonomik işletmenin, çevresel performanslarını ve rekabet güçlerini artırmak için uzun vadeli işbirlikleri kurarak dayanışma içinde çalışmalarını ifade etmektedir. Başka bir deyişle, bağımsız işletmeleri daha sürdürülebilir ve yenilikçi bir kaynak yönetimi yaklaşımı çerçevesinde ortak bir paydada buluşturmaktır (BEBKA, 2014).

Döngüsel ekonomi ilkelerinin benimsenmesi, işletmeler için maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Bu ilkelerle uyumlu çalışan şirketler, malzemeleri tekrar kullanarak hammadde maliyetlerini, atık bertaraf masraflarını ve genel üretim maliyetlerini düşürmektedir. Döngüsel ekonomi uygulamalarının kabul edilmesi, işletmelerin tedarik zinciri aksaklıklarına, kaynak sıkıntılarına ve mevzuat değişikliklerine karşı direncini artırmaktadır. Bu stratejileri benimseyen şirketler, değişen piyasa koşullarına uyum sağlamak için daha hazırlıklı olabilirler (Frosch & Gallopoulos, 1989).

Döngüsel ekonomi, çeşitli sektörler için önemli maliyet tasarrufları sağlamaktadır. Örneğin, orta ömürlü karmaşık dayanıklı malların üretiminde döngüsel ekonomi yaklaşımlarının uygulanmasıyla AB’de yılda tahmini olarak 340-630 milyar ABD doları net malzeme maliyeti tasarrufu sağlanabileceği öngörülmektedir (EMF, 2012). Bu rakam, söz konusu sektörlerdeki mevcut malzeme girdi maliyetlerinin yaklaşık %12-23’üne denk gelmektedir. Ayrıca gıda, içecek, tekstil ve ambalaj gibi belirli tüketim malları için küresel düzeyde yılda yaklaşık 700 milyar ABD doları değerinde malzeme tasarrufu potansiyeli bulunduğu tahmin edilmektedir (Polman, 2013).

Ekonomiler, malzeme tasarrufları sağlamaktan, dalgalanma ve tedarik risklerini azaltmaktan, inovasyon ve istihdam yaratmaktan, arazi verimliliğini artırmaktan ve toprak sağlığını iyileştirmekten faydalanmaktadır. Bu kazanımlar, ekonominin uzun vadeli dayanıklılığını güçlendirmektedir. Daha dayanıklı bir ekonomi için kalıcı faydalar sağlarken aynı zamanda da malzeme verimliliğindeki herhangi bir artışın ekonomik kalkınma üzerinde olumlu etkileri de mevcuttur. Kalkınma üzerindeki bu olumlu etkilerin, döngüsellüğün belirli sektörler üzerindeki etkilerinin ötesine geçmesi muhtemeldir (EMF; McKinsey & Company, 2014).

Döngüsel ekonominin etkilerinin sadece ulusal düzeyde kalmayacağı aynı zamanda uluslararası mal ve hizmet hareketleri aracılığıyla yeni küresel yapıların oluşmasına olanak sağlayacağı göz ardı edilmemelidir. Zaman içinde oluşturulabilecek bir uluslararası döngüsel ekonomi birimi, uluslararası mal ve hizmet hareketlerinin döngüsel ekonomi prensiplerine uyum sağlamasına katkıda bulunacaktır (Ekren, 2022).

1.4.4. Döngüsel Ekonominin Sosyal Faydaları

Hızlı teknolojik ilerlemenin, doğal kaynakların artan tüketiminin ve iklim krizinin küresel ölçekte eşitsizliklere, işsizliğe, gelir adaletsizliğine ve sosyal istikrarsızlığa yol açacağı öngörülmektedir. Yalnızca ekonomik ve çevresel sonuçlara odaklanan bir döngüsel ekonomi modeli, sosyal ve kültürel etkileri göz ardı ederse uzun vadeli bir ekonomik yapıya dönüşme potansiyelini kaybedebilir. Bu nedenle, sosyolojik etkilerin tartışılması ve olası toplumsal sonuçlar üzerinde düşünülmesi, döngüsel ekonominin sağlam bir temelde ilerlemesini sağlamak için kritik öneme sahiptir (Dimovski vd., 2022). Döngüsel ekonomiye geçiş, toplumun tüm kesimlerini içine alan, farklı sektörler arasında işbirliğini gerektiren inovasyonlara dayanmaktadır (Jakobsen vd., 2021).

Döngüsel ekonominin uygulanmasının sosyal faydaları; istihdam artışı, artan tüketici bilinci ve sürdürülebilir inovasyonlar şeklinde sıralanabilmektedir (Dimovski vd., 2022). Döngüsel ekonomi çeşitli öğrenim ve beceri seviyelerini gerektiren çeşitli iş gücü piyasalarının oluşmasına öncülük etmektedir. Bu süreçte, temel ve yeni döngüsel ekonomi sektörlerinde istihdam farklılaşmaktadır. Genellikle temel sektörlerde daha az eğitim düzeyi yeterliyken, yeni sektörlerde ise daha yüksek eğitim düzeyleri talep edilmektedir. Dolayısıyla, döngüsel ekonomi kavramı altında bilgi ve beceri gereksinimleri de çeşitlenmektedir. Bu durum, gelecekte döngüsel ekonominin gereksinimlerine uygun eğitim ve öğretim programlarına odaklanmayı gerektirecektir (Ekren, 2022).

Avrupa Komisyonu'nun atıkla ilgili yasal öneri etkisi değerlendirmesine göre, 2030 yılına kadar belediye ve ambalaj atıklarının geri dönüşümü / hazırlanması için belirlenen artan hedefler, mevzuatın basitleştirilmesi, izleme süreçlerinin iyileştirilmesi ve en iyi uygulamaların yaygınlaştırılmasıyla birlikte atıkların depolanmasının azaltılması, doğrudan 178.000 yeni iş meydana getirme potansiyeline sahip olacaktır

(European Commission, 2015). Örneğin, ürün ve malzemelerin yeniden kullanım veya geri dönüşüm için hazırlanması ve sınıflandırılması gibi yoğun işçilik gerektiren stratejiler, özellikle düşük vasıflı bireylere istihdam imkânları sağlayacaktır. Kapalı döngü geri dönüşüm ve yeniden üretim süreçlerinde orta vasıflı işlerin oluşması, biyolojik arıtmada ise yüksek vasıflı işlerin ortaya çıkması beklenmektedir (EEA, 2016).

Sosyal inovasyon; paylaşım ekonomisi, eko-tasarım, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve benzeri gelişmelerle ilişkilidir. İlgili alanlardaki gelişmeler sosyal inovasyonu geliştirerek insan sağlığı ve güvenliğine katkıda bulunacak ve daha sürdürülebilir tüketici davranışlarının teşvik edilmesini sağlayacaktır (EEA, 2016). Döngüsel ekonomi, ürünlerin çevresel etkilerine dikkat çekerek tüketici farkındalığını artırmakta ve sorumlu tüketimi teşvik etmektedir. Bu yaklaşım, sürdürülebilirlik odaklı işletmeler için müşteri bağlılığının ve marka itibarının artmasına katkı sağlamaktadır (Frosch & Gallopoulos, 1989).

İnsanlığın güvenli bir ekosisteme yeniden kavuşabilmesi için sosyo-ekonomik sistemlerin köklü bir dönüşüme ihtiyaç duyduğu apaçık ortadadır. Bu dönüşüm sürecinde, kapsayıcı sosyo-ekonomik kalkınma politikalarının öncelikli bir rol oynadığı ve bu politikaların etkin bir şekilde uygulanmasının sürdürülebilir ve adil bir geleceğin temelini oluşturabileceği açıktır (Dimovski vd., 2022).

1.5. Döngüsel Ekonominin Önündeki Engeller

Sürdürülebilir bir endüstriyel ekosistem oluşturmak hem çevresel olarak arzu edilirken hem de ekonomik açıdan oldukça karlı olmaktadır. Ancak bu hedefe ulaşmanın önünde çeşitli engeller bulunmaktadır (Frosch & Gallopoulos, 1989). Bu engeller makro ölçekte olduğu kadar mikro ölçekte de kendini göstermektedir. Esasen, döngüsel ekonomiye geçişte karşılaşılan temel zorluk, küresel kaynak tüketimindeki artış eğilimini tersine çevirerek azaltım yönünde bir dinamik oluşturmak veya en azından sabit bir kaynak kullanım modeli benimsemektir. Mevcut üretim ve tüketim pratiklerini köklü bir şekilde değiştirmeden bu hedefe ulaşmak ise mümkün olmayacaktır. Döngüsel ekonominin geniş çapta benimsenmesi, üretim süreçlerinde ve tüketim alışkanlıklarında derinlemesine değişiklikler gerektirmektedir (Dimovski vd., 2022).

Her geçiş sürecinde olduğu gibi döngüsel ekonomiye geçiş sürecinde de meydana getirilen faydalar eşit olarak dağılmayacaktır; bazı endüstriyel sektörler, işletmeler, bölgeler ve toplumsal gruplar muhtemelen zarar görürken diğerleri ise fayda sağlayacaktır. Örneğin, genellikle Avrupa dışında işlenmemiş materyaller veya düşük kaliteli tüketim ürünleri üreten sektörler bu tür stratejiler nedeniyle olumsuz etkilenecektir. Bu etkilerle başa çıkmak için politikalara ihtiyaç duyulacaktır (EEA, 2016).

Dünya genelinde döngüsel ekonominin yaygınlaşmasının önünde de önemli engeller bulunmaktadır. Bunların başında yoğun altyapı ve kapasite ihtiyaç gelmektedir. Ayrıca, kaynak kullanımına uygun fiyatlandırma konusundaki eksiklikler ve vergi politikalarındaki engeller, döngüsel ekonominin gelişimini sınırlayan diğer faktörler arasında yer almaktadır. Kirleten der prensibinin yetersiz uygulamaları, çevresel etkilerin maliyetlere yansıtılmamasına neden olmaktadır. Döngüsel ekonomiye geçişin yüksek maliyetler gerektirmesi ve özellikle KOBİ'lerin dönüşümü için gerekli kaynak ve finansmanın yetersizliği, sürecin önemli zorluklarından biridir. Ayrıca, tüketiciler arasında döngüsel ekonomiye ilişkin bilinç düzeyinin yeterince yüksek olmaması ve işletmeler arası işbirliklerinin geliştirilmesi ve inovasyonun teşvik edilmesi gerekliliği, bu alandaki diğer önemli engeller arasında yer almaktadır (Dimovski vd., 2022).

Döngüsel ekonominin bütünsel unsurlarını değerlendirdiğimizde, hala karşılaşılan zorluklar ve büyük bilgi eksiklikleri bulunmaktadır. Örneğin, ekolojik tasarım, paylaşım ekonomisi, tamir ve yeniden kullanım gibi sürdürülebilir tüketimle ilgili yeni iş trendleri hakkında daha sağlam verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, daha açıklayıcı sosyal göstergeler, endüstriyel simbiyoz için göstergeler ve atık nleme göstergeleri, ilerlemeyi daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır (EEA, 2016).

Bu engellerin aşılabilmesi için kurumsal ve kamu politikaları, ekosistem yaklaşımını destekleyecek şekilde dönüşmelidir. Ayrıca, hükümet düzenlemeleri geri dönüşüm ve atık azaltımı gibi stratejilere zarar vermeden daha esnek olmalıdır. Bu sayede sürdürülebilirlik hedeflerine yönelik adımlar daha etkili bir şekilde atılabilir ve endüstriyel faaliyetlerin çevresel etkileri azaltılabilir (Frosch & Gallopoulos, 1989).

İKİNCİ BÖLÜM

ATIK YÖNETİMİ

Nüfus artışı ve ekonomik büyüme, atık miktarını her geçen gün artırmaktadır. Kaynakların sınırlı olması ve hızla tükeniyor olması, kaynakların daha verimli kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Atık miktarındaki her artış, çevresel, sosyal ve ekonomik açılardan olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Bu durum, atıkların geri dönüşümü ve tekrar kullanımı için atık yönetiminin önemini vurgulamaktadır (Ömürbek vd., 2019). Geri dönüşüm, önemli doğal kaynak tasarrufları sağlamaktadır. Örneğin, her ton geri dönüştürülen kağıt için 17 ağaç ve suyun %50'si tasarruf edilebilmektedir. Ayrıca, geri dönüşüm sektörü sadece Brezilya, Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nde 12 milyon kişiye istihdam sağlamaktadır (UNEP, 2022).

2.1. Atık Kavramının Tanımı

Döngüsel ekonomi atıkların azaltılmasına dayanan bir iktisadi yaklaşımdır (United Nations, 2021). “Atık” terimi, değişken yerel koşullar ve farklı veri toplama teknikleri nedeniyle farklı insanlar için farklı anlamlar taşımaktadır. Bu durum net tanımların belirlenmesini zorlaştırmaktadır. “Çöp”, “ıskarta”, “süprüntü” veya “enkaz” olarak adlandırılan atık, temelde tüketim ve üretim süreçlerinin istenmeyen yan ürünüdür (UNEP, 2024). Türkiye Atık Yönetimi Yönetmeliği'nde yer alan tanımına göre atık, üreticisi veya mevcut sahibi (gerçek ya da tüzel kişi) tarafından çevreye bırakılan veya zorunlu olarak atılması gereken herhangi bir madde veya materyali ifade etmektedir (Resmi Gazete, 2015).

Geçmişte sadece “çöp” olarak görülen atıklar, günümüzde planlı ve programlı bir şekilde yönetilmesi gereken, kendi içinde kurumsal yapıları olan, sosyal ve önem arz eden bir konu haline gelmiştir (T.C. ÇŞB, 2018).

Modern ekonominin hacmindeki artışla birlikte artan atık miktarı, ekosistemlere ve insan sağlığına yönelik ciddi riskler oluşturmaktadır. Dünya çapında her yıl yaklaşık 11.2 milyar ton katı atık toplanmakta olup, bu atıkların organik kısımlarının çürümesi küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %5’ini oluşturmaktadır. Elektrik ve elektronik ekipman atıkları ise içerdikleri yeni ve karmaşık tehlikeli maddelerle özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hızla büyüyen bir sorun haline gelmiştir (UNEP, 2022).

Orta gelirli ve gelişmekte olan ülkelerde, kentsel katı atıklar genellikle organize olmayan çöplüklerde, yol kenarlarında doğal yollarla ayrıştırma veya açık yakma için açık alanlarda bertaraf edilmektedir. Bu tür uygulamalar ciddi sağlık sorunlarına yol açmaktadır ve savunulamaz bir durum olarak değerlendirilmektedir (Nanda & Berruti, 2021). Yetersiz atık yönetimi, koleksiyon sistemlerinin eksikliğinden etkisiz bertarafa kadar geniş bir yelpazeye yayılan sorunlara neden olmaktadır. Bu durum hava, su ve toprak kirliliğine yol açmaktadır. Açık ve hijyenik olmayan çöplükler içme suyunun kirlenmesine ve hastalıkların yayılmasına sebep olmaktadır. Atıkların doğaya yayılması ise ekosistemleri kirletirken, elektronik atıklar veya endüstriyel atıkların içerdiği tehlikeli maddeler kentsel sakinlerin sağlığına ve çevreye zarar vermektedir (UNEP, 2022).

Sağlıksız koşullar ve etkili yönetilmeyen evsel katı atıkların neden olduğu bazı sorunlar;

- Böcek, sinek, haşere ve hastalık taşıyan vektörlerin üremesi;
- Metan gazı oluşumuyla artan sera gazı emisyonları;
- Çürümüş sızıntı suyu salınımı;
- Çevredeki rahatsız edici kokulardan kaynaklanan sosyal huzursuzluktur (Nanda & Berruti, 2021).

Tüm bu sorunlara iki başlık altında çözüm sunulmuştur. İlk olarak, atık miktarının minimize edilmesi gerekmektedir. Atığın önlenememesi durumunda ise malzemelerin

ve enerjinin geri kazanımı ile yeniden üretim ve geri dönüşüm süreçlerinin teşvik edilmesi gerekmektedir (UNEP, 2022).

2.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması

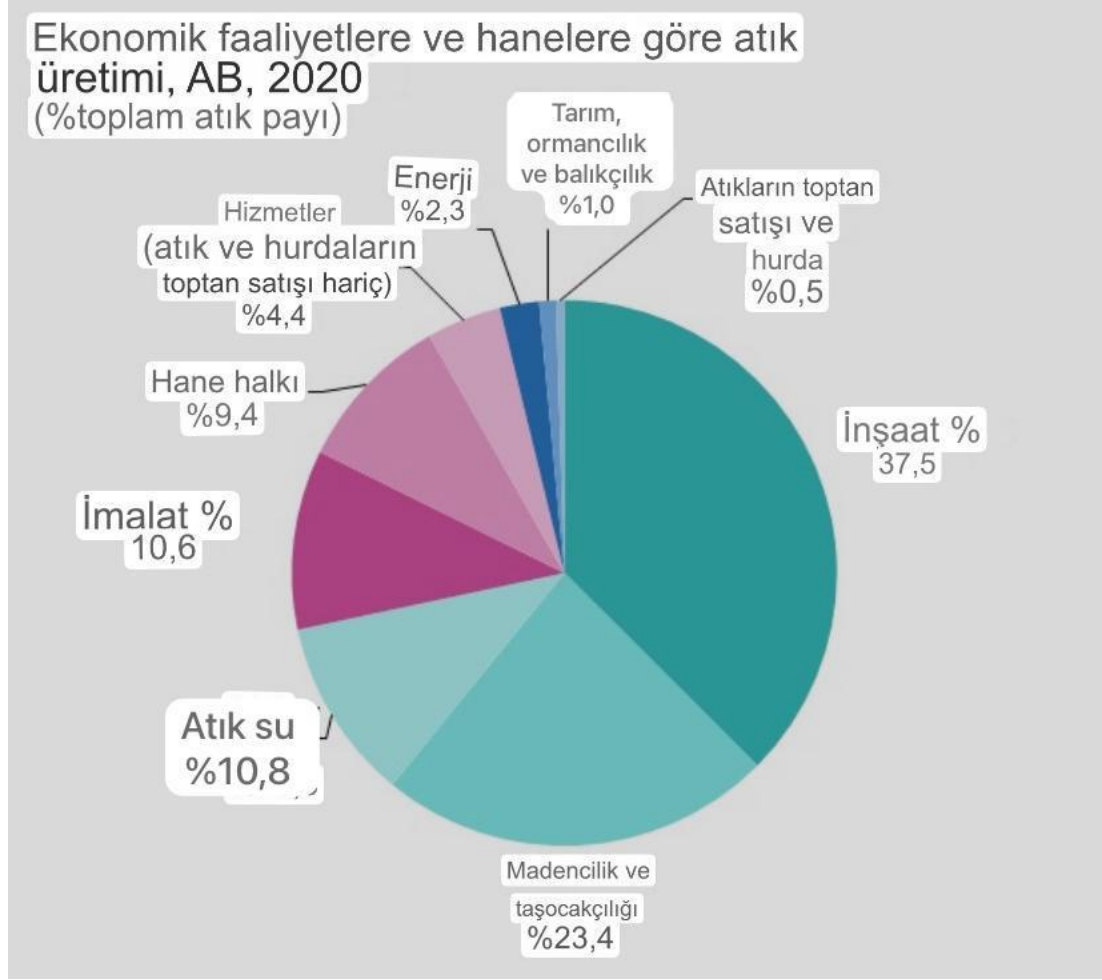
Atıklar türleri geniş bir yelpazeye sahiptir, dolayısıyla atıkları sınıflandırmanın birbirinden farklı birçok yöntemi bulunmaktadır (UNEP, 2024).

- Materyal türündeki atıklar: Yiyecek atıkları, plastik atıklar gibi,
- Ürün kategorisindeki atıklar: Elektronik atıklar gibi, birden fazla malzemeyi içeren e-atıklar veya kullanım ömrünü tamamlamış araçlar,
- Kaynak kategorisindeki atıklar: İçinde çeşitli ürünleri barındıran MSW (Municipal Solid Waste) – evsel katı atık türleri.

Katı atıklar, bir toplumun ürettiği ve ilk tüketici için artık bir değeri olmayan mutfak atıkları, ürün ambalajları, kumaşlar, plastik şişeler, kâğıt, boya kutuları, piller gibi organik veya inorganik, sıvı olmayan çeşitli atıkları ifade eder. Bu atıklar, evsel, ticari ve endüstriyel faaliyetlerin doğal bir sonucu olarak ortaya çıkar (Kocak & Baglitas, 2022). Kentlerde oluşan atıkların yanı sıra, insan etkinlikleri büyük miktarda tarımsal atık, inşaat-yıkım artığı, endüstriyel-ticari atık ile sağlık atığı üretmektedir. Bu atıklar çiftliklerden, inşaat sahalarından, fabrikalardan ve hastanelerden çıkmaktadır (UNEP, 2024).

Ancak son 30 yılda gözlenen ekonomik büyüme, nüfus artışı, ticaret, ulaşım ve kentleşme gibi sosyo-ekonomik faktörler katı atık üretimini hiç olmadığı kadar artırmıştır (Kocak & Baglitas, 2022).

Şekil 2.1. AB’de 2020 Yılı Ekonomik Faaliyetlere Göre Atık Üretimi

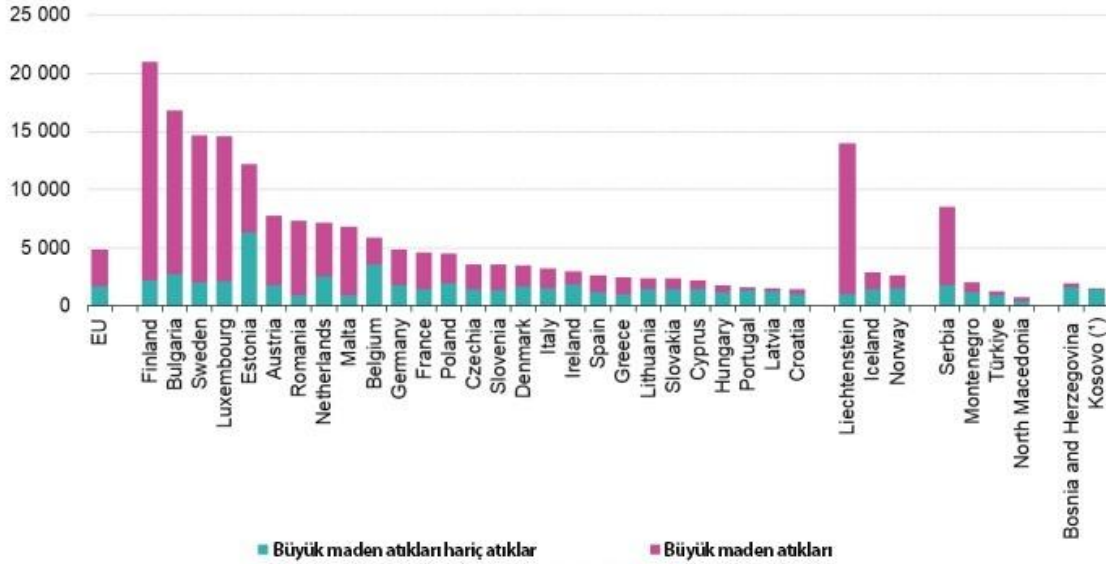


Kaynak: EUROSTAT (2023).

Bu grafikte gösterildiği gibi, AB’de farklı ekonomik faaliyetlerin ve hane halklarının 2020 yılında toplam atık üretimine katkı oranları şu şekildedir: inşaat sektörü %37,5 ile en büyük paya sahip olmuş, bunu madencilik ve taş ocaklığı (%23,4), atık ve su hizmetleri (%10,8), imalat (%10,6) ve hane halkları (%9,4) izlemiştir. Geri kalan %8,2’lik kısım ise başlıca hizmetler (%4,4) ve enerji (%2,3) gibi diğer ekonomik faaliyetlerden kaynaklanan atıklardır (EUROSTAT, 2023).

Şekil 2.2. Ülkelere Göre Atık Üretimi, 2020 (Kişi Başına Kg)

Atık Üretimi, 2020
(kişi başına kg)



Kaynak: EUROSTAT (2023).

Atık üretimi grafiği nüfus büyüklüğüne bağlı olarak standart bir biçimde üretilen atık miktarının analizini sunmaktadır. Bazı küçük AB üye devletlerinde üretilen toplam atığın yüksek seviyelerde olması açıkça görülmektedir. 2020 yılında kişi başına ortalama 20 tonun üzerinde atık üreten Finlandiya gibi ülkeler, AB ortalaması olan kişi başına 4,8 tonun dört katından fazla atık üretmiştir. Kişi başına üretilen atık miktarının özellikle yüksek olduğu üye devletlerde, madencilik ve taş ocakçılığından kaynaklanan atıkların payının önemli olduğu belirtilirken, diğer yerlerde inşaat ve yıkım işlemlerinin genellikle yüksek paylara katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir (EUROSTAT, 2023).

Atıklar, literatürde çeşitli kriterlere göre sınıflandırılmaktadır. Bu kriterler arasında kimyasal ve fiziksel özellikler ile atığın kaynağı, bileşimi, tehlikesi gibi faktörler bulunabilir. Atık sınıflandırması genellikle üç ana başlık altında incelenir (Bayram, Öcal, & Oral, 2012):

- ❖ Etkilerine göre:
 - Zararlı Atıklar,
 - Zararsız Atıklar,

❖ Yapılarına göre:

- Katı Atıklar,
- Sıvı Atıklar,
- Gaz Atıklar.

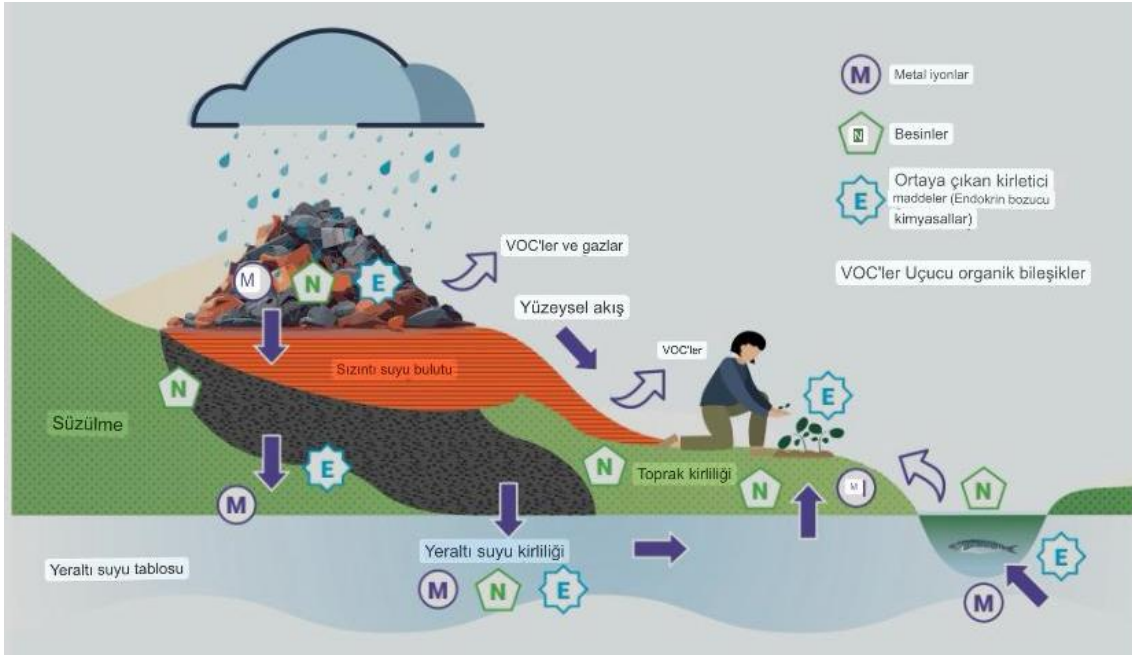
❖ Kaynaklarına göre:

- Evsel Atıklar,
- Endüstriyel Atıklar,
- Ticari ve kurumsal atıklar,
- Tarımsal (Zirai) atıklar,
- Özel atıklar.

Atıkları, çevre ve insan sağlığına olan etkileri bakımından inceleyerek tehlikeli atıklar ve tehlikesiz atıklar olarak iki ana başlık altında incelemek mümkündür. Ancak atıkların özelliklerinden bağımsız olarak, insan ve diğer canlıların yaşadığı ortamlara doğrudan, düzenlemeksizin ve önlem almadan atılmamaları gerekmektedir (T.C. ÇŞB, 2018).

Tehlikeli atıklar: Sanayi tesisleri, hastaneler ve evlerden kaynaklanan katı atıklardır (Bilgili, 2020). Bu atıklar, toksik maddeler içerebilirken; mutajenik, aşındırıcı, yanıcı, patlayıcı, oksitleyici, zararlı, kanserojen, enfeksiyon yapıcı, hassaslaştırıcı ve tahriş edici özelliklere sahip olabilmektedir (Resmi Gazete, 2015). Asitler, kurşun, cıva, arsenik gibi bileşikler, kendiliğinden reaksiyona girebilen reaktif atıklar, tarım ilaçları ve radyoaktif maddeler gibi atıklar tehlikeli atık türlerindendir (Bayram vd., 2012). Aynı zamanda diğer maddelerle reaksiyona girerek çevre, insan, hayvan ve bitkiler üzerinde önemli olumsuz etkiler bırakabilmektedirler (Bilgili, 2020).

Şekil 2.3. Endokrin Bozucu Kimyasalların İnsan Besin Zincirine karışması



Kaynak: UNEP, (2024).

Yönetilmeyen atıklar deniz ve okyanusları kirletir, kanalizasyonları tıkar, solunum rahatsızlıklarını artırır, ekolojik dengesizliklere yol açar, biyolojik çeşitliliği azaltır ve ekonomik ilerlemeyi yavaşlatır. Evsel atıklardan kaynaklanan sızıntı suları, metaller ve diğer zararlı bileşikler aracılığıyla yüzey sularını, yeraltı su kaynaklarını ve toprağı önemli ölçüde kirletmektedir. Ayrıca, büyük miktarlardaki evsel atıklar, çöp yığınları şeklinde arazi alanlarını işgal etmektedir (Kocak & Bağlitas, 2022).

Oyuncaklar, ilaçlar, kişisel bakım ürünleri, gıda katkı maddeleri ve plastik atıklar gibi tüketici ürünlerinin atıkları, su yollarını ve insan besin zincirini toksik bileşiklerle kirlitebilir. Bu kirleticiler arasında vücuttaki hormonları taklit eden, bloke eden veya engelleyen endokrin bozucu kimyasallar da bulunmaktadır. Kadmiyum, asbest ve arsenik gibi endokrin bozucu kimyasallar, hem kadınlarda hem de erkeklerde kanser, bilişsel rahatsızlıklar, obezite ve üreme bozukluğu gibi sağlık risklerini artırmaktadır (WEF, 2024).

Tehlikesiz atıklar: Tehlikeli özelliklere sahip olmayan atıklar, mutfak atıkları, kağıt, karton, cam gibi ambalaj atıkları ile endüstriden gelen büyük miktarlardaki atıkları kapsar (T.C. ÇŞB, 2018). Bunlara ek olarak yiyecek atıkları, kül, metal, plastik, inşaat

ve hafriyat atıkları gibi atıklar da bu kategoriye girebilmektedir (Bayram vd., 2012). Bu atıklar, tehlikeli atıklarla karıştırılmadan ve mümkün olduğunca geri dönüşümü en üst düzeye çıkaracak şekilde yönetilmelidir. Tehlikesiz olarak kabul edilen bu atıkların yönetimi de tehlikeli atıkların yönetimi kadar önemli olup aynı titizlikle ele alınmalıdır (T.C. ÇŞB, 2018).

UNEP'in yayınladığı rapor evsel katı atıklara odaklanmaktadır. Evsel katı atık; ev sahipleri, perakendeciler, küçük işletmeler, kamu hizmeti sağlayıcıları ve benzer kaynaklar tarafından üretilen atıklardan oluşmaktadır. Bu rapora göre atık türleri (UNEP, 2024):

- İnşaat ve yıkım atıkları
- Endüstriyel atıklar
- Tarımsal atıklar
- Sağlık hizmeti atıklarıdır.

2.2.1. İnşaat Atıkları

İnşaat sektörü, doğal kaynakların %30'undan fazlasını kullanmasıyla ve katı atıkların %25'ini oluşturmasıyla dikkat çekmektedir. Bu durumun temel sebebi, inşaat sektörünün genellikle doğrusal bir ekonomik modelde hareket etmesidir. Bu modele göre, hammaddeler doğadan çıkarılıp işlenerek inşaat malzemesine dönüştürülür ve kullanım ömrü sona erdiğinde atık haline gelir, geri dönüşüm potansiyeli düşük olarak değerlendirilir. İnşaat malzemeleri genellikle tek kullanımlık olarak üretilir ve yeniden kullanım için uygun bir yaklaşım izlenmez, bu nedenle kullanım ömrü sonunda imha edilirler (DEİK, 2022).

İnşaat ve yıkım atıkları, yapısal gelişim, renovasyon ve yıkım işlemleri sonucunda ortaya çıkan kalıntılar olarak tanımlanmaktadır (Gergin, 2023). İnşaat atıkları, çevresel etki bakımından tehlikesiz, katı formda ve endüstriyel kökenli atıklar olarak tanımlanabilmektedir (Bayram vd., 2012).

İnşaat atıkları, bina inşası, alan düzenlemesi, yıkım işleri, yol yapımı ve bina yenileme gibi faaliyetlerden kaynaklanan bir atık türüdür. Bu atıklar, arazi kazıları dahil olmak

üzere, bina yıkıntıları, moloz, beton, çelik, kereste ve alan temizliği gibi katı malzemeleri içermektedir. İnşaat ve yıkım atıkları, çeşitli yapıların (yol, bina, konut ve köprü gibi) inşası, bakımı, tamiri ve yıkımı sırasında oluşur; ayrıca doğal afetlerin etkisiyle de ortaya çıkabilmektedir. Bu atıklar, doğal dengenin olumsuz etkilenmesine yol açabilecek potansiyele sahip olduklarından, yönetilmeleri gereken önemli bir çevresel sorun haline gelmiştir (Bilgili, 2020).

Son yıllarda döngüsel ekonomi modelinin benimsenmesiyle inşaat sektöründe kaynak kullanımı ve atık azaltma yönünde yeni yaklaşımlar gelişmektedir. Yeniden kullanım potansiyeli olan yapı malzemelerinin kullanılması, yapı bileşenlerinin ve parçalarının ayrıştırılması ve malzemelerin kapalı bir döngüde tutulması gibi uygulamalar önem kazanmaktadır. Bununla birlikte, inşaat sektöründe döngüsel ekonomi kavramı, inovatif uygulamaların hayata geçirilme süreçlerinin uzun olması nedeniyle gelişime açık bir alandır. İnşaat sektöründeki döngüsel ekonomi uygulamaları genellikle inşaat ve yıkım atıklarının yönetimine odaklanmakta ve yeniden değerlendirilmesine yönelmektedir. Ancak bu uygulamalar genellikle geri kazanılan malzemenin orijinal üründen daha düşük değer, kalite ve işlevsellikte olduğu alanlarda kullanılmaktadır (DEİK, 2022).

Küresel çapta inşaat sektörünün hızla genişlemesi, bu tür atıkların büyük miktarlarda üretilmesine neden olmaktadır. Sürdürülebilir bir çevre için, inşaat ve yıkım atıklarının mümkün olduğunca geri dönüşüme tabi tutulması gerekmektedir. Küresel çapta, inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan atıklar, toplam katı atık üretiminin %35'ini oluşturmaktadır. Her yıl büyük miktarlarda inşaat ve yıkım atığı ortaya çıkmakta ve bu atıklar, sürdürülebilir çevre ve ekonomi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. İnşaat ve yıkım atıkları işlenmediği sürece, çevresel ve sosyal açıdan pek çok olumsuz sonuç doğurabilir. Bu atıkların yeniden kullanımı ve geri dönüşümü, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğe etkili ve pratik katkılar sağlayarak ticari ve sosyal maliyetleri azaltma fırsatı sunmaktadır (Gergin, 2023).

Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı çerçevesinde sunulan Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, sürdürülebilir yaşam alanları için kapsamlı bir strateji belirleyeceğini duyurmuştur. Bu strateji, iklim, enerji ve kaynak verimliliği, inşaat ve yıkım atıklarının yönetimi, erişilebilirlik, dijitalleşme ve beceri geliştirme gibi ilgili politika alanlarında tutarlılık sağlamayı hedeflemektedir. Binaların yaşam döngüsü boyunca döngüsellik

ilkelerinin teşvik edilmesi amaçlanmakta olup, yeni inşa edilen ve yenilenen binaların tasarım süreçlerinde bu prensiplerin dikkate alınması önerilmektedir. Ayrıca, Yapı Ürünleri Direktifi'nin gözden geçirilmesiyle, bina stokunun dijitalleşmesi ve iklim değişikliğine karşı dayanıklılığının artırılması da hedeflenmektedir, bu da güvenlik ve işlevselliğin korunmasını sağlayacak önlemleri içermektedir (DEİK, 2022).

İnşaat Atıkları İçerisinde Plastiğin Rolü

Polimer üretim tesisleri, yapı malzemeleri sektörüne kaynak sağlayan endüstriler arasında yer almaktadır. Plastik endüstrisinin geniş bir kullanım yelpazesine sahip olması, estetik niteliklere uygunluğu, termal konfor sağlaması ve kolay kullanılabilirliği gibi çeşitli avantajları sayesinde polimer bazlı malzemeler yapı sektöründe yaygın olarak tercih edilmektedir. Fosil yakıtlardan elde edilen bu malzemelerin, kullanım ömürlerini tamamladıktan sonra atık olarak çevreye bırakılma oranı ise sürekli bir artış eğilimindedir. Termoplastik bir polimer olan PVC (polivinil klorür), yapı sektöründe sıklıkla kullanılan bir malzeme olup, atık PVC plastik ambalajları; kirli su boruları, zemin kaplamaları ve dolgu malzemelerinin üretiminde kullanılmaktadır. Yapıda yaygın olarak kullanılan bir diğer plastik çeşidi de ABS (Akrilonitril-Bütadien-Stiren) plastiklerdir. ABS, mutfak aletleri, aydınlatma ürünleri ve yüksek sıcaklıklara dayanıklılığı nedeniyle radyatör panelleri ile tesisat boruları ve parçaları gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Ayrıca ABS plastikler, yapı sektöründe tavan vantilatörleri, banyo küveti bileşenleri ve diğer tesisat elemanları gibi uygulamalarda da yaygın şekilde tercih edilmektedir (Kayılı & Çelebi, 2020).

2.2.2. Endüstriyel Atıklar

Nüfus artışıyla birlikte talep, ihtiyaç ve tüketim de artmaktadır. Son dönemlerde hızlı ekonomik büyüme ve endüstriyel gelişme, yerel ekonominin tarımdan sanayiye doğru evrim geçirmesine yol açmıştır. Sanayinin kurulması ve gelişmesi, yerel üretimi artırma, istihdam yaratma, rekabet gücünü artırma, ulusal büyümeye ve kalkınmaya katkıda bulunma gibi amaçlar doğrultusunda değerlendirilmektedir. Bu da ülkelerin gelişmişlik seviyelerini belirleyen önemli göstergeler arasında yer almaktadır. Endüstriyel faaliyetler, yeni ürünlerin üretilmesi için geniş çapta hammadde kullanımına yol açar ve

bu durum da karmaşık ve tehlikeli endüstriyel atıkların oluşmasına neden olmaktadır (Ulusoy vd., 2023).

Endüstriyel atıklar: Teknolojik ilerlemelere bağlı olarak oluşan, çevre ve insan sağlığı için potansiyel tehdit oluşturan endüstriyel kökenli atıklardır (T.C. ÇŞB, 2018). Sanayi ve üretim süreçlerinin meydana getirdiği katı atıklardır. Endüstriyel katı atıklar, inşaat ve kazı işleri, imalat sektörü, tarımsal faaliyetler, ticaret ve madencilik gibi alanlardan elde edilen katı atıkları içermektedir. Bu atıklar arasında alüminyum, demir, bakır, kurşun, nikel, kadmiyum, cıva, arsenik ve selenyum gibi yüksek toksik etkiye sahip olanlar da bulunabilmektedir (Bilgili, 2020).

Bu atıklar çevresel faktörler üzerinde birçok alanda (su, toprak ve hava gibi) ciddi ve olumsuz etkileri sahiptir, aynı zamanda çalışanların ve işçilerin sağlık ve güvenliğini tehdit etmektedir (Ulusoy vd., 2023). Sanayi kuruluşlarının atıkları, su kirliliğine de yol açmaktadır. Bu atıklar arasında petrol rafinerileri, tekstil endüstrisi, kâğıt üretimi, metal kaplama endüstrisi, deri işleme ve deterjan-ilaç sanayi atıkları bulunmaktadır. Nüfusun hızlı artışı ve şehir içi hareketlilik kentsel alanların genişlemesine sebep olmaktadır. Bu durum, çöp gibi katı atıkların ve kanalizasyon atıklarının artmasına yol açmaktadır (Ömürbek vd., 2019).

Sanayi kurumlarının sayı ve üretim kapasitelerindeki artış, Organize Sanayi Bölgeleri'nin (OSB) meydana gelmesine ortam hazırlamıştır. OSB'ler, özel olarak sanayi faaliyetleri için planlanmış ve yapılmış alanlardır ve bir ülkenin gelişimine önemli katkı sağlamaktadır. Ancak bu sanayi bölgeleri, biyolojik olarak parçalanamayan ve özel nitelikleri nedeniyle tehlikeli atıklar olarak kabul edilen büyük miktarlarda atık yaymaktadır (Ulusoy vd., 2023). Atmosfer sanayileşme, plansız kentleşme ve yaşanan nüfus artışı sonucunda ortaya çıkan katı, sıvı ve gaz atıkların belirli bir doygunluğa ulaşmasından olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Endüstri tesislerinin kuruluş yeri seçiminde yapılan hatalar ve atık gazlarının gerekli önlemler alınmadan atmosfere salınmasıyla atmosfer zarar görmektedir. Zararlı maddeler, hava koşulları, rüzgar yönü ve coğrafi özelliklere bağlı olarak uzak mesafelere taşınarak belirli bir bölgeyle sınırlı kalmayarak farklı bölgelere yayılmaktadır. Hava kirliliği insan sağlığını, canlı organizmaları, cansız varlıkları ve yer küreyi etkileyerek önemli sorunlara yol açmaktadır (Ömürbek vd., 2019). Bugün dünyada sanayi bölgelerinde

yılda yaklaşık 1,1 milyar ton endüstriyel atık üretilmektedir ve bunların yaklaşık 370 milyon tonu kanserojen ve toksik madde içeren kirleticiler olduğu tahmin edilmektedir (Ulusoy vd., 2023).

Endüstriyel atıklar arasında tehlikeli ve zararlı özellikler taşıyanlar, tehlikeli atık olarak sınıflandırılmaktadır. Rafineriler, enerji santralleri, oyuncak üretimi, ilaç endüstrisi gibi sektörler bu atıkların arasında yer almaktadır (T.C. ÇŞB, 2018). Endüstriyel katı atıklar sadece tehlikeli atık kategorisinde değerlendirilmemelidir, evsel katı atık olarak değerlendirilebilecek atıkları da içermektedir (Bilgili, 2020).

Döngüsel Ekonomi Eylem Planı çerçevesinde ele alınan önemli konulardan biri olan sürdürülebilir ürün politikası, ürünlerden kaynaklanan atıkların azaltılmasını ve ürünlerin yeniden kullanılabilir olmasını ele almaktadır. Bu politika çerçevesinde yapılan çalışmalarda, ürünlerin %80'inin çevresel etkilerinin tasarım aşamasında belirlenmesine rağmen, geri dönüşüm ve yeniden kullanım oranlarının düşük olduğu ortaya konmuştur. Bu bağlamda, uygulanacak sürdürülebilir ürün politikası, çevreye zararlı ürünlerin AB pazarına girmesini engellemek için yeni iş modellerini teşvik ederek asgari gereksinimleri belirleyecektir (DEİK, 2022).

Endüstriyel Atıklar İçerisinde Plastiğin Rolü

Plastik atıklar, endüstriyel gelişim ve nüfus artışına paralel olarak dünya genelinde hızla artmaktadır (Evode vd., 2021). İşlenme kolaylığı, şeffaflık ve maliyet avantajları nedeniyle endüstriyel alanda köklü bir dönüşüm meydana getirmişlerdir. Özelleştirilebilir yapıları sayesinde çeşitli işlevsel ve kimyasal özellikler kazandırılarak spesifik ihtiyaçlara yönelik olarak üretilirler. Ayrıca, zamanla çevresel etkilerden kaynaklanan bozulmaya karşı yüksek direnç gösterirler (Joseph vd., 2021). Plastik malzemelerin en yaygın kullanım alanlarından biri ambalajlamadır. Küresel olarak, plastiklerin yaklaşık %40'ı fabrikalardan çıkan ürünlerin stoklanması ve paketlenmesi için kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanım, ürünlerin tüketim sonrası çevreye büyük bir atık yükü getirmesine neden olmaktadır (Evode vd., 2021). Plastikler, özellikle ambalaj sektöründe kullanılmasının yanı sıra beyaz eşya, otomotiv, inşaat, elektronik ve medikal gibi çeşitli sanayilerde kritik bir yere sahiptir. Bu bağlamda, farklı sektörlerin ihtiyaçlarına uygun özelliklere sahip plastik malzemeler tercih edilmektedir. Plastik

ürünlerin geniş çapta kullanılmasıyla birlikte, küresel plastik kirliliği de giderek artan bir sorun haline gelmiştir. Plastik kirliliği, farklı boyutlardaki (mikro, mezo veya makro) plastiklerin birikmesini içermekte ve ekosistemlerin tüm düzeylerine zarar vermektedir (İskender & Atmaca, 2024).

2.2.3. Evsel Atıklar

Dünya genelindeki nüfus artışı, ekonomik büyüme, şehirleşme ve gelişen yaşam standartları, ülkelerin katı atık üretiminde artışa yol açmıştır (Değirmenci & Karabacakoğlu, 2022). Kentsel katı atıkların bir türü olan plastik, kâğıt, cam, metal gibi atıkların, hane halkı tarafından üretilen kısmına evsel atık denilmektedir. Genellikle zararsız atıklar sınıfında değerlendirilen bu tür atıklar, evlerden kaynaklanan katı atıklar olarak basitçe tanımlanabilmektedir (Bilgili, 2020). Belediye tarafından yönetilen; evler, ticari işletmeler veya kurumlarca üretilen benzer içerik veya yapıya sahip atıklar da belediye atığı veya evsel atık olarak değerlendirilmektedir (T.C. ÇŞB, 2018). Bu katı atıklar, hem doğal olarak ayrışabilen hem de ayrışma özelliği olmayan maddelerden oluşabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, çöp, yenilmeyen meyve, sebze ve diğer gıda maddeleri ile üretim veya tüketim sırasında kullanıldıktan sonra arta kalan ve kullanılamaz hale gelen eşyalar ve değer kaybı yaşamış maddelerdir (Mutlu, 2020).

Bu atıkların artışı, yerel yönetimler için önemli konulardan biri olup, atıkların toplanması, taşınması, sağlıklı bir şekilde depolanması, bertaraf edilmesi ve geri kazanılması gibi süreçleri içermektedir (Öcal, 2010). 2019 yılında dünya çapında belediye katı atık miktarı yıllık 2,01 milyar ton olarak kaydedilmiş olup, bu miktarın 2025 yılına kadar 2,5 milyar tona, 2050 yılına kadar ise 3,40 milyar tona çıkacağı tahmin edilmektedir. Evsel atıkların bileşimi incelendiğinde organik atıkların büyük bir kısmını oluşturduğu, bunun yanında plastik, kâğıt, cam, metal ve tekstil atıklarının da bulunduğu görülmektedir. Üretilen katı atıkların miktarındaki ve çeşitliliğindeki artış sağlık, güvenlik ve çevre açısından potansiyel tehlikeler doğurabilmektedir (Değirmenci & Karabacakoğlu, 2022).

Belediye atıklarının genel çerçevesi (T.C. ÇŞB, 2018):

- Karma evsel katı atıklar
- Geri dönüştürülebilir materyallerden oluşan atıklar (cam, metal, karton ambalaj atıkları)
- Evlerden çıkan ve tehlikeli kategorisinde yer alan atıklar (piller, ampuller, boya kutuları vb.)
- Ticarethanelerden ve kurumsal alanlardan kaynaklı atıklar (iş yerleri, okullar ve diğer kamu binalarından gelen atıklar)
- Ev tipi endüstriyel katı atıklar
- Bahçe, hal ve pazarlarda meydana gelen atıklar (yeşil atıklar)
- Cadde, kaldırım ve meydan temizliği atıkları
- Büyük hacimli atıklar (mobilya vb.)

Evlerden kaynaklanan tehlikeli atıklar, “doğru şekilde kullanılmadığı, depolanmadığı veya bertaraf edilmediği zaman sağlık sorunları ve yaralanma riski taşıyan ev eşyaları” olarak tanımlanabilmektedir. Evlerden çıkan başlıca tehlikeli atıklar şunlardır (Deniz, 2008):

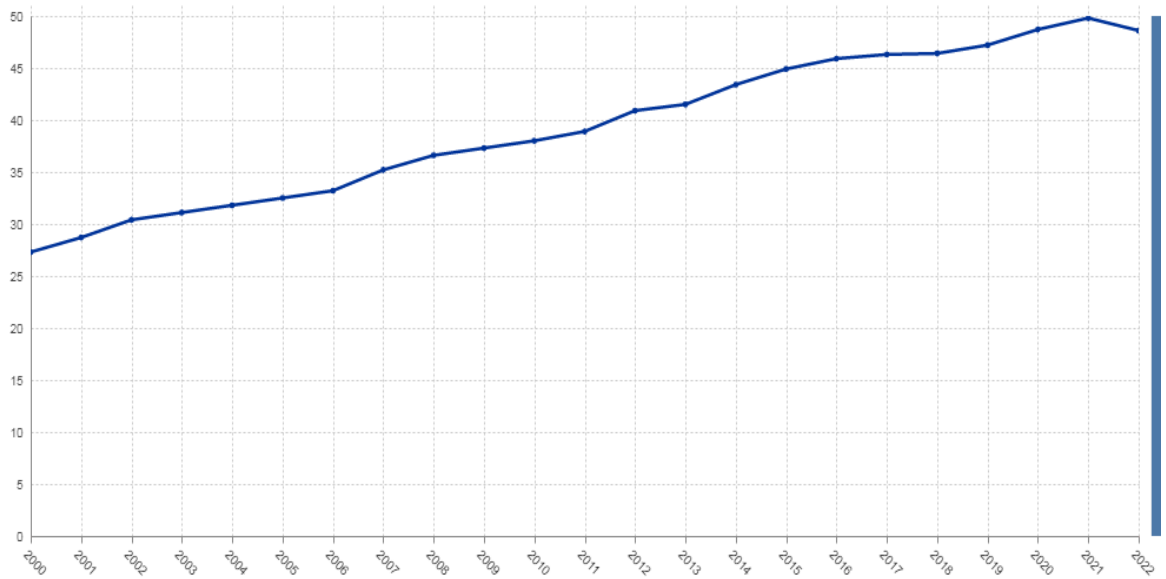
- Pil ve aküler
- Temizlik malzemeleri
- Boya, çözücü ve tiner
- Asbest gibi yalıtım malzemeleri
- Aerosol tüpleri
- Floresan lambalar
- Araba kimyasalları ve antifriz
- Termostatlar
- Bilgisayarlar ve monitörler
- Yazıcı kartuşları

- Bahçe ilaçları (ot ve böcek ldrcler)
- İlaç atıkları
- Kullanılmış lastikler

Evlerde yapılan çeşitli faaliyetler sonucunda meydana gelen katı atıklar, insan sağlığına ve çevreye zarar vermesinin engellenmesi için toplu yaşam alanlarından uzağa taşınmalıdır. Bu nedenle, oluşan evsel atıklar düzenli aralıklarla ilgili personel tarafından toplanarak depolama alanlarına taşınmaktadır. Evlerin önlerine veya şehrin belirli noktalarına yerleştirilmiş çöp konteynerlerine atılan çöpler, belirli periyotlarla belediye personelleri tarafından çöp toplama araçlarıyla alınmaktadır. Toplanan atıklar belediye atık sahalarına nakledilmektedir. Bu aşamada katı atıklar ya atık sahalarında saklanmaktadır ya da enerji üretimi için ayrıştırılmaktadır (Değirmenci & Karabacakoğlu, 2022).

Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan tehlikeli atıklar daha yaygın olarak bilinir ve bu atıkların yönetimi ve bertarafı üzerine daha fazla odaklanılır. Ancak evre ve insan sağlığı açısından evlerden kaynaklanan tehlikeli atıkların da aynı derecede önemli olduğu unutulmamalıdır. Bu atıkların birçoğu genellikle ya bilinmemektedir ya da riski doğru şekilde algılanmamaktadır (Deniz, 2008).

şekil 2.4. AB’de (27 lke) Belediye Atıklarının Geri Dönüşüm Oranı %



Kaynak: EUROSTAT (2024).

Evsel Atıklar İçerisinde Plastiğin Rolü

Plastik ürünler düşük maliyetli, pratik ve piyasada kolayca erişilebilir olduğundan haneler tarafından yoğun talep görmektedir ve günlük yaşamda pek çok kullanım alanı bulmaktadır. Gelişmiş ülkelerde, tüm plastiklerin yaklaşık %36'sı, gıda ve içecek kaplarının ambalajları da dâhil olmak üzere, tek kullanımlık plastik ürünlerden oluşmaktadır. Plastik kirliliği ise genellikle şişeler, kutular, gıda ambalajları, pipetler, kozmetik ürünleri gibi büyük boyutlu ürünlerden kaynaklanmaktadır (Gupta & Roy, 2024).

Şekil 2.5. AB'de (27 Ülke) Belediye Katı Atıklarının Bileşimi



Kaynak: Zero Waste Europe, (2012).

2.2.4. Tarımsal Atıklar

Basit tanımıyla tarımsal atıklar; tarımsal ve hayvansal ürünlerin üretim ve işlenmesi süreçlerinde ortaya çıkan yapraklar, gübreler, saplar ve saman gibi malzemeleri içermektedir. Daha geniş kapsamlı ifade edildiğinde bu katı atıklar; meyve, sebze, et, kümes hayvanları, süt ve süt ürünleri gibi tarımsal ve hayvansal ürünlerin yetiştirilmesi ve işlenmesiyle ortaya çıkan, ekonomik olarak değersiz olarak kabul edilen yan

ürünlerdir. Buradan hareketle tarımsal katı atıkların genellikle organik yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır (Bilgili, 2020).

Üretim sürecinin başlangıcı olan tarlalarda başlayan gıda atıkları, ortaya çıkan tüketim olgusunun belirgin şekilde etkisini sürdürdüğü alanlardan biri olan restoranlarda da yaygın olarak görülmektedir. Restoranlarda, mutfaklarda işleme sürecinde veya servis edilen yemeklerin son kullanıcıya ulaştığı ve tabakta bırakıldığı aşamada gıda atıkları oluşmaktadır (Ozkan vd., 2022).

Gıda atıklarının azaltılmasının ve döngüsel ekonomiye geçişin çeşitli sosyal, çevresel ve ekonomik faydaları bulunmaktadır. Atık sektörü diğer birçok sektörle içsel olarak bağlantılı olduğundan, sektörler ve değer zincirleri arasında daha döngüsel malzeme akışları sağlanmış ve koordinasyon geliştirilmiştir. Bu gelişmelerin çevresel bozulmayı ve sera gazı emisyonlarını azalttığı kanıtlanmıştır (UNEP, 2024).

İnsan nüfusu arttıkça gıda üretimi hızı da artmaktadır. Bu hızlı artış, tarımsal atık miktarlarının da artmasına ve doğal kaynakların sınırlı olduğu gerçeğinin göz ardı edilmesine veya kirletilmesine yol açmaktadır. Sürdürülebilir gıda üretim politikalarını benimsemeyen paydaşlar, yüksek israf miktarlarıyla birlikte ekonomik maliyet, çevre ve gıda güvenliği konularında ciddi zararlara neden olmaktadır (Ozkan vd., 2022).

Birleşmiş Milletler'in hazırladığı Sürdürülebilir Kalkınmanın 17 Hedefi listesinin ikinci sırasında sıfır açlık hedefi yer almaktadır.

Hedef 2 Sıfır Açlık: Küresel açlık artarken, dünyada üretilen tüm gıdanın üçte biri israf edilmektedir. Gıda israfının önlenmesi ve fazla gıdanın tekrar dağıtılmasıyla açlık azaltılabilir. Kaçınılmaz gıda artıklarının kompost haline getirilerek yeniden kullanılması, yıpranan tarımsal toprakların yenilenmesine yardımcı olabilir (UNEP, 2023). SKH, 2030 yılına kadar her türlü açlık ve yetersiz beslenmeyi sona erdirmeyi ve başta çocuklar olmak üzere herkesin tüm yıl boyunca yeterli ve besleyici gıdaya erişimini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla sürdürülebilir tarımın teşvik edilmesi, küçük çiftçilere destek verilmesi ve toprağa, teknolojiye ve pazarlara eşit erişimin sağlanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra tarımsal verimliliği artırma yolunda

altyapı ve teknolojiye yapılan yatırımın artması için de uluslararası işbirliği gerekmektedir (UNDP, 2021).

Tarımsal Atıklar İçerisinde Plastiğin Rolü

Sera işletmelerinin yaygınlaşması sonucunda tarımda özellikle son yıllarda artan plastik kullanımı ve bu plastiklerin doğru şekilde bertaraf edilmemesi çevresel etkilerini giderek artırmakta ve emisyon kaynakları oluşturmaya devam etmektedir. Çeşitli tarımsal uygulamalarda (alçak tüneller, yüksek tüneller ve sera örtü malzemeleri, malçlar, sulama boruları gibi) plastik malzemelerin kullanımı, plastik atıkların salınımının artmasına yol açmaktadır. Tarımsal plastik atıklar, hem çevresel hem de ekonomik olarak önemli bir problemdir. Etkili bir tarımsal plastik atık yönetimiyle ekonomik kayıplar ve çevresel zarar minimize edilebilir. Atık yönetimi düzgün yapılmadığında bu atıklar göllere, kırsal alanlara atılarak veya kontrolsüz bir şekilde yakılarak peyzaj, çevre, tarım toprağı, hava kalitesi ile yüzey ve yeraltı su kaynakları üzerinde ciddi ve yaygın zararlara yol açmaktadır (Boyacı & Kartal, 2019).

2.2.5. Tıbbi Atıklar

Sağlık tesislerinde üretilen atıklar için literatürde çeşitli terimler bulunmaktadır. Tıbbi atık (medical waste), sağlık hizmet atığı (healthcare waste) ve tıbbi tehlikeli atık (medical hazardous waste) terimleri birbirlerinin yerine geçen veya birbirlerini içeren şekillerde kullanılabilmektedir (Küçük, 2013).

Tıbbi atıklar, hastane ve benzeri sağlık kuruluşlarından kaynaklanan ve birçok hastalığa yol açabilen atık türüdür. Bu atıkları özelliklerine göre üç grupta sınıflandırabiliriz (T.C. ÇŞB, 2018):

- Patolojik Atıklar: Doku, organ, vücut parçaları, kan ve vücut sıvılarından oluşan atıklardır.
- Kesici-Delici Atıklar: İğne uçları, enjektörler, bistüriler, jiletler, kırık camlar gibi atıklardır.

- Enfeksiyöz Atıklar: Enfeksiyon yapıcı etkenleri taşıdığı bilinen veya taşınması muhtemel olan başta kan ve kan ürünleri olmak üzere tüm vücut sıvıları, insan dokuları, organlar ve otopsi materyalleri içeren atıklardır.

Bu tür atıklarda ciddi bir hastalık taşıma veya bulaşıcı olma potansiyeli mevcuttur. Ayrıca bu atıklar içerisinde bakteri, virüs, parazit ve mantar türlerinin bulunduğu bilinmektedir ve temas durumunda ciddi sağlık sorunlarına neden olarak insan sağlığı için ölümcül sonuçlar doğurabilmektedir (Ertaş & Güden, 2019).

Tıbbi atıklar, insan sağlığı kuruluşlarının işletim süreçlerinden kaynaklanabileceği gibi hayvan klinikleri ve tüm canlıların muayenehanelerinden de kaynaklanabilmektedir. Hayvan kliniği ve muayenehanelerinden çıkan kesici, delici, patolojik ve enfekte atıklar da tıbbi atıklar kapsamında değerlendirilmektedir (Resmi Gazete, 2015).

Sağlık bakım atıklarının sağlık tehlikeleri konusunda farkındalık eksikliği, yeterli atık yönetimi eğitimi olmaması, atık yönetimi ve bertaraf sistemlerinin yetersizliği, sınırlı mali ve insan kaynakları ve konuya öncelik verilmemesi, bu tür atıklarla ilgili en yaygın sorunlardır. Birçok ülkede uygun yönetmelikler bulunmamakta veya var olan yönetmelikler yeterince uygulanmamaktadır (WHO, 2018).

Tıbbi atıklar, çevre ve toplum sağlığı için ölüme varabilecek ciddiyette riskler barındırmaktadır. İnsan sağlığını korumak ve sağlık kuruluşlarının ekonomik kayıplarını azaltmak için tıbbi atıkların doğru önlemlerle kaynağında ayrıştırılması ve uygun yöntemlerle bertaraf edilmesi gerekmektedir (Ertaş & Güden, 2019). Sağlık kuruluşlarında üretilen atıklar, tıbbi atıklar, tehlikeli atıklar, evsel nitelikli atıklar ve ambalaj atıkları olarak sınıflandırılmalı ve kaynağında ayrı olarak toplanmalıdır. Bu şekilde karışmamaları sağlanmalıdır. Kesici ve delici atıklar, tıbbi atıkların bir alt grubudur ve özel plastik veya lamine kartondan yapılmış kutuların içinde toplanması gerekmektedir (T.C. ÇŞB, 2018). Bu atıkları topladığımız ekipmanın delinme, yırtılma, kırılma veya patlama risklerine karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Ayrıca bu atıkları su geçirmez ve sızdırmaz olan kaplarda biriktirmek zorunludur; böylece açılma veya başka atıklarla karışma riski ortadan kalkmış olacaktır (Öden, 2021). Birim içinde, tıbbi atıklar ile evsel nitelikli atıklar ayrı konteynerlerde taşınmalıdır. Bu konteynerler turuncu renkte olmalıdır ve üzerlerinde “Uluslararası Biyotehlike” simgesi ile “Dikkat!

Tıbbi Atık” yazısı bulunmalıdır. Tıbbi atıklar ile evsel nitelikli atıklar aynı taşıma aracına yüklenmemeli veya taşınmamalıdır (T.C. ÇŞB, 2018).

Sağlık atıkları genellikle belediye atıklarının bir alt grubunu oluştururlar, ancak diğer atıklardan daha fazla tehlike oluşturabilirler (UNEP, 2024). Sağlık hizmeti atıklarının yönetimi, özellikle bulaşıcı ajanlara ve toksik maddelere maruz kalma gibi kötü uygulamaların yol açabileceği olumsuz sağlık sonuçlarından kaçınmak için daha fazla dikkat ve özen gerektirmektedir (WHO, 2018). Bu bağlamda tıbbi atıklar, hacimsel olarak belki çok büyük olmasa da insan sağlığı ve yaşamı için enfekte etme potansiyeli nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Bu atıklar bulaşıcı hastalıkların önemli bir kaynağıdır ve patojen özellikleri nedeniyle potansiyel olarak tehlike barındırırlar. Tıbbi atıkların toplanması, taşınması ve bertarafı süreçlerinde önemli riskler mevcuttur. Bu nedenle etkili bir tıbbi atık yönetimi gereklidir (Ertaş & Güden, 2019).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), Sağlık Hizmetleri Faaliyetlerinden Kaynaklanan Atıkların Güvenli Yönetimi adlı ilk küresel ve kapsamlı rehber dokümanı geliştirmiş ve şu anda ikinci baskısını yapmıştır. Ayrıca, temel unsurları özetleyen kısa bir rehber de yakın zamanda yayımlanmıştır. Bu rehber, düzenleyici çerçeve, planlama, atık azaltma ve geri dönüşüm, elleçleme, depolama ve taşıma, arıtma ve bertaraf seçenekleri ile eğitim gibi konuları kapsamaktadır (WHO, 2018).

Tıbbi Atıklar İçerisinde Plastiğin Rolü

Plastikler, günlük yaşamda ev eşyalarından tıbbi cihazlara kadar geniş bir yelpazede kullanılmalarıyla hayatımızı büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. Sağlık sektöründe tıbbi plastikler, geleneksel malzemelere kıyasla daha ekonomik ve dayanıklı çözümler sunarak çelik, seramik veya cam gibi maddelerden üretilen ekipmanların yerini almıştır. Tek kullanımlık plastikler, enfeksiyon riskini azaltma amacıyla daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve sağlık sektöründe önemli bir seçenek haline gelmiştir. Tıbbi plastik atıkların uygun şekilde yönetilememesi, hem ciddi sağlık problemlerine yol açabilmekte hem de uzun vadede çevresel kirliliğin önemli bir kaynağı haline gelebilmektedir (Joseph vd., 2021).

2.3. Atık Yönetimi Hiyerarşisi

Belediye katı atık yöneticileri, atıkları toplamak ve bunu yaparken ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan mümkün olan en verimli yöntemi kullanmakla ciddi bir sorumluluk üstlenmektedir. Katı atık yönetimi genellikle yerel yönetimlerin görevidir ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde sıklıkla en büyük bütçe kalemidir (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Ekonomik, sosyal ve çevresel kaygılar doğal kaynakların ve materyallerin etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini gerektirmektedir (Ulucak vd., 2020). Katı atıklar, yerel kirleticiler arasında en zararlı olanlardan biridir. Toplanmayan katı atıklar genellikle yerel sel baskınlarına, hava ve su kirliliğine sebep olmaktadır (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). Sürdürülebilir olmayan atık üretimi ve kirlilik; çevre, iklim değişikliği, sağlık ve sosyo-ekonomik koşullar üzerinde ciddi olumsuz etkiler bırakmaktadır. Atıkların düzenli depolama alanlarında doğru şekilde yönetilmemesi, metan gazının salınımına neden olarak küresel ısınma etkisini, karbondioksit gazına kıyasla 28 kat artırabilmektedir. Bu durum, atmosfere karbon monoksit, hidrojen sülfür, hidrojen ve nitrojen gibi zehirli gazların yayılmasına da yol açmaktadır. Yayılan bu zehirli gazlar birçok çevre sorununu beraberinde getirmektedir. Yangın tehlikesi, istenmeyen kokuların oluşması, ağaçlandırma ve yeşillendirme faaliyetlerinin zarar görmesi bu sorunlardan bazılarıdır (Kocak & Bağlıtas, 2022).

Ayrıca, yerel atık yönetimi yetkilileri, sadece katı atıkların toplanması ve yönetimiyle değil, aynı zamanda bu süreçlerin entegrasyonu ve uluslararası boyutlarıyla da ilgilenmek zorundadırlar. Bu görev yeterince geliştirilmemişse, artan iş gücü demografisi, istihdam yaratma, resmi ve gayriresmi personelin yönetimi gibi konularda da gerekli adımların atılması büyük önem taşımaktadır (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Uluslararası kuruluşlar ve politika yapıcılar, geçmişte insan kalkınmasına odaklanırken şimdi ekonomik büyüme, istihdam, eşitsizlik ve sürdürülebilir çevre sorunlarına da dikkat etmektedirler. 2015 sonrası Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri çerçevesinde, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımının genel kalkınma hedeflerine ulaşmada kritik bir rol oynadığının önemi belirtilmiştir (Ulucak, 2020). SKH 11.6 kapsamında

yerleşim alanları ve sanayi bölgelerinin seçiminde çevresel etki değerlendirmesi yapılması, olası çevresel kazalar için risk analizi ve acil müdahale planlarının hazırlanması, şehirlerde atık ve emisyon azaltımı, çevresel kirliliğin önlenmesi, ulusal düzeyde etkili katı atık yönetim sistemi oluşturulması, kaynakta ayrıştırılan atıkların ayrı toplanması, geri dönüşümü mümkün olmayan atıklar için düzenli depolama tesislerinin kurulması ve eski çöplüklerin yeniden düzenlenmesi yer almaktadır (T.C. SBB, 2019). Bu nedenle, doğal kaynakların ve malzemelerin kullanımının temel dinamiklerinin doğru anlaşılması, gelecekte sürdürülebilir politikaların geliştirilmesi için kritik bir rol oynamaktadır (Ulucak vd., 2020).

Katı atık yönetimi, kentleşme ve ekonomik kalkınma ile sıkı sıkıya bağlantılıdır. Ülkelerin kentleşmesiyle birlikte ekonomik refahları da artmaktadır. Yaşam standartları ve harcanabilir gelirler yükseldikçe, mal ve hizmet tüketimi artmakta ve buna bağlı olarak üretilen atık miktarı da artmaktadır (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). Ekonomik, sosyal ve çevresel endişelere çözüm bulmak için doğal kaynakların ve malzemelerin sürdürülebilir ve etkin bir şekilde yönetilmesi son derece kritik önem taşımaktadır. Bir ekonominin sınırları içindeki malzeme tüketimi; mineraller, biyokütle, metal cevherleri ve fosil enerji kaynakları gibi hammadde türlerinin kullanım miktarını net olarak gösterdiği için, malzeme akışlarının analiz edilmesi ve politika önerileri geliştirilmesi açısından önemli bir göstergedir (Ulucak vd., 2020).

Katı atık üretimini belirleyen faktörleri inceleyen araştırmalar, belediye atıklarının azaltılmasını teşvik etmeyi amaçlayan politikaların geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle, evsel atık üretimi ile ilgili güvenilir tahminler, etkili bir atık yönetim sisteminin oluşturulması ve uygulanmasında yol gösterici olabilir (Kocak & Bağlıtas, 2022).

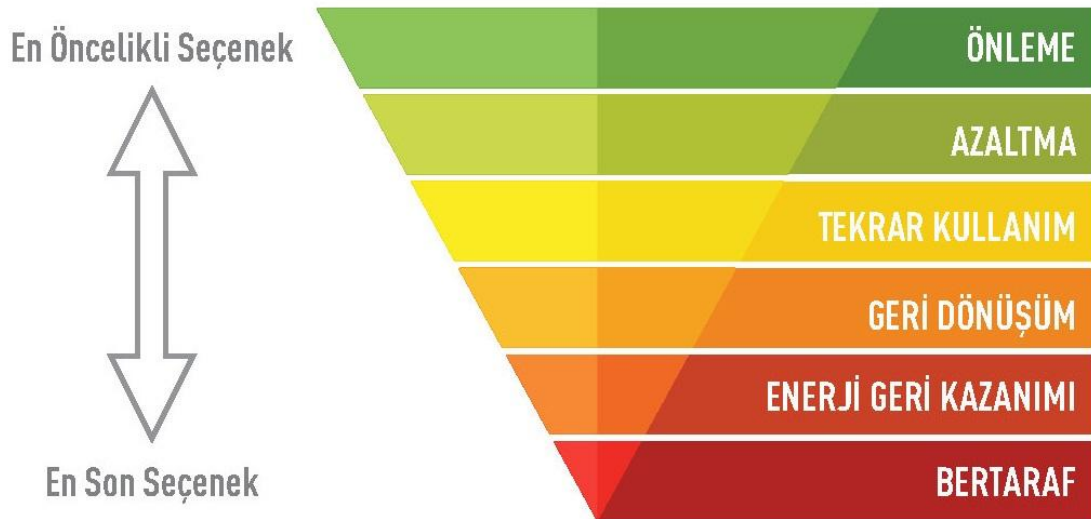
Atık yönetimi, belirli bir prosedür çerçevesinde uygulanmakta olup atık yönetimi hiyerarşisi adı verilen bir düzen içinde organize edilmektedir (DEİK, 2022). Atık yönetimi sektöründe, genel olarak kabul görmüş bu hiyerarşi için “Atık yönetimi hiyerarşisi” teriminin ilk olarak 1970’lerin başında Ontario Kirlilik Araştırması’nda kullanıldığı bilinmektedir (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). Bu ilke, atıkların azaltılması, geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılmasına öncelik verilmesini ve ancak bunların mümkün olmadığı durumlarda arıtılması veya bertaraf edilmesini

önermektedir. Bu kavram, Amerika Birleşik Devletleri'nde 3M isimli özel bir şirket tarafından, Avrupa'da ise Hollandalı politikacı Ad Lansink tarafından 1979 yılında Hollanda Parlamentosu'nda kullanılmıştır. Atık hiyerarşisi ilkesi, 2008 yılında Avrupa Birliği'nin Atık Çerçeve Direktifi (2008/98/EC) kapsamına alınmış ve daha sonra AB üye devletlerinin ulusal yasalarına entegre edilmiştir (Pires & Martinho, 2019).

Hiyerarşi, başlangıçta “üç R” olarak bilinen azaltma (reduce), yeniden kullanma (reuse) ve geri dönüşüm (recycle) kavramlarıyla ortaya çıkmıştır; ancak günümüzde genellikle dördüncü bir R olarak geri kazanım (recovery) da eklenmektedir. Bu hiyerarşi, finansal, çevresel, sosyal ve yönetsel konulara yanıt vermektedir. Ayrıca, sera gazı emisyonlarını azaltmayı teşvik etmektedir (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Bu hiyerarşinin altı unsuru bulunmakta olup, başlıca hedefi gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakmaktır. Yönetmeliğin diğer amaçları arasında sürdürülebilir bir çevre oluşturulması, doğal kaynakların korunması, enerji ve maliyet tasarrufu sağlanması, kirlilik düzeyinin azaltılması ve tehlikeli atık miktarının azaltılması yer almaktadır. Atık yönetimi hiyerarşisi, öncelik sırasına göre önleme, azaltma, yeniden kullanma, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı ve bertaraf adımlarıyla şekillenmektedir (DEİK, 2022).

Şekil 2.6. Atık Yönetimi Hiyerarşisi



Kaynak: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (t.y.).

Önleme: Atık yönetimi hiyerarşisinin öncelik sırasına göre ilk sırada yer alan “önleme” kavramı, atık miktarının ve bu şekilde ortaya çıkabilecek tehlikelerin azaltılmasının önemine vurgu yapmaktadır. Atıkların önlenmesiyle birlikte doğal kaynakların gereksiz tüketimi en aza indirilmiş olacaktır (DEİK, 2022). Önleme kavramı aynı zamanda ürünlerin tekrar kullanılması veya kullanım ömürlerinin uzatılmasıyla atık miktarının azaltılması, ürün üretiminde zararlı maddelerin azaltılması ve üretilen atığın çevre ve insan sağlığına olan olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için alınacak önlemler bütünüdür. Bu yaklaşım, malzemelerin veya maddelerin atık haline gelmeden önce değerlendirilmesini ve yönetilmesini sağlamaktadır (Öktem, 2016). Bu özelliğiyle sürdürülebilir bir çevre için en etkili hiyerarşi adımı atık önleme olmaktadır (DEİK, 2022).

Azaltma: Atık yönetimi hiyerarşisinin ikinci basamağında yer alan azaltma, atık oluşumunu engellemenin mümkün olmadığı durumlarda tercih edilecek yöntemdir (DEİK, 2022). Atık veya kaynak azaltma çabalarını (önleme, minimizasyon ve yeniden kullanım dâhil) kapsamaktadır. Bu çabalar, üretim noktalarında atık miktarını azaltmak için ürünleri yeniden tasarlamayı veya üretim ve tüketim modellerini değiştirmeyi amaçlamaktadır. Atık azaltımının sera gazı emisyonları üzerinde iki yönlü etkisi olmaktadır. İlk olarak, malzeme ve ürün üretimi ile ilişkili emisyonlar azaltılacaktır. İkinci olarak, atık yönetimi faaliyetlerinden kaçınılarak ortaya çıkacak emisyonlar azaltılmış olacaktır (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Yeniden Kullanım: Ürünlerin veya atık olmayan bileşenlerin tasarlandığı amaçla aynı şekilde kullanılması, bu süreci tanımlar (Öktem, 2016). Bu adımda, üretilen atıkların mümkün olduğunca yeniden kullanılması hedeflenmektedir (DEİK, 2022). Atık yönetiminin nihai hedefinin geri dönüşüm olmadığı kabul edilmelidir. Atık üretmek ve ardından geri dönüştürmek yerine, başlangıçta atığı önlemek veya önlenemeyen atık malzemeleri yeniden kullanmak her zaman daha öncelikli olarak tercih edilmelidir. Yeniden kullanım, geri dönüşüm gibi enerji yoğun süreçler içermediği için atık yönetimi hiyerarşisinde daha öncelikli bir konumdadır (UNEP, 2024).

Geri Dönüşüm: Atıkların kaynağında ayrı ayrı toplanarak yeniden hammadde haline getirilmesini ifade etmektedir. Bu süreçte kullanılmış malzemeler yeniden işlenerek yeni ürünler üretilmektedir. Geri dönüştürülen ürünlerle sera gazı ve atık su oluşumu

azalırken ve enerji tasarrufu sağlanırken yeni istihdam alanları da meydana getirilmektedir. Bu sayede atık depolama ve yakma tesislerine olan ihtiyaç da azalmış olacaktır (DEİK, 2022).

Bir diğer tanıma göre geri dönüşüm; enerji geri kazanımı veya yakıt olarak kullanım gibi işlemler dışında, organik maddeler de dâhil olmak üzere atıkların işlenerek, başlangıçta amaçlanan ürüne veya farklı amaçlar doğrultusunda ürünlere, malzemelere veya maddelere dönüştürüldüğü geri kazanım sürecini ifade eder. Bu süreçte ürün ve bileşenlerin özellikleri ve fonksiyonları korunmamaktadır (Öktem, 2016).

İnsan sağlığına ve çevreye zararlı bileşiklerin belirli standartlar çerçevesinde geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Geri dönüşüme uygun olmayanlar ise uygun yöntemlerle bertaraf edilmelidir. Elektrikli ve elektronik kategorisindeki atıkların geri dönüşümü ise iki yönlü kazanım sağlamaktadır. Hem atıkların bertarafı hem de bakır, alüminyum, altın gibi değerli materyallerin yeniden üretim sürecine kazandırılmasıdır (T.C. ÇŞB, 2018).

Burada bahsedilen geri dönüşümden, mekanik geri dönüşüm süreci anlaşılmalıdır. Kimyasal geri dönüşüm ise hala gelişme aşamasında olduğundan etkileri ve katkıları hakkında kesin yargılara varmak mümkün değildir (UNEP, 2023).

Geri dönüşüm ve malzeme geri kazanımının ana avantajları, atık miktarının azaltılması ve malzemelerin ekonomiye tekrar katılmasıdır. Gelişmekte olan birçok ülkede, atık toplama noktalarında ve bertaraf etme alanlarında yer alan gayriresmi atık toplayıcılar, çevreye yayılan atıkların kayda değer bir kısmını ekonomiye geri döndürmektedir. Gayriresmi geri dönüşüm süreci, malzemelerin satış veya yeniden kullanım için işlenmesi dışında, sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu esnada açığa çıkan sera gazı emisyonları da malzeme geri kazanım tesislerinin işletilmesi sırasında elektrik tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salınımıyla ilişkilendirilmektedir. Ancak, örneğin e-atıklardan metal geri kazanımı gibi uygun olmayan yöntemlerle yakıldığında, bu emisyonlar nispeten yüksek seyredebilecektir (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Yüksek kaliteli geri dönüşüm, ancak atıkların ayrı toplanmasıyla uygulanabilecektir. AB Komisyonu, vatandaşların, işletmelerin ve kamu yetkililerinin atıkları daha verimli bir şekilde ayırmalarına yardımcı olmak için atık toplama sistemlerini güncelleyecektir.

Bu bağlamda ortak çöp kutusu renkleri, atık türleri için uygun semboller, ürün etiketleri ve bilgilendirme kampanyaları gibi tüketicilerin bu yönteme katılımını artıran önlemler önemli rol oynayacaktır. AB üye devletlerinin, atık yönetimini daha uyumlu hale getirmek için ek çaba göstermeleri de gerekmektedir (DEİK, 2022).

Enerji Geri Kazanımı: Geri dönüştürülemeyen atıklar kullanılarak gaz elde etme işlemini ifade etmektedir. Bu gazın elde edilme yöntemleri ise anaerobik (oksijensiz) çürütme, yakma, piroliz, gazlaştırma ve düzenli depolama sahası yöntemleri ile belirtilebilir. Açığa çıkan bu gaz, yakıt olarak kullanılabilmekte veya çeşitli işlemler sonucunda elektrik ve ısı üretimine dahil edilmektedir (DEİK, 2022).

Anaerobik çürütme sürecinde, organik atıklar kapalı bir ortamda parçalanmaktadır. Bu yöntem genellikle atık su arıtma tesisleriyle ilişkilendirilmekte ve metan üretmektedir. Bu metan gazı ya alevlendirilebilmekte ya da ısı ve/veya elektrik üretimi için kullanılabilir. Genel olarak kompostlama, anaerobik çürütmeye göre daha az karmaşık ve maliyet açısından daha avantajlı olmaktadır. Anaerobik çürütmenin amaçlanan bir yan ürünü olan metan, toplanıp enerji üretimi için kullanılabilir (Hoorweg & Bhada-Tata, 2012).

Atıktan enerji elde etme teknolojileri bazı gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılsa da, bu teknolojilerin kabullenilmesiyle ilgili bazı sorular hala varlığını korumaktadır. Pek çok kişi termal arıtma teknolojilerinin atık üretimini azaltma, sıfır atık ve karbon salınımlarında düşüş hedeflerine ulaşma çabalarını zayıflattığını savunmaktadır. Birçok hükümet, atıktan enerjiye dönüşümün yerine maliyet açısından uygun ve çevreye duyarlı olduğu gerekçesiyle, atık azaltma, yeniden kullanım ve geri dönüşüme yönelmektedir. Bu yöntemde yakılan materyallerin geri kazanılması veya tekrar kullanılması mümkün olmadığı için atıktan enerji kullanımı doğrusal kaynak kullanımını temsil etmektedir (UNEP, 2024).

Atık içinde bulunan enerji değerinin nihai bertaraf öncesinde geri kazanılması, kirlilik kontrol gereksinimleri ve maliyetler göz önünde bulundurulduğunda, genellikle düzenli depolamaya tercih edilir. Tipik olarak, enerji geri kazanımı olmayan yakma işlemi (veya otojenik olmayan yanma, düzenli olarak yakıt eklenmesi gerekliliği) maliyetler ve çevresel kirlilik yönünden tercih edilmemektedir. Atıkların açık havada yakılması,

düşük sıcaklıkta yanma ile bağlantılı ciddi hava kirliliğine yol açacağı için önerilen bir yöntem değildir (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Bertaraf: Atık yönetimi hiyerarşisine göre diğer tüm yöntemlerin kullanılmadığı durumda tercih edilmesi gereken en son seçenektir. Bu yöntem çeşitli alternatifler sunsa da, en uygun bertaraf şekli genellikle düzenli atık depolama alanları olarak belirlenmektedir (DEİK, 2022).

Belediyeler veya birliklerin evsel katı atıkları bertaraf etmek için doğru teknolojileri kullanmaları gerekmektedir. Evsel atıkların miktarı ve özellikleri, bertaraf yöntemlerinin belirlenmesinde kullanılacak esas kriterdir. Bu işleme katı atık karakterizasyonu denilmektedir ve bir katı atık yönetim sistemi kurulacak bölgede dikkat edilmesi gereken bir veridir. Bu bilgilere dayanarak, katı atık yönetim sistemi içinde yer alacak tesisler ve bu tesislerin kapasiteleri belirlenmektedir (T.C. ÇŞB, 2018).

Düzenli depolama sahası: katı atıkların karada kontrollü bir şekilde bertaraf edilmesi için tasarlanmış bir tesistir (UNEP, 2024). Bu tesis, katı atıkların çevresel etkilerini kontrol altına almak için yapılan bir alanı ifade etmektedir. Katı atık sızıntı sularının ve depo gazının olumsuz etkilerini önlemek amacıyla sızdırmazlık ve gaz kontrolü sistemlerinin bulunduğu alanlar depolamaya elverişlidir. Bu uygulama, katı atıkların çevresel problemler oluşturmaktan kademeli olarak zemin üzerinde depolanarak bertaraf edilmesine olanak sağlamaktadır (T.C. ÇŞB, 2018). Diğer işlemlerden kaynaklanan atık veya artıklar, bir bertaraf sahasına yönlendirilmelidir. Düzenli depolama sahaları, atıklar için yaygın bir nihai bertaraf yöntemidir ve hem çevre hem de kamu sağlığını koruyacak şekilde tasarlanmalı ve yönetilmelidir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler incelendiğinde düzenli depolama alanları genellikle yetersizdir. Düzenli depolama yöntemi genelde açık depolama, kontrollü depolama, kontrollü düzenli depolama ve düzenli depolama şeklinde sıralanmaktadır (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Düzensiz depolama sahaları, genellikle kontamine olmuş alanlardır ve bu alanlar yüksek çevresel riskler barındırmaktadır. Bu tür sahalarda depolanan atıklar, yeraltı ve yüzeysel sularda kirliliğe, hava kirliliğine, görüntü kirliliğine, taşıyıcı haşere üremesine ve heyelana neden olabilir. Bu riskleri azaltmak için, eski, kötü ve yanlış yönetilmiş

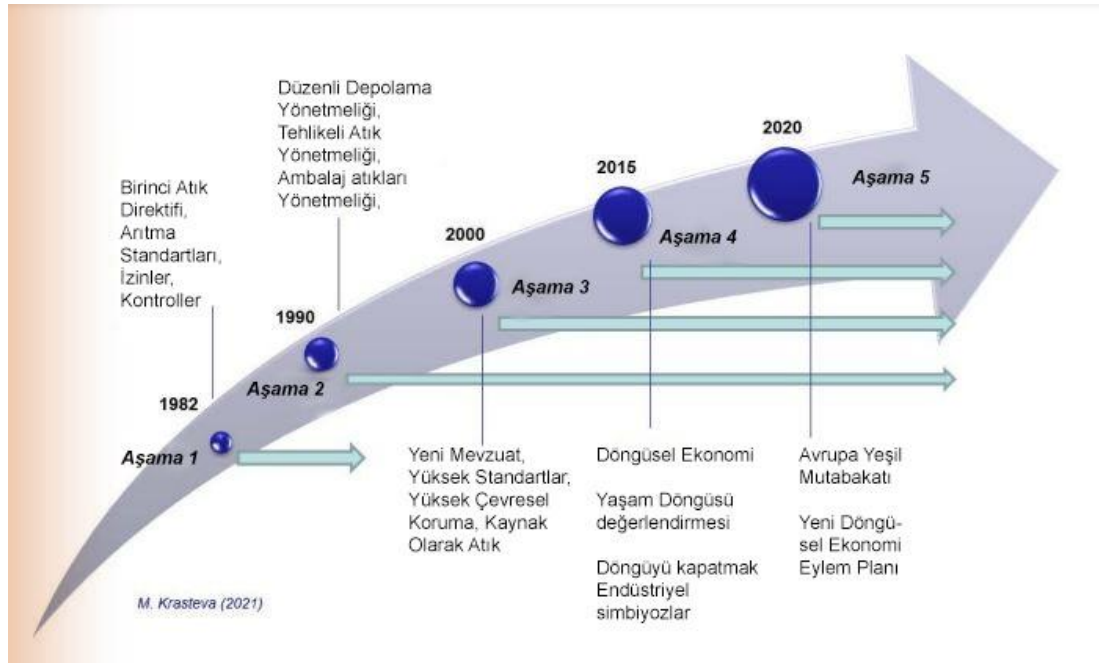
düzensiz depolama sahalarının belirlenmesi, kapatılması veya rehabilite edilmesi gerekmektedir (T.C. ÇŞB, 2018).

Biyolojik olarak parçalanabilen atıkların çöp sahalarında kademeli olarak ayrışması, metan bakımından zengin olan çöp gazı (biyogaz olarak da adlandırılır) üretmektedir. Isınma potansiyeli 20 yıllık bir zaman diliminde CO₂'den 80 kat daha fazla olup bir sera gazı olan metan, bugüne kadar küresel ısınmanın yarım santigrat derecesinden sorumlu olmuştur. Düzenli depolama alanlarından kaynaklanan metan emisyonlarını azaltmak için birçok ülke biyolojik olarak parçalanabilen atıkların geri dönüşüme (kâğıt ve karton söz konusu olduğunda) veya kompostlama veya anaerobik çürütmeye (bahçe ve gıda atıkları söz konusu olduğunda) yönlendirilmesinin gereğini belirtmiştir (UNEP, 2024).

2.4. Sürdürülebilir Kalkınma Fikrinin Tarihsel Süreci ve Atık Yönetimi

Sıfır atık kavramı ilk kez 1980'lerin başında ortaya çıkmış, ancak son 15 yılda bu hareket büyük bir hız kazanmıştır. Binlerce birey ve birçok belediye, bu yaşam tarzını benimseyerek önemli ölçüde atık azaltmış ve maliyetlerden tasarruf sağlamıştır (Tat, 2023).

Şekil 2.7. Sürdürülebilir Kalkınma Fikrinin Tarihsel Süreci



Kaynak: UNECE, (2022).

Sürdürülebilir kalkınma kavramı, 1980’lerde küresel kalkınma ve ekonomik büyüme sürecinde çevrenin korunma gerekliliği fikrinin yayılması sonucunda ortaya çıkmıştır. Son 40 yılda sürdürülebilir kalkınmanın kapsamı genişleyerek, çevrenin korunmasının yanı sıra sağlık, nüfus dinamikleri, beslenme, gıda güvenliği, endüstrileşme, altyapı ve yoksulluğun azaltılması gibi kavramları da içine almıştır (Koçak, 2019).

1992 yılında Rio de Janeiro’da gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda katılımcı ülkeler, insanın çevreye olan etkilerini ele alarak küresel, ulusal ve yerel düzeyde atılacak adımları ve alınacak tedbirleri belirleyen Gündem 21 (Agenda 21) belgesini kabul etmişlerdir. Bu belgenin ve Rio’da ortak kabul edilen ilkelerin uluslararası destek görmesi, 2002 yılında Johannesburg’da düzenlenen Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi’nde teyit edilmiştir (TİKA, 2012).

1992 Rio Konferansı’nın yirminci, 2002 yılındaki Johannesburg Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi’nin onuncu yılı vesilesiyle, 20-22 Haziran 2012 tarihlerinde yine Rio de Janeiro’da, “Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma (Rio+20) Konferansı” düzenlenmiştir. Bu konferanstaki resmi görüşmeler şu iki ana konuya odaklanmaktadır (TİKA, 2012):

- Sürdürülebilir kalkınma bağlamında yoksulluğun azaltılması için ekolojik ekonomiye geçişin sağlanması,
- Sürdürülebilir kalkınma için uluslararası iş birliği ve kurumsal çerçevenin güçlendirilmesidir.

Rio+20 Zirvesi’nin ardından “İstediğimiz Gelecek” adı verilen, kalkınma için yol haritası niteliğinde bir sonuç belgesi kabul edilmiştir. Binyıl Kalkınma Hedefleri’nin devamı olarak kabul edilen, 27 Eylül 2015 tarihinde New York’ta 17 ana hedef ve 169 alt hedefi içeren “Gündem 2030: BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH)” benimsenmiştir (MFA).

Sıfır atık stratejileri, döngüsel ekonomiyi geçişe olanak sağlamaktadır (UNEP, 2024). Sıfır atık hem siyasi bir vizyon hem de pratik bir yol haritası olarak, mevcut üretim ve tüketim sistemlerimizin yeniden değerlendirilmesini gerektirir (Tat, 2023). Sıfır Atık Yönetiminin temel ilkesi, atıkların oluşmasını engellemektir ve atık oluşmasının

engellenemediği durumlarda ise meydana gelen bu atıkların şartların elverdiği ölçüde fayda sağlayacak şekilde değerlendirilmesini gerektirmektedir (Mısır & Arıkan, 2023). Ürünleri ve malzemeleri mümkün olduğunca uzun süre kullanarak israfı önlemeyi hedefler ve zararlı kimyasalları ortadan kaldırarak insan sağlığını ve çevreyi korumayı amaçlamaktadır (UNEP, 2024).

Bu bağlamda Avrupa Birliği, atık oluşumunu azaltma, geri dönüşümü teşvik etme ve bertarafa gönderilen atıkları büyük ölçüde azaltma konularında gerekli yasal çerçeveyi oluşturmuş olup üye ülkelerin Sıfır Atık Yönetimine geçişlerini teşvik etmektedir. Bu çerçevede, üye ülkeler kendi stratejilerini ve eylem planlarını belirlemektedir (Mısır & Arıkan, 2023).

Döngüsel ekonomi, endüstriyel ekosistemlerdeki döngüleri kapatmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım atık oluşumunu azaltmayı, kaynakları kullanmayı ve atıkları yeniden değerlendirmeyi teşvik ederek, azalt-kullan-geri dönüştür (3Rs) ilkesini benimser (Zhang vd., 2022). Son yıllarda döngüsel ekonomi (DE) paradigması politika yapıcılar, ticari kuruluşlar ve araştırmacılar arasında büyük bir ilgi görmektedir. Bu ilginin temel motivasyonu, DE'nin endüstriyel ekonomiyi onarıcı veya yenileyici bir yaklaşımla yeniden şekillendirme niyeti ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için potansiyel bir çözüm sunma arzusudur (Arena vd., 2021).

Yaşam döngüsü perspektifinden bakıldığında atık hiyerarşisi ve döngüsel ekonomi, bir ürünün tüm hayat döngüsünü kapsayacak şekilde kullanım öncesinden başlayarak, kullanım ve kullanım sonrası aşamalarını da içermektedir. Her iki yaklaşım da ürünlerin tasarımından başlayarak atığa dönüşmeden önce nasıl kullanılacağını ve yönetileceğini vurgulamaktadır ve bu süreç zaman içinde geliştirilmiştir (Zhang vd., 2022).

Avrupa Komisyonu, 11 Mart 2020 tarihinde Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın temel bileşenlerinden biri olan Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nı kabul etmiştir. Yeni eylem planı, ürünlerin yaşam döngüsü boyunca tasarımını hedefleyen, döngüsel ekonomi süreçlerini ve sürdürülebilir tüketimi teşvik eden, bununla birlikte kullanılan kaynakların mümkün olduğunca uzun süre Avrupa Birliği ekonomisinde kalmasını sağlamayı amaçlayan girişimleri içermektedir (UNECE, 2022).

Sürdürülebilir katı atık yönetimi, sürdürülebilir kalkınma ideali içinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu yaklaşım, atıkların kaynak kullanımında daha verimli bir şekilde yönetilmesini sağlamayı ve atıkların çevresel olarak duyarlı bir biçimde bertaraf edilmesi gerekliliğini vurgular (Bilgili, 2020).

Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin çoğu, atık yönetimi ile doğrudan ilişkilidir. Bu hedefler arasında; temel hizmetlere erişim (Hedef 1.4), su kalitesini iyileştirmek için atık depolamanın azaltılması (Hedef 6.3), belediye katı atık yönetimi (Hedef 11.6), gıda atıkları (Hedef 12.3), kimyasallar ve tehlikeli atıklar dahil e-atık (Hedef 12.4), geri dönüşüm (Hedef 12.5) ve deniz çöpleri (Hedef 14.1) bulunmaktadır. Ayrıca, ev içi malzeme tüketimi ve malzeme ayak izini ele alan iki yakından ilişkili hedef (Hedef 8.4 ve 12.2) mevcuttur. Bu bağlamda sürdürülebilir atık yönetimi, bir dizi Sürdürülebilir Kalkınma Hedefine ulaşılmasına önemli katkı sağlayacaktır (UNECE, 2022). Sürdürülebilir katı atık yönetimi, atık üretiminin önlenmesi, geri dönüşümü mümkün olan atıkların geri kazanımı, geri kazanılamayan atıklardan enerji üretimi ve en sonunda atıkların çevresel açıdan en uygun şekilde bertaraf edilmesi adımlarına dayanmaktadır. Bu anlayış, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, ekolojik ve sosyal hedeflerine ulaşmak için atık yönetiminin doğru şekilde inşa edilmesinin önemine vurgu yapmaktadır (Bilgili, 2020).

SKH hedef 1: Sıfır yoksulluktur. Sürdürülebilir çevre yönetimi, sosyo-ekonomik kalkınma ve yoksulluğun azaltılması için temel bir gerekliliktir. Doğal çevre, gelir sağlayan, istihdam yaratan, yoksulluğu azaltan, güvenlik ağlarına katkıda bulunan ve eşitsizlikleri azaltan ekosistem hizmetleri sunar. Ancak iklim değişikliği ve doğal afet riskleri, yoksulluğun azaltılması çabalarını tehdit etmektedir. Dünyanın en savunmasız grupları, doğal afet riski taşıyan ülkelerde yaşamakta ve bu durumlarından ağır şekilde etkilenmektedir. İklimle ilgili afetlerin sıklığı ve şiddeti arttıkça, insanların yaşamını ve geçim kaynaklarını tehdit etmekte, kalkınma çabalarını engellemekte ve yoksulluğun azaltılması kazanımlarını riske atmaktadır (UNEP). Küresel düzeyde yoksulluğun azaltılması için uzun vadeli ve istikrarlı ekonomik büyüme gereklidir ve ülkelerin büyüme süreçleri, üretim kapasitesini artırmanın temel unsurunun enerji olduğunu göstermiştir. Dünya, mevcut refah seviyesine ulaşmak için fosil enerji kaynaklarını

kullanarak daha fazla mal ve hizmet üretmiştir. Ancak fosil yakıtların kullanımı, küresel ısınmanın ana nedeni olan sera gazı emisyonlarının kaynağıdır (Koçak vd., 2019).

Son on yılda, döngüsel ekonomi kavramı atık azaltma ve atık yönetimi için önemli bir çerçeve haline gelmiştir. Döngüsel ekonomi yaklaşımı, malzemelerin yeniden kullanımı ve geri dönüşümü üzerine odaklanarak döngüleri kapatmayı amaçlar. Bu amaç, işlenmemiş malzemelere olan talebi azaltır ve çevresel kirliliği azaltır. Bu perspektif, döngüsel ekonomi çerçevesinin iş dünyası ve politika alanlarında daha kolay kabul görmesini sağlamış ve endüstriyel sürdürülebilirliğin temel bir bileşeni haline getirmiştir (Tat, 2023).

Atık ve kaynak yönetiminde döngüsel ekonomi yaklaşımı benimsendiğinde, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) çerçevesinde İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme (Amaç 8), Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı (Amaç 9), Sorumlu Üretim ve Tüketim (Amaç 12), İklim Eylemi (Amaç 13), Su Hayatı (Amaç 14) ve Karasal Yaşam (Amaç 15) hedeflerine uygun adımlar atılarak hem çevre ve ekonomi korunmuş olacak hem de bilinçli üretici ve tüketiciler artacaktır (Mısır & Arıkan, 2023).

Sonuç olarak, döngüsel ekonomi kaynakların daha verimli kullanımı için doğru bir rehber görevi görürken, odak noktamızın bu rehberin kendisinden ziyade hedefte olması gerektiğini unutmamalıyız. Bu bağlamda hedeflerimiz: kaynak kullanımının planlı bir şekilde azaltılmasıyla birlikte, eşitsizliklerin azaltılması ve kolektif refahın artırılması olmalıdır (Tat, 2023).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AB'DE PLASTİK ATIK ÜRETİMİNİ VE GERİ DÖNÜŞÜMÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN TAHMİNİ

Bu çalışmanın üçüncü bölümünde; kişi başına gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH), kentleşme oranı ve eğitim düzeyinin kişi başına plastik ambalaj atığı üretimi ve geri dönüşümü üzerindeki etkileri ampirik olarak incelenecektir. Öncelikle konuyla ilgili literatür değerlendirmesi yapılacak ve bulunan çalışmalar kronolojik olarak sunulacaktır. Daha sonra çalışmanın analizi için kullanılacak ekonometrik model, veri seti ile değişkenler tanımlanacaktır. Ekonometrik yöntemler kullanılarak elde edilen bulgular, tablolarla desteklenerek bulgular bölümünde sunulacaktır. Son olarak araştırmanın ampirik sonuçları değerlendirilecek ve politika önerilerine yer verilecektir.

3.1. Literatür Değerlendirmesi

Çalışmanın bu bölümünde atık üretimi miktarını ve geri dönüşüm oranını etkileyen faktörlerin analiz edildiği ampirik çalışmalara yer verilmiştir. Ulusal ve uluslararası bu çalışmalarda kullanılan yöntemler ve çalışmalardan elde edilen sonuçlara kronolojik olarak yer verilmiştir. Sonrasında değerlendirilen literatür tablo halinde özetlenilerek sunulmuştur.

Dahlén vd. (2007) İsveç'teki altı belediye üzerinden yürüttükleri bu çalışmalarında, ağırlık temelli faturalandırma sistemi uygulanan belediyelerin atık yönetimi ve tüketim alışkanlıklarının diğerlerinden farklı olduğunu göstermektedir. Bu belediyelerde atık miktarları genellikle daha düşüktür ve geri dönüşümlü malzemeler daha etkin bir şekilde ayrıştırılıp geri dönüştürülmektedir. Ağırlık temelli faturalandırmanın etkinliği

için, halkın bilinçlendirilmesi ve kurallara uyum sağlaması önemlidir. Bu nedenle, bilinçlendirme kampanyaları ve yönergelerin rolü büyüktür.

Hage & Söderholm (2008) İsveç'in çeşitli belediyelerindeki atık yönetim politikalarının, coğrafi ve sosyo-ekonomik faktörlerin ve bölgesel özelliklerin plastik ambalaj atığı toplama oranları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu faktörler ekonomik, demografik, kurumsal ve politika odaklı değişkenleri içermektedir. Çalışmada OLS yöntemi kullanılarak ekonometrik model elde edilmiştir. Değinilen ağırlık temelli faturalandırmanın katsayısı beklenildiği gibi pozitif yönde etkili olduğu, belediyeler tarafından toplanan atık hacmini azalttığını ve %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu ortaya konulmuştur. Ağırlık temelli ücret uygulayan belediyeler, diğer atık yönetim ücretleri kullanan belediyelere göre kişi başına ortalama 372 gram daha fazla plastik ambalaj atığı toplamaktadır. Bu sonuçlar, ekonomik teşviklerin doğru bir şekilde tasarlanması ve uygulanmasıyla plastik ambalaj atığı toplama performansının artırılabilirliğini göstermektedir. Ancak bu azalışın geri dönüşüm oranlarındaki artışla ilişkili olmadığını ve asıl olarak haneler tarafından üretilen atık miktarının azaltılmasından kaynaklandığını göstermektedir. Bu bulgular, atık yönetiminde kullanılan ekonomik teşviklerin, doğrudan atık miktarını azaltmada etkili olduğunu ancak geri dönüşüm oranlarını artırmak konusunda tek başına yeterli olmadığını ve daha etkili politikaların uygulanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Dahlén & Lagerkvist (2010) İsveç'teki 264 belediyeden elde edilen evsel atık verilerini kullanmışlardır ve bu verilere hem kentsel hem de uzak bölgelerdeki belediyeler dâhil edilmiştir. 2004-2006 döneminde ağırlık temelli faturalandırmanın uygulandığı 26 belediyede kişi başına yıllık ortalama olarak üretilen atık miktarının, ağırlık temelli faturalandırma olmayan belediyelere göre 48 kg daha az üretildiği bulunmuştur.

Grazhdani (2016) nüfus artışının genel olarak atık üretimi üzerinde doğrudan bir artışa yol açtığını ortaya koymuştur. Geri dönüşüm oranının artmasında eğitim ve ekonomik teşviklerin etkili olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle eğitim seviyesi yüksek olan bölgelerde geri dönüşüm oranlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sayısal olarak, nüfusun eğitim seviyesindeki %1'lik bir artış, kişi başına yıllık bazda 3 kg'lık bir atık azaltımına karşılık gelmektedir. Çevre politikaları ve geri dönüşüm altyapı yatırımlarının geri dönüşüm oranlarını artırdığı görülmüştür. Daha yüksek gelir

düzeyine sahip hanelerin genellikle daha fazla atık ürettiği ve daha düşük geri dönüşüm oranlarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Chamizo-Gonzaleza vd. (2016) bu çalışmada Madrid’de konut sayısı ve atık üretim miktarı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu çalışmada 21 bölgeye ait 2009 yılı verileri kullanılmıştır. Çıkan sonuçlara göre konut sayısındaki artış üretilen toplam atık miktarını artırmakta ancak kişi başına düşen atık miktarını azalttığını belirlemişlerdir.

Pelău & Chinie (2018) AB’de 2007 – 2016 yılları arasındaki verileri kullanarak farklı eğitim seviyeleri ve GSYH’nin belediye katı atık geri dönüşüm oranı üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu araştırma, 28 Avrupa ülkesinde belediye atık geri dönüşüm oranının ekonomik ve eğitim düzeyi faktörleriyle ilişkisini araştırmaktadır. Elde edilen bulgular, genel eğitim düzeyinin geri dönüşüm oranı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle, düşük eğitim düzeyine sahip nüfus gruplarının geri dönüşüm oranlarını olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Üniversite eğitiminin ise geri dönüşüm oranını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Hage vd. (2018) bu çalışmalarında 282 İsveç belediyesinin 2005 yılı verilerini kullanarak belediyelerin atık yönetimi performansını incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre plastik ambalaj atığı toplama oranlarının belirlenmesinde politika değişkenlerinin coğrafi, demografik ve sosyo-ekonomik faktörlere göre daha etkili olduğunu ortaya konulmuştur. Ücret tabanlı atık yönetim ücretlerinin, kaldırım kenarı geri dönüşümünün ve geri dönüşüm merkezlerinin yoğunluğunun toplama oranları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu belirlenmiştir.

Weerdt vd. (2020) çalışmalarında atık üretimi üzerinde odaklanmışlardır. Atık üretimi ile atık işleme vergisi arasındaki potansiyel ilişkiyi anlamak için bir kavramsal çerçeve sunulmuştur. 2005 ile 2016 yılları arasında (12 yıl) değişen, 252 kayıtlı firma içeren 1.154 gözlemden oluşan dengesiz bir panel veri seti kullanılmıştır. Kısa vadede vergilerin plastik atık yakma davranışını değiştirebileceği ancak etkinliğinin zamanla azalabileceği, uzun vadede ise atık geri dönüşüm kapasitesinin artırılmasının önemli olduğu vurgulanmaktadır. Bu çerçevede, geri dönüşümün tercih edilen seçenek haline gelmesi için yatırımların teşvik edilmesi gerektiği ve vergilendirme politikalarının bu dengeyi koruyacak şekilde tasarlanması gerektiği önerilmektedir.

Gardiner & Hajek (2020) 2000-2018 yıllarını kapsayan dönemde AB ülkelerinde, kentsel katı atık üretimi, AR-GE yoğunluğu ve ekonomik büyüme verilerinden faydalanarak değişkenler arasındaki ilişkileri panel hata düzeltme modelleri ve Granger nedensellik testi ile analiz etmiştir. Araştırma sonuçları, AB bölgesinde atık üretimi ile ekonomik büyüme arasında hem kısa hem de uzun vadeli çift yönlü nedensellik bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca, atık üretimi, ısıtma enerjisi ve AR-GE yoğunluğu arasında çift yönlü bir ilişki olduğu ortaya koyulmuştur.

Cordier vd. (2021) çalışmalarında dünya genelinde 122 ülke ve bölgede, yıllık olarak üretilen ve yetersiz yönetilen plastik atığın, küresel ekonomik büyüme, yolsuzluk kontrol politikaları, özel sektör lehine pazar düzenlemeleri, coğrafi konum, kentleşme, demografi ve eğitim politikalarını nasıl etkilediğini hesaplamayı amaçlamıştır. Çalışmada kullanılan veri seti, sadece ev hanelerinde oluşan katı atıkları kapsamaktadır. Gelir ve plastik atık arasındaki ters U şeklindeki ilişki ÇKE hipotezi, istatistiksel olarak anlamlı bir düzeyde doğrulanmıştır.

Boubellouta & Kusch-Brandt (2021) 27 AB ülkesinde yapılan çalışmalarında, 2008-2016 dönemi verileri kullanılarak ekonomik büyüme ile yanlış yönetilen elektronik atık (e-atık) arasındaki ilişkiyi panel veri analizi yöntemiyle incelemiştir. Bu modele göre, ÇKE hipotezi çerçevesinde, ekonomik büyüme ile yanlış yönetilen e-atık arasında ters U şeklinde bir ilişkinin varlığı ortaya koyulmuştur. Bulgular, yanlış yönetilen e-atık miktarının ekonomik kalkınmayla birlikte belirli bir aşamaya kadar arttığını, ancak daha sonra ekonomi büyümeye devam ederken azaldığını ortaya koymaktadır.

Chen & Pao (2022) AB üyesi 25 ülkenin 2010 – 2018 yılları arasındaki verilerini kullanmışlardır. AB-25 ülkelerinde sürdürülebilir ekonomik büyümeyi döngüsel ekonomi ilkeleri üzerinden nasıl sağlayabileceğimizi anlamamız gerektiğini vurgulamaktadır ve kişi başına düşen belediye atık üretimi, belediye atık geri dönüşüm oranı, geri dönüştürülebilir hammadde ticareti, döngüsellik oranı, döngüsel ekonomi ile ilgili yatırımlar ve reel GSMH değişkenlerini baz almıştır. Panel veri kullanarak OLS tahmin yöntemiyle sonuçlar elde etmiştir. Bulgular kişi başına düşen belediye atık üretiminin GSYH ile pozitif yönde ilişkili olduğunu göstermektedir.

Kocak & Baglitas (2022) 27 OECD ülkesinin 2003–2018 yıllarındaki verilerini kullanarak panel veri analizi yapmışlardır. OLS, FEM ve REM yöntemlerini kullanarak değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya koymuşlardır. Ekonometrik bulgulara göre; ekonomik büyüme belirli bir noktaya ulaştıktan sonra belediye katı atık üretimini azaltabilirken, gelir eşitsizliği ve en yüksek gelir gruplarının payı arttıkça belediye katı atık üretimi artma eğilimindedir. Bu bulgular, atık yönetimi politikalarının ekonomik ve sosyal faktörleri dikkate alması gerektiğini vurgulamaktadır.

Köroğlu & Yavuz (2023) 30 Avrupa ülkesinin 2010 ile 2021 yılları arasındaki belediye atıkları, geri dönüşüm oranları, biyoatık geri dönüşümü, katı atık üretimi ve kaynak verimliliği konularına ait verilerden yola çıkarak panel veri analizi yapmışlardır. Analiz sonuçlarına göre, kaynak verimliliğinin artırılmasında katı atık üretimi, biyoyakıt atıklarının geri dönüşümü ve belediye atıklarının geri dönüşümü faaliyetlerinin etkili olduğu görülmektedir.

Akyol & Tekman (2023) seçilmiş 30 OECD ülkesinde yapılan araştırmada, 1995-2018 yıllarında kentsel atık miktarının beşerî kalkınma endeksi ve karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisini panel nedensellik analizleri kullanarak değerlendirmiştir. Araştırma sonuçları, etkin bir atık yönetimi politikasının sürdürülebilir ekonomik kalkınma ve çevresel bozulma düzeyi ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, modern atık yönetimi politikalarının geliştirilmesinin uzun vadeli sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesine katkı sağlayabileceği vurgulanmaktadır.

Boubellouta & Kusch-Brandt (2023) ekonomik büyüme ile e-atık geri dönüşüm oranı arasındaki ilişkinin N şeklinde bir eğri olduğunu ortaya koymuştur. Bu ilişkiye göre, geri dönüşüm oranı önce ekonomik büyümenin artışıyla yükselir, ardından ekonomiler olgunlaştığında düşüşe geçer, ancak olgun ekonomilerde büyüme devam ettikçe geri dönüşüm oranı tekrar artış gösterir.

Wu vd. (2024) teknolojik ilerleme ile karbon emisyonu arasındaki pozitif ilişkiyi belirlemişlerdir. Tüketicilerin harcama seviyesindeki artış ve ikincil sanayi üretim değerinin GSYH içindeki payının yükselmesi, karbon emisyonlarını artırdığını ortaya koymuşlardır. Buna karşılık, kentleşme seviyesindeki gelişmelerin karbon emisyonlarını azalttığı görülmektedir.

Tablo 3.1. Ampirik Literatür

Yazar(lar)	Ülke(ler)	Dönem	Yöntem	Sonuç
(Dahlén, Vukicevic, Meijer, & Lagerkvist, 2007)	İsveç (6 Belediye)	1998- 2004	Zaman Serisi Analizi	Ağırlık temelli faturalandırma katı atık üretimini azaltmaktadır.
(Hage & Söderholm, 2008)	İsveç (290 Belediye)	1996- 2004	OLS	Ağırlık temelli faturalandırma katı atık üretimini azaltmaktadır.
(Dahlén & Lagerkvist, 2010)	İsveç (264 Belediye)	2004- 2006	Panel Veri Analizi	Ağırlık temelli faturalandırma katı atık üretimini azaltmaktadır.
(Grazhdani, 2016)	3 Balkan Ülkesi	2010- 2014	Zaman Serisi Analizi	Eğitim seviyesindeki artış kişi başına düşen katı atık miktarını azaltmaktadır.
(Chamizo-Gonzaleza, Cano-Monterob, & Munoz-Colomina, 2016)	Madrid (21 Bölge)	2009	Yatay Kesit Analizi-OLS	Konut sayısındaki artış üretilen toplam atık miktarını artırmakta ancak kişi başına düşen atık miktarını azaltmaktadır.
(Pelău & Chinie, 2018)	AB 28 Ülke	2007- 2016	Panel Veri Analizi	Üniversite eğitiminin geri dönüşüm oranını olumlu yönde etkilemektedir.
(Hage, Sandberg, Söderholm, & Berglund, 2018)	İsveç (282 Belediye)	2005	Yatay Kesit Analizi-OLS	Ücret tabanlı atık yönetim ücretlerinin, kaldırım kenarı geri dönüşümünün ve geri dönüşüm merkezlerinin yoğunluğunun toplama oranları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu belirlenmiştir.
(Weerd, Sasao, Compennolle, Passel, & Jaeger, 2020)	Belçika – Flanders (252 Firma)	2005- 2016	Panel Veri Analizi- GMM	Kısa vadede vergilerin plastik atık yakma davranışını değiştirebileceği ancak etkinliğinin zamanla azalabileceği belirtilmiştir.
(Gardiner & Hajek, 2020)	AB Ülkeleri	2000- 2018	Panel Veri Analizi – Granger Nedensellik Testi	AB bölgesinde atık üretimi ile ekonomik büyüme arasında hem kısa hem de uzun vadeli çift yönlü nedensellik bulunduğunu göstermektedir.

Tablo 3.1. Ampirik Literatür (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler)	Dönem	Yöntem	Sonuç
(Cordier, Uehara, Baztan, Jorgensen, & Yan, 2021)	Dünya Geneli 122 Ülke	1996- 2017	Panel Veri Analizi-ÇKE	Gelir ve plastik atık arasındaki ters U şeklindeki ilişki ÇKE hipotezi, istatistiksel olarak anlamlı bir düzeyde doğrulanmıştır.
(Boubellouta & Kusch-Brandt, 2021)	AB 27 Ülke	2008- 2016	Panel Veri Analizi-ÇKE	Bu modele göre, ÇKE hipotezi çerçevesinde, ekonomik büyüme ile yanlış yönetilen e-atık arasında ters U şeklinde bir ilişkinin varlığı ortaya koyulmuştur.
(Chen & Pao, 2022)	AB 25 Ülke	2010- 2018	Panel Veri Analizi - OLS	Bulgular kişi başına düşen belediye atık üretiminin GSYH ile pozitif yönde ilişkili olduğunu göstermektedir.
(Kocak & Baglitas, 2022)	27 OECD Ülkesi	2003- 2018	Panel Veri Analizi- OLS, FEM, REM	Ekonomik büyüme belirli bir noktaya ulaştıktan sonra belediye katı atık üretimini azaltabilirken, gelir eşitsizliği ve en yüksek gelir gruplarının payı arttıkça belediye katı atık üretimi artma eğilimindedir.
(Köroğlu & Yavuz, 2023)	30 Avrupa Ülkesi	2010- 2021	Panel Veri Analizi	Kaynak verimliliğinin artırılmasında katı atık üretimi, biyoyakıt atıklarının geri dönüşümü ve belediye atıklarının geri dönüşümü faaliyetlerinin etkili olduğu görülmektedir.
(Akyol & Tekman, 2023)	30 OECD Ülkesi	1995- 2018	Panel Veri Analizi	Etkin bir atık yönetimi politikasının sürdürülebilir ekonomik kalkınma ve çevresel bozulma düzeyi ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.
(Boubellouta & Kusch-Brandt, 2023)	30 Avrupa Ülkesi	2008- 2018	Panel Veri Analizi – STIRPAT Modeli	Ekonomik büyüme ve e-atık geri dönüşüm oranı arasındaki ilişkinin N şeklinde bir eğri olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1. Ampirik Literatür (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler)	Dönem	Yöntem	Sonuç
(Wu, Ge, Huang, Wang, & Liu, 2024)	Çin (30 Eyalet)	2005- 2019	Panel Veri Analizi- STIRPAT Modeli	Tüketicilerin harcama seviyesindeki artış ve ikincil sanayi üretim değerinin GSYH içindeki payının yükselmesi, karbon emisyonlarını artırdığını ortaya koymuşlardır. Buna karşılık, kentleşme seviyesindeki gelişmelerin karbon emisyonlarını azalttığı görülmektedir.

Kaynak: Yazar Tarafından Hazırlanmıştır.

3.2. Model ve Veri Seti

Bu çalışmada AB'nin 25 ülkesinde 2004-2021 yılları arasında kişi başına gayrisafi yurt içi hâsıla, kentleşme oranı, okullaşma oranı ve endüstrinin gayrisafi yurt içi hâsılaya oranının kişi başına üretilen plastik ambalaj atığı ve plastik geri dönüşüm oranı üzerindeki etkilerini incelemek için STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology) modeli kullanılacaktır.

Ehrlich ve Holdren (1971) tarafından geliştirilen IPAT ($I = PAT$) modeli, çevresel etkilerin üç temel faktörle ilişkilendirildiğini ortaya koymaktadır: nüfus (P), refah (A) ve teknoloji (T). Bu modelde, çevresel etki (I), söz konusu üç faktörün bir fonksiyonu olarak ele alınmaktadır. Çevresel etkilerin hesaplanmasında izlenen yöntem, her bir faktörün etkisini ayrı ayrı incelemek amacıyla diğer faktörlerin sabit tutulmasını öngörmektedir. Ancak, bu yaklaşım, değişkenlerin çevre üzerindeki etkilerini sabit oranlar üzerinden değerlendirdiği için belirli sınırlamalara sahiptir. York, Dietz ve Rosa (2003), bu kısıtı aşmak amacıyla IPAT modelini yeniden formüle etmiş ve nüfus, refah ve teknoloji değişkenlerinin çevre üzerindeki etkilerini regresyon analizi ile tahmin eden stokastik bir model geliştirmiştir. Bu yeniden formüle edilmiş modele, “Stokastik Etkiler İçeren Nüfus, Refah ve Teknoloji Modeli” (STIRPAT) adı verilmiştir (Koçak & Ulucak, 2019).

$$I_{it} = a P_{it}^b A_{it}^c T_{it}^d u_{it} \quad (3.1)$$

STIRPAT modelinin logaritmik yapısı şu şekilde düzenlenmiştir:

$$\ln(I_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_{it}) + \beta_2 \ln(A_{it}) + \beta_3 \ln(T_{it}) + u_{it} \quad (3.2)$$

Bu modelde I, çevresel etkiyi; P, nüfusu; A, refah seviyesini; T ise teknolojiyi temsil etmektedir.

Bu çalışmanın STIRPAT modeli kullanılarak oluşturulan doğrusal tahmin modelleri ise denklem (3.3) ve (3.4)'te verilmiştir.

$$\ln(\text{PLASTIC}_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{GDP}_{it}) + \beta_2 \ln(\text{URBAN}_{it}) + \beta_3 \ln(\text{SCHOOL}_{it}) + \beta_4 \ln(\text{IND}_{it}) + u_{it} \quad (3.3)$$

$$\ln(\text{RRPLASTIC}_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{GDP}_{it}) + \beta_2 \ln(\text{URBAN}_{it}) + \beta_3 \ln(\text{SCHOOL}_{it}) + \beta_4 \ln(\text{IND}_{it}) + u_{it} \quad (3.4)$$

Tahminde kullanılan bütün değişkenlerin doğal logaritması alınmıştır. Burada kesit boyutu “i”, zaman boyutu “t” (t= 2004-2021) ve hata terimi “u” olarak ifade edilmektedir. β_0 sabit terimi, β_1 , β_2 , β_3 denklemdeki ilgili parametrelerin katsayılarını ifade etmektedir.

β_1 : Kişi başına gayrisafi yurt içi hâsılanın katsayısını ifade etmektedir.

β_2 : Kentleşme oranının katsayısını ifade etmektedir.

β_3 : Eğitimin katsayısını ifade etmektedir ifade etmektedir.

β_4 : Endüstrinin gayrisafi yurt içi hâsılaya oranının katsayısını ifade etmektedir.

Tablo 3.2. Modelde Kullanılan Değişkenler

Değişkenin Adı	Değişkenin Açıklaması	Verilerin Kaynağı	STIRPAT Modeli Temsilcisi
PLASTIC	Kişi başına plastik ambalaj atığı üretimi (Kişi başına kilogram)	EUROSTAT	(I) Çevresel Etki
RRPLASTIC	Plastik ambalaj atıklarının geri dönüşüm oranı (%)	EUROSTAT	(I) Çevresel Etki
GDP	Kişi başına GSYH (sabit 2015 ABD Doları)	Dünya Bankası- Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI)	(A) Refah Seviyesi
URBAN	Kentsel nüfus (toplam nüfusun %'si)	Dünya Bankası- Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI)	(P) Nüfus
SCHOOL	Okul kayıtları, ortaöğretim (% net)	Dünya Bankası- Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI)	(T) Teknoloji
IND	Sanayi sektörünün (inşaat dâhil) gayrisafi yurt içi hâsılaya olan katkısı (%)	Dünya Bankası- Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI)	(T) Teknoloji

Kaynak: Yazar Tarafından Hazırlanmıştır.

Kişi başına plastik ambalaj atığı üretimi (PLASTIC) ve plastik ambalaj atıklarının geri dönüşüm oranı (RRPLASTIC) verileri Avrupa İstatistik Ofisi (EUROSTAT)’nden alınmıştır. Kişi başına GSYH (GDP), kentsel nüfus (URBAN), ortaöğretim okul kayıtları (SCHOOL) ve sanayi sektörünün (inşaat dâhil) gayrisafi yurt içi hâsılaya olan katkısı verileri Dünya Bankası’ndan alınmıştır.

Tablo 3.3. AB Üyesi 25 Ülke

Almanya	Avusturya	Belçika	Bulgaristan	Çek Cumhuriyeti
Danimarka	Estonya	Finlandiya	Fransa	Hollanda
İrlanda	İspanya	İsveç	İtalya	Kıbrıs Rum Kesimi
Letonya	Litvanya	Lüksemburg	Macaristan	Polonya
Portekiz	Romanya	Slovakya	Slovenya	Yunanistan

Çalışmanın ekonometrik analizinde 25 AB ülkesinin 2004-2021 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. İlgili ülkeler tablo 3.3.’te belirtilmiştir.

3.3. Yöntem

Panel veri kullanılarak yapılan bu çalışmada iki adet bağımlı değişken bulunmaktadır. Bağımlı değişkenler plastik ambalaj atığı üretimi ve plastik ambalaj atığı geri dönüşümü olup bu değişkenlerin belirleyicileri STIRPAT modeli kapsamında analiz edilecektir. AB üyesi 25 ülkenin 2004-2021 yılları arası kişi başına gayrisafi yurt içi hâsıla (GSYH), kentleşme oranı, eğitim düzeyi, sanayinin gayrisafi yurt içi hâsıla içindeki payı, plastik ambalaj atığı üretimi ve plastik ambalaj atığı geri dönüşümü verileri kullanılacaktır. Ekonometrik modele Levin, Lin & Chu (2002) ve Im, Peseran & Shin (2003) panel birim kök testleri uygulanarak değişkenlerin birim kök içerme durumu sınanacaktır. Daha sonra Pedroni panel eş bütünleşme testi uygulanarak değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı incelenecektir. Son adımda alternatif katsayı tahmincileri Dinamik En Küçük Kareler (D-OLS) ve Modifiye Edilmiş En Küçük Kareler (FM-OLS) yöntemleri ile parametrelerin esneklik katsayılarına bakılacaktır.

3.4. Ampirik Bulgular

3.4.1. Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Panel birim kök testleri, serilerin durağanlık özelliklerini tespit ederken kullanılmaktadır. Bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasındaki bağlantı tahmin edilirken öncelikle bu değişkenlerin birim kök içerme durumları sınanmaktadır. Eğer bir seri durağansa, bu birim kök içermediği anlamına gelmektedir. Diğer bir deyişle, seride istatistiksel olarak anlamlı birim kök bulunmamaktadır. Ancak bir seri durağan değilse, bu durumda birim kök içerdiği kabul edilmektedir. Bir serinin birim kök içermesi, serinin durağan olmadığı ve zaman içinde uzun vadeli trendlerin etkilerinin varlığı anlamına gelmektedir.

Modelimizde bulunan değişkenler önce Levin, Lin & Chu panel birim kök testi daha sonra Im, Peseran, Shin panel birim kök testine tabi tutularak durağanlıkları incelenmiştir. İlgili test sonuçlarına tabloda yer verilmiştir.

Tablo 3.4. Panel Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	LLC	IPS
LnPLASTIC	2,653 (0,99)	1,338 (0,90)
LnRRPLASTIC	0,758 (0,77)	-1,380 (0,08)
LnGDP	-1,268 (0,11)	1,853 (0,96)
LnURBAN	0,875 (0,81)	-0,441 (0,32)
LnSCHOOL	7,024 (0,99)	-6,455 (0,00)
LnIND	-1,221 (0,10)	1,016 (0,82)
Δ LnPLASTIC	-14,401* (0,00)	-14,149 (0,00)
Δ LnRRPLASTIC	-12,497 (0,00)	-13,405 (0,00)
Δ LnGDP	-13,669 (0,00)	-11,820 (0,00)
Δ LnURBAN	-11,709 (0,00)	-1,385 (0,07)
Δ LnSCHOOL	-16,562 (0,00)	-8,935 (0,00)
Δ LnIND	-11,895 (0,00)	-9,405 (0,00)

*p<0,01. Δ , ilk fark işlemcisini gösterir. Parantez içindeki olasılık değeridir.

Test sürecinde sıfır ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibidir:

$H_0: \alpha_i = 0$ için; bütün i 'ler için birim kök içermektedir. Seri durağan değildir.

$H_1: \alpha_i < 0$ için; 0 bütün i 'ler için seri birim kök içermemektedir. Seri durağandır.

Panel birim kök test sonuçlarına göre, değişkenler seviye değerlerinde birim kök içermekte, yani durağan değildir. Değişkenlerin ilk farkları alındığında, değişkenlerin tamamının durağanlaştığı görülür. Bu nedenle katsayı tahminine geçmeden önce, değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin veya eşbütünleşmenin doğrulanması gerekmektedir.

3.4.2. Panel Eşbütünleşme Testi Sonucu

Panel veri analizinde eşbütünleşme testleri, modelde yer alan değişkenlerin arasındaki uzun dönem ilişkilerini belirlemek için kullanılmaktadır. Panel veri setleri, zaman serileriyle birlikte çeşitli kesitlerden (örneğin ülkeler, firmalar, bireyler) oluştuğu için bu testler, değişkenler arasındaki ilişkilerin hem zaman içindeki dinamiklerini hem de farklı birimler arasındaki etkileşimleri araştırmaktadır. Eşbütünleşme testleri, bir değişkenin diğer değişkeni etkileyip etkilemediğini anlamak, bu etkinin yönünü ve uzun dönemde sürdürülebilir olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Aynı zamanda doğru model spesifikasyonunu belirlemek için de kritik öneme sahiptir. Bu testlerin sonuçları, ekonometrik analizlerde ve karar alıcıların ekonomik politika değerlendirmelerinde önemli kararlar almasında yol göstericidir.

Modelimizin değişkenlerine Pedroni eşbütünleşme testi uygulanarak değişkenler arasında ilişki bulunma durumu sınanmıştır.

Tablo 3.5. Pedroni Eşbütünleşme Testi (Sabitli-Trendli) Sonuçları

	İstatistik	Olasılık Değeri
Panel v-Statistic	-1,946230	0,9742
Panel rho-Statistic	1,050983	0,8534
Panel PP-Statistic	-13,76105	0,0000
Panel ADF-Statistic	-5,176172	0,0000
Group rho-Statistic	4,093253	1,0000
Group PP-Statistic	-15,17444	0,0000
Group ADF-Statistic	-6,434853	0,0000

H_0 : Seriler arasında eşbütünleşme yoktur.

H_1 : Seriler arasında eşbütünleşme vardır.

Tablo incelendiğinde Panel PP-Statistic, Panel ADF-Statistic, Group PP-Statistic ve Group ADF-Statistic değerleri istatistiği sabitli-trendli modelde %1 seviyesinde anlamlıdır ve eşbütünleşme ilişkisinin varlığını kabul etmektedir. Değişkenler arasında uzun dönemli ilişki mevcuttur. Dolayısıyla H_0 hipotezi reddedilir ve alternatif hipotez kabul edilir.

3.4.3. Panel Eşbütünleşme Katsayı Tahmincileri Test Sonuçları

Eşbütünleşme testi ile değişken serileri arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı belirlendikten sonra bu değişkenlerin katsayılarının belirlenmesi için panel farklılaştırılmış en küçük kareler (FMOLS) ve panel dinamik en küçük kareler (DOLS) tahmin testleri kullanılmıştır.

Tablo 3.6. Panel Fully Modified Least Squares (FMOLS)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LN_{GDP}	0,775188	0,050326	15,40318	0,0000
LN_{IND}	0,105290	0,041399	2,543308	0,0114
LN_{SCHOOL}	-1,285128	0,044937	-28,59866	0,0000
LN_{URBAN}	-6,159764	0,028592	-215,4363	0,0000

Bağımlı Değişken: LN_{Plastic}

Bağımsız değişkenlerimizin tümü %1 düzeyinde anlamlıdır.

- **LNGDP:** Katsayısı 0,775188 ve p-değeri 0,0000. LNGDP'nin LNPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğunu gösterir.
- **LNIND:** Katsayısı 0,105290 ve p-değeri 0,0114. LNIND'in LNPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir pozitif etkisi vardır.
- **LNSCHOOL:** Katsayısı -1,285128 ve p-değeri 0,0000. LNSCHOOL'un LNPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkisi bulunmaktadır.
- **LNURBAN:** Katsayısı -6,159764 ve p-değeri 0,0000. LNURBAN'ın LNPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkisi bulunmaktadır.

Tablo 3.7. Panel Dynamic Least Squares (DOLS)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNGDP	1,222070	0,043798	27,90246	0,0000
LNIND	0,085504	0,046644	1,833117	0,0810
LNSCHOOL	-2,200950	0,122108	-18,02455	0,0000
LNURBAN	-17,07873	1,079880	-15,81539	0,0000

Bağımlı Değişken: LNPlastic

Bağımsız değişkenlerimizden LNGDP, LNSCHOOL ve LNURBAN %1 düzeyinde anlamlıdır. LNIND bağımlı değişkenimiz ise %10 düzeyinde anlamlıdır.

- **LNGDP:** Katsayı 1,222070, t-istatistiği 27,90246 ve p-değeri 0,0000. Bu sonuç, LNGDP'nin LNPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğunu gösterir.
- **LNIND:** Katsayı 0,085504, t-istatistiği 1,833117 ve p-değeri 0,0810. Bu sonuçlara göre LNIND'in LNPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkisi vardır.
- **LNSCHOOL:** Katsayı -2,200950, t-istatistiği -18,02455 ve p-değeri 0,0000. LNSCHOOL'un LNPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkisi bulunmaktadır.

- **LNURBAN:** Katsayı -17,07873, t-istatistiği -15,81539 ve p-değeri 0,0000. LNURBAN'ın LNPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkisi bulunmaktadır.

Tablo 3.8. Panel Fully Modified Least Squares (FMOLS)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNGDP	0,441937	0,018805	23,50102	0,0000
LNSCHOOL	0,560312	0,026862	20,85902	0,0000
LNURBAN	4,464632	0,000526	8487,222	0,0000
LNIND	-1,697486	0,001049	-1618,762	0,0000

Bağımlı Değişken: LNRRPlastic

Bağımsız değişkenlerimizin tümü %1 düzeyinde anlamlıdır.

- **LNGDP:** Katsayısı 0,441937 ve p-değeri 0,0000. LNGDP'nin LNRRPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğu görülmektedir.
- **LNSCHOOL:** Katsayısı 0,560312 ve p-değeri 0,0000. LNSCHOOL'un LNRRPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkisi bulunmaktadır.
- **LNURBAN:** Katsayısı 4,464632 ve p-değeri 0,0000. LNURBAN'ın LNRRPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkisi vardır.
- **LNIND:** Katsayısı -1,697486 ve p-değeri 0,0000. LNIND'in LNRRPLASTIC üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir negatif etkisi bulunmaktadır.

Tablo 3.9. Panel Dynamic Least Squares (DOLS)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNGDP	0,526767	0,138889	3,792714	0,0002
LNSCHOOL	2,041790	0,516762	3,951125	0,0001
LNURBAN	5,268691	0,721992	7,297436	0,0000
LNIND	-1,546459	0,152615	-10,13308	0,0000

Bağımlı Değişken: LNRRPlastic

Bağımsız değişkenlerimizin tümü %1 düzeyinde anlamlıdır.

- **LNGDP:** Katsayısı 0,526767 ve p-değeri 0,0002. LNGDP'nin bağımlı değişken üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğu gözlemlenmektedir.
- **LNSCHOOL:** Katsayısı 2,041790 ve p-değeri 0,0001. LNSCHOOL'un bağımlı değişken üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkisi bulunmaktadır.
- **LNURBAN:** Katsayısı 5,268691 ve p-değeri 0,0000. LNURBAN'ın bağımlı değişken üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkisi vardır.
- **LNIND:** Katsayısı -1,546459 ve p-değeri 0,0000. LNIND'in bağımlı değişken üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkisi bulunmaktadır.

SONUÇ

Panel veri kullanılarak yapılan bu çalışmada plastik ambalaj atığı üretimi ve plastik ambalaj atığı geri dönüşümü olmak üzere iki adet bağımlı değişken bulunmaktadır. Bu değişkenlerin belirleyicileri STIRPAT modeli kapsamında analiz edilmiştir. AB üyesi 25 ülkenin 2004-2021 yılları arası verileri kullanılmış olup açıklayıcı değişkenler; kişi başına gayrisafi yurt içi hâsıla (GSYH), kentleşme oranı, eğitim düzeyi ve sanayinin gayrisafi yurt içi hâsıla içerisindeki payıdır.

Modelimizde bulunan değişkenler önce Levin, Lin & Chu panel birim kök testi daha sonra Im, Peseran, Shin panel birim kök testine tabi tutularak seviyede birim kök içerdikleri ortaya koyulmuştur. Bu nedenle değişkenlerin ilk farkı alınarak yeniden birim kök testi uygulanmıştır ve ilk farkında serilerin birim kök içermediği, durağan olduğu anlaşılmıştır. Durağanlık test edildikten sonra modelimizin değişkenlerine Pedroni eşbütünleşme testi uygulanmış ve değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Son olarak Panel Fully Modified Least Squares (FMOLS) ve Panel Dynamic Least Squares (DOLS) testleri uygulanarak modelimizin bağımsız değişkenlerinin bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri ortaya koyulmuştur.

Panel veri analizine göre, kişi başına GSYH'deki artışın, kişi başına plastik ambalaj atığı üretiminde pozitif bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Elde edilen bulgular Cordier vd. (2021), Gardiner & Hajek (2020) ve Chen & Pao (2022) çalışmalarının sonuçları ile uyumludur.

Sanayinin GSYH'ye oranındaki artışın kişi başına plastik ambalaj atığı üretimini pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Wu vd. (2024) çalışmalarının sonuçları ile uyumludur.

Kentleşme oranındaki artış kişi başına üretilen plastik ambalaj atığı miktarını azaltmaktadır. Bu sonuç Chamizo-Gonzaleza vd. (2016) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile uyumludur.

Grazhdani, (2016) tarafından yapılan çalışmanın sonucu ile analizimizde yer alan okullaşma-plastik üretim miktarı ilişkisi uyumlu çıkmıştır. Okullaşma oranındaki artış kişi başına düşen plastik ambalaj atığı miktarını azaltmaktadır.

Kişi başına GSYH'deki artışın plastik ambalaj atığı üretimini artırdığı göz önüne alındığında, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasında bir denge kurulmasının önemi anlaşılmıştır. Çevre dostu üretim yöntemlerine yönelerek ve geri dönüşüm teknolojilerine yapılan yatırımı artırarak, ekonomik büyümenin çevresel etkileri azaltılabilir. Kentleşmenin çevresel etkilerini azaltmak için yeşil alanların artırılması, enerji verimliliği yüksek binaların teşvik edilmesi ve atık yönetim sistemlerinin iyileştirilmesi gibi çevreci önlemler alınmalıdır. Eğitim müfredatlarına çevre için yenilikçi koruma yöntemleri ve atık yönetimi konuları dahil edilerek, gelecek nesillerin bu konuda daha bilinçli hareket etmesi ve sorumluluk alması sağlanabilir. Geri dönüştürülebilir ve biyobozunur ambalaj malzemelerinin kullanımını artırarak, sanayileşmenin çevresel etkileri azaltılabilir. Ayrıca, sanayi işletmelerine yönelik çevre dostu üretim standartları teşvik edilmeli ve mevcut üretim sistemleri geri dönüşüm odaklı sistemlere dönüştürülmelidir.

Panel veri analizine göre, kişi başına GSYH'deki artışın, plastik ambalaj atığı geri dönüşümü üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç Boubellouta & Kusch-Brandt (2023) tarafından yapılan çalışmanın sonucu ile uyumludur.

Kentleşme oranındaki artışların plastik ambalaj atığı geri dönüşümünü olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Wu vd. (2024) çalışmalarının sonuçları ile uyumludur.

Okullaşma oranındaki artış kişi başına düşen plastik ambalaj atığı geri dönüşüm oranını artırmaktadır. Elde edilen bu sonuç Pelău & Chinie (2018) tarafından yapılan çalışmanın sonucu ile uyumludur.

Analiz sonuçlarına göre sanayileşmedeki artış kişi başına düşen plastik ambalaj atığını geri dönüşümünü azaltmaktadır. Sanayileşmenin çevresel etkisi bakımından elde edilen sonuçlar Wu vd. (2024) çalışmalarının sonuçları ile uyumludur.

Refah seviyesinde meydana gelen artış geri dönüşüm oranında da olumlu bir etki meydana getirmiştir. Kişi başına GSYH'deki artışın plastik ambalaj atığı geri dönüşümünü artırdığı gözlemlendiğinden, yeşil ekonomi ve sürdürülebilir üretim yöntemlerine yapılan yatırımların artırılması teşvik edilmelidir. Geri dönüşüm teknolojileri ve altyapıları için ekonomik teşvikler sağlanarak, geri dönüşüm oranlarının artırılması desteklenmelidir. Modern geri dönüşüm tesisleri, ayrıştırma merkezleri ve geri dönüşüm programları geliştirilerek, kentleşmenin geri dönüşüm üzerindeki olumlu etkisi artırılmalıdır. Okullaşma oranının geri dönüşüm oranını artırdığı analiz sonuçları doğrultusunda, eğitim kurumlarında çevre bilinci ve geri dönüşüm konularında kapsamlı eğitim programları uygulanmalıdır. Çocuklar ve gençler arasında geri dönüşüm alışkanlıklarını benimseten programlar geliştirilmeli, okullarda çevreyi koruma ve geri dönüşüm ile ilgili seminerler düzenlenmelidir. Sanayileşmenin geri dönüşüm oranını azaltıcı etkisini dikkate alarak, sanayi sektöründe geri dönüşüm oranlarını artıran politikalara önem verilmelidir. Geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı teşvik edilmeli ve sanayi tesislerinde geri dönüşüm süreçlerinin iyileştirilmesi sağlanma ve gerekli hallerde denetime tabi tutulmalıdır.

KAYNAKÇA

- Akyol, H., & Tekman, N. (2023). Atık yönetiminin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisinin incelenmesi. *International Korkut Ata Scientific Researches Conference*.
- Arena, M., Azzone, G., Grecchi, M., & Piantoni, G. (2021). How can the waste management sector contribute to overcoming barriers to the circular economy? *Sustainable Development*, 29(6), 1062-1071. <https://doi.org/10.1002/sd.2202>
- Babaremu, K., Okoya, S., Hughes, E., Tijani, B., Teidi, D., Akpan, A., ... & Akinlabi, E. (2022). Sustainable plastic waste management in a circular economy. *Heliyon*, 8, e09984. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09984>
- Bayraktar, B. G. (2022). *İklim değişikliği ile mücadelede döngüsel ekonominin rolü*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Bayram, S., Öcal, M. E., & Oral, E. L. (2012). İnşaat atıkları kavramının yasal düzenlemesi ve hazır beton tesisinde örnek uygulama. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 7(1), 106-118.
- BEBKA. (2014). *Bursa Eskişehir Bilecik Endüstriyel Simbiyoz Programı [Bursa Eskişehir Bilecik Industrial Symbiosis Program]*. Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA).
- Bhubalan, K., Tamothran, A. M., Kee, S. H., Foong, S. Y., Lam, S. S., Ganeson, K., ... & Ramakrishna, S. (2022). Leveraging blockchain concepts as watermarks of plastics for sustainability. *Environmental Research*, 213, 113631. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113631>
- Bilgili, F., Ulucak, R., Koçak, E., & İlkay, S. Ç. (2020). Does globalization matter for environmental sustainability? Empirical investigation for Turkey by Markov regime switching models. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 1087–1100. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06996-w>
- Bilgili, M. Y. (2020). Katı atık yönetiminde kullanılan bazı kavramlar ve açıklamalar. *Avrasya Terim Dergisi*, 8(2), 88-97.
- Bolayır, S. (2023). *Sürdürülebilir kalkınma kapsamında döngüsel ekonomi: Seçilmiş Avrupa ülkeleri ve Türkiye üzerine bir araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat.
- Boubellouta, B., & Kusch-Brandt, S. (2021). Relationship between economic growth and mismanaged e-waste: Panel data evidence from 27 EU countries analyzed under the Kuznets curve hypothesis. *Waste Management*, 120, 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.11.032>
- Boubellouta, B., & Kusch-Brandt, S. (2023). Driving factors of e-waste recycling rate in 30 European countries: New evidence using a panel quantile regression of the EKC hypothesis coupled with the STIRPAT model. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 7533–7560. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02356-w>

- Boyacı, S., & Kartal, S. (2019). Sera işletmelerinde ortaya çıkan tarımsal atıkların neden olacağı çevre sorunlarının belirlenmesi ve çözüm önerileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 51-60.
- Busu, M., & Trica, C. L. (2019). Sustainability of circular economy indicators and their impact on economic growth of the European Union. *Sustainability*, 11(4), 929. <https://doi.org/10.3390/su11195481>
- Chamizo-González, J., Cano-Montero, E. I., & Muñoz-Colomina, C. I. (2016). Municipal solid waste management services and its funding in Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, 107, 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.12.006>
- Chen, C. C., & Pao, H. T. (2022). The causal link between circular economy and economic growth in EU-25. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (50), 76352-76364. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1339591/v1>
- Chioatto, E., & Sospiro, P. (2023). Transition from waste management to circular economy: the European Union roadmap. *Environment, Development and Sustainability*, 25(1), 249-276. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02050-3>
- Cordier, M., Uehara, T., Baztan, J., Jorgensen, B., & Yan, H. (2021). Plastic pollution and economic growth: The influence of corruption and lack of education. *Ecological economics*, 182, 106930. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106930>
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (n.d.). *Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı*. 16 Haziran 2024 tarihinde <https://osmaniye.csb.gov.tr/sifir-atik-nedir-i-104533> adresinden erişilmiştir.
- Çitil, E., Kinaci, C., & Kayalica, Ö. (2011). Katı atık yönetiminde ekonomik araçların kullanımı ve çevre temizlik vergisi. *İTÜDERGİSİ/d*, 9(6), 28-36.
- Dahlén, L., & Lagerkvist, A. (2010). Pay-as-you-throw: Strengths and weaknesses of weight-based billing in household waste collection systems in Sweden. *Waste Management*, 30(1), 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.022>
- Dahlén, L., Vukicevic, S., Meijer, J.-E., & Lagerkvist, A. (2007). Comparison of different collection systems for sorted household waste in Sweden. *Waste Management*, 27(10), 1298–1305. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.06.016>
- Değirmenci, C., & Karabacakoğlu, B. (2022). Evsel katı atık toplama, taşıma ve bertarafında iş sağlığı ve güvenliği. *İş Sağlığı ve Güvenliği Akademi Dergisi*, 5(2), 66-73.
- DEİK. (2022). *Sanayide yeşil dönüşümün desteklenmesi projesi - AB'nin yeni büyüme stratejisi "Yeşil Mutabakat" ve Türkiye için önemi*. Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu (DEİK).
- Deniz, V. (2008). Evimizdeki tehlikeli atıklar. *Geri Dönüşüm Dergisi*, 12-14.
- Dimovski, M., Akpulat, O., İşevi, F. U., & Alagöz, A. Z. (2022). *Türkiye'nin döngüsel ekonomiye geçiş potansiyelinin değerlendirilmesi için teknik destek projesi. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı - Avrupa Birliği Yatırımları Dairesi Başkanlığı*. DAI Global Austria GmbH & Co KG.

- Ekins, P., Domenech, T., Drummond, P., Bleischwitz, R., Hughes, N., & Lotti, L. (2019). *The circular economy: What, why, how and where. Managing environmental and energy transitions for regions and cities*. University College London - UCL Institute for Sustainable Resources.
- Ekren, N. (2022). Döngüsel ekonominin işgücü piyasalarına etkileri: ekonomi politik değerlendirme. İçinde M. Bulut ve C. Korkut (Eds). *Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir Hayat* (s. 101-122). Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. <https://doi.org/10.53478/TUBA.978-605-2249-97-0.ch04>
- Ellen MacArthur Foundation (EMF). (2012). *Economic and business rationale for an accelerated transition*. Towards the circular economy, 1.
- Ellen MacArthur Foundation (EMF), & McKinsey & Company. (2014). *Accelerating the scale-up across global supply chains*. Towards the circular economy.
- Ertaş, H., & Güden, M. A. (2019). Hastanelerde tıbbi atık yönetimi. *Sosyal Araştırmalar ve Yönetim Dergisi*, 1, 53-67.
- European Commission. (2015). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Closing the loop: An EU action plan for the circular economy*. European Commission.
- European Environment Agency (EEA). (2016). *Circular economy in Europe: Developing the knowledge base*. European Environment. <https://doi.org/10.2800/51444>
- European Parliament. (2023). *Circular economy: Definition, importance, and benefits*. 23 Mayıs 2024 tarihinde <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits> adresinden erişilmiştir.
- EUROSTAT. (2023). *Waste statistics*. 21 Haziran 2024 tarihinde https://ec.europa.eu/EUROSTAT/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation adresinden erişilmiştir.
- EUROSTAT. (2024). *EUROSTAT*. 21 Haziran 2024 tarihinde [https://ec.europa.eu/EUROSTAT/databrowser/view/sdg_12_41/default/line?lang=en] adresinden erişilmiştir.
- EUROSTAT. (2024). *EUROSTAT*. 21 Haziran 2024 tarihinde [https://ec.europa.eu/EUROSTAT/databrowser/view/cei_wm011/default/line?lang=en&category=cei.cei_wm] adresinden erişilmiştir.
- Evide, N., Qamar, S. A., Bilal, M., Barcelo, D., & Iqbal, H. M. (2021). Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4, 100104. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100142>
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American*, 261(3), 144-153. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0989-144>

- Gardiner, R., & Hajek, P. (2020). Municipal waste generation, R&D intensity, and economic growth nexus – A case of EU regions. *Waste Management*, 114, 124-135. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.038>
- Gergin, R. E. (2023). Geri dönüşüm işletmelerinin inşaat ve yıkım atıkları açısından performanslarının bütünleştirilmiş SWARA-EDAS yöntemiyle değerlendirilmesi: Türkiye örneği. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(1), 1-30. <https://doi.org/10.17218/hititsbd.1186201>
- Grazhdani, D. (2016). Assessing the variables affecting the rate of solid waste generation and recycling: An empirical analysis in Prespa Park. *Waste Management*, 48, 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.028>
- Gupta, A., & Roy, A. (2024). A study on plastic waste in households. *Journal of Academic Advancement*, 1(2), 49-57.
- Hage, O., & Söderholm, P. (2008). An econometric analysis of regional differences in household waste collection: The case of plastic packaging waste in Sweden. *Waste Management*, 28, 1720–1731. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.08.022>
- Hage, O., Sandberg, K., Söderholm, P., & Berglund, C. (2018). The regional heterogeneity of household recycling: A spatial-econometric analysis of Swedish plastic packaging waste. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 11, 245–267. <https://doi.org/10.1007/s12076-017-0200-3>
- Hedefler için İş Dünyası Platformu & Dcube Döngüsel Ekonomi Kooperatifi. (2020). *İşletmeler için döngüsel ekonomi rehberi*. Hedefler için İş Dünyası Platformu ve Dcube Döngüsel Ekonomi Kooperatifi.
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste: A global review of solid waste management*. The World Bank-Urban Development & Local Government Unit. The World Bank.
- Huo, W., Zaman, B. U., Zulfiqar, M., Kocak, E., & Shehzad, K. (2023). How do environmental technologies affect environmental degradation? Analyzing the direct and indirect impact of financial innovations and economic globalization. *Environmental Technology & Innovation*, 29, 102973. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102973>
- İskender, Ö., & Atmaca, S. A. (2024). Plastik atıkların granül ve elyaf olarak geri dönüşümü. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 7(3), 31-35.
- Jakobsen, S., Lauvås, T., Quatraro, F., Rasmussen, E., & Steinmo, A. M. (2021). Introduction to the research handbook of innovation for a circular economy. In *Research handbook of innovation for a circular economy* (pp. 2-11). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781800373099.00007>
- Joseph, B., James, J., Kalarikkal, N., & Thomas, S. (2021). Recycling of medical plastics. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 4, 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2021.06.003>
- Kayılı, M. T., & Çelebi, G. (2020). Plastik atıkların ve yapıda kullanım olanaklarının incelenmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(3), 148-157.

- Kazel Bozkurt, G. (2022, Haziran). Döngüsel ekonomi kavramı ve bu alanda dünya ve Türkiye'deki gelişmeler. *Anahtar*, 402, 14-16.
- Kocak, E., & Baglitas, H. H. (2022). The path to sustainable municipal solid waste management: Do human development, energy efficiency, and income inequality matter? *Sustainable Development*, 1-16. <https://doi.org/10.1002/sd.2361>
- Koçak, E. (2017). Finansal gelişme çevresel kaliteyi etkiler mi? Yükselen piyasa ekonomileri için ampirik kanıtlar. *International Journal of Management Economics and Business*, 3(3), 535-552. <https://doi.org/10.17130/ijmeb.2017331326>
- Koçak, E., & Ulucak, Z. Ş. (2019). The effect of energy R&D expenditures on CO2 emission reduction: Estimation of the STIRPAT model for OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 14328–14338. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04712-2>
- Koçak, E., Ulucak, R., Dedeoğlu, M., & Ulucak, Z. Ş. (2019). Is there a trade-off between sustainable society targets in Sub-Saharan Africa? *Sustainable Cities and Society*, 51, 101745. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101705>
- Köroğlu, A., & Yavuz, O. (2023). Panel veri analizi ile döngüsel ekonominin kaynak verimliliğine etkisinin analizi. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 9(2), 211-222. <https://doi.org/10.30855/gjeb.2023.9.2.007>
- Kurulu, D. E. (2022). *Sanayide Yeşil Dönüşümün Desteklenmesi Projesi: AB'nin Yeni Büyüme Stratejisi "Yeşil Mutabakat" ve Türkiye İçin Önemi*. DEİK.
- Küçük, A. (2013). Tıbbi atık yönetiminin ekonomisi. *Sayıştay Dergisi*, 90, 73-95.
- MFA. (tarih yok). *Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı*. 16 Haziran 2024 tarihinde <https://www.mfa.gov.tr/surdurulebilir-kalkinma.tr.mfa#:~:text=S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir%20kalk%C4%B1nma%20kavram%C4%B1%20ise%20ilk,vermeden%20kar%C5%9F%C4%B1layan%20kalk%C4%B1nma%22%20olarak%20tan%C4%B1mlanm%C4%B1%C5%9F%C4%B1r> adresinden erişilmiştir.
- Mısır, A., & Arıkan, O. A. (2023). *Sıfır atık yönetimi ve döngüsel ekonomi*. TÜBA-ÇEBİD Çalışma Grubu. Türkiye Bilimler Akademisi.
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation & Recycling*, 153, 104553. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>
- Mutlu, M. (2020). Evsel atık toplama ve taşıma iş kolunda çalışanların iş sağlığı ve güvenliği: Isparta ili örneği. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(12), 211-224.
- Nanda, S., & Berruti, F. (2021). Municipal solid waste management and landfilling technologies: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 1433–1456. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01100-y>
- Özkan, G., Subası, B. G., Kamiloğlu, S., & Çapanoğlu, E. (2022). Sürdürülebilir gıda ve tarımsal atık yönetimi. *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(2), 145-160.
- Öcal, T. (2010). Günümüz şehirleşme sürecinde evsel katı atık sorununa bir örnek: Niğde şehri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 55, 35-43.

- Öden, M. K. (2021). Biyomedikal ve tıbbi atıkların yönetimine dair mevzuatın uygulanmasının araştırılması. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 86-103. <https://doi.org/10.31466/kfbd.884094>
- Öktem, B. (2016). Atık yönetiminde entegre uygulama. *Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(2/1), 135-147.
- Ömürbek, V., Erk, Ç., & Herek, S. (2019). Üniversitelerde atık yönetimi uygulamaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 35, 124-160.
- Önder, H. (2018, Temmuz). Sürdürülebilir kalkınma anlayışında yeni bir kavram: Döngüsel ekonomi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 57, 196-204.
- Özsoy, T. (2018). *Döngüsel ekonomi: Sürdürülebilir üretim ve tüketim perspektifinden*. Nisan Kitabevi.
- Pelău, C., & Chinie, A. C. (2018). Econometric model for measuring the impact of the education level of the population on the recycling rate in a circular economy. *Amfiteatru Economic Journal*, 20(48), 340-355.
- Pires, A., & Martinho, G. (2019). Waste hierarchy index for circular economy in waste management. *Waste Management*, 95, 298-305. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.014>
- Polman, P. (2013). *Opportunities for the consumer goods sector*. Towards the circular economy, 2.
- PwC Türkiye. (2019). *PwC Türkiye*. 16 Haziran 2024 tarihinde <https://www.pwc.com.tr/dongusel-ekonominin-yukselisi> adresinden erişilmiştir.
- Resmi Gazete. (2015, Nisan 2). *Atık Yönetimi Yönetmeliği* (Resmi Gazete Sayısı: 29314). Resmi Gazete.
- Sapmaz Veral, E. (2018). Döngüsel ekonomiye geçiş doğrultusunda yeni tedbirler ve AB üye ülkelerinin stratejileri. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), 463-488. <https://doi.org/10.32450/aacd.511998>
- Sönmez, S. (2020). *The adaptation process of the circular economy in housing sector* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Sustainable Future. (2022). *Geri dönüşüm, ileri dönüşüm, aşağı dönüşüm: Fark nedir?* 13 Haziran 2024 tarihinde <https://sustainablefuture.com.tr/geri-donusum-ileri-donusum-asagi-donusum-fark-nedir/> adresinden erişilmiştir.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (tarih yok). *Döngüsel ekonomi hakkında*. 13 Haziran 2024 tarihinde <https://dongusel.csb.gov.tr/hakkinda-i-105778> adresinden erişilmiştir.
- T.C. ÇŞB. (2018). *Atıklar*. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Eğitim Daire Başkanlığı Yayınları.
- T.C. SBB. (2019). *Sürdürülebilir kalkınma amaçları değerlendirme raporu*. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı Yayınları.

- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı & Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı. (2020). *Van ili döngüsel ekosistem raporu. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı*. Kalkınma Ajansı.
- Tat, E. (2023). *Thinking outside the circle: When circularity meets sufficiency*. *Zero Waste Europe*. 14 Haziran 2024 tarihinde <https://zerowasteeurope.eu/2023/03/thinking-outside-the-circle-when-circularity-meets-sufficiency/> adresinden erişilmiştir.
- Tezel, Ö., & Yıldız, E. (2020). Sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarında dünya ve Türkiye karşılaştırması: Edikab örneği. *Social Sciences Research Journal*, 9(2), 35-48.
- The European Commission. (2020). *Circular economy action plan*. 16 Haziran 2024 tarihinde https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en adresinden erişilmiştir.
- TİKA. (2012, Haziran 22). *Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Rio+20 Konferansı*. Türk İşbirliği ve Koordinasyon Ajansı Başkanlığı Yayınları. 11 Haziran 2024 tarihinde https://tika.gov.tr/announcement/birlesmis_milletler_surdurulebilir_kalkinma_rio20_konferansi_20_22_haziran_2012_tarihleri_arasinda_rio_de_janeriode_gerceklestirilecek/ adresinden erişilmiştir.
- Türkiye Döngüsel Ekonomi Platformu. (tarih yok). *Döngüsel ekonomi nedir?* 11 Haziran 2024 tarihinde https://donguseleekonomiplatformu.com/knowledge-hub/article_1-what-is-the-definition-of-a-circular-economy_11.html?page=6#articlePageTitle adresinden erişilmiştir.
- Ulucak, R., Koçak, E., Erdoğan, S., & Kassouri, Y. (2020). Investigating the non-linear effects of globalization on material consumption in the EU countries: Evidence from PSTR estimation. *Resources Policy*, 67, 101651. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101667>
- Ulucak, R., Yücel, A. G., & Koçak, E. (2019). The process of sustainability: from past to present. In *Environmental kuznets curve (EKC)* (pp. 37-53). Academic Press.
- Ulusoy, K., Kavaklı, N., & Çiner, F. (2023). Endüstriyel katı atık yönetiminde bilinç seviyesi: Niğde Bor Karma ve Deri İhtisas Organize Sanayi Bölgesi örneği. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1-14. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1334036>
- UNDP. (2021). 16 Mayıs 2024 tarihinde *United Nations Development Programme*. <https://www.undp.org/sustainable-development-goals/zero-hunger> adresinden erişilmiştir.
- UNECE. (2022). *Waste management towards a more circular economy*. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE).
- UNEP. (2022). *The United Nations Environment Programme*. 21 Mayıs 2024 tarihinde <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/solid-waste-management> adresinden erişilmiştir.
- UNEP. (2023). *United Nations Environment Programme 2023*. United Nations.

- UNEP. (2024). *Global waste management outlook 2024: Beyond an age of waste-turning rubbish into a resource*. United Nations Environment Programme & International Solid Waste Association. UNEP.
- UNEP. (tarih yok). *The United Nations Environment Programme*. 21 Mayıs 2024 tarihinde <https://www.unep.org/explore-topics/sustainable-development-goals/why-do-sustainable-development-goals-matter/goal-1-no> adresinden erişilmiştir.
- United Nations. (2021). *New Economics for Sustainable Development: Circular Economy*. United Nations Economist Network.
- WDI. (tarih yok). *The World Bank*. 11 Haziran 2024 tarihinde <http://data.worldbank.org/indicator> adresinden erişilmiştir.
- Weerdt, L. D., Jaeger, S. D., Compennolle, T., & Passel, S. V. (2022). How an incineration tax changes waste management practices among firms. *Resources, Conservation & Recycling*, 180, 106172. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106172>
- Weerdt, L. D., Sasao, T., Compennolle, T., Passel, S. V., & Jaeger, S. D. (2020). The effect of waste incineration taxation on industrial plastic waste generation: A panel analysis. *Resources, Conservation & Recycling*, 157, 104717. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104717>
- WHO. (2018). *World Health Organization*. 16 Haziran 2024 tarihinde <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste> adresinden erişilmiştir.
- World Economic Forum. (2024). *Circular economy: The future of waste management*. World Economic Forum. 16 Haziran 2024 tarihinde <https://www.weforum.org/agenda/2024/04/circular-economy-waste-management-unep/> adresinden erişilmiştir.
- Wu, C., Ge, M., Huang, Z., Wang, L., & Liu, T. (2024). An extended STIRPAT model and forecast of carbon emission based on green consumption behaviors: Evidence from China. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 8955–8977. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03077-4>
- Yılmaz, V. (2018). Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme arasındaki ilişki. *Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives*, 6(2), 79–89.
- Zero Waste Europe. (2012). *The European Parliament votes in favour of almost zero waste for 2020*. Zero Waste Europe. 8 Eylül 2024 tarihinde <https://zerowaste.europe.eu/2012/05/the-european-parliament-votes-in-favour-of-almost-zero-waste-for-2020/> adresinden erişilmiştir.
- Zhang, C., Hu, M., Maio, F. D., Sprecher, B., Yang, X., & Tukker, A. (2022). An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of the Total Environment*, 803, 149999. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149892>